

Bull. Soc. belge de Géologie Bull. Belg. Ver. voor Geologie	T. 89 V. 89	fasc. 3 deel 3	pp. 123-136 blz.123-136	Bruxelles 1980 Brussel 1980
--	----------------	-------------------	----------------------------	--------------------------------

LA COMPOSITION ISOTOPIQUE DU PLOMB DES GISEMENTS BELGES. IMPLICATIONS SUR LES PLANS GENETIQUE ET ECONOMIQUE. (NOTE PRELIMINAIRE)

par P. PASTEELS (*), NETELS, V. (**), L. DEJONGHE (***), S. DEUTSCH (**).

RESUME. - Sur la base d'un nombre limité de mesures, il apparaît que les gisements plombifères belges de type filonien à encaissant carbonaté, situés dans le district métallogénique des synclinaux de Namur et de la Vesdre ont une composition isotopique très semblable et différente de celle d'autres gisements ou indices belges à caractéristiques différentes. Cette constatation est de nature à encourager une nature plus poussée par la méthode isotopique, susceptible de fournir des informations complémentaires sur la genèse des gisements belges plombifères et leur importance économique.

ABSTRACT. - On the basis of a limited number of measurements it appears that the Belgian vein type deposits in carbonate host rocks, located in the metallogenic district of the Namur and Vesdre synclines have a homogeneous isotopic composition which is different from that found in other Belgian deposits with other features. This observation prompts a more extensive study aimed at additional informations on the genesis and economical importance of Belgian lead ores.

SAMENVATTING. - Uit een beperkt aantal metingen blijkt dat de isotopensamenstelling van het lood in ertsgangen, samengestelde ertsgangen, met erts gevulde holten, in de ertsprovincie Namen-Vesdre, zeer homogeen is en verschillend van die van andere ertsafzettingen. Dit kan als een aanmoediging beschouwd worden tot een nader onderzoek, met de isotopische methode, met het oog op de verzameling van inlichtingen over de genese en het economische belang van de Belgische loodertsafzettingen.

1. AVANT-PROPOS.

La présente étude a été entreprise à l'initiative du Professeur Paul BARTHOLOMÉ dont le départ prématuré a été durement ressenti par l'équipe qu'il animait. Nous espérons cependant avoir

(*) Eenheid Geochronologie, Vrije Universiteit Brussel,
Pleinlaan 2 B-1050 Brussel.

(**) Laboratoire de Minéralogie - Pétrologie, Université Libre de Bruxelles,
avenue F. D. Roosevelt 2 - B-1050 Bruxelles.

(***) Service Géologique de Belgique, rue Jenner 13 - B-1040 Bruxelles.

été fidèles à sa pensée géologique et poursuivons cette approche des problèmes de métallogénie en Belgique, dans l'esprit où elle fut conçue.

Le renouveau d'intérêt qui se manifeste pour la géochimie isotopique des gisements belges de plomb, zinc et barite, n'est pas étranger aux travaux de prospection entrepris récemment dans notre pays. Les quelques résultats présentés ici ne constituent que le point de départ d'une étude plus approfondie. L'examen de ces premières données fournit l'occasion d'une mise au point générale. En effet, l'étude isotopique des galènes a été délaissée dans nos régions depuis une quinzaine d'années. On évoquera donc, dans ses grandes lignes, l'évolution des idées concernant la géochimie isotopique du plomb. Un bref aperçu des conceptions anciennes et récentes relatives à l'origine des gisements Pb-Zn belges et une courte discussion des quelques données isotopiques obtenues précédemment s'avèrent également nécessaires, afin de préciser l'optique dans laquelle une étude de plus grande ampleur peut être conçue.

2. LA COMPOSITION ISOTOPIQUE DU PLOMB ET SON UTILISATION EN PROSPECTION.

Les variations considérables que l'on observe dans la composition isotopique de l'élément plomb sont dues à l'accumulation en proportions plus ou moins grandes, des isotopes radiogéniques de masse 206, 207 et 208 dans les divers milieux naturels. L'étude systématique de ces variations ne s'est développée qu'au lendemain de la deuxième guerre mondiale. L'évolution des idées en la matière fut rapide, à mesure que les données s'accumulaient et que des perfectionnements étaient apportés aux techniques de mesure.

Jusqu'à ces toutes dernières années, un modèle d'évolution simple, "à un stade" ou "en système fermé" a été à la base de toute discussion ou interprétation des données isotopiques du plomb "commun" (1) (GERLING 1942, HOLMES 1946, HOUTERMANS 1946). Le système fermé (écorce, manteau) est caractérisé par des indices géochimiques, μ et κ qui n'ont pas varié au cours du temps.

$$\mu = \frac{\left[\begin{array}{c} 238 \\ \text{U} \end{array} \right]_0}{\left[\begin{array}{c} 204 \\ \text{Pb} \end{array} \right]} \quad \kappa = \frac{\left[\begin{array}{c} 232 \\ \text{Th} \end{array} \right]_0}{\left[\begin{array}{c} 238 \\ \text{U} \end{array} \right]_0}$$

L'indice \circ signifie que les quantités d'isotopes radioactifs sont celles présentes à l'époque actuelle.

Sur la base d'un tel modèle, il est possible de calculer un "âge conventionnel" (model age) sans faire d'hypothèse sur la valeur du paramètre μ , pourvu que la constance de ce dernier soit admise. Or c'est précisément cette constance qui est remise en question, dans des modèles plus élaborés proposés plus récemment, qui rendraient mieux compte de l'évolution des plombs terrestres au cours du temps (CUMMING et RICHARDS 1975, STACEY et KRAMERS 1975). Il semblerait donc qu'on ne peut plus déterminer d'âge à partir de la composition isotopique d'un plomb commun naturel, mais tout au plus fournir une estimation à quelques cent millions d'années près.

Ces divers modèles s'attachent à rendre compte théoriquement des variations observées pour une catégorie de plombs communs dits "normaux" ou "ordinaires" qui paraissent correspondre à une

(1) Le plomb commun est celui qui se présente dans les matériaux ordinaires de l'écorce terrestre et les galènes. Le plomb présent dans les matériaux uranifères et thorifères est dit radiogénique : uranogénique, thorogénique, selon le cas.

tendance terrestre moyenne. Un gros écart par rapport à cette tendance correspond à un plomb "anormal" ou "extraordinaire". Ces derniers nous intéressent moins : toutes les analyses isotopiques de galènes belges ont révélé des plombs normaux (en tout cas dans le sens où on l'entend actuellement). Il est important de souligner que la notion de normalité d'un plomb a perdu sa signification primitive.

Suivant la définition originale du terme, un plomb normal satisfait au modèle de GERLING-HOLMES-HOUTERMANS et fournit donc un âge conventionnel qui s'accorde avec les données géologiques. On dira à l'heure actuelle qu'un plomb est normal s'il paraît se conformer, à peu de chose près, au modèle de CUMMING et RICHARDS 1975 ou STACEY et KRAMERS 1975 (bien que différents dans leur principe, ces deux modèles conduisent à des courbes d'évolution (207/204) f (206/204) et (208/204) f (206/204) très similaires sauf pour l'Archéen). La notion de normalité d'un plomb devient relative. De cette évolution dans les idées, il résulte que certains problèmes abordés durant les années cinquante sur la base du modèle de GERLING-HOLMES-HOUTERMANS devraient être revus, sur la base de mesures plus précises et d'un modèle théorique plus adéquat. Nous pensons en particulier aux plombs anormaux de type B (âge conventionnel trop élevé) correspondant aux gisements téléthermaux suivant la définition de SCHNEIDERHÖHN (1952) (CAHEN et al. 1958, CAHEN et JEDWAB 1958).

Les applications de la géochimie isotopique du plomb en prospection ont surtout retenu l'attention des chercheurs de l'United States Geological Survey. En 1961 déjà, CANNON et al. cherchent à délimiter dans un diagramme 206-207-208, les domaines correspondant aux gisements de plomb les plus importants. Ultérieurement, CANNON, PIERCE et ANTWEILER (1971) et DOE et STACEY (1974) définissent quelques règles qui permettent d'appliquer les données isotopiques du plomb à des fins économiques.

- La méthode des plombs normaux se base sur l'observation du fait que les compositions isotopiques des gros gisements correspondent en général à des points situés près de la courbe d'évolution des plombs normaux, et ont un âge conventionnel proche de 1700 m.a. (par exemple Broken Hill) ou entre 500 et 0 m.a. (par exemple gisements européens). Cette méthode n'est d'application qu'en terrain pratiquement inconnu.
- Une autre observation utilisable en prospection est l'uniformité de composition isotopique du plomb qui s'observe dans le cas de concentrations importantes. La détermination de la même composition isotopique sur du plomb en trace se présentant à quelque distance d'un tel gisement suggère une extension de ce dernier, ou l'existence d'un autre gisement de même type.
- L'existence de galènes constituées de plomb radiogénique (plus précisément "uranogénique") constitue un indice de minéralisation uranifère (CANNON, STIEFF et STERN 1958).

Notons que ces règles ne sont pas d'application stricte, et que leur réciproque ne l'est pas du tout. Il existe des accumulations importantes de plombs anormaux uranogéniques (Mississippi Valley type) non accompagnées de gisements uranifères et des galène à plomb normal présentes accessoirement dans des mines d'uranium. Il ne faut donc pas concevoir l'utilisation de la géochimie isotopique du plomb en prospection comme l'application stricte de certaines règles. Le plomb doit être considéré comme un traceur, un indicateur de provenance. Sur cette base, il peut servir à évaluer un modèle génétique qui lui-même servira de guide en prospection. Plus simplement, on pourra mettre en évidence, sur le plan local, des analogies ou des différences qui permettront peut-être de faire la distinction entre simple indice et gisement probable.

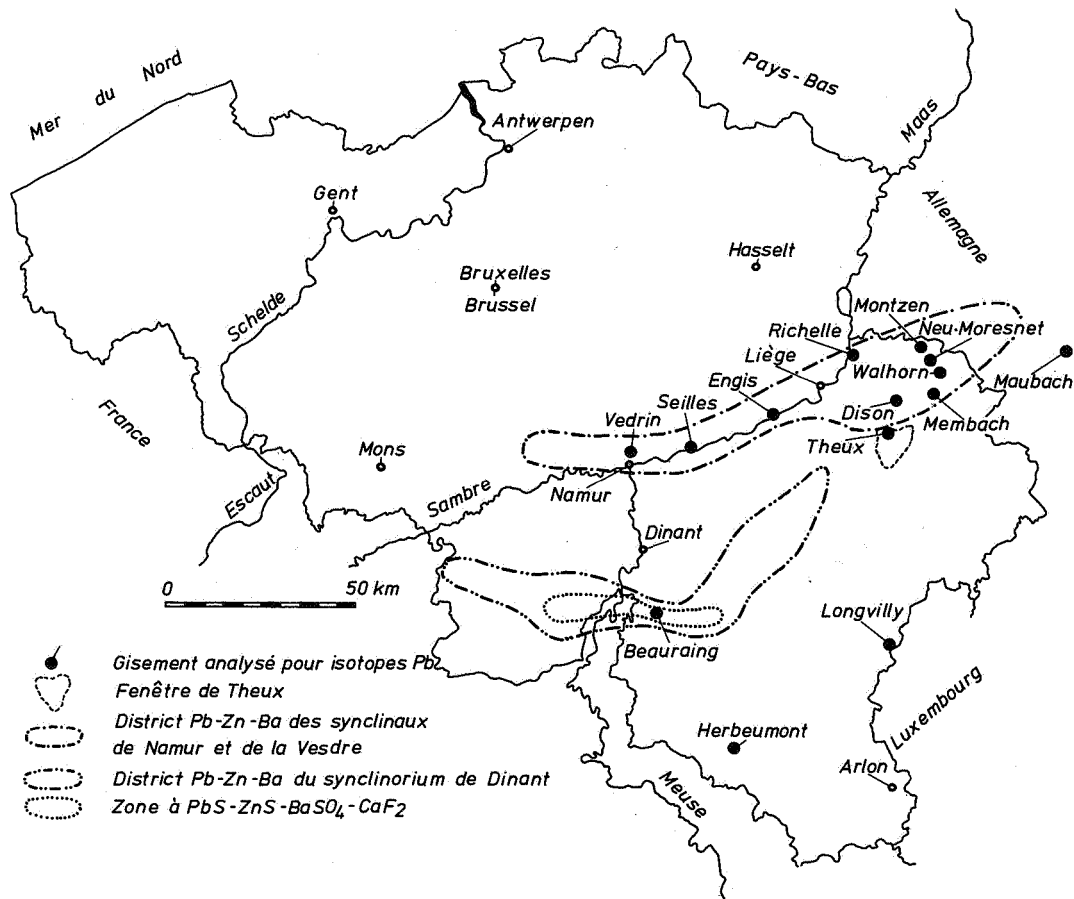


Fig. 1 - Localisation des échantillons et limites des districts métallifères Pb - Zn - Ba - F en Belgique.

3. LES GISEMENTS PLOMBIFERES BELGES.

Les analyses isotopiques présentées ici concernent des galènes provenant de gîtes ou indices belges auxquels deux études de synthèse ont déjà été consacrées. Dans l'une, DEWEZ (1947) effectue un recensement des principaux gisements exploités. Dans l'autre, de MAGNÉE (1967) étudie leur genèse. Avant d'aborder les résultats d'analyses isotopiques, il nous paraît intéressant de situer les gisements dans leur cadre métallogénique et d'en dégager leurs caractéristiques essentielles.

La plupart des gisements belges sont localisés dans des fractures ou des failles qui intersectent les calcaires et dolomies givétiens, frasniens et dinantiens. On distingue deux districts métallogéniques principaux. Le plus important s'étend de Fleurus à Aachen et coïncide avec les synclinaux de Namur et de la Vesdre. Sont à rattacher à ce district, les gisements de la fenêtre tectonique de Theux. Un autre district est localisé dans le synclinorium de Dinant et couvre une zone coudée s'étendant de Beaumont à Bomal via Givet (figure 1).

Quelques filons traversent également les épaisses formations détritiques du Dévonien inférieur de l'Ardenne et très rarement le socle anté-Dévonien du Massif du Brabant.

Dans le district métallifère Namur-Vesdre, les filons sont souvent coiffés d'amas qui se développent le long du contact calcaire viséen-shale namurien.

Pour ces gisements filoniens, un modèle génétique de type hydrothermal s.l. (paléo-hydrologique) a été précisé par de MAGNÉE (1967). Celui-ci voit l'origine des métaux, principalement dans l'érosion d'un continent à relief accusé, pendant le Permien et surtout le Trias. Le transport se serait effectué par les eaux météoriques s'infiltrant dans les couches perméables. Les sulfures auraient précipité dans la partie ascendante des circuits artésiens à cause de la diminution de la pression partielle de CO₂. Sous une forme très légèrement modifiée, ce schéma a été repris et développé en ce qui concerne la précipitation des sulfures par BARTHOLOMÉ et GÉRARD (1976) dans le cas des gisements d'Engis.

S'opposant à ces gisements filoniens (épigénétiques concentrés, sensu de MAGNÉE, 1967) il existe aussi des gisements de type stratoïdes ou stratiformes qui se sont mis en place par voie sédimentaire ou diagénétique très précoce en milieu carbonaté périrécifal (DEJONGHE, 1978, PEL et MONSEUR, 1979) ou dans des paléokarsts (DEJONGHE, sous presse).

Les paragenèses de tous ces gisements sont simples et consistent généralement en une association de sphalérite, pyrite ou marcasite et galène avec accessoirement chalcopyrite et baryte.

L'évolution des idées sur l'origine de ces gisements reflète assez bien l'évolution générale des conceptions en la matière, la tendance actuelle étant de mettre en relation les concentrations en éléments lourds avec des phénomènes sédimentaires. L'hypothèse magmatiste (relation avec un granite profond) conserve cependant des adeptes et dans la mesure même où l'argument isotopique pourrait apporter de nouveaux éléments au débat, on aurait tort de considérer le problème comme résolu au départ. Cette hypothèse magmatiste a été développée par FOURMARIER (1934). Elle fut étayée par de WIJKERSLOOTH (1937) qui, sur base de la présence de certains minéraux de nickel, de cobalt et d'étain dans les minéralisations du Sud Limbourg néerlandais, en a déduit une répartition zonaire concentrique des gîtes plombezincifères de Belgique, du Sud Limbourg néerlandais et de la région de Aachen-Stolberg. En outre, il en a situé le foyer magmatique générateur dans le sous-sol du Limbourg néerlandais. Un magma est également la seule source parentale envisagée par EVRRARD (1943b, 1945) pour les gisements du district Namur-Vesdre et par VOIGT (1952) pour les minéralisations (Cu, Au, Sn ...) du massif de Stavelot et de sa périphérie.

Deux remarques s'imposent. D'une part, certaines déterminations minéralogiques de de WIJKERSLOOTH furent contestées par DOUW et OORTHUIS (1945). D'autre part, en l'absence d'étude thermométrique des inclusions fluides, la plus grande prudence s'impose en ce qui concerne les déductions de températures de cristallisation basées sur des associations minérales.

Malheureusement, les études d'inclusions fluides consacrées aux gîtes métallifères belges sont très rares et effectuées uniquement sur des fluorites et des calcites associées aux sulfures. Citons celle de SMITH et HIRST (1974) sur fluorite (températures d'homogénéisation inférieures à 150°C et de COIPEL (1977) sur calcite (températures d'homogénéisation voisines de 290°C, certaines étant cependant supérieures à 320°C).

Ces auteurs concluent que les gisements plombozincifères belges sont de type "Mississippi Valley", c'est-à-dire des gisements hydrothermaux (téléthermaux) sans contribution prouvée ni nécessaire de fluides dérivant de roches ignées. Bref, les études les plus récentes confirment les hypothèses génétiques non magmatiques de de MAGNÉE.

Pour conclure, on peut dire qu'il y a une totale identité de vue entre géologues belges sur la nature de la grosse majorité des minéralisations (filons et amas associés) et un large consensus sur le caractère des solutions hydrothermales (basse température, forte salinité) et sur l'âge de formation (en gros, le Trias). Les opinions varient en ce qui concerne le mécanisme de dépôt des sulfures (cf. ÉVRARD, 1943b; de MAGNÉE, 1967; BARTHOLOMÉ et GÉRARD, 1976). Les gisements stratofides et stratiformes occupent une position très marginale par rapport aux gisements filoniens. La nature paléokarstique de certains gîtes (par exemple, Moresnet) est hautement probable, mais non démontrée. Pour les gisements filoniens, la source de plomb à partir de roches sédimentaires, pour plausible qu'elle soit, demeure une hypothèse séduisante plutôt qu'un fait démontré. Disons d'emblée que si l'hypothèse sédimentaire peut être vérifiée par l'analyse isotopique des traces ou disséminations de plomb présentes dans les sédiments, la vérification de l'hypothèse magmatique paraît plus difficile, les corps magmatiques pouvant être échantillonnés à cette fin étant peu nombreux. Cette simple constatation orientera nécessairement la poursuite de nos travaux dans une direction bien déterminée.

4. TRAVAUX ANTERIEURS SUR LA GEOCHIMIE ISOTOPIQUE DU PLOMB EN BELGIQUE.

Les mesures de composition isotopique de galènes belges sont peu nombreuses, relativement anciennes et non publiées si ce n'est sous une forme sommaire pour certaines d'entre elles (GEISS et al. 1954, PASTEELS 1964). On dispose de quelques données, anciennes également, pour Aachen (Aachener Bezirk) (CAHEN et JEDWAB 1958) et d'une trentaine d'analyses pour le Limbourg hollandais (PRIEM, BOELRIJK et BOERBOOM 1962). Si l'on tient compte d'écarts systématiques interlaboratoires (flagrants dans le cas de la mesure de l'isotope 204, PASTEELS 1964), une certaine uniformité apparaît pour le district Namur-Vesdre et son extension au-delà de nos frontières. Au Limbourg néerlandais, PRIEM et al. (1962) croient pouvoir distinguer deux groupes de galènes, isotopiquement différentes.

5. EXAMEN DES NOUVELLES DONNEES ISOTOPIQUES.

Les nouvelles analyses concernent treize localités belges et, en raison de sa proximité et de son importance, le gisement allemand de Maubach (fig. 1). Bien que sommaire, cet échantillonnage recouvre, en gros, l'ensemble du district Namur-Vesdre et fournit quelques éléments de comparaison. Les résultats sont présentés au tableau 1 et aux figures 2 et 3. Les analyses isotopiques de galènes allemandes, récemment publiées par WEDEPOHL, DELEVAUX et DOE (1978), y figurent également.

Tableau I - Analyses isotopiques du plomb de galènes belges

Echantillon	Commune	Hameau ou lieu-dit	Origine	206 Pb/204 Pb	207Pb/204Pb	208Pb/20
1	Vedrin		Collection	18.353	15.599	38.306
2a	Seilles	Haies-Monet	Verses	18.398	15.636	38.404
2b	Seilles	Tramaka	Affleurement	18.386	15.628	38.385
3	Engis		Collection	18.368	15.617	38.344
4	Richelle		Affleurement	18.363	15.613	38.222
5	Dison		Affleurement	18.379	15.625	38.404
6	Theux	Le Rocheux-Oneux	Haltes	18.384	15.618	38.347
7	Montzen	Plombières ou Bleyberg	Collection	18.257	15.591	38.241
8	Membach		Haltes	18.283	15.660	38.333
9	Neu-Moresnet	Schmalgraf	Collection (1)	18.354	15.590	38.314
10	Walhorn	Rabothrath	Affleurement	18.351	15.597	38.313
				18.406	15.605	38.359
11a	Beauraing I	Tamison	Sondage	18.323	15.634	38.333
11b	Beauraing II	Tamison	Sondage	18.314	15.640	38.347
12	Herbeumont		Affleurement	18.319	15.613	38.299
13	Longvilly		Collection	18.304	15.639	38.321
14	Maubach (R.F.A.)		Collection	18.443	15.671	38.464

(1) Mesure répétée sur le même échantillon.

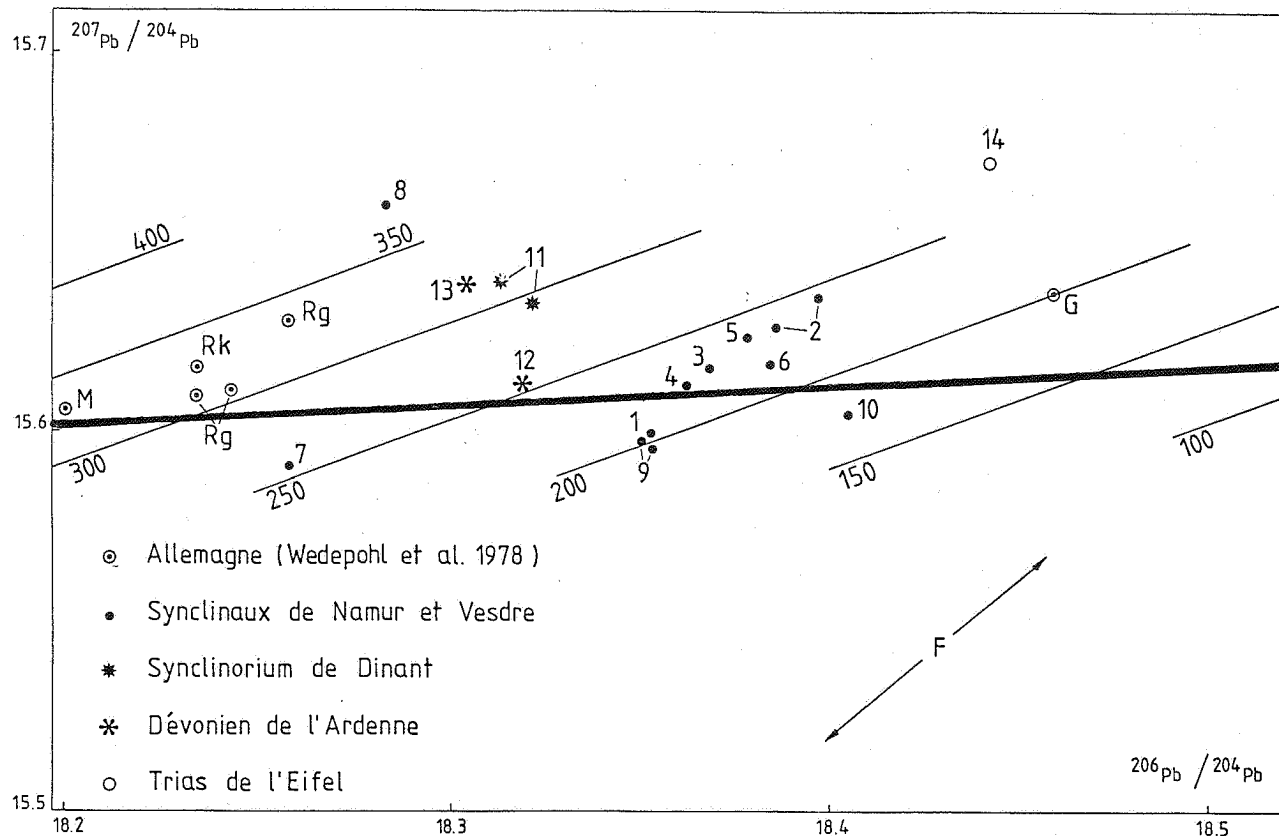


Fig. 2 - Diagramme $(^{207}/^{204})$ f $(^{206}/^{204})$. On a tracé en gros trait la courbe d'évolution de STACEY et KRAMERS (1975) et en trait fin les droites isochrones (lieux théoriques des points correspondant à des plombs de même âge ayant évolué dans des milieux à rapports U/Pb différents depuis la constitution de l'écorce continentale).

Une remarque préliminaire s'impose en ce qui concerne les erreurs expérimentales sur les mesures présentées ici. Des effets de fractionnement isotopique de quelques dixièmes de pour mille par unité de masse, non contrôlables par la technique utilisée, peuvent se manifester. Ils se marquent par un déplacement du point analytique le long du segment F des figures 2 et 3, dont la longueur correspond en gros à l'importance maximale que l'on peut leur attribuer. Il y a lieu de tenir compte en outre d'erreurs aléatoires de quelques dixièmes de pour mille également ($1\sigma_M$). Des mesures répétées, sur un même échantillon ou sur des échantillons de compositions isotopiques très proches, donneront donc un nuage de points elliptique, dont le grand axe est orienté suivant F.

5.1. District métallogénique Namur-Vesdre.

L'examen des figures 2 et 3 montre que les échantillons correspondant aux localités 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 9, toutes situées dans les synclinaux de Namur et de la Vesdre, ont essentiellement la même composition isotopique. Il s'agit de gisements très semblables : filons dans les formations carbonatées du Dinantien ou amas au contact de ces dernières avec les shales du Namurien. Les paragenèses sont également semblables, et une "consanguinité géochimique" a pu être constatée pour ces gisements (ÉVRARD, 1943a, 1945). Le point 10, se rapportant à un filon de même type (Walhorn-Rabothrath) se situe quelque peu à l'écart, pour des raisons qui n'apparaissent pas clairement.

La galène de Richelle (éch. 4) provient d'un paléokarst localisé dans des calcaires du Viséen supérieur. Elle est associée à une quarantaine de minéraux assez exceptionnels dont certains sont uranifères (FRANSOLET, JEDWAB et VAN TASSEL, 1974). La similitude de sa composition isotopique par rapport à celle des localités précédentes ne doit pas surprendre puisqu'une remobilisation karstique s'observe ailleurs, par exemple à Engis (BARTHOLOMÉ et GÉRARD, 1976). L'absence d'anomalie uranogénique suggère que la formation de la galène est antérieure à celle des minéraux d'uranium, ces derniers, vraisemblablement formés très récemment par altération de fluorapatites uranifères (HERBOSCH et al, 1979).

Montzen-Plombières (éch. 7) et Membach (éch. 8), bien que localisés dans le district métallogénique Namur-Vesdre, montrent une composition isotopique nettement différente de celle du "groupe principal" qui vient d'être reconnu. Ceci paraît correspondre à des particularités géologiques.

- Le gisement de Membach, interstratifié dans la formation carbonatée de Fromelennes (Frasnien inférieur ou Givétien supérieur, selon les conventions stratigraphiques utilisées), semble être du type sédimentaire périorécifal.
- Le filon de Montzen-Plombières traverse les shales et grès namuriens sur plus de 5 km de long et les calcaires viséens sur 1.100 m de long. D'autre part, il a livré des tonnages en plomb et en zinc du même ordre de grandeur alors que les autres gisements du district étaient principalement zincifères.

5.2. Maubach.

Par leur localisation dans le Trias, leur géométrie strati-forme et leur paragenèse (présence de sulfures de nickel et cobalt), les gisements de Maubach et Mechernich se distinguent des précédents. L'unique analyse isotopique disponible paraît indiquer une composition isotopique distincte de celle du groupe passé en revue plus haut. Toutefois, un effet de fractionnement pourrait aussi expliquer les rapports isotopiques mesurés sur cette galène : la différence ne serait alors qu'apparente. On ne peut donc conclure sur la base d'une seule analyse isotopique.

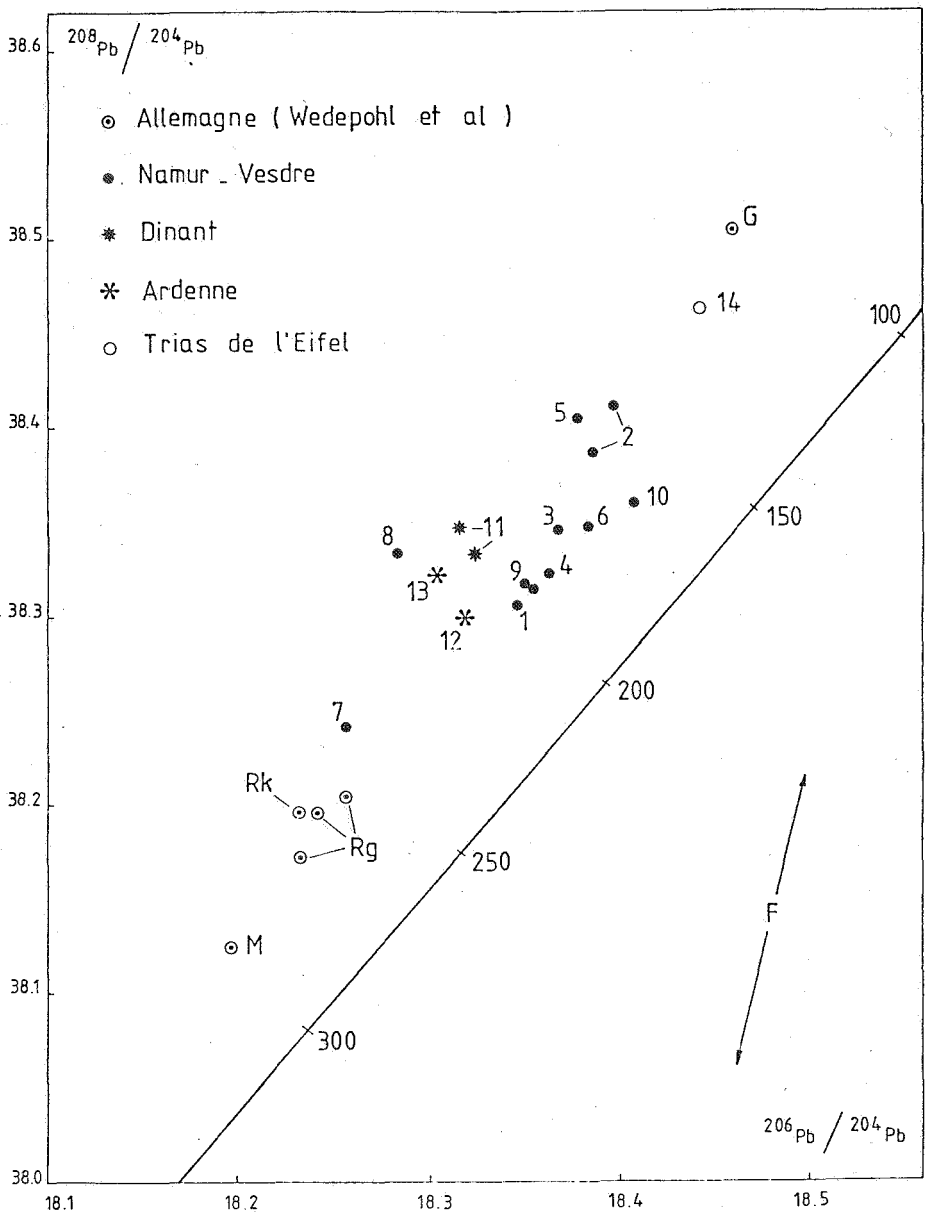


Fig. 3. Diagramme $(^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$ f $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$. La courbe d'évolution de STACEY et KRAMERS (1975) figure en gros trait. On notera que l'ensemble des points expérimentaux se situe nettement à gauche de cette courbe.

5.3. Districts métallogéniques Dinant et Ardenne.

Parmi les quatre échantillons restant, deux proviennent du district métallifère du synclynorium de Dinant (éch. 11a et 11b) et deux de l'Ardenne (éch. 12 et 13). Ils présentent des caractéristiques isotopiques assez semblables entre elles, mais différentes de celles des autres gisements étudiés. L'échantillonnage est cependant beaucoup trop limité pour permettre quelque généralisation que ce soit.

6. COMPARAISON AVEC LES REGIONS VOISINES.

La seule comparaison possible est celle avec les gisements allemands de Günz, Ramsbeck, Rammelsberg et Meggen, ainsi que le Kupferschiefer, qui ont fait l'objet d'une étude isotopique récente (WEDEPOHL, DELEVAUX et DOE 1978). Les premiers situés dans le Dévonien et le Carbonifère, se présentent en filons ou accumulations stratiformes. Géographiquement, ils sont fort proches des gisements qui nous occupent, particulièrement Meggen et Ramsbeck et, à leur instar, sont localisés dans des terrains plissés à l'époque varisque. De la comparaison des données isotopiques relatives à ces gisements avec celles du Kupferschiefer, les auteurs concluent que le plomb de Günz, Ramsbeck, etc., peut être dérivé de sédiments paléozoïques. Aucune différence notable de composition isotopique n'est observée entre plombs hydrothermaux filoniens tels que ceux de Ramsbeck et hydrothermaux synsédimentaires tels que ceux de Rammelsberg. Pour les premiers, d'autres arguments (p. ex. isotopes du soufre) plaident en faveur d'une extraction du plomb de sédiments paléozoïques par des solutions salines chaudes.

En fait, il ne semble pas que l'on puisse affirmer que les données isotopiques concernant le plomb, considérées à elles seules, prouvent que ces gisements filoniens contiennent un plomb dérivé de sédiments mais l'argument isotopique, confronté avec d'autres indications, va dans ce sens. Les auteurs précités vont d'ailleurs plus loin. Le plomb serait dérivé de sédiments contenant des minéraux détritiques d'âge précambrien et dont certains seraient dérivés de terrains métamorphiques de faciès granulite. Cette conclusion, étayée d'observations géologiques (existence de zircons détritiques d'âge précambrien dans les terrains paléozoïques d'Europe centrale) (GRAUERT, HANNY et SOPTRAJANOVA 1973), se base surtout sur la répartition particulière des points expérimentaux dans les diagrammes (207/204) f (206/204) et (208/204) f (206/204) (DOE et ZARTMAN 1977).

Cette répartition particulière est aussi celle que l'on observe pour les plombs belges : points situés légèrement au-dessus de la courbe d'évolution de STACEY et KRAMERS dans le premier diagramme, très à gauche (ou au-dessus) de cette courbe dans le second.

A titre d'hypothèse, nous retiendrons donc la possibilité de dérivation ultime du plomb des gisements belges, de matériaux analogues à ceux invoqués par les auteurs mentionnés plus haut : minéraux détritiques (feldspaths ?) provenant d'un socle précambrien à faciès métamorphique élevé. Ceci pourrait n'être l'origine, d'ailleurs, que d'une partie du plomb, le mélange et l'homogénéisation de plombs d'origines diverses (mais essentiellement sédimentaire), étant également concevable. Une dérivation partielle des matériaux détritiques du Dévonien belge à partir du socle précambrien de Scandinavie a été proposé indépendamment par P. MICHOT (1976). Il faut considérer pour l'instant toutes ces indications comme assez ténues. Une étude du plomb contenu dans les sédiments paléozoïques serait une des tâches à entreprendre.

7. CONCLUSIONS.

Nous constatons que la variation dans la composition isotopique des galènes belges obéit à une certaine logique sur le plan de la métallogénie. Les gisements du district Namur-Vesdre, situés

dans des roches carbonatées dinantiennes, représentent un groupe homogène du point de vue isotopique.

Les plombs de Montzen-Plombières et de Membach font exception, mais ceci paraît correspondre à des situations géologiques particulières.

Trois autres gisements n'appartenant pas au district Namur-Vesdre, révèlent des compositions isotopiques s'écartant nettement du groupe homogène mentionné plus haut. Cette distinction demanderait à être confirmée par un plus grand nombre d'analyses.

Ces premiers résultats sont compatibles avec une dérivation du plomb à partir de sédiments, suivant l'hypothèse de de MAGNÉE (1967). Cependant, une étude isotopique du plomb disséminé sous forme de galène dans les sédiments ou présent en trace dans les carbonates ou les feldspaths, ainsi que les quelques roches éruptives échantillonnables, permettrait d'en dire plus à ce sujet.

Sur le plan des applications en prospection, les relations de consanguinité isotopique qui paraissent se dégager constituent un élément favorable. Elles permettraient en effet de préciser, si elles se confirment, à quel groupe de minéralisation un indice paraît pouvoir être rattaché. Dans ce domaine également, une étude plus poussée serait souhaitable pour confirmer ces premiers résultats.

REMERCIEMENTS.

Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme du Centre belge de Géochronologie. Nous tenons à remercier MM. PARENT, JEDWAB et COIPEL qui nous ont fourni certains échantillons. Nous avons bénéficié des informations et suggestions de M. HERBOSCH, qui a relu notre manuscrit. Nos remerciements vont également à MM. de MAGNÉE, CAHEN et JEDWAB, pour l'intérêt qu'ils ont apporté à ce travail.

ANNEXE. METHODES ANALYTIQUES.

Les échantillons de galène ont été mis en solution dans l'acide chlorhydrique 6 N. La plomb a été purifié à la dithizone et sur résine échangeuse d'ions. La quantité de plomb introduite lors des manipulations s'élève à un pour mille environ du total du plomb déposé sur le filament du spectromètre.

L'analyse isotopique a été effectuée sur spectromètre de masse VARIAN MAT TH5, équipé d'un collecteur du type cage de Faraday couplé à un amplificateur CARY 402 modifié. L'acquisition des données est faite au moyen d'un voltmètre digital intégrateur HEWLETT-PACKARD. L'ionisation et l'évaporation sont assurées par le même filament de rhénium, le dépôt du plomb se faisant par la technique de l'activateur au silicagel. Une correction de fractionnement de 1 ‰ par unité de masse a été effectuée, sur la base des moyennes obtenues sur les étalons shelf C I T et N B S 981.

BIBLIOGRAPHIE.

- BATHOLOMÉ, P. (1966) - Les inclusions fluides et leurs enseignements en métallurgie. *Rev. Univ. des Mines*, pp. 369-375.
- BARTHOLOMÉ, P. et GÉRARD, E. (1976) - Les gisements plombozincifères de la région d'Engis, province de Liège, Belgique. *Ann. Mines de Belgique*, 11 - pp. 901-917.
- CAHEN, L., EBERHARDT, P., GEISS, J., HOUTERMANS, F. G., JEDWAB, J. et SIGNER, P. (1958) - On a correlation between the common lead model age and the trace-element content of galenas. *Geochem. Cosmochim. Acta*, 14 - pp. 134-149.

- CAHEN, L. et JEDWAB, J. (1958) - Beziehungen zwischen dem Modellalter des Blei, dem Gehalt an Spurenelementen des Bleiglanzes und der geologischen Geschichte einiger Bleierzlagerstätten Westdeutschlands. *Zeitschr. der Deutschen geol. Ges.*, 110 - pp. 474-490.
- CANNON, R. S., PIERCE, A. P. et ANTWEILLER, J. C. (1971) - Suggested uses of lead isotopes in exploration. *Proc. 3^d Int. Geochem. Explor. Symp., Canadian Inst. Mining Metall., Spec. Vol. 11* - pp. 457-463.
- CANNON, R. S., Jr., PIERCE, A. P., ANTWEILER, J. C. et BUCK, K. L. (1961) - The data of lead isotope geology related to problems of ore genesis. *Economic Geology*, 56 - pp. 1-38.
- CANNON, R. S., Jr., STIEFF, R. L. et STERN, T. W. (1958) - Radiogenic lead in non radio-active minerals : A clue in the search for uranium and thorium. *2nd UN. Geneva Conf. Sess. E-7b, P773* : pp. 215-223.
- COIPEL, J. (1977) - Etude du potentiel métallogénique de la région de Theux. *Travail de fin d'études d'Ingénieur géologue. Université de Liège*.
- CUMMING, G. L. et RICHARDS, J. R. (1975) - Ore lead isotope ratios in a continuously changing Earth. *Earth planet. Sci. Lett.* 28 - pp. 155-171.
- DEJONGHE, L. (1978) - Discovery of a sedimentary Ba (Fe, Zn, Pb) Ore Body of Frasnian Age at Chaudfontaine, Province of Liège, Belgium. *Mineralium Deposita (Berl.)* 14 - pp. 15-20.
- DEJONGHE, L. (sous presse) - Mineral deposits of Belgium. A paraître dans *Mineral Deposits of Europe. Vol. 3 - Edité par S.H.U. BOWIE, A. KVALHEIM et H. W. HASLAM, Londres*.
- DEWEZ, L. (1947) - Les minerais du sol belge. I. Les gisements filoniens de plomb, zinc, cuivre, pyrites. *Centenaire A. I. Gg. Congrès 1947, Section géologie* - pp. 75-96.
- DOE, B. R. and STACEY, J. S. (1974) - The application of lead isotopes to the problems of ore genesis and ore prospect evaluation : a review. *Economic Geology* 69 - pp. 757-776.
- DOE, B. R. and ZARTMAN, R. E. (1977) - Plumbotectonics I. The Phanerozoic. In : *Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 2nd ed. (H. E. BARNES, ed.) New York : John Wiley and Sons, Inc.*
- DOUW, A. H. et OORTHUIS, G. L. (1945) - Verslag over de vindplaatsen van mineralen in de Zuid-Limburgse mijnen. Rapport non publié, *Rijks-Geologische Dienst, Heerlen, Pays-Bas*.
- ÉVRARD, P. (1943a) - Premiers résultats d'une étude spectrographique des sulfures de Moresnet, Engis et Vedrin. *Acad. Roy. de Belgique - Bull. Classe Sc., Séance du 9 janvier 1943*.
- ÉVRARD, P. (1943b) - La minéralisation de Vedrin. *Ann. Soc. géol. de Belgique*, 66 : M pp. 181-202.
- ÉVRARD, P. (1945) - Minor elements in sphalerites from Belgium. *Economic Geology*, 40 - pp. 568-574.
- FOURMARIER, P. (1934) - Le problème des gisements filoniens de la Belgique. *Revue univ. des Mines, Liège* 10 - pp. 202-208.
- FRANSOLET, A. M., JEDWAB, J. et VAN TASSEL, R. (1974) - Inventaire minéralogique de Richelle, près de Visé, Belgique. *Ann. Soc. géol. de Belgique* 97, pp. 23-26.
- GEISS, J., HIRT, B., SIGNER, P. et STAUFFER, H. (1958) - Analyses isotopiques non publiées. *Communication écrite de M. L. CAHEN*.
- GERLING, E. K. (1942) - L'âge de la terre d'après les données radio-actives. *C. R. Acad. Sc. URSS* 34 - pp. 2-59 (en russe).
- GRAUERT, B., HÄNNY, R. et SOTRAJANOVA (1973) - Age and origin of detrital zircons from the Pre-Permian basements of the Bohemian Massif and the Alps. *Contrib. Mineral. Petrol.* 40 - pp. 105-130.

- HERBOSCH, A., DE WITTE S. M. et PREAT, A. (1979) - Recherches sur les indices de minéralisations uranifères dans la région de Visé. *Prof. Paper. Serv. géol. de Belgique* 1979 - 6, 162.
- HOLMES, A. (1946) - An estimate of the age of the Earth. *Nature* 157 - p. 680.
- HOUTERMANS, F. G. (1946) - The isotopic ratios in natural lead and the age of uranium. *Naturwissenschaften* 33 - p. 185.
- de MAGNEE, I. (1967) - Contribution à l'étude génétique des gisements de plomb, zinc et barytine in : *Genesis of stratiform lead-zinc-barite deposits* (J. S. BROWN, ed.). *Economic Geology, Mon 3*, pp. 255-266.
- MICHOT, P. (1976) - Le segment varisque et son antécédent calédonien dans le cadre de la Belgique et de régions limitrophes. *Nova Acta Leopoldina, Halle, DDR, NF 45/224* - pp. 201-208.
- PASTEELS, P. (1964) - La composition isotopique de plomb de galènes de nombreux gisements d'Europe occidentale est très semblable. Les erreurs systématiques de mesure tendent à masquer ce fait et peuvent conduire à des erreurs d'interprétation. *Thèse annexe U. L. B. non publiée*.
- PEL, J. et MONSEUR, G. (1979) - Minéralisations de galène et de pyrite dans le récif F_{2h} du Frasnien de Frasnes (Belgique). *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, 101 - pp. 389-397.
- PRIEM, H.N.A., BOELRIJK, N.A.I.M. et BOERBOOM, A.J.H. (1962) - Lead isotope studies of the lead-zinc deposits of southern Limburg, The Netherlands. *Geologie en Mijnbouw* 41 - pp. 430-437.
- SCHNEIDERHÖHN, P. (1952) - Genetische Lagerstättengliederung auf geotektonischer Grundlage. *N. Jahrbuch f. Mineralogie. Monatshefte* 1952 - pp. 47-63 et 65-89.
- SMITH, F. W. et HIRST, D. M. (1974) - Analysis of trace elements and fluid inclusions in fluorite from the Ardebbes massif. *Ann. Soc. Géol. de Belgique* 97 - pp. 281-285.
- VOIGT, A. (1952) - Die Metallprovinz um das Hohe Venn. *Zeitschr. Erzbergb. und Metallhüttenw.*, 5 - pp. 223-233.
- STACEY, J. S. et KRAMERS, J. D. (1975) - Approximation of terrestrial lead evolution by a two-stage model. *Earth Planet. Sci. Lett.* 26 - pp. 207-221.
- WEDEPOHL, K. H., DELEVAUX, M. et DOE, B. R. (1978) - The potential source of lead in the Permian Kupferschiefer bed of Europe and some selected Paleozoic mineral deposits in the Federal Republic of Germany. *Contrib. Mineral. Petrol.* 65 - pp. 273-281.
- de WIJKERSLOOTH, P. (1937) - Sur la région métallifère de Moresnet-Bleyberg-Stolberg-Limbourg néerlandais. *Prov. Konink. Akad. Wetensch. Amsterdam*, 40 - pp. 292-294.