

SEANCE CONSACREE AUX TRAVAUX DE FIN D'ETUDES

Organisée par la Société belge de Géologie/
Belgische vereniging voor Geologie
à l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique
le jeudi 5 décembre 1991

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES ACRTARCHES DU SALMIEN INFERIEUR DU MASSIF DE STAVELOT

Emmanuel CATOT¹

RESUME.- Le Salmien inférieur du Massif de Stavelot a récemment fait l'objet d'une étude sédimentologique et lithostratigraphique (Lamens, 1985). Celle-ci impliquait un ensemble de corrélations sur les seules bases de la lithologie.

La coupe de Chevron (Chèssion, coupe M de Lamens), située au flanc Nord du Synclinal salmien de Chevron (bord Ouest du Massif de Stavelot) et la coupe de Spa-Marteau (coupe Q de Lamens), située au flanc Nord de l'anticlinal de Spa (fenêtre de Theux), ont été étudiées d'un point de vue biostratigraphique.

Au moyen des acritarches, un premier contrôle des corrélations lithologiques précitées a pu être effectué. Celui-ci s'accorde avec l'attribution de l'unité 6 de J. Lamens à la partie moyenne du Salmien 1 (Sm1b) plutôt qu'au Sm1c et à fortiori au Sm2.

Une division en trois sous-zones de la zone 7, définie dans le Massif de Stavelot par M. Vanguetaine (1974), a pu être établie dans la vallée de la Lienne (Chèssion). Ainsi, une «sous-zone 7a» est reconnue au sommet du Sm1a; 7b correspond à la majeure partie du Sm1b; 7c est trouvée dans la partie supérieure du Sm1c. La «sous-zone 7a» et la moitié inférieure de 7b sont attribuées au Trémadocien inférieur. Par contre, la moitié supérieure de la «sous-zone 7b», ainsi que la «sous-zone 7c» ne sont pas encore datées précisément. Un âge trémadocien supérieur est cependant probable pour cette dernière.

LAMENS, J., 1985.- Het Salmiaan (Onder - Ordovicium) in het Massief van Stavelot. Stratigrafie, Sedimentologie, Geochemie, thèse inédite de doctorat: 1-285, pl. 1-17.

VANGUESTAINE, M., 1974.- Espèces zonales d'Acritarches du Cambro-Trémadocien de Belgique et de l'Ardenne française. Review of Palaeobotany and Palynology, 18, 112: 63-82.

¹ Université de Liège, Services Associés de Paléontologie, 7, place du XX Août, B-4000 Liège.

COMPARAISON DES PRINCIPALES METHODES DE QUANTIFICATION DE LA DEFORMATION ET APPLICATION A QUELQUES ROCHES BELGES

Jocelyne DE KERCKHOVE
dit VAN DER VARENT¹

RESUME.-L'analyse quantitative de l'état de déformation d'une roche consiste à déterminer un ellipsoïde de déformation, qui est le résultat de la déformation homogène d'une sphère initiale imaginaire. L'étude se fait dans plusieurs plans de coupe d'orientation connue, où sont déterminées des sections elliptiques particulières de cet ellipsoïde, qui pourra être reconstruit à partir d'au moins trois sections elliptiques non-parallèles.

Dans ce travail, nous avons étudié et informatisé trois méthodes d'analyse:

- La méthode «ENHANCED NORMALIZED FRY» ou ENFRY (Erslev et Ge, 1990), un perfectionnement de la méthode «centre-à-centre» de Fry (1979) basée sur l'étude de la dispersion des centres de gravité d'objets marqueurs dans la roche.
- Et deux méthodes «de l'ellipticité moyenne», basées sur l'étude statistique des formes et orientations de ces objets: la méthode algébrique IKEDA (Shimamoto et Ikeda, 1976) et la méthode graphique «Mean Object Ellipse» ou MOE (Erslev et Ge, 1990).

Les traitements informatiques utilisent comme données de base les paramètres individuels des grains, les caractérisant en forme, orientation et position. Nous avons étudié les possibilités d'obtention de ces données par analyse quantitative d'images sur ordinateur.

A partir des résultats d'analyses effectuées sur 20 lames minces, nous avons réalisé une étude comparative des trois méthodes citées, ainsi que de la méthode «centre-à-centre» de Fry et d'une troisième méthode de «l'ellipticité moyenne», la méthode Rf/ φ (Lisles, 1985). Pour les méthodes

«de l'ellipticité moyenne», notre étude a montré la plus grande fiabilité de IKEDA et Rf/φ et la surestimation de la déformation par MOE. Nous avons observé une bonne corrélation entre les résultats obtenus par les méthodes «centre-à-centre» de Fry et ENFRY et les méthodes «de l'ellipticité moyenne», mais sans pouvoir aboutir à des conclusions statistiques, vu le nombre trop restreint d'analyses «centre-à-centre» effectuées.

Nous avons également comparé les résultats obtenus par la méthode graphique MOE en utilisant deux principes de moindres carrés différents pour déterminer les paramètres de l'ellipse s'adaptant le mieux à un nuage de points de forme elliptique et conclu à la plus grande fiabilité d'un de ces deux principes.

1. *Laboratoire de Géologie et Minéralogie, UCL.*

LA CRISTALLINITE DE L'ILLITE DANS LE BORD SUD DU MASSIF DU BRABANT

Bénédicte GEERKENS¹

RESUME.- Si le Massif du brabant a fait l'objet de nombreuses études, son métamorphisme reste à l'heure actuelle peu connu, excepté dans les secteurs où les porphyroblastes caractéristiques apparaissent comme à Opprebais (biotite) et dans la vallée de la Thyle (chlorite, spessartine). Dans les autres secteurs, l'utilisation de la cristallinité de l'illite, déterminée sur des roches lithologiquement comparables, s'avérait une méthode efficace pour évaluer ce très faible métamorphisme.

La cristallinité de l'illite est influencée par une série de facteurs physico-chimiques agissant directement sur la réaction d'aggradation des minéraux argileux. Sa valeur peut également être entachée par des erreurs d'ordre instrumental et expérimental, de même que par la présence de certaines phases minéralogiques (paragonite, interstratifié illite/smectite) dont les réflexions basales interfèrent avec celle du pic à 10Å de l'illite. En conséquence, seule la multiplication des mesures est à même de définir le degré d'évolution métamorphique atteint (diagenèse, anchizone, épizone).

Etant donné que la définition des limites de l'anchizone dépend des paramètres du diffractomètre-RX utilisé, une calibration de nos mesures

en $^{\circ}2\theta$ a été réalisée pour huit échantillons de Ph. Dandois (1985). Elle a permis d'établir la corrélation avec les valeurs en mm de ce dernier qui étaient calibrées sur les limites de l'anchizone de Kübler. Il s'est avéré que les limites de l'anchizone exprimées en $^{\circ}2\theta$ sont très proches des valeurs communément acceptées dans la littérature.

Les résultats obtenus montrent que le segment calédonien brabançon affleurant dans les vallées de la Senne et la Sennette, de la Dyle et la Thyle et de la Méhaigne, est caractérisé par un métamorphisme de type épizone. L'ensemble des sédiments cambro-siluriens semble avoir subi les mêmes conditions de pression et température, aucune réelle distinction d'indice de cristallinité n'apparaissant entre les différents étages stratigraphiques. Diverses considérations amènent à l'idée que le métamorphisme pourrait être relié à la phase gedinienne du plissement Calédonien et donc être syntectonique de celle-ci.

La couverture dévonienne présente, elle, un degré d'évolution moins avancé, de type anchizone dans la vallée de la Senne et diagénétique dans la vallée de la Méhaigne; les valeurs en $^{\circ}2\theta$ de cristallinité de cette dernière région étant probablement trop élevées suite à la présence d'interstratifié illite/smectite.

1. *Laboratoire de Géologie et Minéralogie, UCL.*

L'APPORT DE LA TELEDETECTION A L'ETUDE GEOMORPHOLOGIQUE DE LA FAGNE (ENTRE-SAMBRE-ET-MEUSE)

Annick JASPAR-HERBILLON¹

RESUME.- Le secteur d'investigation se situe au niveau de la Bande calcaire mésodévonienne appelée aussi Calesienne, constituée principalement de calcaires frasniens et givetiens. Il est limité à l'ouest par le méridien passant par Chimay et à l'est par celui de Couvin.

Le choix de cette zone repose sur le fait qu'elle se distingue très bien sur les documents satellitaires, car la Bande calcaire est en relief par rapport aux schistes fameniens qui la bordent au nord et aux schistes couviniens qui la limitent au sud.

L'objectif est d'établir une correspondance entre les linéaments, interprétés à partir des

photographies aériennes et des images satellitaires, et les réseaux denses de diaclases, ainsi que les failles, repérés sur le terrain.

Dans un premier temps, une carte géomorphologique a été établie entre Virelles et Aublain, à partir des photographies aériennes. Une étude systématique des linéaments de la vallée de l'Eau Blanche a aussi été réalisée.

L'imagerie satellitaire nous a permis de mettre en évidence des linéaments qui correspondent à des failles connues et qui souvent les prolonge. Par ailleurs, d'autres familles de linéaments, inconnues à ce jour, ont été cartographiées.

Le document SPOT (SX 1), a permis de détecter des linéations sub-méridiennes sur la Bande calcaire, entre Chimay et Couvin, par l'intermédiaire de la couverture végétale.

La composition colorée TM 4-5-7 (LANDSAT 4) a montré, avec beaucoup de précision, une famille de linéaments SW-NE, pour laquelle une origine tectonique n'a pu encore être déterminée, ainsi qu'une famille sub-méridienne, présente sur toute la Fagne, la Calestienne (où la majorité de ces linéations coïncident avec des réseaux de diaclases; c'est notamment le cas pour les tronçons rectilignes de l'Eau Blanche dans le massif givetien qui peuvent correspondre à des failles, comme le linéament du ruisseau du Boutonville, les cluses de Couvin et de Nismes, ...), et en Ardenne.

L'image thermique (LANDSAT 4, TM 6) a également fourni des informations quant aux linéaments N-S, visibles au niveau de la Calestienne et de l'Ardenne, de part et d'autre de la Meuse. Certains tronçons rectilignes de la Meuse possèdent des prolongements vers le nord.

Une autre famille SW-NE, jusqu'à présent inconnue, est aussi présente au niveau du massif ardennais et sur la bordure septentrionale du Bassin Parisien.

Enfin, sur l'image LANDSAT 1 et sur la thermographie, des structures circulaires ont été détectées. Elles correspondent, pour la plupart, à des affectations du sol liées au relief, comme des sommets à fortes pentes boisées ou aux méandres de la Semois et celui de la vallée de la Goutelle, à l'est de Nouzonville (ancien cours de la Meuse lorraine).

Au départ des données TM5, six filtres directionnels ont été réalisés dans le but de renforcer les linéaments et de les faire apparaître suivant des directions privilégiées. Ils n'ont pas apporté d'informations supplémentaires pour la zone étudiée. Ils présentent aussi l'inconvénient de faire ressortir les linéaments d'origine anthropique (limites de champs, routes, chemin de fer,

...). Il est donc indispensable de les interpréter en parallèle avec une composition colorée, ainsi qu'avec les cartes topographiques.

Au cours de cette étude, nous avons voulu démontrer qu'il existait une complémentarité entre les différents moyens d'investigation (cartes géologiques, topographiques, géomorphologiques et pédologiques, les photos aériennes, combinées avec des données spatiales).

Le traitement et l'interprétation d'images satellitaires doivent être considérés comme un outil complémentaire au travail de terrain. Un dialogue «entre l'image et le terrain» est certainement la meilleure méthode de travail et nous avons essayé, autant que possible, de suivre cette démarche.

1. *Laboratoire de Geomorphologie, U.Lg.*

AMMONITE FAUNA AND SEDIMENTARY CONDITIONS FROM THE BASE OF THE FORMATION OF GRANDCOURT AT AIX-SUR-CLOIE

(transition from Pliensbachian to Toarcian: province of Luxemburg)

Ben LAENEN¹

ABSTRACT.- In the south of the province of Luxemburg the Pliensbachian - Toarcian boundary is characterised by the transition from the Aubange Marl to the Bituminous Shale of Grandcourt. This bituminous shale also occurs in the Paris Basin, the Southern Nordsea, W and S-Germany and SW Great Britain. In Belgium, Luxemburg and NE-France the shale occurs above a bone-bed.

An excavation of the Royal Belgium Institut of Natural Science in the Lias of the province of Luxemburg gave us the opportunity to make a detailed biostratigraphical and palaeoecological study of the transition from the Formation of Aubange to the Formation of Grandcourt.

To unravel the biostratigraphy more than 800 ammonites were examined. The ammonites were collected over 10 cm intervals over a total stratigraphical section of 3.50 m at Hinter-der-Croac, Aix-sur-Cloie (Aubange, province of Luxemburg, Belgium). The large number of specimen allowed to apply statistical methods to determine

the species. The external features of the ammonites also were studied. The determination of the ammonites led to the biostratigraphical subdivision of the section in the *Hawskerense*, *Semicelatum* and *Elegans* subzone. At Hinter-der-Croac the *Exaratum* subzone can be divided in an *Exaratum* and an *Elegans* horizon.

For the palaeoecological reconstruction all fossil groups were studied. Some sedimentological parameters also were taken into account: the type and content of the organic matter, grain size variation, the carbonate content, the clay mineralogy, the composition of the coarse detrital fraction and the sedimentary structures. The most important differences in the section are the variations in the type of organic matter and fossil content. Those variations can be explained by the transition from a normal marine facies with oxic bottomwater conditions for the marl, to a facies with anaerobic conditions being present close to the sediment water interface during the deposition of the bituminous shale. The occurrence of a bonebed at the base of the shale can be explained by an increase of turbulence near the seabed causing a period of wash-out and non-deposition of the fine detrital fraction. Only fossils, fossil fragments and a small amount of coarse detrital quartz was deposited. The increase in turbulence can be due to an increase in storm intensity or by a relative sealevel fall.

1. K.U.L., dept. Earth Sciences, section Historical Geology, Redingenstr. 16 bis, B-3000 Leuven, Belgium.

HEAVY METAL CONTAMINATION IN FLOOD PLAIN SEDIMENTS AND ITS RELATION TO Pb-Zn MINERALISATIONS AND MINE TAILINGS (PLOMBIERES-AREA : E-BELGIUM).

Ilse VAN KEER¹

ABSTRACT.- Man's activities have dramatically increased the quantity and distribution of heavy metals in the environment. The mine tailings of Plombières and La Calamine, which date from the last century, are crosscut by the river «Geul». Consequently downstream transport of contaminated sediment and slag still takes place along the river. Temporary storage occurs into flood plain sediments. By analysing flood plain sediments at different depth levels, variations in

heavy metal concentration through time can be studied. In theory natural background values of the pre-industrial (pristine) period of the catchment area can be established and can be compared with industrially contaminated sediments (1).

Aim of this research was:

- quantification of the contamination levels of Pb, Zn, Cd and Cu in flood plain sediments (about 1km) downstream of the mine tailings of Plombières;
- quantification of the pre-industrial background values of the Geul catchment area;
- evaluation of the formation and composition of natural sediments and the way by which Pb, Zn, Cd and Cu are incorporated in these sediments.

In a first research stage vertical profiles have been sampled within the overbank sediments adjacent the river. In a second stage a local sampling of flood plain sediments within an area 1.8 x 1.0km along the Geul was carried out. Samples were taken at different depth levels.

Based on the trace element content within the profile and within unpolluted areas local natural background values can be placed for Zn, Pb, Cd and Cu respectively at about 300, 100, 6 and 20 ppm. Based on lithological criteria four units can be distinguished within the vertical profile. ¹⁴C-dating of a peat horizon at 2.45 m and of a organic rich layer at 0.34 m respectively gave an age of 360 ± 30 BP and a recent age (± 36 BP). The geochemical characteristics of the profiles were determined and contrast were sought between the different units in the vertical profile, between polluted and unpolluted areas and between mineralised and unmineralised area. The different patterns of the heavy metals are explained for the units by the period of active mining (industrial and pre-industrial activity) and the influx of contaminants from the La Calamine mine. For the regional distribution pattern different areas can be distinguished. One is characterised by lower concentrations along the valley flank and the other two by higher concentrations characterised by two areas with a NW-SE trend. Whether the latter relate to hidden Pb-Zn mineralised faults in the subsurface which in this area possess a similar alignment or simply are due to reworking of contaminated sediments by meander displacement is still under investigation. Samples were treated by a selective dissolution procedure (2) to enable differentiation between the relative contribution of the contaminating constituents. Results showed that the mobility decreases from Cd >> Zn, Pb >> Cu. The degree of easily soluble phases

(phases dissolvable in water, the exchangeable cation fraction and fraction which relates to the carbonate phases) is often high and increases away from the mine tailings.

- 1.- Ottesen *et al.*, *J. Geochem. explor.*, 32, 257-277, 1989
- 2.- Tessier *et al.*, *Anal. Chem.*, 51-7, 844-851, 1979.

1. *Fysico-Chemische Geologie, K.U.Leuven - Celestijnenlaan 200C, 3001 HEVERLEE.*

ETUDE DES MINERALISATIONS (Ag, Pb, Zn, Cu) DU GISEMENT DE PACHAPAQUI (PEROU)

Anne-Catherine VAN OVERBEKE¹

RESUME.- Le gisement de Pachapaqui, associé au cycle orogénique andin, est exploité depuis une dizaine d'années pour son minerai de Pb, Ag, Cu et Zn. Il est constitué de 6 types de minéralisation encaissés dans des sédiments d'âge crétacé inférieur, au voisinage d'intrusions de composition acide à intermédiaire d'âge miocène. Deux types de minéralisation sont actuellement exploités et ont fait l'objet de cette étude. Ce sont les minéralisations en veines et les cuerpos. Les cuerpos sont des amas tubulaires de sulfures massifs raccordés à des filons dans des niveaux stratigraphiques particuliers et/ou à l'intersection de ces filons avec des structures obliques.

Une étude paragenétique au microscope, ainsi que des analyses chimiques à la microsonde ont permis de distinguer trois principaux stades de minéralisation. Le premier stade à Si-Fe-Zn-(Mn) est essentiellement consacré à la cristallisation des minéraux de la gangue c'est-à-dire du quartz, de la calcite, de la rhodocrosite et de la barytine. Le second stade, le plus important d'un point de vue

économique, est caractérisé par l'apparition de la majorité des sulfures, ce qui se traduit par un apport d'Ag-Pb-Mn-(As)-(Sb)-(Cu)-(Te). Ces principaux sulfures sont la galène, le tennantite-tétraédrite, la chalcoppyrite et un tellururé d'argent. Il est intéressant de noter la présence à ce stade d'alabandite, sulfure de Mn assez rare. Le troisième stade, à Zn-Cu-(As)-(Sb)-(Pb), se distingue par la réapparition de certains minéraux et la cristallisation de nouveaux minéraux tel que la bournonite.

Une étude des inclusions fluides a permis d'approcher certains paramètres physicochimiques régnant lors de la mise en place du gisement. Les inclusions rencontrées sont biphasées (L + V) et se situe dans le système H₂O-NaCl. La présence de CO₂ n'a pu être décelée avec certitude. La salinité des fluides hydrothermaux mis en jeu est assez faible (3 à 10% équiv. pds NaCl). Les données de l'étude des inclusions fluides, utilisées conjointement avec un autre géothermomètre permettent de donner une estimation du domaine de température et de pression de formation. Il est en effet possible, à partir du coefficient de distribution du MnS entre la galène et la sphalérite, selon une méthode de P.M. Bethke et de J.R. Barton (1971), d'estimer la température de formation, qui vaut dans le cas de Pachapaqui de 270 à 350°C. La pression est quant à elle estimée via l'intersection des isochores des températures d'homogénéisation et des droites $K_{MnS}^{sp:gn} = cste$ dans un diagramme P,T et vaut 330 bars ce qui correspond à une profondeur de 1250 m.

En conclusion, cette étude nous a permis de faire un premier pas dans la compréhension de ce gisement assez complexe. Il s'agit donc vraisemblablement de minéralisations de type épithermal liées à des intrusions subvolcaniques de compositions acides et intermédiaires. Les fluides peuvent être soit d'origine magmatique, soit provenir d'un mélange de ceux-ci avec des eaux d'origine météorique mises en circulation convective autour de l'intrusion.

1. *Laboratoire de Géologie et Minéralogie, UCL*