

SÉANCE MENSUELLE DU 15 FÉVRIER 1949.

Présidence de M. M.-E. DENAEYER, président.

Sur la proposition du président, sont admis comme membres effectifs de la Société :

MM. HYACINTHE CHAUDOIR, ingénieur civil des mines, quai de Rome, 1, Liège; présenté par MM. F. Demanet et A. Delmer.

JOSÉ CORDIER, étudiant, rue Albert 1^{er}, 61, Leval-Trahegnies; présenté par MM. R. Marlière et F. Schellinck.

JOSEPH HENDRYCKX, étudiant, Allée verte, 28, Saint-Vaast; présenté par MM. R. Marlière et F. Schellinck.

MARCEL DAUBECHIES, étudiant, avenue Colburn, 40, Moll (Gompel); présenté par MM. R. Marlière et F. Schellinck.

Dons et envois reçus :

- 9848 ... Centenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de de l'École de Liège (I.I.Lg.). Congrès 1947. Section Géologie. Liège, 1949, 424 pages, et nombreuses figures.
- 9849 ... Carta geologica de Lisboa. Échelle : 20.000°. Lisbonne, 1940, 1 feuille.
- 9850 ... Carta geologica dos arredores de Lisboa. Feuille n° 2 (Folha de Loures). Échelle : 1/50.000°. Lisbonne. 1944, 1 feuille.
- 9851 *Donovan, T.* Some exposures in the jurassic rocks at Bath. Bristol, 1948, 14 pages et 1 figure.
- 9852 *Whittard, W. P.* Records of boreholes sunk for the New Severn and Wye bridges. Bristol, 1948, 18 pages et 1 figure.
- 9853 *Stevens, Ch.* Les surfaces topographiques emboîtées. Bruxelles, 1948, 27 pages et 7 figures.
- 9854 *Stevens, Ch.* Les nappes d'Harmignies et de Saint-Symphorien. Liège, 1948, 33 pages et 10 figures.
- 9855 *Termier, H.* Jean Gubler (12 décembre 1902-3 août 1940). Paris, 1946, 9 pages et 1 photo.

Nouveaux périodiques :

- 9856 *Golden*. Quarterly of the Colorado School of Mines. Vol. 43, n° 4, octobre 1948.
- 9857 *Varsovie*. Ziemia i jej Dziejnie. Przewodnik po I-ej Wystawie Muzeum Ziemi. Rakowiecka 4 (1948).
- 9858 *Helsingfors*. Geophysical Society of Finland. Geophysica. I (1935)-II (1947).

Divers :

Une cérémonie à la mémoire du professeur Maurice Leriche aura lieu à l'Université de Bruxelles le samedi 7 mai prochain, à 16 h 30. Nous espérons que nos membres, en souvenir de leur ancien président et secrétaire général, y assisteront nombreux.

Le British Council annonce qu'il organise, du 24 mai au 14 juin prochain, à Bradford, ville industrielle, ainsi qu'à Skinton, centre rural, des cours consacrés aux conditions actuelles de la vie en Angleterre. Les frais de participation s'élèvent à £ 28 par personne. Les membres désireux d'obtenir des détails sont priés de s'adresser au Secrétariat.

Communications des membres :

C. STEVENS. — *Le bassin houiller de Spiennes*. (Texte ci-après).

P. MAUBEUGE. — *Données géologiques sur l' « Aalénien ferrugineux » dans la région frontière franco-belge*. (Texte ci-après.)

E. PICCIOTTO. — *Présentation d'une nouvelle méthode d'étude de la radioactivité des roches et des minéraux par les émulsions photographiques*. (Texte ci-après.)

Le bassin houiller de Spiennes (*),

par CH. STEVENS.

Une importante lacune existe dans l'exploitation de notre bassin houiller : de l'extrémité orientale du charbonnage de l'Héribus (Levant du Flénu) à l'extrémité occidentale des travaux du Levant de Mons, il y a un intervalle d'environ 8 km dépourvu de toute exploitation.

(*) Manuscrit remis en séance.

Dans cet intervalle et au Sud du mont Panisel se trouve le village de Spiennes, devenu célèbre pour ses industries néolithiques. Sous ce village, je pense qu'aucun géologue averti n'a jamais douté de la présence du Westphalien. C'est sous cette réserve que je parlerai aujourd'hui du bassin houiller de Spiennes.

*
**

Si ce territoire est encore inexploité, il a été partiellement, mais imparfaitement reconnu.

Au Nord, les données combinées du sondage Léon Gravez, du sondage des Bruyères et du grand bouveau de Beaulieu-Havré montrent que, sans écarts importants, le doublet tectonique formé par les Failles du Placard et du Borinage (= F. Masse) se dirige de l'Ouest vers l'Est. Sur ce point, les vues de X. Stainier rencontrent une entière confirmation. Nous nous trouvons donc dans le massif du Borinage. Ce n'est que beaucoup plus à l'Est que ce massif se termine en biseau, au flanc Ouest d'un important pli transversal dépendant de la surélévation d'Anderlues.

Plus au Sud, il y a eu jadis les essais miniers peu fructueux de la Fosse d'Harmignies, essais poursuivis dans le gisement renversé de l'assise d'Andenne et abandonnés depuis longtemps. Nous savons que F.-L. Cornet y avait reconnu « un accident semblable à celui de Boussu ».

Au Nord d'Harmignies, le massif de Saint-Symphorien a été reconnu par 5 sondages. En cet endroit, après J. Cornet et X. Stainier, j'ai pensé qu'on rencontrait les fronts de deux plis couchés, c'est-à-dire de deux fronts de nappes et qu'ils se superposaient probablement : la nappe d'Harmignies, au-dessous; la nappe de Saint-Symphorien, au-dessus, et que cette dernière était scindée en écailles.

À la surface du sol, c'est encore dans cet espace que se rencontre le mont Panisel, avec ses deux buttes jumelées : au Nord, le mont Panisel proprement dit; au Sud, le Bois-là-Haut; entre les deux, le vallon synclinal de l'Ermitage. La présence de ce mont ne peut être due à un caprice de l'érosion. Les trop rares choses qu'on connaisse au sujet de son soubassement se trouvent au sommet du socle paléozoïque, où elles déterminent une surélévation, mal délimitée.

La situation tectonique est d'ailleurs plus complexe : les grès paniséliens qui dessinent le synclinal de l'Ermitage montrent

que ce synclinal s'ennoie rapidement vers l'Ouest. En outre, J. Cornet a démontré que le mont Panisel est limité à l'Ouest par un jeu de failles verticales dont il a décelé le passage dans les terrains tertiaires et qui, à Hyon, limite brutalement la plaine alluviale de la Trouille.

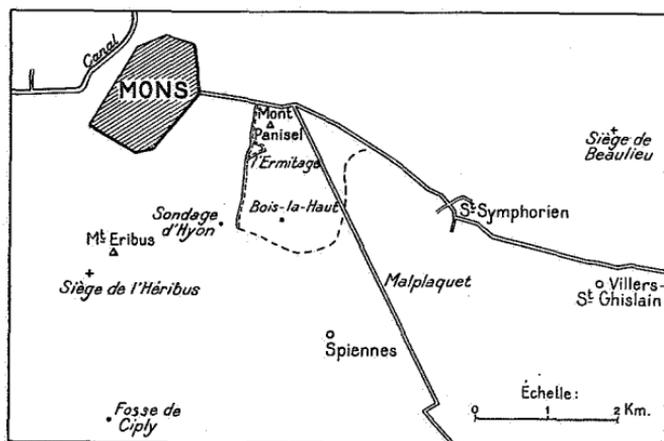


FIG. 1. — Détails topographiques de la région montoise.

Dans une région où les relations de la Géomorphologie et de la Tectonique se vérifient tous les jours, on peut affirmer que toute hypothèse tectonique qui ne tiendrait pas compte de la position du mont Panisel est condamnée à la stérilité.

*
**

Appelé par M. Van Pel, administrateur-directeur général des Charbonnages du Bois-du-Luc, à étudier le massif de Saint-Symphorien, je me suis vu très rapidement contraint de sortir du cadre de mes recherches. Grâce à l'attentive collaboration de M. Gossart, directeur des travaux; de M. A. Stainier, ingénieur divisionnaire, et de M. Barbiot, niveleur (Beaulieu); grâce aussi à l'assistance de M. Ledru, directeur-gérant; de M. Clara, ingénieur en chef; de M. Verdonck, directeur des travaux, et de M. Rorive, niveleur (Levant du Flénu), j'ai pu déterminer l'an dernier le caractère tectonique du bassin de Spiennes.

J'ai acquis également la certitude que, dans ce genre d'études, l'exploitant et le géologue doivent travailler étroitement, la main dans la main, dans une confiance réciproque et

absolue. Certes, il peut arriver que le mineur, dominé par les soucis d'un accident tectonique local, tende à lui attribuer une importance géologique qu'il n'a pas. Mais la réciproque est vraie; il peut arriver que certains détails de structure ne répondent pas à la conception que le géologue s'était forgée; qu'il soit tenté de les négliger et de ne pas leur accorder l'importance primordiale qu'ils méritent. Sans la précieuse collaboration et la confiance des exploitants, le géologue risque, presque à chaque pas, de perdre le contact des faits et de se laisser entraîner par la plus séduisante des erreurs.

Bien que cette étude ait déjà fait l'objet d'un important mémoire, je désire en résumer les éléments essentiels et lui apporter surtout des éléments nouveaux. On n'en comprendrait pas la signification si on ne les replaçait pas dans leur cadre.

1. Le *site géologique* de Saint-Symphorien se caractérise d'abord par la carte du relief du socle paléozoïque (planchette de Givry). Bien que cette carte ait été dressée successivement par J. Cornet et par moi (1923), puis par M. René Marlière et moi (1944), j'ai tenu à procéder à une nouvelle révision; j'y ai été contraint parce que certains points avaient été oubliés (1947) (fig. 2).

Or, quelle qu'en ait été la date, ces cartes possèdent les mêmes caractères essentiels : *La Cuve de Saint-Symphorien* est parallèle à la *surélévation des Estinnes*. En outre, il faut noter la coïncidence du massif de Saint-Symphorien avec la Cuve du même nom. En première hypothèse, le massif doit donc être orienté de l'W.-S.-W. vers l'E.-N.-E.

2. Le *site géographique* n'est pas moins intéressant. Tout en l'adoucissant, le relief du sol reflète celui du socle paléozoïque. On observe même une dépression d'une remarquable ampleur. Il en est ici comme en de nombreux autres endroits de la vallée de la Haine (fig. 2).

Dans la zone axiale, un ruisseau minuscule, le *ruisseau de Ville*, vient de Saint-Symphorien et se jette dans la Trouille à Spiennes, au Sud du Bois-là-Haut. On remarque que c'est dans cette zone que se trouvent les marais de Malplaquet. Or, dans la vallée de la Haine, partout où l'on rencontre des marécages, ils se superposent à des dépressions du socle paléozoïque.

Le ruisseau de Ville s'oriente sensiblement comme la Cuve de Saint-Symphorien. Si, comme dans toute la vallée de la Haine, le relief topographique est dicté par la tectonique, il faut en conclure qu'une importante zone synclinale s'oriente de l'W.-S.-W. vers l'E.-N.-E. et qu'elle passe au Sud du Bois-là-Haut.

3. Comment s'oriente le *massif de Saint-Symphorien* ?

En dépit des considérations développées par les deux paragraphes précédents, on pourrait être tenté de l'orienter de l'Ouest vers l'Est, parce que ce serait conforme à la grande orientation tectonique de la Haine et conforme à ce que nous savons du massif de Boussu. Mais cette interprétation rencontre une grave difficulté. Si nous voulons nous y conformer et si, à ce massif, nous voulons allouer un contour convenable, nous sommes contraints de lui attribuer un certain sondage E (point n° 47), exécuté jadis à l'Est de Villers-Saint-Ghislain, sondage qui a touché le Houiller, sans interposition du massif de recouvrement.

Dès lors, il faut admettre une orientation différente. Conformément aux deux paragraphes précédents, l'orientation de l'W.-S.-W. vers l'E.-N.-E. se présente en premier lieu.

4. Dans les travaux miniers du siège de Beaulieu, cette orientation rencontre une autre confirmation : on y rencontre une série de *sous-glissements* orientés de cette façon.

Ces failles de laminage sont situées dans la zone périphérique du massif de recouvrement. Elles indiquent que le soubassement westphalien a subi une forte compression de la part d'un massif surplombant; elles indiquent aussi que ce massif est orienté de l'W.-S.-W. vers l'E.-N.-E.

5. Enfin, dans les mêmes travaux de Beaulieu, les *assises westphaliennes* forment un synclinal très prononcé et ce synclinal plonge rapidement vers l'W.-S.-W.

On le voit, tous les éléments d'observation sont concordants : la surface du sol, le sommet du socle paléozoïque, le dénombrement des sondages, la direction des failles et la disposition tectonique du Westphalien; tous indiquent que le massif de Saint-Symphorien est logé dans un synclinal westphalien et que ce synclinal s'oriente vers l'W.-S.-W.

6. Mais, vers l'W.-S.-W., *jusqu'où ce synclinal se prolonge-t-il ?*

Au delà des marais de Malplaquet, on passe au Sud du Bois-là-Haut et l'on pénètre dans la dépression topographique correspondant au confluent du ruisseau de Ville et de la Trouille; on aborde ensuite le champ d'exploration du siège de l'Héribus.

Si, comme ailleurs, il y a correspondance entre le relief du sol et la tectonique profonde, le synclinal passe au Sud du Bois-là-Haut. On serait moins affirmatif si les reconnaissances de l'Héribus ne confirmaient pas cette manière de voir.

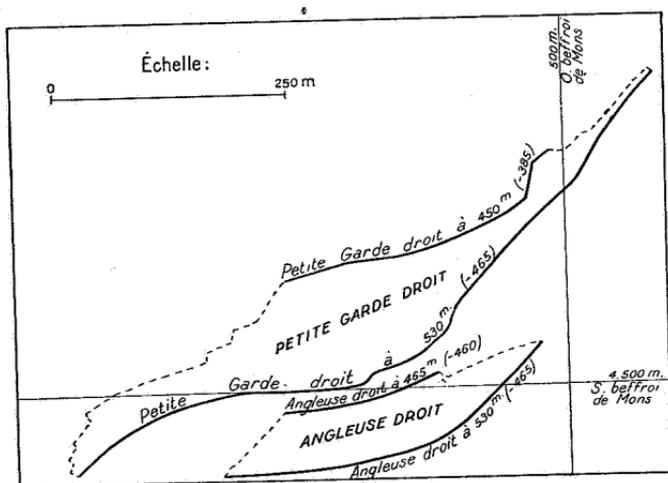


FIG. 3. — Extrait des plans miniers du Charbonnage de Cipy.

7. *Si nous voulions démontrer que le synclinal de Saint-Symphorien se prolonge dans les travaux de l'Héribus, que ferions-nous ?*

Dans ces travaux et dans la région, nous rechercherions la présence d'un synclinal qui soit conforme à cette conception. Or, cette confirmation existe tant au bord Sud qu'au bord Nord.

8. *Au bord Sud, je puis apporter aujourd'hui un élément qui me manquait au mois de juin 1948. Grâce à l'obligeance de M. Dargent, directeur-gérant des Charbonnages Belges, j'ai pu consulter les plans miniers des anciennes exploitations de Cipy (fig. 3).*

Ces exploitations ont intéressé des couches qu'on a dénommées *Fraite*, *Petite-Garde* et *l'Angleuse*. Sans doute, au point

de vue stratigraphique, ces dénominations entraînent-elles de formelles réserves; mais, au point de vue tectonique, ces exploitations fournissent des indications très intéressantes :

a) Ces couches ont été exploitées en dressants, conformément aux allures en dressants qui affectent le bord Sud du grand synclinal houiller;

b) Leur direction va de l'W.-S.-W. vers l'E.-N.-E., conformément à l'orientation générale du synclinal de Saint-Symphorien.

Par la figure 3, je reproduis un extrait des plans miniers de Ciply.

9. *Le bord Nord* du synclinal se dessine dans les travaux de l'Héribus, où nous découvrons des assises inclinées au Sud.

Du siège de l'Héribus, à l'étage de 726 m (— 651), on a creusé un bouveau de reconnaissance dirigé vers le N.-E., vers l'emplacement de l'ancien sondage d'Hyon. Le 9 mars 1948, il avait atteint des assises plongeant d'environ 9° vers le S.-S.-E. Aujourd'hui, à la cote (— 633), on pénètre en chassage dans une couche de direction générale W.-E. et inclinée d'environ 14° vers le Sud.

On le voit, non seulement le caractère synclinal se confirme, mais il s'accroît sérieusement.

10. Cette *couche de charbon* n'a pas encore été identifiée, mais on possède des indications suffisantes quant à sa position stratigraphique.

C'est à environ 120 m au Nord que se trouvait le sondage d'Hyon. Le niveau marin de Petit-Buisson y a été recoupé à la cote (— 673, 70), donc 40 m plus bas que la couche en chassage. Si l'on tient compte du pendage, la couche reconnue se trouve dans la partie inférieure de l'assise du Flénu, ce qui concorde avec sa teneur en M.V. (33,6 à 35,6 %).

Cet ensemble démontre l'existence du bassin houiller de Spiennes. Dans la zone la plus ennoyée, il renferme probablement une épaisseur notable d'assise du Flénu. Quant à l'emplacement du plus grand ennoyage, seule une campagne de sondages pourrait en déterminer la certitude. En attendant, nous ne disposons que d'observations géomorphologiques; elles semblent indiquer que le plus grand ennoyage se place entre le confluent du ruisseau de ville et la région marécageuse de Malplaquet.

11. Cette conception fournit *une explication convenable du groupe mont Panisel-Bois-la-Haut*, situé en pleine zone axiale du bassin de Mons.

Resserré à l'Ouest par la Cuve de Mons et au S.-E. par le bassin de Spiennes, il forme un coin tectonique local, rattaché au Nord. En outre, jusqu'à ce jour, il a été protégé contre l'érosion par le Panisélien.

Toutefois, sur son bord Sud, comme sur son bord S.-W., ce coin a été sérieusement attaqué par l'érosion de la Trouille; ce qui, sur son bord Sud, lui confère un caractère de cuesta.

12. Le *vallon de l'Ermitage* correspond incontestablement à un synclinal s'ennoyant vers l'Ouest. C'est à la lumière du jour que ce synclinal se dessine dans les grès paniséliens.

Dans ce cas, il est bordé au Nord et au Sud par des anticlinaux. L'anticlinal du Nord correspond au mont-Panisel; l'anticlinal Sud au Bois-là-Haut. S'il en est ainsi, au point de vue tectonique :

le mont Héribus = le Bois-là-Haut.

la butte de Mons = le mont Panisel

Ce caractère s'amorce déjà dans les travaux profonds de l'Héribus, tandis que morphologiquement, au sommet du socle paléozoïque, M. René Marlière a divisé la Cuve de Mons en deux parties; toutefois, il faut tenir compte d'une certaine inclinaison axiale.

13. Les considérations précédentes entraînent un *ensemble tectonique* harmonieux et cohérent. C'est ce que montre la figure 4.

14. Malgré la convergence de toutes ces observations, il est une chose qui peut sembler anormale. Dans la vallée de la Haine, les axes tectoniques s'orientent généralement de l'Ouest vers l'Est et les plis transversaux du Sud au Nord.

Or, le bassin de Spiennes et l'ennoyage de Saint-Symphorien qui lui a donné naissance s'orientent de l'W.-S.-W. vers l'E.-N.-E., dans une direction nettement oblique. Quelle est donc la signification tectonique de cette orientation ?

Remarquons que cette orientation n'est pas spéciale au synclinal de Saint-Symphorien. On la retrouve :

a) dans la zone axiale de la surélévation du Haut-Borinage;

b) dans la zone axiale de l'ennoyage de Havay (bassin de la Trouille);

c) dans la zone axiale de la surélévation des Estinnes;

d) dans la crête du Bois du Rapois-Bois de la Houssière.

C'est la direction transversale des plis armoricains, dont nous avons rencontré d'autres exemples.

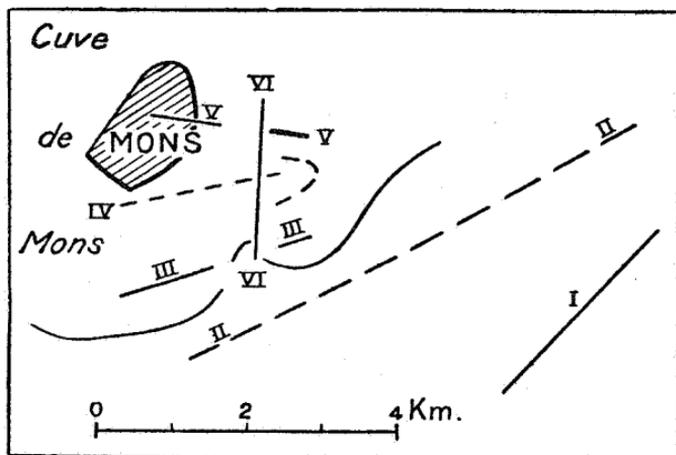


FIG. 4.

I. Surélévation des Estinnes. — II. Ennoyage de Saint-Symphorien. — III. Anticlinal de l'Héribus, Bois-là-Haut. — IV. Synclinal de l'Ermitage. — V. Anticlinal de Mons, mont Panisel. — VI. Faille du mont Panisel.

15. Les traits généraux de cette tectonique étant établis, elle a causé quelques *phénomènes secondaires* qui ne manquent pas d'intérêt :

a) Des actions tardives ont encore poussé le massif de Saint-Symphorien vers le N.-W., ainsi qu'en témoigne l'épaisseur du calcaire carbonifère, traversé au sondage de Saint-Symphorien.

Cette action a contribué à étrangler le mont Panisel par l'Est.

b) A son tour, cette action a donné naissance à une composante E.-W. qui s'est encore exercée puissamment dans le gisement de l'Héribus. C'est ainsi que les grands dressants du Borinage s'infléchissent vers le S.-E.; mais, en plaines plateures, à partir du méridien de 1.000 m Ouest du beffroi de Mons, on

voit s'amorcer un anticlinal qui, vers l'Est, s'étrangle de plus en plus, et qui finit par donner naissance à un pli orienté du Sud au Nord et déjeté vers l'Ouest.

On ne peut confondre ce pli avec les dressants du Sud; il est d'une origine différente. Cette origine se trouvant à l'Est, elle a son siège dans le mont Panisel et, au delà, dans le massif de Saint-Symphorien.

c) Enfin, une action très tardive semble s'être exercée du Sud au Nord et avoir donné naissance à la faille du mont Panisel, qui, dès lors, prend la signification d'un décrochement.

*
**

J'ai terminé. Ici, j'ai voulu me borner à exposer l'essentiel du mémoire que j'ai longuement développé le 27 juin 1948, à Mons et à la Société Géologique de Belgique. On y trouve des arguments plus fouillés et plus rigoureux.

En juin 1948, avec l'aide de nos amis mineurs, j'ai serré les faits d'aussi près que le permettait l'exploration minière. Déjà, à cette date, aucun argument sérieux ne pouvait s'opposer à cette thèse nouvelle. Aujourd'hui, j'apporte les observations recueillies à Ciply et elles renforcent les premières conclusions.

Tôt ou tard, ces considérations entraîneront des vérifications par sondages. Dans l'intérêt de notre avenir minier, je les attends avec confiance.

DISCUSSION.

Sans discuter au fond la communication de M. le Major Ch. Stevens, M. Marlière tient à relever deux points qui ont particulièrement retenu son attention :

1. *Les coupes bien connues des collines jumelées Bois-là-Haut-mont Panisel montrent un synclinal manifeste entre les deux sommets. Mais on n'a jamais mis en évidence un anticlinal au Sud, c'est-à-dire un pli ou une ondulation des couches avec un changement du pendage. Le flanc abrupt du Bois-là-Haut forme, vers Spiennes, une cuesta.*

2. *Les failles mentionnées sous le nom de « sous-glissements » dans les exploitations de Beaulieu sont également connues dans l'angle occidental de la concession des charbonnages de Bray.*

Bien que le déhouillement soit fort peu avancé dans cette partie du gisement et, par conséquent, pour autant qu'on puisse juger de l'allure exacte des dérangements, une autre question est posée :

a) *la somme des rejets (somme des « renforcements ») est de l'ordre de 185 m;*

b) *les failles accusent toutes, sauf une, un style en escalier vers l'axe synclinal du bassin Est du Massif de Masse lui-même;*

c) *certaines failles auraient une allure redressée (45 à 60 degrés) et aucune n'est du type des failles plates ou des failles listriques.*

Dans ces conditions, le mouvement a eu pour effet d'affaisser l'axe synclinal. Bien que peut-être d'un autre âge, le phénomène n'est-il pas de même nature que celui qui affecte les terrains crétacés de recouvrement, tant au bord Nord qu'au flanc Sud du bassin, phénomène lié à une accentuation synclinale ? et le placement des massifs glissés, au lieu d'être attribué à l'influence du massif de recouvrement de Saint-Symphorien, n'est-il pas, au contraire, responsable de la préservation de ce même massif, déraciné et charrié, dont il reste précisément une épaisseur de 150 à 200 m dans l'estimation la plus plausible ?

Toutefois cette idée ne peut être étayée sans une progression des travaux d'exploitation, et M. Marlière tenait à mettre l'attention en éveil au sujet de cette nouvelle interprétation, dont il avait antérieurement entretenu les chefs d'exploitation intéressés.

**Données géologiques sommaires
sur l' « Aalénien ferrugineux » dans la région frontière
franco-belge (*),**

par PIERRE-L. MAUBEUGE.

Dans le présent travail, je me propose de coordonner quelques données anciennes et nouvelles sur une région très mal connue du bassin ferrifère lorrain. Le caractère un peu sommaire de ces notes s'explique eu égard au peu de documents fournis par les quelques sondages pratiqués dans la région étudiée. D'ailleurs, la plupart de ces sondages ont été forés tout près de la région concédée, la plus septentrionale du bassin de Longwy.

Des courses géologiques le long de la vallée de la Chiers et de ses affluents m'ont permis d'acquérir quelques données complémentaires.

Un fait géologique inédit est la découverte, non loin de Montmédy, d'un affleurement parfaitement caractérisé du minerai de fer oolithique supraliasique. On sait depuis longtemps qu'à Montmédy même, le Bajocien repose sur le Toarcien supérieur incomplet, érodé par la transgression bajocienne.

Je me propose, du point de vue de la géologie appliquée, de montrer que cette région très mal connue, qui va de Gorcy à Montmédy, peut encore réserver des surprises quant à l'existence d'horizons minéralisés. Certes il ne faut pas espérer y trouver des couches ayant la valeur industrielle de celles du bassin de Longwy, par exemple; mais le dédain des chercheurs pour cette région n'est pas entièrement justifié. Les faits rapportés ici contredisent les données absolument défavorables des sondages les plus septentrionaux du bassin de Longwy, sondages qui ont influencé si fâcheusement les explorateurs du gisement.

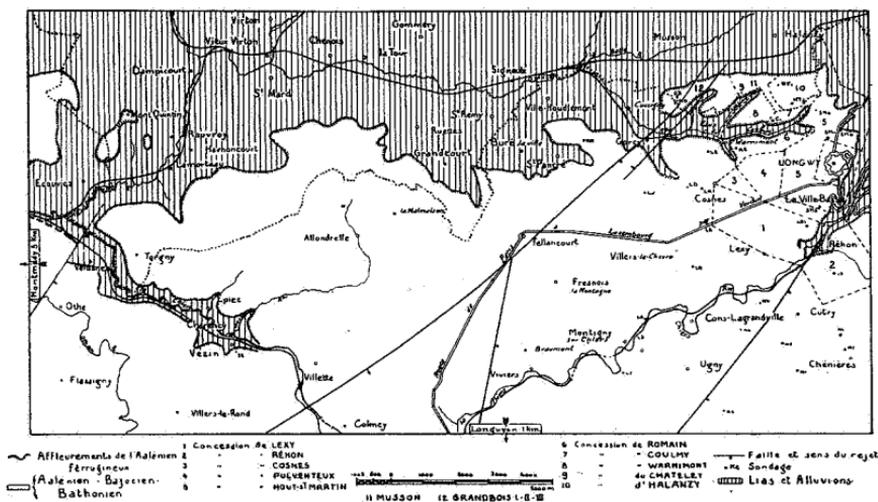
La découverte du minerai à Velosnes, près de Montmédy, reportant à plus de 20 km de Longwy — et à une quinzaine de Gorcy — la limite connue du gisement aalénien, mérite, à

(*) Manuscrit reçu au Secrétariat le 7 décembre 1948.

mon avis, que quelques recherches bien suivies viennent décider, d'une manière concluante, de la valeur de la formation dans toute cette étendue. Il est à noter que celle-ci est aussi vaste, en définitive, que le bassin de Nancy.

*
**

Les parties occidentales des concessions de Cosnes, Pulventeux et Lexy étant très mal connues et même pratiquement



pas connus du tout, nous partirons de la concession de Romain, qui a été l'objet de quelques travaux d'exploitation, pour nous diriger vers l'Ouest.

1. CONCESSION DE ROMAIN.

On y a exploité vers 1910-1914 une couche dite « grise friable », d'une teneur en fer voisine de 38 %, en silice de 27 % et en chaux de 3-4 %.

Une coupe de l'Ouest de la concession donne l'allure moyenne de la formation; de haut en bas on a :

Marnes micacées bajociennes.

3^m90 « Calcaire marneux ».

1^m25 Minerai dit couche « grise friable » (exploité avec la couche inférieure).

1^m20 Marne ferrugineuse stérile, enlevée sur 0^m80 par la base des galeries.

2 m Minerai dit « couche grise compacte ».

Analyse :		%
Fe	28,76
Ca O	traces
Si O ₂	38,40
Al ₂ O ₃	3,68

Base de la formation.

La limite entre la couche exploitée et son stérile de base n'est pas bien délimitée. C'est ainsi qu'une lentille de marne vient s'intercaler en certains endroits dans la couche « grise friable », à sa partie inférieure. La couche se présente alors ainsi :

0^m95 « couche grise friable ».

0^m50 stériles.

0^m40 « couche grise friable ».

0^m20 stériles.

1^m90 « couche grise compacte ».

Analyse :		%
Fe	27,24
Ca O	4,09
Si O ₂	42,48
Al ₂ O ₃	2,62

Les diverses recherches en concession, portant sur la couche exploitée, montrent que sa teneur en fer va de 27 à 34 % environ, alors que la teneur en silice va de 21 à 27 % et que celle en chaux est en général inférieure à 5 %. Quant à l'alumine, elle va de 3 à 6 % environ.

2. RÉGION DE COSNES.

Un peu à l'Ouest, la région de Cosnes a été explorée par quelques sondages :

A. — *Sondage LE. (1911)* : parti de la cote 384,82, le sondage a rencontré le toit de la formation à la cote 308,722, puis il a traversé :

1 ^m 80 Minerai « gris friable » :		%
Fe	31,60
Ca O	2,97
Si O ₂	32,57
Al ₂ O ₃	5,05

0 ^m 30 Marne ferrugineuse compacte :	%
Fe	25,31
Ca O	1,62
Si O ₂	41,06
Al ₂ O ₃	8,43

3 ^m 82 Minerai « gris friable » :	%
Fe	26,37
Ca O	3,87
Si O ₂	30,93
Al ₂ O ₃	4,07

La base de cette couche forme un banc exploitable de 1^m24 tenant :

	%
Fe	35,21
Ca O	7,68
Si O ₂	18,44

5^m01 Marne grise stérile.

0^m50 Marne grise ferrugineuse avec pyrites de fer.

3 m Marne grise micacée stérile.

B. — *Sondage LK* : cette recherche est placée près du village de Cosnes. Parti à la cote 368,11, le sondage atteint le toit de la formation à la cote 286,51. La série suivante a été recoupée de haut en bas :

0^m10 Marne ferrugineuse avec calcaire.

0^m20 Marne micacée.

1^m30 Marne ferrugineuse.

2^m31 Minerai « gris friable » avec en tête un banc marneux de 0^m50.

0^m70 Marne ferrugineuse.

2^m03 Minerai « gris, calcaire, compact ».

5^m23 Marne bleue micacée.

0^m57 Marne bleue micacée avec pyrites de fer.

La couche de minerai « gris friable » paraît seule exploitable; son analyse est la suivante :

	%
Perte au feu	11,70
Si O ₂	27,21
Al ₂ O ₃	3,85
Fe ₂ O ₃	47,56
P ₂ O ₅	1,375
Ca O	4,54
Mg O	1,28

Ce qui fait 33,30 % de Fe. Le minerai est toutefois fort siliceux.

C. — *Sondage LD* : parti de la cote 350,27, ce sondage a atteint le toit de la formation à la cote 290,97, traversant ensuite, de haut en bas :

1^m50 Marne peu ferrugineuse.

1^m45 Marne ferrugineuse.

4^m55 Minerai « gris compact » avec banc marneux de 0^m40 intercalé dans la couche à 1^m08 du mur.

7^m25 Marne grise peu ferrugineuse.

10^m25 Marne grise peu ferrugineuse avec petits bancs de calcaire.

3^m50 Marne argileuse friable.

6^m50 Marne grise compacte.

6^m30 Marne micacée supraliasique avec pyrites.

La couche de 4^m55 n'a malheureusement pas été analysée sur toute sa hauteur. A la base, 1^m75 sont trop pauvres en Fer et ont été écartés en tant qu'inexploitables. Le reste a été néanmoins analysé trop sommairement. La tête, soit 1^m65, titre seulement 28,7 % de Fe, 23,43 % de Si O₂ et 12,02 % de Ca O. Par contre, la base serait exploitable sur sa hauteur, soit 1^m05, tenant 34 % de Fe, 17,78 % de Si O₂ et 9,83 % de Ca O.

3. VALLÉE DE VAUX.

A. — Aux affleurements, dans la vallée de Vaux et sur le bord du vallon de Parivaux, donc à la limite Nord de la « région de Cosnes », des recherches ont été faites autrefois par puits. Il faut convenir que ces recherches sont de peu d'intérêt. En effet, on ne possède même pas les épaisseurs exactes des couches et les analyses qui ont pu être faites montrent que la teneur en Fe va de 22 à 36 % environ, avec une teneur en silice de 24 à 38 % environ. Le pourcentage en chaux va de 1,2 à 14 % seulement. En deux endroits une couche de 1^m85 et 1^m22 a été mesurée.

En résumé, il semble que dans la pointe de la colline s'avancant vers l'usine de Gorcy et au voisinage du vallon de Parivaux, côté Est, il n'y ait pas de couches exploitables, le minerai étant extrêmement siliceux.

B. — Sur le versant Nord de la vallée de Vaux, le sondage MO, implanté en 1930 non loin de la frontière belge est parti de l'altitude 364.

Selon les constatations officielles, ce sondage n'aurait pas du tout rencontré de minerai ! Il faut noter cependant que de 24^m50 à 26^m35 de profondeur, une perte de carotte de 0^m70 s'est produite, et la recherche a rencontré de très nombreuses diaclases qui ont constamment gêné le travail.

Il est certain que de 35 à 38 m de profondeur la recherche était déjà dans le « Grès supraliasique ».

La réduction considérable des couches minéralisées, peut-être même leur absence, n'est pas étonnante à cet endroit. En effet, une recherche faite ces années dernières en Belgique, en concession de Grandbois, tout près de là, non loin de la frontière également, n'a pas donné de résultats intéressants. Cette recherche par puits, avec amorce de galerie, a été gênée par les eaux et malheureusement mal suivie géologiquement : seuls des renseignements miniers ont été recueillis. Les couches rencontrées sont pauvres et siliceuses (1).

(1) Grâce à l'aimable autorisation de la Société Minière et Métallurgique de Musson et Halanzy, je puis publier cette coupe stratigraphiquement fort intéressante. La série est la suivante, de haut en bas :

(L'orifice est situé vers la cote 360-365, ou 370, dans le Bois de Musson, près de la frontière, à environ 1.800 m des clochers de Musson et de Baranzy, à la pointe de triangle.)

- 0^m90 Terre.
- 1^m30 Pierres blanches.
- 4^m70 Pierres de taille.
- 1^m45 Pierrailles.
- 2^m00 Calcaire très dur, coquillier.
- 3^m00 Calcaire bleu très dur avec passées sableuses. Lamellibranches à la base.
- 0^m80 Argile et calcaire.
- 2^m00 Argile feuilletée.
- 6^m50 Calcaire argileux.
- 0^m20 Argile rouge.
- 7^m60 Calcaire bleu avec intercalations argileuses. Venues d'eau.
- 0^m60 Marne schisteuse.
- 1^m00 Calcaire bleu et sable.
- 3^m00 Argile. Lamellibranches et Bélemnites à la base.

		Si O ₂	Ca O	Fe
Formation ferrifère.	0 ^m 90 Minerai calcaire.	25,30	20,40	19,96
	1 ^m 00 Schiste ferrugineux.	50,08	3,15	16,38
	0 ^m 25 Minerai.	28,44	3,15	31,08
	0 ^m 30 Marne argileuse. (Venue d'eau.)	32,08	8,40	23,72

(Suite de la note à la page 66.)

4. RÉGION DE SAINT-PANCRÉ.

C'est la zone à l'Ouest du vallon de Pariyaux.

A. — Un puits de recherche foncé dans le parc du château a rencontré à 21^m35 de profondeur 0^m05 de minerai gris ! Il me semble que cette recherche, très mal placée, est tombée dans la zone perturbée située dans le caisson enfoncé, dû aux deux failles de Gorcy. (J'ai très bien mis ces failles en évidence en Belgique, dans la concession de Grandbois, par des levés de surface.)

B. — Le puits IJ implanté sur le plateau entre Saint-Pancré et Villers-la-Chèvre est parti de la cote 368,11. Le toit de la formation a été traversé à la cote 277,11. La formation rencontrée s'avère inexploitable. La coupe traversée est la suivante, de haut en bas :

- 0^m40 Calcaire ferrugineux.
- 0^m80 Marne ferrugineuse.
- 0^m75 « Mine grise compacte ».
- 1^m52 Marne micacée peu ferrugineuse.
- 0^m28 Calcaire marneux ferrugineux.
- 1^m06 Marne grise peu ferrugineuse.
- 1^m28 Marne grise non ferrugineuse.
- 0^m90 Marne peu ferrugineuse avec pyrites de fer.
- 1^m14 Marne grise pyriteuse.
- 0^m83 Marne brune non pyriteuse.
- 5^m68 Marne brune micacée avec bancs sableux.

La couche la plus riche est le banc de calcaire marneux et ferrugineux de 0^m28, qui titre :

	%
Fe	21,71
Si O ₂	9,10
Ca O	26,80

	Si O ₂	Ca O	Fe
0 ^m 60 Argile grise.	67,60 ²	2,10	10,29
4 ^m 00 Marne.	69,00	2,94	7,56

La recherche a été menée de juillet 1946 à février 1947. Une galerie de 3 m de long a été poussée dans le mètre de schiste ferrugineux. On y a constaté un épaissement du banc de minerai qui passe à 0^m35 en son milieu, pour retomber à 0^m20 à son extrémité.

C. — Le sondage LR de 1911, implanté entre Cosnes et Villers-la-Chèvre, est parti de l'altitude 360,42. Le toit de la formation ferrifère a été traversé à l'altitude 255,52.

La coupe rencontrée est la suivante, de haut en bas :

2^m39 Calcaire ferrugineux marneux.

2^m02 Marne ferrugineuse.

3^m43 Minerai gris friable.

0^m17 Marne ferrugineuse.

1^m02 Minerai gris friable.

Marnes.

Le premier banc de minerai titre :	%
Fe	29
Ca O	5
Si O ₂	0,35

Le banc de « marne » intercalaire titre :	%
Fe	26
Ca O	9
Si O ₂	29

Le banc de minerai inférieur titre :	%
Fe	21
Ca O	12
Si O ₂	0,35

La teneur en Fe a diminué et celle en silice a augmenté par rapport aux sondages examinés précédemment aux environs de Cosnes. Sauf un enrichissement du minerai, celui-ci ne semble pas exploitable.

D. — *Sondage MM* : on verra plus loin que cette recherche n'a fourni aucun résultat sur la composition du gîte.

5. RÉGION DE VILLERS-LA-CHEVRE — MONTIGNY-SUR-CHIERS.

Trois sondages allant d'Est en Ouest ont exploré cette région.

A. — *Sondage LQ* : situé entre Villers-la-Chèvre et Cons-la-Grandville, il est parti de l'altitude 322, traversant le toit de la formation ferrifère à la cote 218 environ. Ce sondage a été implanté en 1929; des pertes de carottes se sont produites.

La coupe traversée est la suivante, de haut en bas :

4^m60 Minerai marneux.

2^m80 Non carotté.

10^m35 Marnes grises et marnes vertes.

Aucun échantillon n'a montré une teneur supérieure à 27,41 % en Fe (minimum 19,21 %) et celle en Si O₂ va de 22,18 % à 45,10 %, pour 0,90 à 16,1 % de Ca O.

Il n'y a donc là rien d'exploitable sans traitement du minerai.

B. — *Sondage LS* : implanté entre Montigny et Cons, dans la vallée, ce sondage est parti d'une cote non exactement déterminée (année 1929). Il a rencontré la formation ferrifère. De haut en bas, il a été traversé :

10^m82 Marne grise micacée ferrugineuse avec légères intercalations de calcaires sableux marneux.

2^m08 Minerai et filets marneux.

3^m38 Sable marneux gris-bleu.

8^m17 Marne verte et marne verte sableuse.

5^m15 Marne sableuse, gros rognons calcaires, à empreintes végétales.

4^m90 Marne bleue argileuse à empreintes végétales.

13^m22 Argile gris-bleu.

La couche de minerai rencontrée est franchement inexploitable, sauf en cas d'enrichissement avec élimination de la silice : sa teneur en Fe oscille de 12,46 % à 25,67 %, la moyenne étant aux environs de 22-24 %; la teneur en Si O₂ varie de 27,66 à 59,64 %, sa moyenne étant de l'ordre de 32-33 %; quant à la teneur en Ca O, elle va de 5,87 à 15,50 %.

C. — *Sondage LY* : ce sondage implanté sur la rive gauche de la Chiers, en face de Montigny, a été foré en 1929 à une altitude initiale indéterminée. Il a atteint le toit de la formation à la profondeur de 26^m27. La coupe suivante a été notée, de haut en bas :

1^m28 Calcaire marneux ferrugineux.

2^m31 Calcaire gris marneux avec Bélemnites.

0^m46 Marne micacée sableuse.

0^m85 Calcaire gris sableux.

1^m18 Marne micacée sableuse.

2^m57 Minerai.

27^m40 Marnes grises sableuses.

Le calcaire marneux ferrugineux de tête a une teneur infime en Fer.

La couche de minerai de Fer titre de 27,11 à 40,47 % de Si O_2 , 15,91 à 28,23 % de Fe, 4,52 à 16,8 % de Ca O et enfin 1,78 à 6,40 % de Al_2O_3 .

Cette couche est actuellement dénuée d'intérêt.

CONCLUSIONS :

L'examen de cette région montre l'existence d'une lentille de minerai dans la région de Cosnes, minerai siliceux et pauvre, qu'on ne pourrait soupçonner en se basant sur l'examen des sondages situés au Nord et au Sud de cette région.

Sur la région frontière franco-belge, il n'y a pas ou très peu de minerai au Nord de la vallée de Vaux. Dans la région de Saint-Pancré — Villers-la-Chèvre, il n'y a pas de couches exploitables. (Le sondage MM situé au Nord-Est de Saint-Pancré, foré en 1929, n'a presque pas livré de carottes. On a constaté l'existence d'oolithes ferrugineuses dans les boues de curage. Donc sous le méridien de Saint-Pancré et à l'Ouest de ce village, la question de l'existence du minerai en couches intéressantes reste pendante.)

Dans la région immédiatement voisine de Gorcy, les recherches sont trop entachées d'incertitude pour qu'on puisse se faire actuellement une idée définitive sur les couches éventuelles.

Dans la région de Cosnes à Romain, la lentille de minerai se présente schématiquement ainsi, de haut en bas :

Marnes micacées bajociennes.

4 m environ. } Calcaires marneux.
 } Conglomérat terminal.

1 m à 2^m50 Couche de minerai « gris friable ».

0^m80 à 1^m20 Intercalaire marneuse.

0 m à 4^m55 Couche de minerai « gris compact ».

Cette superposition des deux couches grises n'a pas été retrouvée plus au Sud en allant vers la vallée de la Chiers, où l'appauvrissement est très accusé. Il faut noter cependant qu'au sondage LY, par exemple, une étude détaillée de la couche de minerai et de la formation en général ne semble pas avoir été faite.

Remarquons pour l'instant qu'une prospection ayant commencé sur la frontière belge et dans la vallée de la Chiers aurait laissé peu d'espoir quant à l'existence de couches intéressantes dans la région médiane. Or, une lentille existe dans la région de Cosnes.

On objectera la teneur élevée en silice de ces minerais et leurs faibles teneurs en Fer. Mais une séparation de la silice de ces minerais friables augmenterait sensiblement leur teneur en Fer. Cette séparation semble d'autant plus facile, théoriquement, que ces minerais pulvérulents renferment la silice sous forme de grains de quartz plus ou moins gros, parfaitement distincts des autres éléments du minerai et facilement éliminables mécaniquement.

En se basant sur le sondage LY, il semble bien qu'une minéralisation s'amorce vers l'Ouest, c'est-à-dire vers Longuyon, où aucune recherche n'a jamais été faite.

6. FRONT DE LA CUESTA BAJOCIENNE EN BELGIQUE.

Un peu à l'Ouest de Saint-Panré, la frontière est disposée de telle sorte que le contact du Toarcien et du Bajocien se trouve entièrement en territoire belge. Aucune recherche n'a eu lieu jusqu'ici dans la région de ces affleurements, pas plus que dans l'arrière-pays situé en France entre la frontière et la vallée de la Chiers.

Dans le but de voir ce que devient la formation dans cette région, j'ai suivi pas à pas le contact du Toarcien et du Bajocien. Je n'ai vu aucune coupe nette ni complète. Par contre, j'ai accumulé un nombre d'indices suffisants pour prouver que la formation de l'« Aalénien ferrugineux » s'étend dans toute cette zone belge. La continuité avec l'arrière-pays, en France, ne saurait logiquement être mise en doute.

A Grandcourt, Ruelle (chemin de Stockfontaine), à Harmoncourt, à Lamorteau et à Mont-Quintin, J. C. Purves, en 1883, avait déjà observé cette formation en éboulis à ces endroits. J'y ai recueilli des débris de roche appartenant à la formation ferrifère. Cette formation est encadrée par les marnes micacées bajociennes de la zone à *Hyperlioceras discites* au-dessus (avec facies calcaire) et par des marnes gris bleuâtre très micacées, à *septarias*, au-dessous. Elle se termine par un conglomérat ferrugineux médiocrement fossilifère, très riche en graviers de quartz roulés. Le minerai est un peu marneux, riche en petites oolithes ferrugineuses brun rougeâtre, brillantes. De nombreux grains et graviers de quartz roulés se voient sur tous les échantillons. Ceci donne au minerai, assez pauvre en Fer, une teneur très élevée en silice.

En l'absence de coupe nette, il m'est impossible d'évaluer l'épaisseur probable des couches plus ou moins minéralisées.

Toutefois le décapage d'un fossé d'un des chemins montant de Harmoncourt sur le plateau bajocien me laisse supposer que l'épaisseur des couches minéralisées est au moins de l'ordre de 1^m50.

L'analyse d'un petit fragment de minerai riche en grains de quartz (donnée qui n'a nullement la valeur d'une analyse moyenne) a fourni :

	%
Si O ₂	24,88
Ca O	18,20
Fe	20,60

(Analyse Société Minière Musson-Halanzy.)

Il est à noter que des maisons de Harmoncourt, démolies pendant la guerre en 1939-1940 et reconstruites récemment, montrent dans leurs murs des blocs d'un minerai oolithique assez compact qui a absolument le facies de la minette supra-liasique. Ces maisons sont reconstruites avec les matériaux de récupération. Selon des témoignages d'anciens du pays, ces pierres auraient été extraites par leurs pères, sur la côte, non loin de l'endroit précité (route aux fossés décapés), il y a de cela plus de 3/4 de siècle. La coloration et l'aspect de la roche extraite les avaient toujours frappés, ce qui fait qu'ils avaient prêté attention à cette exploitation éphémère de matériaux de construction.

Un moment, une société minière belge fut intéressée par ces indices et se proposait de faire toutes les recherches devant décider définitivement de l'intérêt minier éventuel de cette formation. Mais le nombre des recherches à implanter et leur prix de revient ont fait ajourner ce projet.

7. VALLÉE DE LA CHIERS DE CHARENÇY A VELOSNES.

A. — Des indices de minerai ont été découverts autrefois dans la région de Charençy. A Vezin, sur le bord du plateau, à hauteur de la gare, une fouille a atteint du minerai. En effet, Braconnier dit que sous des calcaires bajociens, après 0^m40 de marnes micacées, une couche de minerai pauvre a été traversée sur 0^m70. On ignore si toute la couche a été reconnue et si toute la formation a été explorée. Cela ne semble pas probable, vu le caractère fortuit de cette trouvaille de minerai.

Ce « minerai » titre 35 % de silice et 17 % de Fer seulement.

B. — Il semble bien qu'à l'occasion de recherches d'eau pour les ouvrages de la Ligne Maginot, le minerai ait été atteint au

moins une fois dans la région de Charency-Velosnes, car un puits a atteint le Toarcien après avoir traversé une partie du Bajocien (2).

C. — A l'entrée orientale de Velosnes, j'ai découvert, il y a plus d'un an, dans le chemin, sous une carrière ouverte dans les calcaires bajociens, un affleurement de l'« Aalénien ferrugineux » qui ne donne qu'une coupe partielle de l'étage. J'ai agrandi le plus possible l'affleurement, sans pouvoir mettre à nu la formation sur toute sa hauteur. Il y aurait là une recherche très intéressante à faire, grâce à des terrassements assez peu importants.

J'ai levé la coupe suivante :

La carrière est ouverte dans les calcaires du Bajocien inférieur à *Witchellia*, de facies côtier très accusé : présence de conglomérats et abondance de grains et galets de quartz dans la roche.

Cinq à six mètres de sédiments sont masqués par les éboulis, puis on note (toujours de haut en bas) :

0^m50 Marne jaunâtre dure, pauvre en oolithes ferrugineuses brun rouille, brillantes. Grains de quartz. Passe à 0^m80 minerai calcaréo-marneux à muscovite microscopique, jaunâtre à rose. Nombreux granules roulés brillants, limonitiques, de formes très irrégulières, accompagnés de petits grains de quartz n'excédant pas quelques millimètres. Les oolithes, sporadiques, brun chocolat, sont brillantes et mesurent environ 1/10 de millimètre de diamètre. Des galets arrondis à patine ferrugineuse brillante, tout entiers limonitiques, se voient çà et là avec quelques débris de Lamellibranches en calcite. De petits points ferrugineux rouille sont des oolithes ferrugineuses altérées.

Irrégulièrement, des taches marneuses ferrugineuses roses se développent dans ce banc, plus ou moins riches en oolithes ferrugineuses.

(2) L. GUILLAUME, Contribution à la stratigraphie et à la tectonique du Lias dans la région de Thionville (*B.S.G.F.*, t. XI, 1941; voir p. 49, note 2).

Selon une aimable communication de l'auteur, la formation semble avoir été atteinte par le trépan entre 69 et 72 m de profondeur. De 69 à 70 m le calcaire est tendre, ocre rouge; de 70 à 72 m ocre brun. Il repose directement sur des marnes micacées sableuses gris verdâtre à gris-bleu, renfermant un banc calcaire vers 79 m. Les dernières marnes représentent sans aucun doute le Toarcien supérieur. L'« Aalénien ferrugineux » aurait 3 m de puissance.

Cette couche, assez fossilifère, m'a livré :

Limatula sp., *Lima duplicita* Sow., *Pleuromya* sp., *Pronoella Spanieri* Br., Bélemnites indéterminables, nombreuses petites Térébratules, *Ctenostreon* sp., *Phaedra* aff. *ferruginea* Terq.

La base de cette couche est approximativement au niveau du chemin, sous le niveau duquel il n'y a plus rien de visible.

L'analyse d'une prise moyenne d'échantillons portant sur plusieurs morceaux de minerai a donné :

	%
Si O ₂	28,20
Ca O	5,10
Fe	29,80
Al ₂ O ₃	9,24

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

En tête de ces pages, j'ai formulé quelques affirmations qui semblent bien confirmées par cet exposé.

Du point de vue minier, il est intéressant de constater qu'à Velosnes on trouve un minerai plus riche qu'en certains autres endroits du gisement. Malheureusement, l'épaisseur exacte de la couche n'a pas été reconnue. Cela peut laisser espérer des concentrations intéressantes sporadiques dans toute cette vaste étendue qui va de Gorcy à Velosnes, et même de Longuyon à Velosnes.

L'exemple de la lentille de minerai exploitable sous certaines conditions près de Cosnes montre l'allure irrégulière des couches dans la formation.

Cette notion d'irrégularité et de disposition des couches en lentilles superposées ressort très bien de l'examen des exploitations le long de la frontière, surtout en Belgique, quand on part de Longwy vers Gorcy.

Les minerais rencontrés dans cette région occidentale extrême du bassin ferrifère lorrain sont très friables et très siliceux. Mais la particularité de leur silice, d'être sous forme de grains de quartz facilement séparables, peut très bien s'accommoder d'un enrichissement.

Comme on est là dans des régions dépourvues de tous travaux, si une teneur en Fer s'avérait intéressante après enrichissement, et la puissance des couches suffisante, il y aurait à tenir compte des possibilités d'exploiter à ciel ouvert, avec des découverts minimes, les affleurements français et belges.

Aux points de vue géologique et minier, il est intéressant de remarquer ce qui suit : L. Cayeux, qui avait étudié les

carottes des sondages LJ et LK, dit que « la formation ferrugineuse de Cosnes est en quelque sorte dégénérée. Cette dégénérescence se manifeste par un triple caractère : réduction de puissance, appauvrissement en fer et enrichissement en silice... Tous mes efforts pour retrouver l'équivalent des différentes couches connues en Lorraine ont échoué ».

Cela s'explique; en effet, si la formation ferrifère traduit déjà des influences côtières dans la région de Longwy (coupe type du puits du Chalet), dans la région de Cosnes ce caractère est encore plus accentué; et plus on se rapproche des rivages, plus on constate que la formation prend un caractère particulier, bien distinct de tout le reste du bassin lorrain. Ceci s'accompagne, en allant vers Velosnes, d'une érosion de plus en plus profonde, par la transgression bajocienne, des couches médianes et inférieures de la formation (les supérieures de Longwy étant depuis longtemps disparues). Je me demande même si la sédimentation dans ces régions n'aurait pas des caractères particuliers dus à la paléogéographie : les couches inférieures pourraient être plus anciennes que celles de base de Longwy. Ceci est basé sur mes observations stratigraphiques dans les exploitations belges. L'étude de coupes complètes dans la région non explorée, signalée plus haut, permettrait de résoudre sans doute ce problème stratigraphique.

BIBLIOGRAPHIE.

- J. BICHELONNE et P. ANGOT, Le Bassin ferrifère de Lorraine. Texte et atlas (Nancy, 1939).
- M.-A. BRACONNIER, Richesses minérales du département de Meurthe-et-Moselle (Nancy, 1872).
- Description géologique et agronomique des terrains de Meurthe-et-Moselle (Nancy, 1883).
- P.-L. MAUBEUGE, Sur quelques Ammonites... et sur l'échelle stratigraphique de la formation ferrifère franco-belgo-luxembourgeoise (*Archives Institut Grand-Ducal*, Luxembourg, 1947, t. XVII, nouv. série).
- J.-C. PURVES, Explication de la feuille de Lamorteau 1884; ... feuille de Ruette 1884 (Service de la Carte géologique du Royaume).

Bureau de Recherches géologiques des Mines de Fer
de l'Est de la France.

L'étude de la radioactivité des roches par la méthode photographique (*),

par E.-E. PICCIOTTO.

INTRODUCTION.

La méthode photographique en physique nucléaire. — Le principe de cette méthode est connu depuis longtemps : le passage d'une particule chargée à travers une émulsion photographique impressionne les grains d'halogénure d'argent situés le long de la trajectoire. En développant l'image latente ainsi formée, on peut obtenir la trajectoire de la particule. Malgré des perfectionnements successifs, cette technique était encore très imparfaite en 1939. Un énorme progrès a été fait par la mise au point en 1945, par la firme Ilford (1), d'un nouveau type d'émulsion dite « pour recherches nucléaires ». Ces émulsions sont caractérisées par une concentration très forte en bromure d'argent (environ 8 fois plus que dans les émulsions normales), une dimension de grains de quelques dixièmes de micron et une épaisseur variant de 25 à plusieurs centaines de microns. Plusieurs types sont actuellement en vente par les firmes Ilford et Kodak. Toutes les particules chargées, depuis les noyaux lourds jusqu'aux électrons, peuvent être enregistrées. Les trajectoires, dans l'émulsion, sont environ 2.000 fois plus courtes que dans l'air et doivent être examinées au microscope.

Le livre de Powell et Occhialini (2) est une introduction, magnifiquement illustrée, à la méthode et à ses premiers et brillants résultats. Celui de Yagoda (3) donne de nombreux détails techniques; on y trouvera une bibliographie très complète.

L'ÉTUDE DE LA RADIOACTIVITÉ DES ROCHES PAR LA MÉTHODE PHOTOGRAPHIQUE.

L'étude de la radioactivité des roches et des minéraux pose en général deux types de problèmes :

1. *Le dosage de très faibles concentrations de Thorium et d'Uranium* (de l'ordre du millionième pour les roches éruptives

(*) Manuscrit remis le 17 mai 1949.

ordinaires). — Ces problèmes intéressent surtout le géophysicien et le géologue; ils sont à la base des déterminations d'âge absolu et des théories sur l'évolution thermique du globe. Ils intéressent également le prospecteur, le sondage radioactif étant devenu une méthode importante en géophysique appliquée.

2. *La distribution des éléments radioactifs dans la roche.* — Ce problème intéresse au premier chef le pétrographe et le minéralogiste; il peut avoir une grande importance pratique dans le traitement de minerais radioactifs pauvres. Il était jusqu'à présent très difficile à résoudre. La méthode photographique courante, basée sur le noircissement, n'est possible qu'avec des activités relativement fortes, mais ne donne aucun résultat avec les roches ordinaires.

Les émulsions photographiques « nucléaires », permettant d'enregistrer une à une les particules émises par les radio-éléments, nous donnent une sensibilité environ 100.000 fois plus grande par rapport à la méthode photographique par noircissement.

La possibilité de compter individuellement les particules émises pendant un temps donné permettra une estimation quantitative de la concentration de ces radio-éléments.

L'étude de la radioactivité des roches se basera ici sur les particules α ; leur trajectoire est continue, bien visible, d'une longueur variant de 15 à 50 microns; cette longueur est caractéristique du noyau émetteur. Les électrons β sont beaucoup plus difficiles à observer.

Les avantages de la plaque photographique sont les suivants :

1. Élimination du background cosmique par la possibilité de distinguer les divers types de particules (par l'aspect des trajectoires).

2. Détermination quantitative de radioactivités très faibles.

3. Possibilité de distinguer, par la longueur des trajectoires, les divers radio-éléments α et de séparer ainsi la famille du Thorium de celle de l'Uranium.

4. Localisation précise de sources radioactives de dimensions microscopiques.

5. Simplicité de la méthode.

Baranov et Kretschmer (4), travaillant avec des émulsions moins parfaites que les actuelles, avaient, en 1935, souligné ces

avantages dans l'étude des roches et avaient obtenu des premiers résultats montrant que la radioactivité des granites était concentrée dans des inclusions microscopiques. Irène Curie (5) a traité du point de vue théorique le dosage de l'U et du Th par numérotation des particules α .

A. Hée (6, 7) et Poole et Bremner (8, 9) ont publié des observations sur la répartition de la radioactivité dans des granites et précisé les techniques d'observation.

I. — ÉTUDE DE LA RÉPARTITION DES RADIO-ÉLÉMENTS.

La technique la plus simple est d'appliquer une plaque photographique sur une section polie de la roche étudiée. Une rapide exploration de la plaque, après une exposition suffisante, donne déjà des renseignements intéressants sur la distribution de la radioactivité.

Une répartition homogène des α traduira une répartition homogène de la radioactivité.

Des régions à forte densité homogène, alternant avec des régions inactives, démontreront la présence de minéraux radioactifs de taille du même ordre de grandeur que les autres minéraux.

Une disposition radiale des α démontre la concentration de la radioactivité dans de très petits minéraux inclus dans un milieu inactif. Des étoiles de 2, 3, 4 et 5 α peuvent être dues aux désintégrations successives d'un même atome et n'indiquent pas nécessairement une concentration particulière d'atomes radioactifs en ce point. Cette question est discutée dans l'article d'Irène Curie (5). (Voir photos.)

TECHNIQUE.

Nos essais avec des sections polies ont été conduits comme suit :

Une section plane de l'échantillon, coupée à la scie à diamant, est soigneusement polie à l'émeri fin.

La surface polie est mise en contact aussi intime que possible avec la plaque photographique.

Pendant l'exposition, l'ensemble est maintenu en glacière pour réduire les réactions de surface et les risques de fermentation de la gélatine. Il faut éviter soigneusement tout choc, frottement ou pression trop forte, sous peine de provoquer des

griffes ou des taches superficielles gênantes pour l'observation, surtout dans le cas où toutes les traces intéressantes partent de la surface.

Nous avons utilisé les plaques Ilford pour recherches nucléaires « C₂ », de 50 microns. Il n'y a aucun avantage à employer des plaques plus épaisses dont le développement est plus difficile, mais il y a intérêt, comme nous le verrons plus loin, à ne pas utiliser des plaques plus minces.

Développement suivant (2) :

Révélation : Révélateur pour rayons X (Kodak D 19 B, Ilford ID 19). Une partie du révélateur pour deux parties d'eau distillée. Révéler 35' entre 18 et 20° C avec agitation.

Fixation : Bain de fixation acide ordinaire.

La fixation demande environ 30' avec une forte agitation. Lavage à l'eau courante pendant 2 à 3 heures.

Utilisation de la lame mince. — La meilleure méthode de localisation des radio-éléments est la combinaison de la lame mince et de la plaque photographique, qui nous avait été suggérée par Max Cosijns en 1947. La technique des autoradiographies en biologie consiste à coller sur la préparation microscopique une très mince couche d'émulsion photographique; elle est difficilement utilisable ici pour diverses raisons : épaisseur de l'émulsion, réactions chimiques avec l'émulsion ou le révélateur, impossibilité d'observer l'émulsion au-dessus des minéraux opaques ou très sombres, etc.

Nous avons utilisé la technique suivante avec succès, en même temps que A. Hée (6), indépendamment à Strasbourg :

Une plaque Ilford de 50 μ est appliquée sur une lame mince non couverte; l'ensemble est fortement serré pour éviter tout déplacement et pour réduire au minimum le film d'air interposé.

Après développement, on peut examiner séparément la plaque et la lame mince ou les resuperposer, pour les examiner ensemble; dans ce cas, on observe l'émulsion à travers son support de verre.

Il est essentiel de posséder un système de repérage permettant de remettre la plaque et la lame mince dans la même position que pendant l'exposition, à quelques microns près.

Dans les photos montrées ici, nous avons utilisé un repérage par surimpression lumineuse qui donne facilement une précision de 10μ :

Avant ou après exposition, l'ensemble plaque photographique et lame mince est exposé à une source lumineuse.

L'image négative de la lame mince est ainsi imprimée sur la surface de la plaque photographique. L'intensité de la source lumineuse doit être réglée de façon à ne pas gêner l'observation des α .

On peut alors superposer sous le microscope la plaque et la lame mince ou travailler avec la plaque séparée en la comparant avec une photo très agrandie de la lame mince.

Cette méthode offre l'inconvénient de gêner l'observation des régions correspondant aux minéraux incolores.

On peut également utiliser un système de repérage mécanique tel que celui qui est décrit par Poole et Bremner (9).

L'observation simultanée de la lame mince et de la plaque superposées permet un gain de temps précieux, mais il faut observer la plaque retournée, à travers une certaine épaisseur de verre. Avec l'optique habituelle des microscopes on ne peut travailler dans ces conditions qu'avec des objectifs à sec et à faible grossissement, ne permettant pas de déterminer la profondeur, la direction ni la longueur des particules α . Un problème du même genre s'était posé dans l'examen des plaques épaisses exposées aux rayons cosmiques (10) et la solution préconisée était le microscope à miroir de Burch (11) qui, avec une ouverture numérique égale à celle des meilleurs objectifs à immersion, permet de travailler à une distance considérable de l'objet examiné.

Une solution plus simple vient d'être fournie par le Dr Taylor, de la firme Cooke, qui a réalisé, sur la demande de G. Occhialini, un objectif à immersion $45\times$ de 1,2 mm de distance frontale. Il convient parfaitement au cas qui nous occupe, à condition d'utiliser les plaques photographiques sur verre mince de 1 mm fournies par Ilford.

Notons enfin que le « Microscope cartographique » de Cosyns (12) a été monté au Centre de Physique Nucléaire de Bruxelles pour les problèmes de localisation très précise dans les plaques nucléaires. Il est donc particulièrement adapté à l'étude des roches.

II. — DOSAGE DE L'URANIUM ET DU THORIUM.

On peut envisager trois méthodes :

Dosage en solution.

Dosage sur section polie.

Dosage en poudre.

1. DOSAGE EN SOLUTION.

On peut travailler sur la solution totale de la roche ou sur des fractions contenant les éléments intéressants.

Broda (13) a déjà envisagé les possibilités de doser les radioéléments α en solution par la plaque photographique.

On peut déposer une goutte de masse connue sur la plaque et compter le nombre total d' α . Pour recueillir la totalité des α il faut recouvrir la plaque d'une seconde émulsion.

On peut aussi immerger la plaque dans la solution et mesurer la densité en α , mais cette méthode est d'application délicate.

Broda a montré que l'équilibre des concentrations dans la solution et dans la plaque photographique obéit à une isotherme d'adsorption. Il faut donc commencer par déterminer cette isotherme pour une émulsion et des conditions données.

Des variations de pH de 2 à 3 unités provoquent des variations considérables de la concentration dans l'émulsion (13, 14).

Westöo (15) a mis en évidence des variations importantes des vitesses de diffusion dans l'émulsion photographique pour les différents descendants du Th. Il en est fort probablement de même pour la famille de l'U.

La concentration des ions étrangers est également un facteur important.

L'étude quantitative de ces différents facteurs est en cours dans ce laboratoire.

2. DOSAGE EN SECTION PÔLIE.

On applique une plaque photographique sur une section plane de la roche pendant un temps déterminé; pouvant se compter en mois pour les roches à radioactivité très faible. Le nombre de particules émises permet de déterminer la radioactivité totale due à l'U et au Th. Pour doser séparément ces deux éléments, on se base sur la longueur des trajectoires.

Le problème a été traité du point de vue théorique dans un article d'Irène Curie (5).

En faisant l'hypothèse que l'équilibre radioactif est réalisé, on peut démontrer la relation suivante :

$$N = 3 \cdot 10^3 \cdot c U \cdot d \cdot k (35 - 8,3 r) + 10^3 \cdot c Th \cdot d \cdot k (28,7 - 6 r).$$

N : nombre de particules α émises par cm^2 et par seconde.

$c U$: concentration en Uranium en gramme par gramme de roche.

$c Th$: concentration en Thorium en gramme par gramme de roche.

d : densité de la roche.

r : parcours équivalent dans l'air (en cm) des plus petits fragments de trajectoire encore observables sous le microscope.

k : rapport des parcours moyens des α dans la roche et dans l'air.

k peut se calculer à partir de la composition chimique globale de la roche :

$$k = \frac{0,85 \cdot 10^{-4}}{d \cdot \sum CS/A}$$

C : concentration massique.

S : pouvoir d'arrêt atomique pour les α .

A : masse atomique.

La somme est étendue à tous les éléments présents.

Dans le cas où la roche contient uniquement du Th ou de l'U, cette relation permet de calculer directement la concentration en Th ou en U à partir du nombre de particules α .

Si la radioactivité est due à la présence simultanée d'U et de Th, il faut une seconde équation entre Cu et CTh .

I. Curie démontre l'équation

$$n_1/n_2 = 0,8 + 3,3 c U/c Th.$$

n_1 : nombre de rayons α de parcours supérieur à 7 cm d'air (correspondant au Th C').

n_2 : nombre de rayons de parcours inférieur à 7 cm d'air et supérieur à 5,8 cm (Ra C').

Par sa simplicité, cette méthode offre un grand intérêt. Elle est inapplicable dans les cas de non-équilibre radioactif : roches trop récentes ou trop altérées. Rappelons que l'U est en équilibre avec ses descendants en moins d'un million d'années, le Th en quelques dizaines d'années.

Précision du dosage en section polie.*Fluctuations statistiques du nombre de particules (N).*

En supposant les particules α émises indépendamment les unes des autres, les fluctuations répondent à la distribution de Poisson et l'erreur absolue probable sur N serait $0,67 \sqrt{N}$. En comptant 100 particules, l'erreur relative probable serait de 7 %; en en comptant 1.000, cette erreur est réduite à 2 %.

En réalité, l'erreur probable est plus grande, car les α appartenant à une étoile de désintégrations successives ne sont pas indépendants. Le calcul exact est en cours.

Erreurs d'observation sur N.

Avec un minimum d'habitude, on ne risque plus de confondre les particules α complètes avec des griffes superficielles ou des particules cosmiques.

L'incertitude se porte surtout sur les particules ayant accompli la majorité de leurs parcours dans la roche et venant finir dans l'émulsion.

Il est difficile de distinguer ces fins de parcours de marques de surface accidentelles ou de grains du background réunis par le hasard. D'où la nécessité de définir un parcours minimum : r , pour lequel on est certain qu'il s'agit encore d'une particule α .

r dépend de la qualité du microscope et du grain de l'émulsion utilisée. D'autre part, r est évidemment plus petit pour des trajectoires parallèles à la surface de l'émulsion que pour des trajectoires perpendiculaires.

Il faut aussi tenir compte de facteurs subjectifs : état de fatigue, habitude, etc.

Lorsqu'il y a un grand nombre d' α par champ, on a tendance à négliger les courts parcours, c'est-à-dire à augmenter r .

Il semble qu'une à deux particules par champ soit la densité optimum.

Voici un exemple numérique des variations dues à diverses estimations de r :

Un schiste uranifère donne $N = 2,3 \cdot 10^{-2}$ α par cm^2 et seconde.

On a pour

$r = 0$	$c U = 2,4 \cdot 10^{-4}$
$r = 0,2 \text{ cm (1 } \mu \text{ dans l'émulsion)}$	$c U = 2,6 \cdot 10^{-4}$
$r = 0,5 \text{ cm (2,5 } \mu \text{ dans l'émulsion)}$	$c U = 2,7 \cdot 10^{-4}$

En travaillant avec un grossissement de 1.000 à l'immersion, on peut estimer $r = 0,2$ et $r = 0,5$ comme valeurs extrêmes, ce qui entraîne une variation de 5 % sur la concentration en U.

L'erreur sur la densité d est tout à fait négligeable.

La précision du calcul de k , rapport des parcours dans la roche et dans l'air, dépend surtout de la connaissance des pouvoirs d'arrêt atomiques. Ils sont connus avec une précision de l'ordre de 5 % pour la plupart des éléments.

Non-équilibre radioactif.

Même dans les roches anciennes, l'équilibre radioactif peut ne pas être réalisé par diffusion des gaz radioactifs ou par solubilisation et entraînement sélectif des divers éléments.

Nous avons peu de données sur l'importance de ces facteurs; la plupart des méthodes de dosage radioactif supposent que l'équilibre est établi.

Urry (16) a dosé séparément le Ra et l'U dans une série de roches éruptives anciennes. Le rapport U/Ra correspond bien à l'équilibre aux erreurs expérimentales près (10 à 15 %).

Il faudrait également étudier les erreurs dues à la diffusion des gaz radioactifs à travers l'échantillon pendant la pose.

Contamination et background.

Le rayonnement cosmique ne produit dans cette technique aucun effet susceptible de confusion.

Il faut, par contre, tenir compte de la contamination par des traces de matières radioactives.

Le verre supportant l'émulsion émet toujours un certain nombre de particules α le plus souvent groupées en étoiles de désintégrations successives.

L' α le plus long a une trajectoire de 47 microns (Th C'). Si l'on travaille avec des émulsions de 50 microns, les particules dues à la radioactivité du verre seront faciles à reconnaître: une extrémité sera toujours au contact du verre et l'autre ne pourra atteindre la surface de l'émulsion.

Cette radioactivité du verre est certainement due en majeure partie aux minéraux denses (zircons, apatite, sphène...) présents dans les sables de verrerie les plus purs.

Un examen préliminaire, minéralogique et radioactif, serait intéressant dans le choix de ces sables.

A sein de l'émulsion sont émis un certain nombre d' α dus à la contamination des produits de fabrication.

Ils sont faciles à reconnaître lorsqu'ils composent une étoile dont le centre est sous la surface de l'émulsion ou lorsque leurs deux extrémités sont dans l'émulsion.

Seuls les α isolés ne se terminant pas dans l'émulsion peuvent être confondus avec les α émis de l'extérieur par l'échantillon, car il est difficile de déterminer le sens de parcours d'un α . Ils sont heureusement en proportion très faible.

Les sources de contamination les plus dangereuses pour nous sont les poussières radioactives qui peuvent se déposer à la surface de l'émulsion lors des manipulations; il n'y a pas moyen de distinguer ces α de ceux qui sont émis par l'échantillon. Aussi faut-il prendre les précautions les plus rigoureuses :

Ne jamais introduire de matériel radioactif dans les locaux de travail des plaques. Veiller à la propreté absolue des mains, éventuellement utiliser des gants en caoutchouc. Veiller à la propreté des instruments de préparation de l'échantillon et du matériel de développement des plaques. Accompagner chaque essai d'une plaque-témoin.

Hétérogénéité de la roche.

Dans le cas de roches très hétérogènes, comme les roches cristallines à gros grain, il faut tenir compte, dans les valeurs de la densité et du pouvoir d'arrêt attribués à l'échantillon, du mode de distribution des éléments radioactifs.

On peut considérer deux cas extrêmes :

1. Les minéraux radioactifs sont de dimensions petites par rapport au parcours des α , 1 ou 2 microns, par exemple.

S'ils sont répartis au hasard dans la roche, il faudra prendre pour d et k les valeurs moyennes correspondant à la roche.

S'ils sont toujours inclus dans des cristaux d'une même espèce minérale, il faudra évidemment prendre pour d et k les valeurs correspondant à l'espèce minérale en question.

2. Les minéraux radioactifs sont de grandes dimensions par rapport au parcours des α .

Les valeurs de d et k à utiliser sont celles du minéral radioactif lui-même.

Un *exemple* : soit un granite dont la radioactivité est concentrée dans des cristaux de zircon.

Considérons les quatre possibilités suivantes :

1. Le zircon est en grands cristaux (plusieurs centaines de μ).

2. Le zircon est en cristaux petits (quelques μ) inclus dans le quartz.

3. Le zircon est en cristaux petits inclus dans le mica.

4. Le zircon est en cristaux petits uniformément disséminés.

Les valeurs de d et k seront pour chaque cas :

	d	$k \cdot 10^{-4}$	$d \cdot k \cdot 10^{-4}$
1. Zircon	4,7	4,0	18,8
2. Quartz	2,6	5,5	14,3
3. Mica (Biotite) ...	3,2	5,1	16,3
4. Granite	2,7	4,7	12,7

Quoique d et k varient en sens inverse, on voit que dans le cas le plus défavorable on peut obtenir une erreur de 50 % si l'on ne tient pas compte du mode de distribution des minéraux.

Un autre cas rencontré dans l'étude d'un granite alcalin :

En prenant les valeurs moyennes pour le granite : $d = 2,7$ et $k = 4,7 \cdot 10^{-4}$, l'activité α correspond à une concentration en U de $2,5 \cdot 10^{-5}$.

L'étude radioactive et minéralogique par la méthode décrite plus haut montre que plus de 90 % des α sont émis par des plages homogènes de 150 à 1.500 microns d'un minéral de la famille de la Parisite (Fluocarbonate de terres rares), pour lequel

$$d = 4,9 \quad \text{et} \quad k = 4,4 \cdot 10^{-4}.$$

Avec ces nouvelles valeurs de d et k , on trouve une concentration en U de $1,5 \cdot 10^{-5}$.

Temps de pose et « fading ».

Des teneurs en U et Th de l'ordre de 10^{-6} donnent environ $3 \cdot 10^{-4} \alpha$ par cm^2 et seconde, soit 1α par cm^2 et par heure.

On peut difficilement travailler avec un grossissement inférieur à 400 fois, ce qui donne un champ de l'ordre de $0,1 mm^2$.

Nous aurons $2 \cdot 10^{-2} \alpha$ par champ et par jour, soit une pose de 50 jours pour avoir 1α par champ en moyenne.

Ce temps peut être considérablement raccourci si la radioactivité est due à une faible proportion de minéraux fortement radioactifs. Dans ce cas, il faudra examiner une grande surface de plaque pour que le résultat ait une signification statistique.

Le temps de pose est limité par le phénomène de « fading » de l'image latente, qui s'affaiblit et disparaît au cours du temps.

Ce phénomène est accéléré par la chaleur et l'humidité (17).

Avec les plaques Ilford C₂, en travaillant en glacière et à l'abri de l'humidité, on peut en toute sécurité faire des expositions de 2 à 3 mois, ce qui permettrait d'apprécier des concentrations limites de $5 \cdot 10^{-7}$ en U et Th.

Peu de roches éruptives ont des radioactivités si faibles, mais c'est le cas de bon nombre de roches sédimentaires.

Séparation Uranium-Thorium.

Comme le souligne I. Curie (4), le calcul du rapport des concentrations en U et Th par la mesure des trajectoires d' α est peu précis et d'application difficile.

L'étude de l'échantillon en poudre nous semble préférable à ce point de vue.

En *conclusion*, en travaillant dans les meilleures conditions et en comptant un millier de particules α , le dosage sur section polie peut se faire avec une erreur relative de 10 à 15 % sur la mesure de l'activité α totale, pour une concentration minimum de $5 \cdot 10^{-7}$ en U ou en Th.

La séparation U et Th par cette méthode ne peut donner que des ordres de grandeur.

Les faibles concentrations en U peuvent être dosées par d'autres méthodes physiques : Colorimétrie (9) ou Fluorescence (10). La concentration en Th peut être alors déduite par différence.

Essais expérimentaux.

Nous avons choisi pour les premiers essais deux échantillons répondant aux conditions suivantes :

Des concentrations en U et Th de l'ordre de 10^{-4} pour réduire les temps de pose.

Une distribution homogène des éléments radioactifs.

Une radioactivité due uniquement à de l'U ou du Th.

Des échantillons de roches géologiquement anciennes ayant subi un minimum d'altération atmosphérique.

Ce sont :

1. Un fragment de carotte de sondage dans des schistes bitumineux cambriens de Suède. L'analyse accompagnant l'échantillon signale une concentration moyenne de $2 \cdot 10^{-4}$ d'U.

2. Un échantillon de Bastnaesite, minéral voisin de la Parisite, fluocarbonate de Lanthane et Cérium avec traces de Th. Plusieurs analyses chimiques ont été faites de cet échantillon. Elles sont peu concordantes; la plus détaillée signale $3,5 \cdot 10^{-4}$ de Th.

La technique de développement et d'exposition a été décrite plus haut. L'exposition a été de 5 jours.

Les observations ont été faites à un grossissement de 1.000 fois avec objectif à immersion.

Nous avons estimé r , parcours minimum observable, à 0,5 cm d'air, soit $2,5 \mu$ dans l'émulsion.

Échantillon 1.

N (nombre d' α émis par cm^2 et seconde) : $2,3 \cdot 10^{-2}$, soit $1,5 \alpha$ en moyenne par champ dans nos conditions d'observation.

k calculé (rapport des parcours d' α dans la roche et dans l'air) : $4,5 \cdot 10^{-4}$.

d (densité) mesurée : 2,10.

On trouve une concentration en U : $N/3 \cdot 10^3 \cdot d \cdot k$ ($33 - 8,3 r$) = $2,7 \cdot 10^{-4}$ gr d'U par gr de roche.

Analyse chimique : $2,0 \cdot 10^{-4}$.

Échantillon 2.

$N = 1,09 \cdot 10^{-2} \alpha$ par cm^2 et seconde.

$k = 4,4 \cdot 10^{-4}$.

$d = 4,9$.

Concentration en Th : $1,9 \cdot 10^{-4}$.

Analyse chimique : $3,5 \cdot 10^{-4}$.

Les résultats trouvés par numération des particules α sont, à notre avis, dans les limites d'erreur des analyses chimiques. Des vérifications plus exactes sont en cours avec des échantillons dosés par voie radioactive.

L'ensemble des opérations pour un échantillon nécessite de trois à quatre heures si l'on compte une centaine de particules.

La précision sur les résultats ci-dessus est d'environ 15 %.

3. DOSAGE EN POUDRE.

L'échantillon est réduit en une poudre de l'ordre du micron. Un poids connu de cette poudre est dispersé au contact de l'émulsion. On peut la déposer, soit sur une plaque photographique mouillée, soit sur une plaque de verre que l'on recouvre

d'une émulsion, soit enfin sur une plaque photographique que l'on recouvre d'une autre émulsion.

Par cette dernière technique de double émulsion, tous les α émis sont enregistrés. La technique de dépôt sur plaque de verre est la plus maniable si l'on veut faire des pesées très exactes.

Comptant le nombre d' α émis par un poids donné d'échantillon, on calcule facilement la concentration en U plus Th.

Mais cette méthode est surtout intéressante pour le dosage séparé de l'U et du Th.

Dans la famille du Th en équilibre, 9,3 % des α sont émis par le Th C' et auront une longueur moyenne de 8,6 cm d'air, soit 47 μ dans l'émulsion. Ce sont les plus longs α radioactifs naturels.

Soient N le nombre total d' α émis;

n U le nombre d' α émis par la famille de l'U (+ Ac);

n Th le nombre d' α émis par la famille du Th;

n' le nombre d' α de 8^{cm}6 d'air (Th C').

$n \text{ Th} = 10,7 \cdot n'$.

1 gr d'U et 1 gr de Th émettent respectivement $1,2 \cdot 10^4 \alpha$ et $0,4 \cdot 10^4 \alpha$ par seconde.

$$N/10,7 \cdot n' = 1 + 0,33 c \text{ U}/c \text{ Th.}$$

On en tire c U et c Th, les concentrations en U et en Th, si l'on possède une seconde relation entre ces deux grandeurs. Cette seconde relation peut être fournie par le dosage sur section polie; de cette manière, on évite de peser la quantité de poudre déposée sur la plaque.

Les avantages du dosage en poudre pour la séparation U-Th sont les suivants :

Augmentation du nombre relatif des traces de 8^{cm}6 d'air.

Augmentation des traces voisines de l'horizontale, plus faciles à mesurer.

Possibilité d'observation complète des étoiles de désintégration.

Possibilité d'identifier en même temps la nature des minéraux radioactifs.

Les trajectoires d' α dus au Th C' sont nettement séparables des autres. Le parcours le plus voisin est celui du Ra C' : 6^{cm}9 d'air, soit une différence de 1^{cm}7 d'air ou 8,5 μ dans l'émulsion. Les incertitudes dues aux fluctuations de parcours peuvent être

le plus souvent levées par la mesure des autres branches de l'étoile dont font toujours partie les traces du Th C' ou du Ra C' [pour des poses supérieures à quelques jours (18)].

La principale cause d'erreur pourrait être la perte des gaz radioactifs.

CONCLUSIONS.

I. — Au point de vue *qualitatif*, la combinaison lame mince et plaque photographique offre des ressources du plus haut intérêt pour la localisation de la radioactivité.

II. — Au point de vue *quantitatif* :

1. *Dosage sur section polie.*

Avantages : grande simplicité de la technique. Permet de doser une activité correspondant à une concentration en U ou en Th de $5 \cdot 10^{-7}$ à 10^{-5} avec une précision de 15 %.

Inconvénients : grande imprécision sur la séparation U-Th.

2. *Dosage en poudre.*

Possibilité de doser séparément l'U et le Th.

Nécessite des manipulations plus délicates (broyage fin, uniforme, dépôt d'un poids de poudre connu avec précision).

3. *Dosage en solution.*

Permet de doser séparément U et Th à des concentrations inférieures à 10^{-7} .

Nécessite des opérations chimiques (mise en solution, séparations et concentrations) et des mesures très précises de poids ou de volume. Ne donne aucun renseignement sur la localisation de la radioactivité.

On peut combiner ces diverses méthodes, par exemple :

Dosage d'échantillons relativement radioactifs (10^{-3} et plus d'U ou Th). La meilleure méthode consiste à doser l'activité totale α sur section polie ou lame mince et de mesurer les proportions relatives d'U et de Th par l'étude en poudre.

Dosage de radioactivités faibles (moins de 10^{-3} en U ou Th). Doser l'activité totale α sur section polie. Opérer en solution pour la séparation U-Th.

REMERCIEMENTS.

Je remercie en tout premier lieu M. le Professeur Max Cosyns, qui a dirigé ce travail, pour ses conseils et ses encouragements, qui m'ont été des plus précieux.

J'ai largement profité de l'expérience et de l'amabilité du Professeur Occhialini et lui en suis très reconnaissant.

Je remercie MM. les Professeurs de Magnée, Denaeyer et Mortelmans, qui m'ont permis de puiser dans leurs collections géologiques et minéralogiques.

Je remercie enfin de leur collaboration amicale et dévouée mes coéquipiers du service Cosyns-Occhialini : Constance Dilworth, Renée Flament et Yves Goldschmidt.

Centre de Physique Nucléaire
Université Libre de Bruxelles.

Cette communication est le texte légèrement remanié d'une *Note du Centre de Physique Nucléaire de Bruxelles* (n° 1, août 1948).

BIBLIOGRAPHIE.

1. POWELL, OCCHIALINI, LIVESEY and CHILTON, *J. of Scient. Instruments*, 23, 5, p. 102 (1946).
2. C. F. POWELL and G. P. S. OCCHIALINI, *Nuclear Physics in photographs*, Clarendon Press, Oxford (1947).
3. H. YAGODA, *Radioactive Measurements with Nuclear Emulsions*, New-York et Londres (1949).
4. V. I. BARANOV et S. I. KRETSCHMER, *C. R. Ac. Sci. U.R.S.S.*, 1, p. 543 (1935).
5. I. CURIE, *J. Phys. et Ra.*, VII, 11 (1946).
6. A. HÉE, *C. R.*, 227, 356 (1948).
7. — *Ann. Géophys.*, IV, 3, 242 (1948).
8. J. H. J. POOLE et J. W. BREMNER, *Nature*, 161, 884 (1948).
9. — *ibid.*, 162, 125 (1949).
10. W. J. BATES et G. P. S. OCCHIALINI, *ibid.*, 161, 473 (1948).
11. C. R. BURCH, *Proc. Phys. Soc.*, 59, 41 (1947).
12. *Notes du Centre de Phys. Nucl., Univ. Bruxelles.*
13. E. BRODA, *Nature*, 160, 231 (1947).
J. of Scient. Instruments, 24, 136 (1947).
14. E. PICCIOTTO, *C. R.*, mars 1948.
15. R. WESTÖÖ, *Ark. Mat. Astr. och Phys.*, 34 B, 22, 1 (1947).
16. W. D. URRY, *Am. J. Sci.*, 239, 191 (1941).
17. H. FARAGGI et G. ALBONY, *C. R.*, 1^{er} mars 1948.
18. R. FLAMENT, *Notes du Centre de Phys. Nucl., Univ. Bruxelles*, n° 2 (1948).

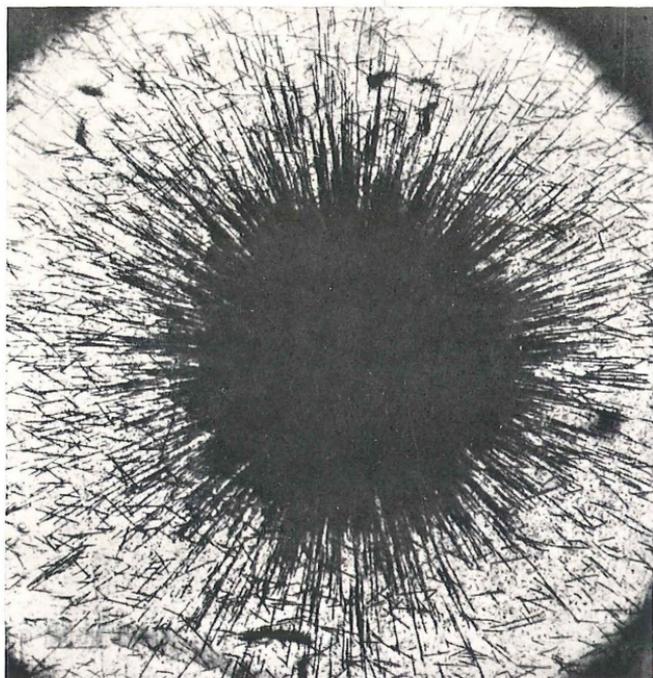


FIG. 1.

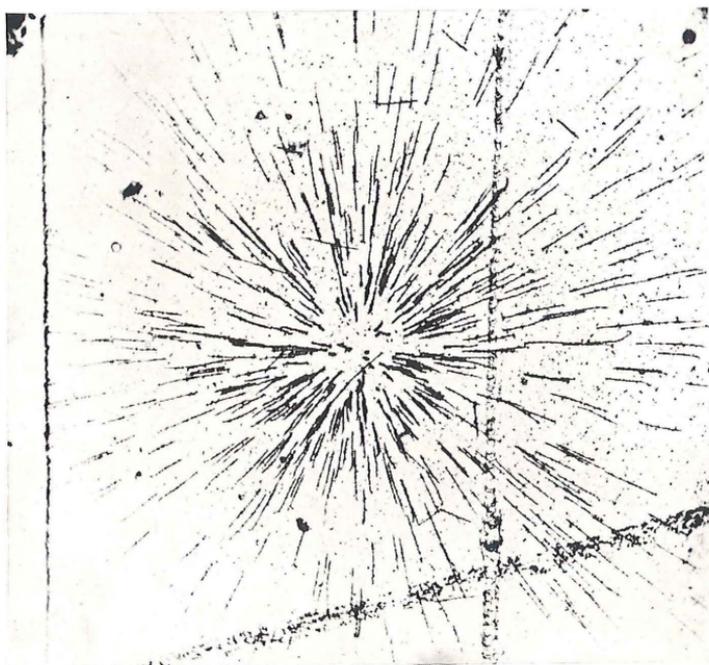


FIG. 2.



FIG. 3.

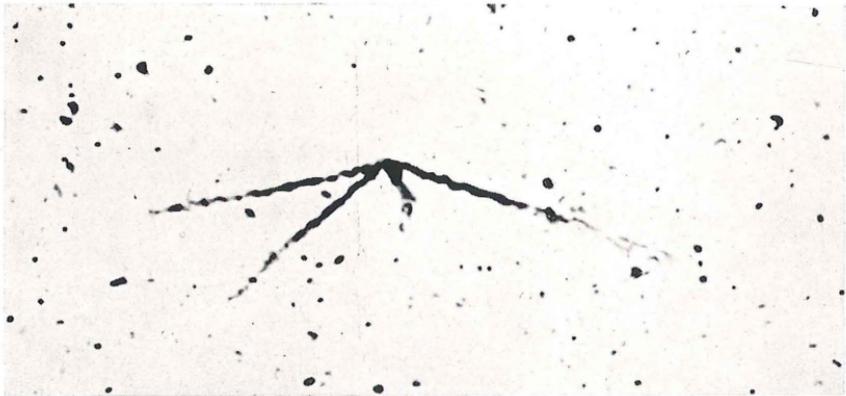


FIG. 4.



FIG. 5a.

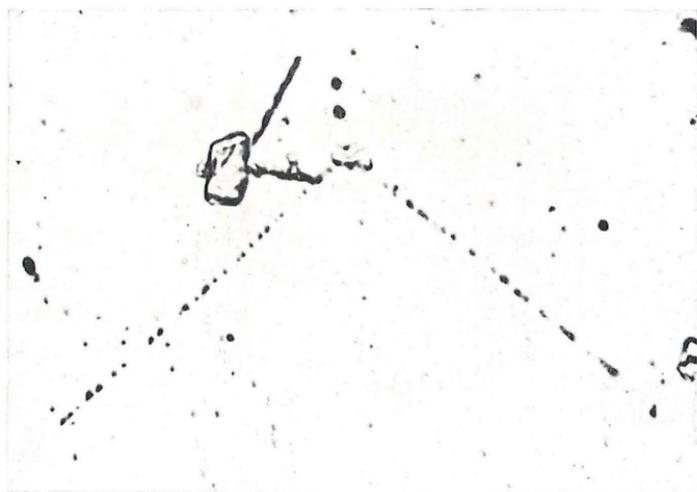


FIG. 5b.

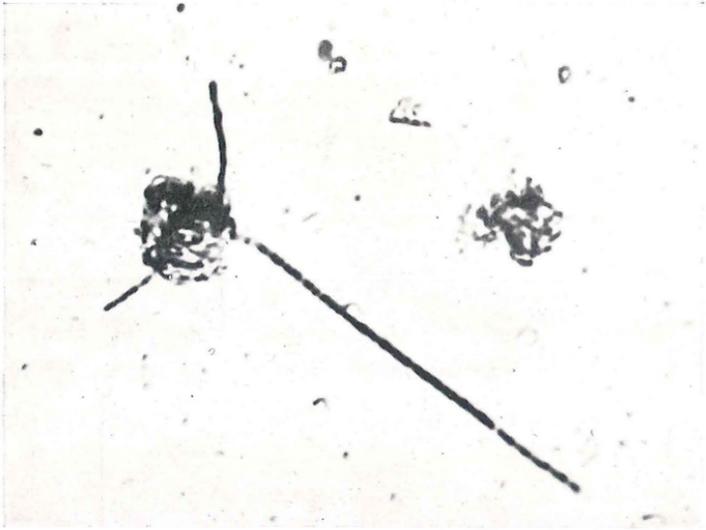


FIG. 5c.



FIG. 6a.

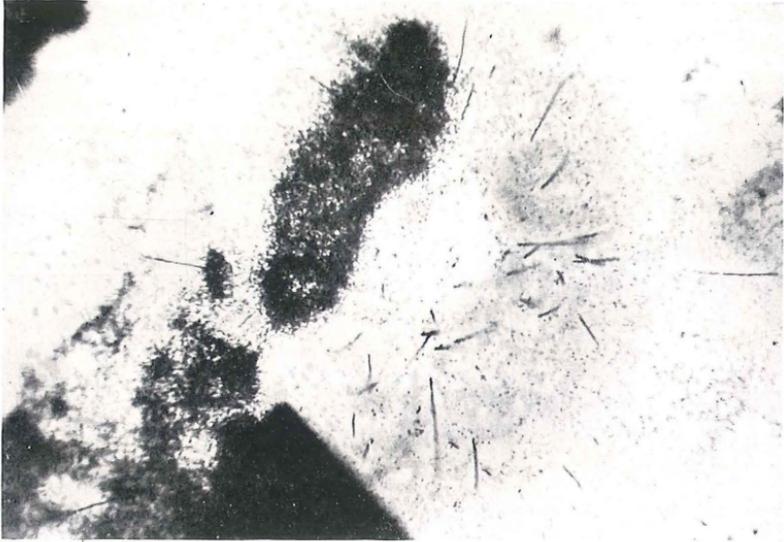


FIG. 6b.



FIG. 6c.

EXPLICATION DES PHOTOGRAPHIES.

FIG. 1. — Un grain de pechblende de 200 à 300 μ a été déposé pendant 24 heures sur la plaque. On voit, partant du grain, les trajectoires individuelles d'innombrables particules α . Les trajectoires ne partant pas du grain lui-même ont accompli un certain parcours dans l'air; certaines ont été déviées par diffusion et rentrent dans l'émulsion suivant une direction non radiale.

Plaque Ilford C₂.

Echelle : 17 mm = 50 microns.

FIG. 2. — Section polie de granite appliquée sur la plaque pendant 4 jours. Cette photo démontre la présence d'inclusions de 10 à 20 μ très actives. Les bandes noires traversant le cliché sont des griffes superficielles.

Plaque Ilford C₂.

Echelle : 17 mm = 50 microns.

FIG. 3. — Section polie de zircon. Exposition de 4 jours. Distribution homogène de la radioactivité (environ 0,01 % d'U).

Plaque Ilford C₂.

Echelle : 20 mm = 50 microns.

FIG. 4. — Zircon. Étoile due, non pas à une concentration radioactive plus élevée en ce point, mais aux désintégrations successives Th X — Tn — Th A — Th C — Th D (Pb²⁰⁶). Mise au point sur la surface de la plaque; les 4 α plongent dans l'émulsion. Pl. Ilford C₂.

Echelle : 22 mm = 30 microns.

FIG. 5a, 5b et 5c. — Plaque de verre saupoudrée de pechblende finement broyée et recouverte d'une émulsion photographique. Pose : 12 heures. On distingue à la fois les grains de pechblende et les α qui en partent. Les deux traces discontinues de 5b sont des α émis dans l'émulsion mouillée.

Émulsion Kodak.

Echelle : 14 mm = 10 microns.

FIG. 6a, 6b et 6c. — Localisation des minéraux radioactifs par l'usage combiné de la lame mince et de la plaque photographique. Ces photos ont été prises avec le nouvel objectif Cooke à immersion, de 1,2 mm de distance frontale, la plaque étant superposée à la lame mince. — 6a : niveau de la lame mince (biotitoschiste à tourmaline). On distingue, à gauche, une tourmaline allongée, au centre, un zircon bordé à sa droite d'une auréole pléochroïque dans la biotite adjacente. — 6b : niveau de la plaque; de nombreuses trajectoires d' α partent du zircon; les autres minéraux se montrent inactifs. — 6c : superposition de 6a et 6b sur le même cliché. Repérage par surimpression lumineuse. Les taches noires à gauche du zircon sont des taches de lumière correspondant à un minéral transparent (feldspath).

Plaque Ilford C₂ sur verre mince.

Echelle : 18,5 mm = 50 microns.