

PÉTROGRAPHIE SÉDIMENTAIRE :  
ORIGINE ET SIGNIFICATION DES MINÉRAUX LOURDS  
DU BASSIN ACTUEL DE LA MEUSE (\*) (\*\*)

par L. BUSTAMANTE S. C. (\*\*\*)

(1 fig. dans le texte)

RÉSUMÉ

Les minéraux lourds de la plaine alluviale de la Meuse actuelle, entre Mézières et Venlo, présentent quatre associations minéralogiques distinctes :

- celle de la Meuse française (minéraux des Vosges remaniés);
- celle de la Meuse ardennaise (chloritoïde s.s. et grenats ardennais);
- celle de la titanogaïte d'Ormont, de l'hypersthène et du chloritoïde Mn à l'aval du confluent de l'Ourthe;
- celle de la région de Venlo (association rhénane à pyroxène-amphibole-saussurite).

Des analyses à la microsonde RX, DTA, et ATG indiquent que :

- dans l'Ourthe, les chloritoïdes s.s. proviennent du massif du Serpent et non du massif de Stavelot;
- les chloritoïdes Mn à teinte brun rouge ne peuvent pas être classés parmi les altérites, ni parmi les fragments de schiste.

Les rivières des bassins de la Vesdre, de l'Amblève et de l'Ourthe, comportent de très fortes teneurs en minéraux volcaniques de l'éruption Allerød de la Laacher See. La titanogaïte du volcan d'Ormont caractérise le bassin de l'Amblève. Le chloritoïde Mn, l'hypersthène, le grenat spessartine et la titanogaïte permettent de distinguer l'Ourthe et les autres grands affluents ardennais de la Meuse.

ABSTRACT

The heavy minerals of the alluvial plain of the present River Meuse can be divided into 4 distinct associations :

- (1) reworked minerals from the Vosges, characterising the Meuse in France;
- (2) chloritoid s.s. and Ardennes garnets, characterising the Meuse in the Ardennes region;
- (3) titanogaïte from the Ormont volcano with hypersthene and Mn-chloritoid, downstream from the confluent with the River Ourthe; and
- (4) a Rhine association with pyroxene-amphibole-saussurite found in the region of Venlo.

Analyses by electron microprobe, XRD, DTA and ATG show that (a) in the Ourthe, the chloritoid s.s. is derived from the Serpont massif and not from the Stavelot massif;

(\*) Communication présentée et manuscrit déposé le 4 novembre 1975.

(\*\*) Résultats extraits d'une dissertation doctorale encore inédite, entamée en 1967 et défendue à la K.U.L. en 1973. (Promoteur, Professeur F. Gullentops).

(\*\*\*) Université de Louvain. Unité de Géographie physique et Géologie du Quaternaire. Place Louis Pasteur, 3, 1348 Louvain-la-Neuve (Belgique).

(b) the reddish-brown Mn chloritoids cannot be classified with the « altérites » nor with the shale fragments.

River sediments in the basins of the Vesdre, the Amblève and the Ourthe contain notable quantities of volcanic minerals derived from the Allerød eruption of the Laacher See. Titanogaugite from the Ormont volcano characterises the Amblève basin. The Mn chloritoid, hypersthene, spessartine garnet and titanogaugite allow one to distinguish the Ourthe from the other Ardennes tributaries of the Meuse.

## I. — INTRODUCTION

Les analyses détaillées des minéraux lourds transparents, prélevés dans les plaines alluviales, mettent en évidence les différentes associations minéralogiques des principales rivières ardennaises appartenant au bassin hydrographique de la Meuse.

A titre comparatif, les sédiments de la Moselle, ancien affluent de la Meuse, ont aussi été analysés (tableau I). Les résultats de cette étude permettent de mieux comprendre l'évolution minéralogique des terrasses de la Meuse. (Bustamante, 1974-75).

### A) *Méthodologie*

#### 1. — *Séparation*

L'élimination des enduits carbonatés ou oxydés est d'abord assurée dans les sédiments par un traitement préalable dans une solution 2 N d'acide oxalique avec des plaquettes d'aluminium ou de la grenaille de zinc. Les grains ainsi traités sont ensuite tamisés pendant 15 min. La fraction de 44 à 250  $\mu$  est passée au bromoforme pour séparer les minéraux lourds. Ceux-ci sont alors montés sur lames dans le baume de Canada.

#### 2. — *Fractionnement granulométrique*

La granulométrie des minéraux lourds compris entre 44 et 250  $\mu$  a été établie par mesure directe de la largeur des grains au microscope pétrographique, en même temps que les déterminations minéralogiques. Cette méthode fournit en nombre absolu la répartition granulométrique de chaque espèce minéralogique, donnée qui permet souvent de comprendre les variations de teneurs observées au sein d'un même dépôt (\*).

Quelques analyses plus détaillées ont été effectuées pour les bassins des principaux affluents de la Meuse. La partie sableuse de 44 à 250  $\mu$  a subi une séparation granulométrique par tamisage au 1/2  $\phi$  et, pour chaque fraction, la couleur, la forme et le degré de corrosion des minéraux lourds ont été examinés.

### B) *Les principaux minéraux lourds observés*

Les principaux minéraux lourds connus dans le bassin de la Meuse sont :

— *Épidote, hornblende*

L'épidote et la hornblende verte concentrées dans la fraction 3,5 à 4,5  $\phi$  proviennent en très grande partie du remaniement des dépôts de loess dont l'origine,

(\*) Le rôle de l'altération et de la granulométrie dans l'interprétation des analyses de minéraux lourds détritiques (*vide supra*).

la composition et l'âge ont été discutés par J. H. Druif (1928), puis F. Gullentops (1954). L'épidote provient aussi des diabases épidotisées du Cambrien (A. Renard, 1878; X. Stainier 1886-1890). Les grains euhédraux-subeuhédraux de hornblende verte et d'épidote concentrés dans la fraction 2 à 3,5  $\phi$  proviennent des roches métamorphiques ardennaises et des Vosges. Les sédiments tertiaires marins ont aussi livré de l'épidote, abondante notamment dans la région de Maastricht. La hornblende brune qu'on observe surtout dans la Meuse française et dans certaines hautes terrasses est originaire des Vosges.

— *Les grenats*

Les grenats de l'épizone-mésozone (fig. 1) d'Ardenne correspondent à un mélange de grossulaire-almandin-spessartine (H. Buttgenbach, 1922; V. Billiet - A. Vandendriessche, 1937). Ces grenats sont surtout concentrés dans la fraction 2 à 3,5  $\phi$ . La spessartine (K. Theunissen, 1971) concentrée dans la fraction 3,5 à 4,5  $\phi$  est présente dans la Salm. Grâce à des analyses RX, à la détermination de la densité et à la mesure de l'indice de réfraction moyen, nous avons pu montrer que le grenat des sédiments de la Moselle est l'almandin.

Les grenats à petit diamètre peuvent aussi provenir du remaniement de dépôts de loess (J. H. Druif, 1928; F. Gullentops, 1954).

— *Disthène-Staurotide-Andalousite-Topaze-Sillimanite*

Ces éléments proviennent du remaniement des dépôts marins tertiaires dont de très nombreux placages subsistent dans le bassin de la Meuse (J. Anten, 1919; I. de Magnée - P. Macar, 1936; R. Tavernier, 1947).

— *Zircon-Rutile-Anatase-Tourmaline*

Ces minéraux ont une origine complexe. Ils peuvent provenir des formations primaires ardennaises et vosgiennes, des dépôts de loess et des dépôts marins tertiaires. Dans les sédiments de l'Ourthe et du Viroin, la présence de grains de tourmaline brune euhédrale de petit diamètre (3,5 à 4,5) est remarquable. Ces tourmalines proviendraient en très grande partie de l'érosion des roches dévoniennes que traversent l'Ourthe et le Viroin. La tourmaline issue des dépôts tertiaires est souvent concentrée dans la fraction 2 à 3,5  $\phi$ ; elle est très colorée (bleu, vert, violet, etc. ...) et présente un arrondi élevé.

— *Minéraux volcaniques :*

*enstatite-augite-hornblende basaltique-sphène-titanoaugite-hypersthène*

Nous avons retrouvé les associations bien connues à enstatite-augite-hornblende basaltique-sphène provenant des éruptions volcaniques de l'Eifel (K. H. Sindwoski, 1938; J. Frechen et H. Straka (1950; F. Gullentops, 1954); Hulshof *et al.*, 1968). Bien que J. H. Druif (1927) ait ignoré la source de ces minéraux, il fut le premier à les décrire systématiquement. Notons que le sphène qui accompagne les minéraux volcaniques peut aussi provenir des roches métamorphiques de l'Ardenne et du massif des Vosges, ainsi que d'un remaniement des dépôts tertiaires et des loess.

Une éruption récente à titanogaugite du volcan d'Ormont vient en outre d'être découverte (Bustamante, 1974). L'existence de grains d'hypersthène encore enrobés partiellement dans des fragments de roches basiques nous permet de conclure que ce minéral est d'origine locale et lié à des filons du bassin de la Vesdre et de la Hoegne (Bustamante, 1974). Les minéraux volcaniques de l'éruption Brörup de



— *Chloritoïde*

Le Salmien métamorphique du massif de Stavelot livre des chloritoïdes manganésifères dont l'un d'entre eux est de couleur brun-rouge (J. Gosselet, 1887-1888; I. de Dorlotot, 1910; J. Michot, 1956). Les exemplaires brun-rouge ont été comptés parmi les fragments de schiste par C. H. Edelman et F. A. Van Baren (1935). Plus tard, Tj. Van Andel (1950) les a rangés parmi les « altérites ».

J. I. S. Zonneveld (1947) et R. Tavernier-Laruelle J. (1952) considéraient comme « ottrélite normale les chloritoïdes à teinte vert clair ».

Une étude récente sur les chloritoïdes belges (Bustamante, 1974) a permis de montrer que :

- a) les chloritoïdes provenant des massifs de Rocroi et du Serpont sont des chloritoïdes s.s., tandis que ceux du massif de Stavelot sont manganésifères;
- b) le chloritoïde manganésifère de teinte brun-rouge étant un minéral bien défini, ne peut pas être considéré comme une « altérite ». Il ne peut non plus être assimilé aux fragments de schiste;
- c) La détermination d'ottrélite s.s. des chloritoïdes vert clair est arbitraire. En effet, les chloritoïdes s.s. des massifs de Rocroi et du Serpont sont exclusivement de teinte vert clair.

— *Feldspaths saussuritisés et altérite*

Edelman C. H., 1933 a identifié la saussurite dans le bassin du Rhin. Plus tard, Tj. Van Andel (1950) a retrouvé cette saussurite et introduit le terme d'altérite.

Dans le bassin de la Meuse, Tavernier R. - Laruelle J. (1952) ont mentionné de fortes teneurs en « altérite », élément non défini en minéralogie et dès lors, que nous n'avons pas recherché. En réalité, nous avons en permanence tenu à définir avec précision tous les minéraux, même s'ils étaient fortement altérés. L'emploi des techniques pétrographiques et minéralogiques modernes a toujours permis de bien définir chaque minéral trouvé et d'abandonner l'emploi du terme forcément équivoque d'« altérite ».

— *Traces* : Quelques grains de cassitérite, monazite, spinelle et fluorine ont été sporadiquement observés en traces.

## II. — LES PRINCIPAUX AFFLUENTS

L'analyse de la composition minéralogique lourde de chaque bassin affluent de la Meuse nous a conduit aux résultats qui viennent d'être brièvement exposés. Nous allons reprendre succinctement les éléments principaux de cette étude.

A) *Bassin de l'Amblève*

Aux environs de Heppenbach, les minéraux altérables de l'Amblève sont caractérisés par une forte teneur en produits d'origine volcanique (augite-basaltine-sphène) correspondant à l'éruption Allerød de la Laacher See (Hulshof *et al.*, 1968). Parmi les minéraux volcaniques, on note encore la présence de la titanogaugite qui provient d'une éruption récente du volcan d'Ormont (fig. 1).

Le chloritoïde manganésifère et le grenat sont présents en traces. Suite aux apports de la Salm et de la Lienne, les sédiments sableux de l'Amblève s'enrichissent

en chloritoïde manganésifère et en grenat. Le grenat spessartine (concentré dans la fraction granulométrique 3,5 à 4,5  $\varnothing$ ) et le chloritoïde manganésifère proviennent du Salmien métamorphique du massif de Stavelot. (J. Michot, 1956; K. Theunissen, 1971). La localisation du bassin de la Lienne en dehors de la zone métamorphique centrale explique une très faible teneur en grenat.

Dans les alluvions de la Warche à Mé, la titanogaugite du volcan d'Ormont représente environ 12 % des minéraux lourds altérables. Le grenat, le chloritoïde et les minéraux volcaniques de l'éruption Allerød de la Laacher See y sont aussi représentés.

L'épidote et la hornblende verte, le plus souvent concentrées dans la fraction granulométrique 3,5 à 4,5  $\varnothing$ , proviennent du remaniement des dépôts de loess du Riss et du Würm. Les grains d'épidote observés dans la fraction granulométrique 2 à 3,5  $\varnothing$  proviendraient des roches métamorphiques ardennaises (le caractère euhédral-subehédral semble le confirmer). Dans les sédiments de la Warche à Bulange et de son affluent de rive droite, le ruisseau de Tifen, l'hypersthène ne s'observe qu'en très faible teneur.

L'éruption récente du volcan d'Ormont que nous avons mise en évidence pour la première fois est d'une extension régionale restreinte. L'absence de la titanogaugite dans les sédiments de l'Ourthe à La Roche en Ardenne, et sa rareté dans les sédiments de la Lienne à Chevron, permettent de délimiter vers l'Ouest l'aire d'influence de l'éruption du volcan. De même l'absence de titanogaugite dans le ruisseau de Trô Maret, de la Gileppe, du Wayai à Stockai et de la Hoegne aux environs de Hockai limitent l'aire d'influence de cette éruption vers le NW.

La saussurite que Tavernier R. et Laruelle J. (1952) dénommaient « altérite » dans leurs analyses atteint des teneurs de 2 à 5 % dans l'Amblève. Dans la Salm, nous avons constaté qu'elle est pratiquement absente.

Compte tenu de la nature du substratum traversé par l'Amblève, nous pouvons conclure que l'association minéralogique combinant les apports de la Lienne, de la Salm et de la Warche, reste constante jusqu'au confluent de l'Ourthe, aux environs de Comblain-au-Pont.

## B) Bassin de la Vesdre

D'amont en aval, la Vesdre traverse l'épizone-mésosone ardennaise, les quartzites du Revinien, les formations gréso-schisteuses du Dévonien et les calcaires du Dinantien.

Dans le bassin de la Vesdre, une très grande partie des minéraux du groupe Zr-Ti et les grains de petites tailles de tourmaline brune euhédrale-subehédrale proviendraient du substratum ardennais. Le disthène, la staurotide, l'andalousite et les gros éléments de tourmaline résultent du remaniement des multiples placages de sable tertiaire éparpillés sur le plateau des Hautes-Fagnes. L'épidote et la hornblende verte, concentrées dans la fraction granulométrique 3,5 à 4,5  $\varnothing$  sont remaniées depuis les dépôts de loess du Riss et du Würm. Les minéraux volcaniques (augite-basaltine-sphène) correspondent à l'éruption Allerød de la Laacher See. Le sphène peut aussi provenir partiellement des roches métamorphiques ardennaises. Les sills de diabase épidotisée du Cambrien (A. Renard, 1878; X. Stainier, 1886 et 1929), auraient aussi livré de l'épidote et de l'augite en faibles proportions.

Pour la fraction lourde des minéraux altérables, la teneur en épidote, qui était d'environ 76 % à Membach, tombe à 5 % environ entre Bétâne et Chaudfontaine. La teneur exceptionnellement forte à Membach pourrait aussi s'expliquer par un

remaniement des dépôts de loess du Riss et du Würm. En effet, l'essentiel de l'épidote est concentré dans la fraction granulométrique 3,5 à 4,5  $\varnothing$ .

L'hypersthène, absente dans la Vesdre à Bétâne, dans la Soor et dans la Gileppe, apparaît dans les sédiments de la Vesdre dès le confluent Gileppe-Vesdre. Dans la Hoegne, l'hypersthène qui constitue environ 6 % des minéraux lourds transparents à Pepinster est relativement absente à l'amont du confluent Hoegne-Wayai. L'hypersthène est aussi absente dans le Wayai aux environs du confluent Wayai-Hoegne et à Stockai. L'extension de ce minéral est donc restreinte. L'origine locale de l'hypersthène est d'ailleurs démontrée par la présence dans les sédiments de grains encore enrobés de fragments de roches basiques (p. 19).

La localisation exacte du filon à hypersthène n'a pas été possible. Néanmoins, nous pouvons le situer dans un secteur délimité entre Bétâne, le lac de la Gileppe, le confluent Wayai-Hoegne et Pepinster. Dans nos comptages, l'hypersthène s'est révélée beaucoup moins abondante que dans les analyses publiées par R. Tavernier et Laruelle J. (1952).

Dans la vallée de la Vesdre, entre Membach et Chaudfontaine, nos comptages du feldspath saussuritisé n'ont donné que 0,6 % des minéraux lourds transparents. Pour le même secteur, R. Tavernier et J. Laruelle ont comptés de 7 à 24 % d'« altérite » (en réalité, des feldspaths saussuritisés). Nulle part, dans le bassin de la Meuse, nous n'avons retrouvé de telles teneurs qui, d'ailleurs, sont caractéristiques du bassin du Rhin.

### C) *Le bassin de l'Ourthe*

L'Ourthe coule entièrement dans les formations du Dévonien constituées de psammites, de schistes, de calcaires, des poudingues du Gedinien, des grès et des schistes rouges du Burnotien. Aux environs de Comblain-au-Pont, l'Ourthe traverse la zone métamorphique du socle Hercynien. Les hornblendes vertes de diamètre d'environ 2,5  $\varnothing$  et les grains d'épidote concentrés dans la fraction granulométrique de 2 à 3  $\varnothing$  proviennent des roches métamorphiques de l'E du massif du Serpont.

Pour Vandendriessche A. (1941), l'amphibole verte est qualitativement le minéral le plus important de ces roches métamorphiques. Par contre, Tavernier R. - Laruelle J. (1952) ne mentionnent l'amphibole verte que dans la partie tout à fait supérieure de l'Ourthe occidentale. Les grains d'épidote de la fraction granulométrique de 3,5 à 4,5  $\varnothing$  proviennent du remaniement des dépôts de loess du Riss et du Würm. L'augite, la basaltine et une très grande partie du sphène proviennent de l'éruption Allerød de la Laacher See. Le groupe Zr-Ti et la tourmaline proviendraient presque exclusivement de roches primaires ardennaises (p. 19).

Le chloritoïde s.s. de teinte vert très clair, retrouvé dans les sédiments de l'Ourthe à La Roche en Ardenne, résulte de l'érosion du flanc oriental du massif du Serpont par le ruisseau de Rifontaine, affluent du ruisseau de Freux, qui se jette dans l'Ourthe occidentale à 1 Km environ à l'amont du village de Moircy.

Le chloritoïde manganésifère que Tavernier R. - Laruelle J. (1952, tableau I « Chloritoïde trouble ») ont mentionné dans l'Ourthe orientale avec des teneurs de 7 % à Houffalize et de 2 % à Mormont, n'a pas été retrouvé dans nos analyses.

Des analyses supplémentaires dans l'Ourthe orientale s'imposent, à notre avis, pour établir la présence ou l'absence effective de ce chloritoïde manganésifère. Néanmoins, nous pouvons déjà affirmer que l'Ourthe occidentale est caractérisée par une association à minéraux volcaniques (éruption Allerød de la Laacher See), à

chloritoïdes s.s. et à grenats. L'Ourthe orientale est caractérisée par l'association des mêmes minéraux volcaniques et la présence éventuelle du chloritoïde manganésifère.

Dès le confluent de l'Amblève, les sédiments de l'Ourthe s.s. se chargent en chloritoïdes manganésifères et en spessartine; la titanogaïte et l'hypersthène s'y décèlent en traces. A partir du confluent de la Vesdre, la présence de l'hypersthène deviendrait remarquable grâce aux apports de la Vesdre (tableau I).

#### D) *Bassin de la Sambre*

Dans son parcours, la Sambre traverse les schistes et psammites du Dévonien, le Dinantien et le Houiller (grès, psammites, arkoses, poudingues, schistes et calcaires). Elle longe aussi les dépôts crétacés du Turonien et du Cénomaniens et remanie quelques formations éocènes.

Les alluvions sableuses de la Sambre se caractérisent par la forte teneur en minéraux résistants (disthène, staurotide, andalousite, tourmaline) abondants dans les formations tertiaires de son bassin. Au sein des minéraux altérables, le chloritoïde s.s. est peu abondant. Le grenat présente une répartition granulométrique bimodale. Il peut provenir à la fois du remaniement des loess et de la désagrégation des roches de l'épizone-mésosone ardennaise (p. 19). Ces dépôts de loess ont aussi fourni les épidotes et les hornblendes vertes de la fraction granulométrique de 3,5 à 4,5  $\varnothing$ . Les minéraux volcaniques de l'éruption Allerød de la Laacher See et de l'éruption Brörup de l'Eifel y sont présents. La Sambre se distingue de l'Ourthe, de la Semois et de la Lesse notamment par l'importance des apports dus au remaniement des formations du Tertiaire.

#### E) *Bassin de la Molinee*

La Molinee traverse successivement les schistes et psammites du Fammennien, les calcaires tournaisiens, les calcaires et les dolomies du Viséen, les phtanites et les schistes siliceux du Houiller (H 1a). Le remaniement des dépôts du Tertiaire fournit une partie des minéraux du groupe Zr-Ti, des gros grains de tourmaline et les autres minéraux résistants. Un grenat souvent caractérisé par des nombreuses inclusions charbonneuses provient de l'épizone-mésosone. Comme pour la Sambre, l'épidote et la hornblende verte de la fraction 3,5 à 4,5  $\varnothing$  résultent du remaniement de dépôts de loess du Riss et du Würm. Le chloritoïde s.s. provient du massif de Roeroi. Les minéraux volcaniques correspondent à l'éruption Allerød de la Laacher See. Les fragments de schiste sont peu abondants.

Assez comparable aux associations de la Lesse, la Molinee s'en distingue néanmoins par sa plus forte teneur en disthène et en staurotide.

#### F) *Bassin de la Lesse*

Dans son cours amont, la Lesse traverse les roches du Dévonien. Ensuite, en aval de Hoyet, elle incise les calcaires dinantiens et une région à placages de sables tertiaires.

Aux environs de Han-sur-Lesse, les minéraux altérables de la Lesse sont caractérisés par la forte teneur en épidote et en grenat à inclusions charbonneuses; les minéraux volcaniques de l'éruption Allerød de la Laacher See et la hornblende verte euhédrale de 2 à 3,5  $\varnothing$  provenant du métamorphisme ardennais restent présents partout mais en faible proportion. L'épidote et la hornblende verte concentrées dans la fraction de 3,5 à 4,5  $\varnothing$  résultent du remaniement de dépôts de loess du Riss et du Würm.

Les sédiments de la Lesse sont fort schisteux. Parmi les minéraux opaques, l'ilmé-nite est très bien représentée.

En aval du confluent de la Lomme, la Lesse se charge en chloritoïdes s.s. de couleur vert très clair. Le chloritoïde s.s. de la Lomme vient du ruisseau du Serpont qui traverse le massif du même nom. Dans le ruisseau du Serpont, les minéraux altérables, qui représentent environ 93 % des minéraux lourds transparents, sont composés d'environ 99 % de chloritoïde, de grenat et d'un peu d'épidote et du sphène. Les minéraux résistants sont constitués essentiellement de grains de tourmaline brune euhédraux-subeuhédraux, surtout concentrés dans la fraction granulométrique 3,5 à 4,5  $\varnothing$ . Ces tourmalines, ainsi que les minéraux du groupe Zr-Ti, proviennent des roches primaires ardennaises (p. 19).

#### G) Bassin du Viroin

Le Viroin traverse les formations grés-schisteuses du Couvinien et les calcaires et schistes du Givetien.

L'Eau Noire atteint l'épizone-mésozone, recoupe les quartzites et phyllades noirs graphiteux du Revinien, ainsi que les formations grés-schisteuses du Dévonien inférieur et les quartzophyllades, schistes, arkoses et poudingues du Gedinien.

L'Eau Blanche traverse les schistes et psammites du Fammenien.

Les trois rivières remanient en outre des dépôts tertiaires et quaternaires.

Dans les sédiments du Viroin, les minéraux résistants et ceux du groupe Zr-Ti représentent ensemble environ 89 % des minéraux lourds transparents. Ils résultent du remaniement des formations du Tertiaire. Les grains de tourmaline euhédrale-subeuhédrale de petit diamètre proviendraient en grande partie de roches primaires ardennaises.

Au sein de minéraux altérables, les minéraux émis par l'éruption Allerød de la Laacher See sont bien représentés. L'épidote et la hornblende verte de 3,5 à 4,5  $\varnothing$  proviennent essentiellement du remaniement de dépôts de loess du Riss et du Würm. Les grains de hornblende verte à grand diamètre sont issus de l'érosion du socle métamorphique ardennais. Le chloritoïde s.s. est amené depuis le massif de Rocroi.

La saussurite, dénommée altérite par Tavernier et Laruelle (1952) et atteignant une proportion de 11 à 24 %, est absent dans nos analyses entre Rivières et Olloy-sur-Viroin.

#### H) Bassin de la Semois

La Semois traverse, dans le Trias inférieur, les sables et grès du Virtonien, les marnes et calcaires du Sinémurien, les sables et marnes de l'Hettangien et les cailloux, sables et argiles noires du Rhétien. Dans le Dévonien inférieur, elle traverse les grès et les schistes noirs, les quartzophyllades, les grauwackes et les psammites du Coblencien, les schistes, les grès feldspatiques, les psammites, les quartzophyllades et les poudingues du Gedinien.

Dans les sédiments schisteux de la Semois, les minéraux du groupe Zr-Ti sont caractérisés par la présence remarquable de l'anatase bleue. Les minéraux résistants comptent essentiellement 97 % environ de tourmaline et 3 % de disthène.

Au sein des minéraux altérables, le grenat issu de l'épizone-mésozone représente environ 50 %. Le chloritoïde s.s. du massif de Rocroi ne s'observe qu'en très faible proportion. Les minéraux volcaniques émis lors de la dernière éruption de la Laacher See s'étalent sur une vaste zone en direction du SW. (Hulshof *et al.*, 1968).

I) *Bassin de la Moselle*

La Moselle traverse le massif des Vosges constitué de roches cristallines (série acide du granite), de grès conglomératiques feldspathiques du Trias inférieur et, plus à l'aval, les Renisch Schiefergebirge.

Les minéraux lourds de la Moselle sont caractérisés par une très forte teneur en minéraux altérables, surtout les hornblendes brune et verte et le grenat. Des analyses aux rayons X ont permis de préciser que le grenat de la Moselle est un almandin. L'augite et la basaltine peuvent soit provenir de la dernière éruption volcanique de l'Eifel soit aussi des sills basiques des Vosges. L'épidote est un minéral peu abondant. Le chloritoïde, dont Van Andel Tj. (1950) mentionne une teneur de 2 % à Archette, n'a pas été retrouvé dans nos analyses. En outre, l'apatite, dont nous avons décelé des teneurs de 3 à 5 % entre Épinal et Metz, est absente dans les comptages de Tj. Van Andel. L'absence d'apatite dans les échantillons de Tj. Van Andel peut résulter du traitement préalable des sédiments par l'HCl et HNO<sub>3</sub>.

Dans les sédiments de la Moselle, les minéraux du groupe Zr-Ti sont caractérisés par la présence des grains de zircon rose euhédral à subeuhédral et zoné, ainsi que de grains octaédriques d'anatase bleue.

J) *Récapitulation*

Aux environs de Heppenbach, les sédiments de l'Amblève présentent une association caractérisée par les minéraux volcaniques de l'éruption Allerød de l'Eifel. Dès Trois-Ponts, à l'aval du confluent de la Salm, cette association minéralogique est remplacée par une association à chloritoïdes manganésifères et grenat spessartine. Les apports de la Warche et de la Lienne dans l'Amblève n'affectent pas cette nouvelle association minéralogique. Au contraire, les sédiments de la Lienne sont eux-mêmes riches en chloritoïdes manganésifères, et ceux de la Warche, en titanogaugite du volcan d'Ormont et autres minéraux volcaniques de l'éruption Allerød de la Laacher See.

Entre Membach et Bêtane, la Vesdre présente une association à épidote et minéraux volcaniques de l'éruption Allerød de la Laacher See. A l'aval du confluent de la Gileppe, l'association minéralogique de la Vesdre s'enrichit d'hypersthène émanant d'un secteur situé entre Bêtane, le lac de la Gileppe, le confluent Hoegne-Wayai et Pepinster.

A La Roche, les sédiments de l'Ourthe présentent une association minéralogique à grenats, chloritoïdes s.s. (massif du Serpont) et minéraux volcaniques (éruption Allerød de la Laacher See). Dès Comblain-au-Pont, au confluent de l'Amblève, s'ajoutent à l'association le chloritoïde manganésifère, la spessartine, la titanogaugite et des traces d'hypersthène.

Aux environs de Chênée, suite aux apports de la Vesdre, la teneur en hypersthène deviendrait remarquable.

L'association minéralogique à chloritoïde manganésifère, grenat spessartine, hypersthène et titanogaugite permet de distinguer les apports de l'Ourthe et ceux des autres grands affluents de la Meuse.

Suite au remaniement important des formations tertiaires de l'Entre-Sambre-et-Meuse, la Sambre et la Molinee présentent une proportion plus élevée en disthène, en staurotide et en andalousite. La plus forte teneur en épidote des sédiments de la Sambre, de la Molinee et du Viroin, par rapport aux sédiments de la Semois, de la Lesse et de l'Ourthe, serait en relation avec un remaniement plus important des dépôts de loess du Riss et du Würm.



III. — ASSOCIATIONS MINÉRALOGIQUES DES ALLUVIONS  
DE LA MEUSE ACTUELLE ENTRE MÉZIÈRES ET VENLO

Le terme d'association a été préféré à l'expression « province pétrologique : assemblage minéralo-détritique typique, considéré dans son étendue tant dans le temps que dans l'espace ». (Edelman C. H. et Van Baren F. A., 1933, p. 3).

La distinction entre plusieurs espèces d'un même minéral peut déceler des origines très différentes, dont la signification pourrait échapper par l'emploi du terme global de « province ».

Les alluvions de la Meuse française contiennent des minéraux des Vosges comme la hornblende brune, la hornblende verte, l'almandin et le zircon zoné euhédral-subeuhédral. Ces éléments résultent du remaniement de terrasses édifiées par la Meuse avant la capture de la Moselle. Les minéraux métamorphiques résistants, le disthène, la staurotide et l'andalousite sont peu abondants. Les minéraux volcaniques, l'augite, la basaltine et le sphène provenant de l'éruption Allerød de la Laacher See n'apparaissent qu'en très faibles teneurs. Hulshof *et al.* (1968) ont signalé que l'éruption de la Laacher See influence une zone considérable en direction du SW.

Lors de la traversée du socle primaire ardennais, et après les apports de la Semois, du Viroin, de la Lesse et de la Sambre, les minéraux des Vosges se raréfient et la Meuse s'enrichit en fragments de schiste, de chlorite, chloritoïde s.s. (massifs de Rocroi et du Serpont) et grenats dont la composition chimique est un mélange de grossulaire-almandin-spessartine, qui sont le plus souvent caractérisés par des inclusions charbonneuses. (Buttgenbach H., 1922; Billiet V. - Vandendriessche A., 1937). La proportion des minéraux altérables, d'environ 52 % dans la Meuse française, tombe à peu près de 28 % dans la Meuse belge (tableau I).

Il faut noter ici l'influence particulière de la Semois qui livre de très abondants minéraux volcaniques émis à Allerød, depuis l'Eifel. Cette nouvelle association minéralogique de la Meuse reste inchangée jusqu'à proximité de Liège.

A Yvoir, il faut néanmoins mentionner que, suite à l'apport latéral de la Lesse, la teneur en chloritoïde s.s. sur la rive droite de la Meuse est sensiblement plus forte que sur la rive gauche. Le chloritoïde apporté par la Lesse provient du massif du Serpont. Il a la même composition chimique que celui du massif de Rocroi. De même, les variations des teneurs en épidote à Warcq, Hastière, Yvoir, Erpent et Hermalle-sous-Huy, s'expliquent par l'importance du remaniement local des dépôts de loess.

A l'aval de Liège et du confluent de l'Ourthe, apparaissent dans les alluvions de la Meuse les chloritoïdes manganésifères verts et brun-rouge, la titanogaugite et l'hypersthène. Ces deux derniers minéraux restent très rares et n'ont été décelés qu'après séparation magnétique et analyse détaillée de l'échantillon de Boorseme. Les teneurs de 15 % d'hypersthène pour la Meuse à Jupille et de 5 % à Visé trouvées par Tavernier R. et Laruelle nous paraissent excessives. Nous n'avons trouvé que 4 % d'hypersthène dans la Vesdre à Chaudfontaine ; or ce minéral va subir une forte dispersion, d'abord dans les sédiments de l'Ourthe puis dans ceux de la Meuse. Nos résultats diffèrent aussi de ceux d'Edelman C. H. (1935) concernant les teneurs en augite, en hypersthène et en saussurite. L'augite est seulement présente en traces dans la basse Meuse et l'hypersthène n'est jamais décelée dans les comptages ordinaires. Les minéraux métamorphiques provenant du remaniement des formations tertiaires sont plus abondants en aval de Liège. Le sphène, par contre, est plus abondant en amont qu'en aval de Liège.

Cette association minéralogique de la Meuse reste constante jusqu'aux environs de Venlo; ensuite, les pyroxènes, les amphiboles et la saussurite d'origine rhénane (\*) y dominant (Edelman C. H., 1935).

#### IV. — CONCLUSIONS

Grâce aux fines analyses des minéraux lourds du bassin mosan, nous avons pu préciser les sources et les apports latéraux des principales rivières ardennaises.

Ainsi, nous pouvons conclure qu'entre Mézières et Venlo, la Meuse présente quatre associations minéralogiques :

##### *Mézières (France)*

Hornblende brune et verte, grenat — type almandin, zircon zoné et épidoté; peu de minéraux résistants (staurotite, disthène, andalousite, etc. ...); les minéraux volcaniques sont rares.

##### *Charleville — Liège*

Grenat à inclusions charbonneuses (grossulaire-almandin-spessartine), chloritoïde s.s., épidote, hornblende verte et chlorite; abondants fragments de schiste; peu de minéraux métamorphiques résistants (staurotite, disthène, andalousite, etc. ...) et peu de minéraux volcaniques.

##### *Liège — Kessenich*

Chloritoïde manganésifère, chloritoïde s.s., grenats à inclusions charbonneuses, (spessartine seule et association grossulaire-almandin-spessartine) épidote, chlorite et hornblende verte, la titanoaugite et l'hypersthène sont très rares, ainsi que les minéraux volcaniques de l'Eifel, tous intensément dilués; abondants fragments de schiste.

##### *Venlo (Pays-Bas)*

Abondance de pyroxènes, d'amphiboles et de saussurite.

Finalement, seul l'emploi de techniques modernes (Rayons X, DTA, ATG, et microsonde) pour la détermination des variétés minéralogiques permet de distinguer les différentes associations minéralogiques et les variations de faciès.

#### REMERCIEMENTS

*Je remercie le Dr. R. Davila Cuevas et l'Ing. A. Pardo Arguedas pour m'avoir introduit et encouragé à poursuivre mes recherches en sédimentologie.*

*Je remercie le Professeur J. Verkaeren de ses suggestions et des corrections apportées à ce texte, ainsi que Mr. G. Van der Cruylen et Melle C. Pollet.*

*Je remercie l'A.G.C.D. pour le financement du travail ainsi que la K.U.L. pour l'accueil reçu.*

(\*) BUSTAMANTE, S. C. L., 1975. — Analyse fractionnée des minéraux lourds de la terrasse de Campine : position du confluent Meuse-Rhin au Mindel. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 98, pp. 37-42.

## BIBLIOGRAPHIE

- ANTEN, J., 1919. — Sur la présence de disthène, staurotide et de l'audalosite dans les sables tertiaires des environs de Liège et de la haute Ardenne. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. **42**, pp. 186-192.
- ANTEN, J., 1920. — Sur la répartition de minéraux denses dans des sables d'âges divers en Belgique. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. **43**, pp. B82-B83.
- BILLET, V. et VANDENDRIESSCHE, A., 1937. — Grenats de la région de Bastogne-Libraumont. *Bull. Soc. Belg. Géol. Paléont. et Hydrol.*, t. **47**, pp. 222-244.
- BUSTAMANTE, S. C. L., 1973. — Les minéraux lourds des alluvions sableuses du bassin de la Meuse, thèse inédite (335 p.) K.U.L.
- BUSTAMANTE, S. C. L., 1974. — Les minéraux lourds des alluvions du bassin de la Meuse. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. **278**, pp. 561-564.
- BUSTAMANTE, S. C. L., 1974. — Contribution à l'étude des chloritoïdes belges. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. **97**, pp. 273-279.
- BUSTAMANTE, S. C. L., 1974. — Découverte d'une éruption du volcan d'Ormont. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. **97**, pp. 303-306.
- BUSTAMANTE, S. C. L., 1974. — Synthèse sommaire de l'évolution Quaternaire de la Meuse. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. **97**, pp. 439-442.
- BUSTAMANTE, S. C. L., 1975. — A propos de l'origine de l'hypersthène alluvionnaire des bassins de la Vesdre et de l'Amblève. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. **98**, pp. 43-45.
- BUSTAMANTE, S. C. L., 1975. — Analyse fractionnée des minéraux lourds de la terrasse de Campine : position du confluent Meuse-Rhin au Mindel. *Ann. Soc. Géol. Belg.* t. **98**, pp. 37-42.
- BUSTAMANTE, S. C. L., 1975. — Le rôle de l'altération et de la granulométrie dans l'interprétation des analyses des minéraux lourds détritiques. *Sedim. Geology* (sous presse).
- BUSTAMANTE, S. C. L., 1975. — Évolution Plio-Pléistocène du bassin mosan d'après ses minéraux lourds. *Rev. Géog. Phys. et Géol. Dyn.* (sous presse).
- BUSTAMANTE, S. C. L. et VOISIN, L., 1975. — La capture de la Meuse Lorraine par la Meuse de Dinant. Remise en question partielle basée sur l'analyse des minéraux lourds. *Bull. Soc. Belg. Géol. Paléont. et Hydrol.* (sous presse).
- BUTTGENBACH, H., 1947. — Les minéraux de Belgique et du Congo Belge, Dunod, Paris, pp. 358-362.
- DORLODOT, L., 1910. — Contribution à l'étude du métamorphisme du massif Cambrien de Stavelot. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. XXXVII, pp. M146-M152.
- DRUIF, J. H., 1927. — Over het ontstaan der Limburgsche Löss in verband met haar mineralogische samenstelling, Proefschrift, Utrecht, Elektr. Druk. L. E. Bosch & Zoon, 330 p.
- EDELMAN, C. H., 1933. — Petrologische provincies in het Nederlandsche Kwartair. Diss., Amsterdam.
- EDELMAN, C. H. and VAN BAREN, F. A., 1935. — La pétrographie des sables de la Meuse néerlandaise, *Meded. Landbouwhogeschool, Wageningen*, v. **39**, n° 2.
- EDELMAN, C. H., 1938c. — Petrology of recent sands of the Rhine and the Meuse in the Netherlands. *J. Sed. Petrol.*, v. **8**, pp. 59-66.
- FRECHEN, J. und STRAKA, H., 1950. — Die Pollenanalytische Datierung der letzten vulkanischen Tätigkeit in Gebiete einiger Eifelmaare. *Nat. Wiss.*, t. **37**, pp. 184-185.
- GOSSELET, J., 1887. — Études sur l'origine de l'ottrélite. *Ann. Soc. Géol. du Nord*, v. **15**, pp. 185-215.
- GOSSELET, J., 1888. — L'ottrélite dans le Salmien supérieur. *Ann. Soc. Géol. du Nord*, v. **15**, pp. 185-215 + 261-318.

- GULLENTOPS, F., 1954. — Contribution à la chronologie du Pléistocène et des formes du relief en Belgique. *Mém. Inst. Géol. Louvain*, v. XVIII, pp. 133-253.
- HULSHOF, A. K., JUNGURIUS, P. D. and RIEZEBOS, P. A., 1968. — A late-glacial volcanic ash deposits in southeastern Belgium. *Geol. en Mijnb.*, v. 47, pp. 108-111.
- MICHOT, J., 1954-1955. — Genèse du chloritoïde en milieu statique. *Mém. Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 78, pp. 3-54.
- RENARD, A., 1878. — La diabase de Challes, près de Stavelot, *Bull. Acad. Roy. Belg.*, 2<sup>e</sup> série, t. XLVI, p. 228.
- RENARD, A., 1882. — Les roches grenatifères et amhiboliques de la région de Bastogne. *Bull. Musée Roy. Hist. Nat. Belge*, t. 1, pp. 1-47.
- STAINIER, X., 1886-1887. — La diabase de Malmédy. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, v. 14, pp. 213-218.
- STAINIER, X., 1889-1890. — La diabase de Grand'Pré. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, v. 17, pp. 3-23.
- TAVERNIER, R., 1947. — Aperçu sur la pétrologie des terrains postpaléozoïques de la Belgique. La géologie des terrains récents dans l'Ouest de l'Europe. *Compte rendu de la Sess. extraord. des Soc. belges de Géol.*, pp. 69-90.
- TAVERNIER, R. - LARUELLE, J., 1952. — Bijdrage tot de petrologie van de recente afzettingen van het Ardeense Maasbekken. *Nat. Wet. Tijdschr.*, v. 34, pp. 81-98.
- THEUNISSEN, K., 1971. — Verband tussen de tectonische vervorming en de meta-Morfe rekristallisatie in het doorbraakdal van de Salm te Salm-Château, thèse inédite, K.U.L., p. 39.
- VANDENDRIESSCHE, A., 1941. — Bijdrage tot de pétrologie der métamorfe gesteenten van de streek van Boastogne-Libramont, Diss. Gent, Host., A. Drukkerij, 141 p.
- ZONNEVELD, J. I. S., 1947a. — De grens Pliopleistoceen in ZO Nederland. *Geol. en Mijnb.*, v. 39, p. 180.