

SHORT NOTE

LES SOURCES DE SPA ET LA FENÊTRE DE THEUX

Ferdinand GEUKENS

(1 figure)

K.U.Leuven, Algemene Geologie, Redingenstraat 16, B-3000 Leuven

RESUME. Un grand nombre des sources de la région de Spa sont dûes au passage de la faille de charriage qui constitue la limite méridionale de la Fenêtre de Theux, ou de la faille de charriage du Cambrien Moyen (Eupener Überschiebung).

MOTS-CLÉS : Massif de Stavelot, Fenêtre de Theux, faille de charriage, synclinal de Spa

ABSTRACT. A great number of springs in the area of Spa are owed with a thrust fault bordering to the south the window of Theux, also with the thrust of Middle Cambrian (Eupener Überschiebung).

KEYWORDS: Stavelot Massif, Theux window, thrust fault, Spa syncline

Avant d'aborder le problème des sources de Spa nous croyons utile de mentionner quelques structures tectoniques importantes de la région en question. Il s'agit d'abord du problème de la fermeture méridionale de la Fenêtre de Theux (Fig. 1). Plusieurs interprétations (Fourmarier, 1906 ; Goffart, 1934 ; Ancion & Bourguet, 1933 ; Blaise, 1931 ; Graulich, 1949 ; Geukens, 1950) ont été proposées.

Il s'agit d'autre part de la structure tectonique de toute la partie septentrionale du Massif de Stavelot. La nappe de charriage formée de Cambrien Moyen qu'on suit à partir de l'Allemagne sous le nom de Venn-Überschiebung, Eupener Überschiebung (Geukens, 1986) se prolonge vers le sud ouest dans la partie septentrionale du Massif de Stavelot. Dans les endroits où l'inclinaison de la faille est visible on constate qu'elle est subhorizontale. C'est ainsi que la structure tectonique autour du cours supérieur de la Vesdre en territoire belge s'explique comme une fenêtre tectonique.

Cette note concerne la structure tectonique de la partie méridionale de la fenêtre de Theux. Nous y traitons les trois points suivants :

1. La faille de charriage du Cambrien Moyen qui caractérise toute la bordure septentrionale du Massif de Stavelot.
2. La bordure méridionale du synclinal Salmien de Sart.
3. La faille méridionale de la Fenêtre de Theux.

1. La nappe de charriage formée de Cambrien Moyen (Formation La Venne – Coo)

La structure tectonique de la partie nord-ouest du Massif de Stavelot est caractérisée par un charriage du Cambrien Moyen au dessus des formations de l'Ordovicien et du

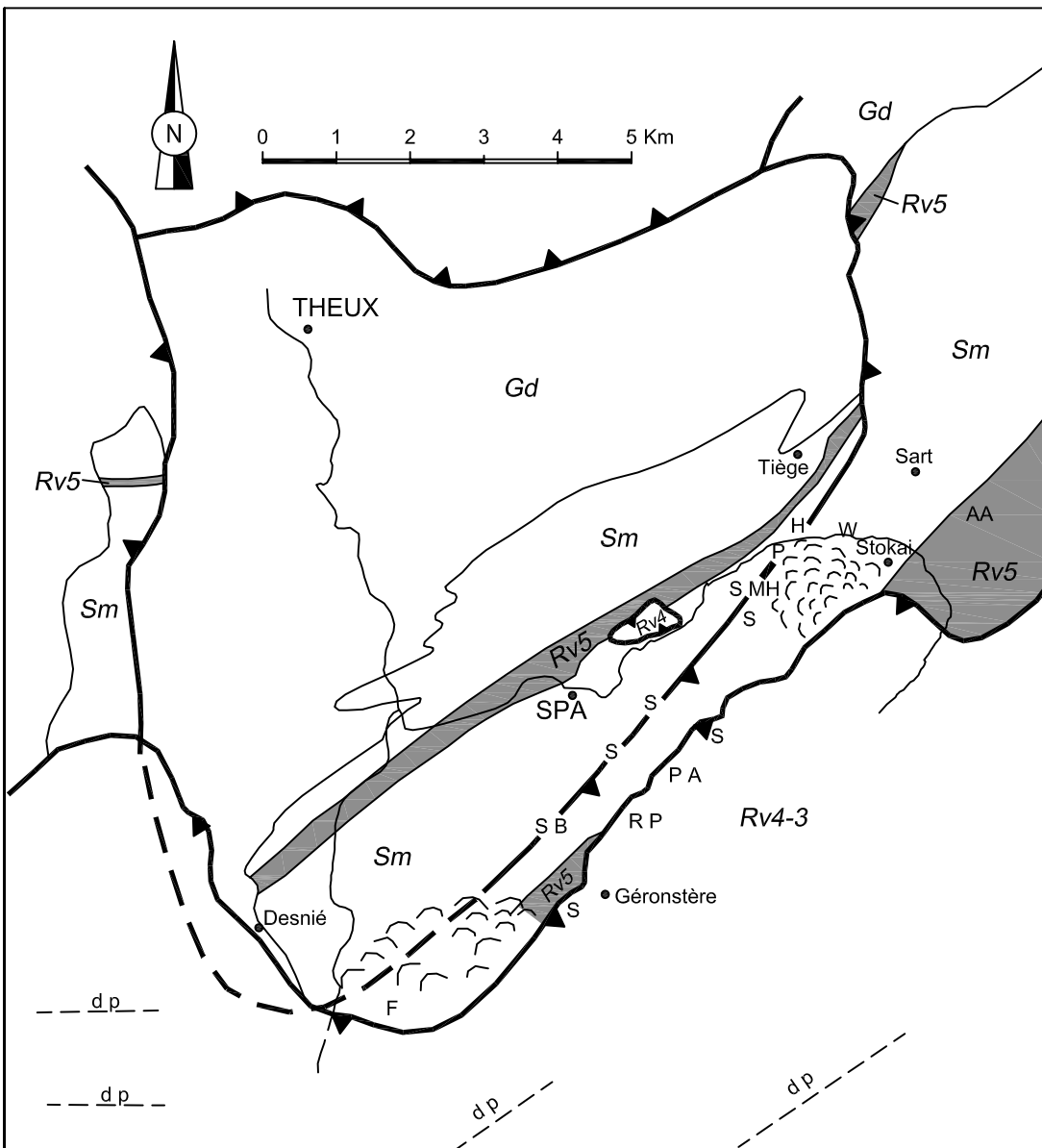
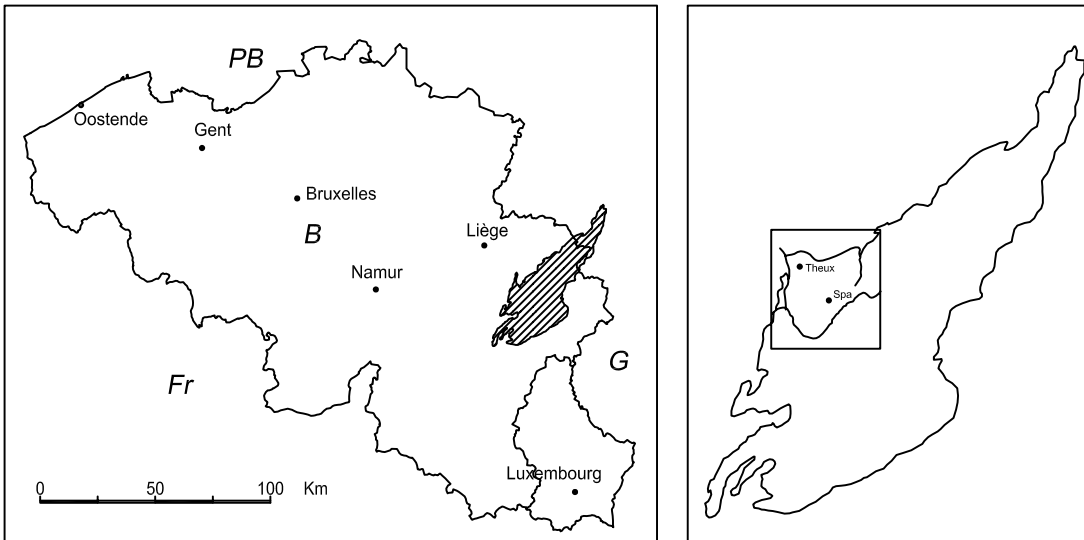
Cambrien Supérieur (Geukens, 1986).

Aux environs du Ruisseau de la Gilleppe le Cambrien Moyen est charrié sur le Salmien du synclinal de Sart. Les travaux de l'autoroute (Calembert *et al.*, 1977) ont permis de fixer exactement le passage de la faille de charriage au dessus du Cambrien Supérieur (Rv5) (Formation La Gleize). Des colluvions, venant de la crête formée par les roches dures du massif charrié, recouvrent toute la région située à l'ouest de Stokai et s'étendant jusqu'à l'est de Nivezé. Au sud de Nivezé le charriage met le Cambrien Moyen au dessus du Salmien ; il garde une direction d'environ N45E jusqu'au Tier de State. La promenade des Artistes, bien connue dans la région de Spa, se situe dans la partie charriée.

Le long du Ruisseau du Pendu affleurent les quartzites du Rv4, en contact vers le nord avec les quartzophyllades du Salmien. Vers le sud ouest on retrouve le charriage dans les affleurements du talus de la route vers Géronstère au sud des affleurements de phyllades noirs du Rv5. Les affleurements manquent vers le sud ouest, où la dépression topographique est recouverte de colluvions du Revinien Moyen. Ces colluvions s'étendent dans l'ensemble du Bois de Fayi et le Bois Plein Fayi.

Vers l'ouest la nappe de charriage a influencé la morphologie de la bordure sud ouest de la Fenêtre de Theux. Elle se prolonge ensuite vers la région de Haute Desnié où elle a charrié le Cambrien Moyen sur le Salmien.

Au pied de la falaise formée par le massif charrié, se trouvent plusieurs sources ; c'est le cas de la source de Géronstère, où on a creusé une galerie N-S à travers bancs sur une longueur de 113m dont plus de 100m dans la nappe charriée formée de quartzites foncés et phyllades noirs d'âge Revinien Moyen.



AA: Aux Arzeliers, dp: direction des plis, F: Bois de Faiyi, H: Hé de Pouhon, P: Pont le Page, RP: Rau du Pendu, PA: Promenade des Artistes, W: Weyai, S: Source, SMH: Source Marie-Henriette, SB: Source Barisart.

Figure 1 : Carte géologique schématique de la Fenêtre de Theux et sa situation dans le massif de Stavelot et en Belgique.

2. La bordure méridionale du synclinal Salmien de Sart

2.1. Au sud de Sart dans la région Aux Arzeliers, le contact Revinien-Salmien garde sa direction N50°E, qu'il possède sur toute la longueur du synclinal.

La présence de nodules dolomitiques à structure cône-in-cône dans la partie supérieure du Rv5 et la proximité de niveaux fossilifères (*Rhabdinopora*) permettent de supposer qu'il s'agit d'un passage normal Rv5-Salmien. Le Salmien du synclinal de Sart est visible dans le versant nord du ruisseau du Wayai, le versant sud-ouest étant recouvert par des colluvions. Au nord de Stokai la présence du Salmien dans le sous-sol fut constatée dans les fondations d'une maison en dessous de 1.50m de colluvion limoneuse.

2.2. La même structure stratigraphique peut être constatée le long de la route Spa-Géronstère où affleurent les phyllades et quartzophyllades noirs du Rv5. On y trouve le passage normal Revinien-Salmien caractérisé par la présence de nodules dolomitiques à structure cône-in-cône dans le Revinien Supérieur.

Ces observations montrent que la bordure méridionale du synclinal Salmien de Sart garde une direction constante de N50°E et que le tracé de la limite méridionale du synclinal de Sart (contact Revinien-Salmien) n'est ni déformé ni interrompu par une faille. Le synclinal de Sart se prolonge donc vers le sud-ouest jusqu'aux environs de Géronstère.

3. La faille méridionale bordant la fenêtre de Theux

La faille de Theux observée au nord-est de Tiège dans les travaux de l'autoroute (1979) peut-être suivie vers le sud aussi bien dans la morphologie que sur les photos aériennes. On la retrouve au Bois de la Hé du Pouhon près de l'endroit où le ruisseau Wayai passe en dessous de la route Tiège-Spa.

Dans le versant nord ouest du Wayai, en face du Pont le Page affleurent des brèches tectoniques puissantes de plusieurs mètres. On trouve également des brèches dans le ravin situé un peu vers le nord. La direction générale de la zone broyée est de N50°E. Il s'agit sans doute du prolongement sud ouest de la faille de Theux. Vers le sud ouest, cette zone failleuse disparaît en dessous les colluvions.

C'est dans le prolongement vers le sud-ouest de la faille de Theux que se situent les sources Marie-Henriette et Wellington. Ces sources sont dûes au passage de la faille de Theux. Cette zone riche en sources, se prolonge vers le sud ouest s'étendant jusqu'aux sources de Berisart. Vers le sud ouest la zone failleuse disparaît en dessous des immenses colluvions de quartzite revinien.

Toutes ces sources, dûes au passage de la même faille à faible inclinaison et traversant les mêmes formations ont des caractères minéralogiques identiques. Il s'agit de sources de faible profondeur.

Conclusions

a. La plus grande partie des sources de Spa est dûe au passage de la faille qui correspond à la bordure méridionale de la Fenêtre de Theux.

b. La faille méridionale de la Fenêtre de Theux se situe uniquement dans le synclinal Salmien de Spa, qui est tectoniquement l'équivalent du synclinal de Sart. Dans ce dernier il n'y a pas de failles ni de sources.

c. Le fait que la faille méridionale de Theux se situe uniquement dans le Salmien du synclinal de Spa, nous amène à conclure que l'importance du déplacement tectonique, lors de la formation de la Fenêtre de Theux n'est pas de l'ordre de plusieurs dizaines de km.

Ces observations nous amènent à poser la question de la formation de la Fenêtre de Theux. La structure calédonienne de la partie NW du Massif de Stavelot consiste en un synclinal Salmien, suivi vers le sud d'un mince anticlinal RV5 (contenant des roches volcaniques) et d'un synclinal Salmien très ouvert.

La déformation hercynienne a transformé cette région en une partie allochtone à l'est de la fenêtre de Theux, une partie autochtone : la fenêtre de Theux, et une partie allochtone à l'ouest de la fenêtre.

On retrouve la même structure tectonique dans les trois parties. En se basant sur la situation de l'anticlinal à noyau RV5, on constate que le déplacement est d'environ 5 km à l'ouest de la fenêtre. Ce déplacement diminue progressivement vers l'est, où il atteint 2 km près de Tiège et devient presque nul près de la Gileppe.

Le flanc nord de l'anticlinal calédonien du Massif de Stavelot à l'est de la Gileppe est caractérisé par un pli déversé vers le nord, qui se transforme vers l'ouest en charriage.

Pourquoi l'anticlinal déversé se transforme-t-il en charriage ?

À l'ouest du Massif de Stavelot se situe le synclinorium de Dinant qui a subi un déplacement vers le nord. Ce déplacement a entraîné la couverture hercynienne et la fait glisser vers le nord (charriage). En outre, ce déplacement du synclinorium de Dinant vers le Nord a influencé le socle calédonien, ce qui se manifeste dans la direction des plis. La direction générale des plis (NE-SW) change en direction WE près du synclinorium de Dinant. C'est notamment le cas du synclinal Salmien de la Lienne ainsi que des plis calédoniens entre Chevron et Quareux.

Références

- ANCION, Ch. & BOURGUET, F., 1933. Recherches sur les limites orientale et méridionale de la fenêtre de Theux. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 56: B92-103.
- BLAISE, F., 1931. Note sur deux failles des environs de La Gleize. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 54: B185-188.
- CALEMBERT, L., LAMBRECHT, L., POPESCU, J. & SCHROEDER, C., 1977. Observation sur une faille de charriage à la limite orientale de la fenêtre de Theux. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Série D*, 285: 291-293.

FOURMARIER, P., 1906. La structure du Massif de Theux et ses relations avec les régions voisines. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 33: M109-139.

GEUKENS, F., 1950. Contribution à l'étude de la partie nord-ouest du Massif de Stavelot. *Mémoires de l'Institut géologique de l'Université de Louvain*, 79-170.

GEUKENS, F., 1986. Commentaire à la carte géologique du Massif de Stavelot. *Aardkundige Mededelingen*, 3:15-29, Leuven.

GOFFART, G., 1934. L'extension méridionale de la fenêtre de Theux. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 54: B137-143.

GRAULICH, J.M., 1949. Recherches géologiques sur les terrains paléozoïques des environs de Spa. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 72: M93-124.

(Manuscrit reçu le 08.06.2006, accepté le 01.08.2006)

COMPTE RENDUS D'OUVRAGES - BOOK REVIEWS –BOEKBESPREKINGEN

Roland DREESEN, Michiel DUSAR et Frans DOPERÉ, 2001. **Atlas Natuursteen in Limburgse Monumenten - Geologie, beschrijving, herkomst en gebruik**, 294 p., ISBN 90-74605-18-4. Prix : 20 EUR.

Le sous-titre résume parfaitement bien le contenu de l'ouvrage qui se décline en 8 chapitres. Si le premier chapitre concerne la méthodologie employée et met l'accent sur l'importance de la pétrographie dans l'étude des pierres ornementales, le deuxième est une excellente synthèse de la classification des différents types de roches et met en place le vocabulaire spécifique du géologue. Le troisième chapitre synthétise en 14 pages l'histoire géologique de la Belgique, aborde les notions de stratigraphie puis se focalise sur les spécificités de la province de Limbourg. Les chapitres 2 et 3 s'adressent à des non-géologues professionnels.

Le quatrième chapitre est sans conteste le cœur de l'ouvrage. Les pierres locales, belges ou étrangères utilisées en construction en province du Limbourg, y sont décrites de manière systématique : appellation et synonymies, occurrences patrimoniales limbourgeoises, âge du matériau, nature pétrographique, patine, bibliographie ciblée et considérations liées à la restauration. Des photographies tant du matériau mis en œuvre (photos de détail et/ou monument) que de sa texture vue au microscope, complétées par une carte de localisation des principaux monuments répertoriés et une échelle stratigraphique, donnent une image concrète de chaque matériau.

Le chapitre cinq aborde de manière synthétique cette fois l'usage de la pierre de construction à travers l'échelle historique et les courants commerciaux. Il met en exergue les associations de matériaux à travers les vicissitudes historiques. Le chapitre six intitulé « façonnement mécanique des pierres naturelles » décrit en réalité les différents types de taille de la pierre ornementale et aborde succinctement l'outillage et les marques de taille. Le chapitre 7 surprend par son regard original. La pierre ornementale y est vue comme pierre porteuse de vie et de biodiversité, à l'opposé de la conception qui vise à considérer la colonisation végétale ou animale uniquement comme destructrice. Le géologue se fait géopoète, et relie propriété de la roche et bio-opportunisme. Les auteurs ne concluent pas mais soumettent sobrement leurs réflexions dans le chapitre 8, laissant ainsi toute la place à la pierre de construction elle-même.

L'atlas se termine par un glossaire parfaitement adapté à la publication ainsi qu'un index des monuments limbourgeois inventoriés par l'étude.

Il s'agit incontestablement d'un ouvrage de référence qui s'adresse à un public large : architectes, historiens de l'art, pouvoirs publics (communes, provinces, responsables du patrimoine et de l'aménagement du territoire),

entreprises spécialisées en traitement des matériaux, géologues, archéologues, etc. L'iconographie abondante et judicieuse, la qualité professionnelle de la mise en page et la lecture aisée en font un ouvrage d'art. Cet excellent atlas en est actuellement à sa deuxième édition. Il a sa place comme outil de référence en dehors de la Province du Limbourg. Il comble aussi un manque criant de données transdisciplinaires et permet le dialogue entre tous les acteurs traitant de la pierre naturelle. Un modèle que l'on aimerait voir dans chaque province belge.

E. GOEMAERE

Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique,
Service géologique de Belgique

Luc CREVECOEUR & Jan STEVENS, ed. - **LIKONA Jaarboek 2005. Themanummer: Nationaal Park Hoge Kempen**. *Provincie Limburg, Limburgse Koepel voor Natuurstudie, Domein Bokrijk, 3600 Genk*. ISSN 0778-8495. 160 p. Prijs 10 EUR te storten op rekeningnummer 000-0400447-31 van Provinciaal Natuurcentrum, Ontvangsten, Domein Bokrijk, 3600 Genk.

Het vijftiende jaarboek van LIKONA (Limburgse Koepel voor Natuurstudie) uitgegeven door de provincie Limburg, volgt weliswaar het vaste stramien met beschrijving van nieuwe geo- en bio-natuurwaarnemingen in de provincie Belgisch Limburg, maar focust op het Nationaal Park Hoge Kempen. Sinds 23.3.2006 is het eerste Vlaamse nationaal park een feit en naar aanleiding hiervan werd een inventaris opgemaakt van de voornaamste geologische en biologische waarden in dit gebied. Het oostelijk deel van het Kempisch Plateau, in feite de grove puinkegel van de Maas, strekt zich uit over een gebied van 20 op 10 km tussen Genk, Maastricht en Maaseik, dat 40 m boven de Maasvallei uittorent. De bijzonder schrale bodem en de grote diepte tot de grondwatertafel hebben deze streek gevrijwaard van dichte bebouwing en intensief landgebruik zodat ruim de helft of meer dan 10.000 ha uit natuur en bos bestaat waarvan de helft, ruim 5000 ha, opgenomen is in het Nationaal Park. Het geologisch substraat en de geologische geschiedenis zijn bepalend voor de unieke kenmerken van dit park, dat nog het best vergelijkbaar is met het Nationale Park de Hoge Veluwe in Nederland. Niet voor niets bestaat het logo van het Nationaal Park Hoge Kempen uit een aantal keien uitgelegd in de vorm van een pootafdruk.

Dit jaarboek zal eerder dan de inventarisatie, de rijkdom en kwetsbaarheid van geosites en ecosystemen in

het Nationaal Park Hoge Kempen benadrukken. Met het ontstaan van het nationaal park is tevens een einde gekomen aan de winning van wit zand. De grote zandgroeves worden heringericht voor natuurontwikkeling, waarbij de groeve Opgrimbie (nu bekend onder de naam Kikbeekbron) een geologisch kijkvenster blijft, met ontsluiting van de witte Miocene zanden onder de grindafzettingen van het Hoogterras. In deze groeve wordt een rotstuin aangelegd met grote blokken die ter plaatse gewonnen zijn en de variabiliteit aan gesteenten in het bovenstrooms gebied van de Maas illustreren. Roland Dreesen en de geologen van de groeve-uitbater SCR-Sibelco beschrijven de geologische waarden en de herinrichting van groeve als wezenlijk onderdeel van het nationaal park.

Fauna en flora van het nationaal park bevatten niet verwonderlijk een onevenredig groot aantal bedreigde 'rode lijst' soorten. Het beheer van het nationaal park zal met deze levende rijkdom dan ook omzichtig moeten omspringen en soms moeilijke keuzes maken: 40 jaar actief natuurbeheer van de Mechelse Heide houdt vele pionierssoorten in stand maar is bijvoorbeeld schadelijk voor de mieren.

De LIKONA Jaarboeken zijn intussen een trendsetter geworden met rijkelijk geïllustreerde, voor leken toegankelijke informatie, waarbij de muren tussen de verschillende natuurwetenschappelijke disciplines verlaagd worden. Professioneel gevormde geologen kunnen hierin een voorbeeld zien om hun bijdrage tot natuurbescherming efficiënter en meer zichtbaar te maken.

M. DUSAR
Belgische Geologische Dienst

JUNIOR MEETING 2006

Reconstruction of lake-level fluctuations in Lake Issyk-Kul (Kyrgyzstan) through geomorphological and seismostratigraphic analysis of deltas

Lies DE MOL

*Renard Centre of Marine Geology, Department of Geology and Soil Science,
Ghent University, Krijgslaan 281 S8, 9000 Ghent,
Belgium*

In 2002, Naudts (M.Sc. thesis, UGent) succeeded in reconstructing a Late-Cenozoic relative lake-level curve for Lake Issyk-Kul by using partially and fully buried delta deposits in the eastern part of the lake as proxies for lake level. His data consisted of dense grids of high-resolution reflection seismic profiles that were acquired in 1997 and 2001.

The aim of the present study was to evaluate the possible impact of tectonics on this relative lake-level curve. To this end, a second relative lake-level curve was to be derived –using the same strategy and the same seismic data set– but this time based on partially and fully buried delta deposits in the western part of the lake. Comparison of both curves was thought to allow filtering out any tectonic component and to gain a better understanding of the possible causes of lake-level fluctuations in Lake Issyk-Kul.

The first step in the seismic interpretation was the establishment of a robust seismic sequence stratigraphy by subdividing the sedimentary infill in seven depositional sequences separated by sequence boundaries. Isochrone maps were constructed to interpret the paleomorphology of the sequence boundaries (e.g., channels, delta fronts) and isochronopach maps, combined with seismic-facies interpretations, to interpret depocentres and the exact location and extent of progradational delta lobes. In the next step, the absolute depth (below present lake surface) was measured of the offlap breaks in each of these progradational delta lobes. This depth represents paleo-wavebase and thus approaches paleo lake-level. Based on these interpretations, a new relative lake-level curve was constructed. This record shows a succession of 8 distinct lake-level stages with levels between 504 and 155 m below present lake level.

Comparison of both relative lake-level curves (i.e., based on the depth of the eastern deltas and the western deltas) shows that the general trends in both records are comparable, both for what concerns the succession of rises and drops in lake level, and for the exact depth of the level for individual stages. However, the records also exhibit some dissimilarities. Some lake-level stages appear to be missing from the eastern lake-level curve. This could be due to a number of factors: e.g., temporary diversion (possibly tectonically controlled) of one of the delta-building tributaries, temporary changes in sediment yield at one of the delta-building tributaries, or simply incomplete seismic coverage resulting in “non-detection”

of one of the delta lobes.

For what concerns the cause of the lake-level fluctuations, we can exclude intra-basin tectonic activity (e.g., uplift, subsidence), since the seismic data show no evidence at all of tectonic deformation in the eastern or in the western part of the lake. The most likely cause of the Late Cenozoic lake-level fluctuations in Lake Issyk-Kul is therefore climate change. Further investigation will reveal more of the climatic causes of the lake level fluctuations.

Geochemistry and distribution of platinum group elements in the impact structures of Bosumtwi (Ghana, Pleistocene) and Gardnos (Norway, boundary Proterozoic-Paleozoic).

Steven GODERIS

*Dept. of Geology VUB, Pleinlaan 2, 1050 Brussel
(Steven.Goderis@vub.ac.be)*

1. Goal

The aim of this study was to identify the projectile, in other words the kind of meteorite, responsible for the formation of the Gardnos (Norway; 500-650 Ma old) and the Bosumtwi (Ghana; 1.07 Ma old) craters. This identification can be accomplished by determining the geochemical signatures left behind by the meteorite in the lithologies of these impact structures. Characterization of the impactors provides information on the frequency and on the origin of the different planetary bodies (asteroids, comets) that have crossed the Earth's orbit through geological times.

The Gardnos structure, which is relatively easily accessible in the field, was sampled for impact melt material. The Bosumtwi crater on the other hand was drilled in the Summer and Autumn of 2004 by the *International Continental Scientific Drilling Project (ICDP)* [<http://dc110.gfz-potsdam.de/sites/bosumtwi>]. This study focuses on the samples of cores LB-07A and LB-08A, drilled near the centre of the crater. The siderophile platinum group elements (PGEs) Os, Ir, Ru, Pt, Rh and Pd are exceptionally fit for the identification of the projectile type, as a result of the high concentrations in which they occur in most of the meteorites, compared to their limited occurrence in terrestrial crustal rocks. The PGE elemental ratios can be used to link the studied impact structures with their characteristic PGE ‘fingerprints’ to a certain type of meteorites, according to the method described in Tagle & Claeys (2005).

2. Analytical methodology

The determination of the PGEs was accomplished by using a NiS Fire Assay, in combination with ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry), according to the procedure described by Plessen &

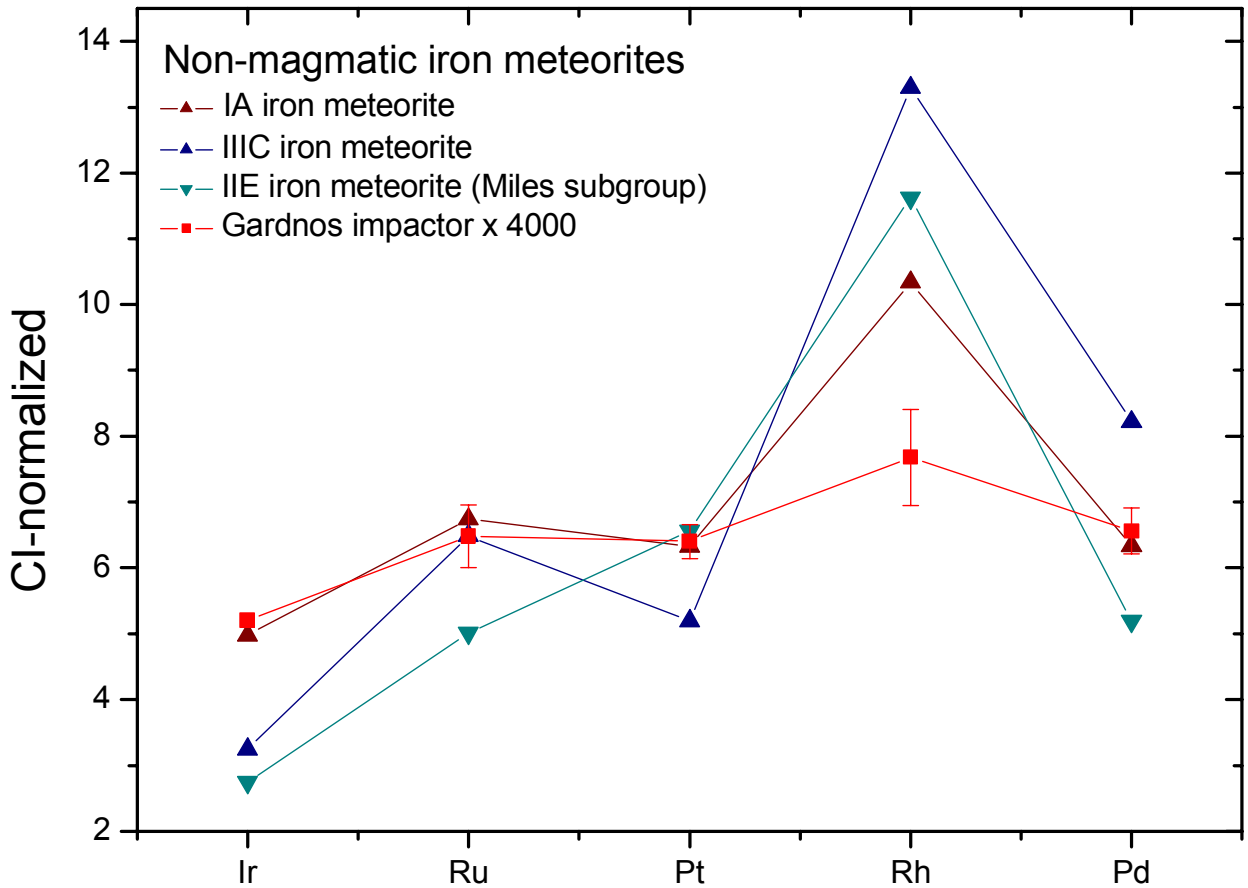
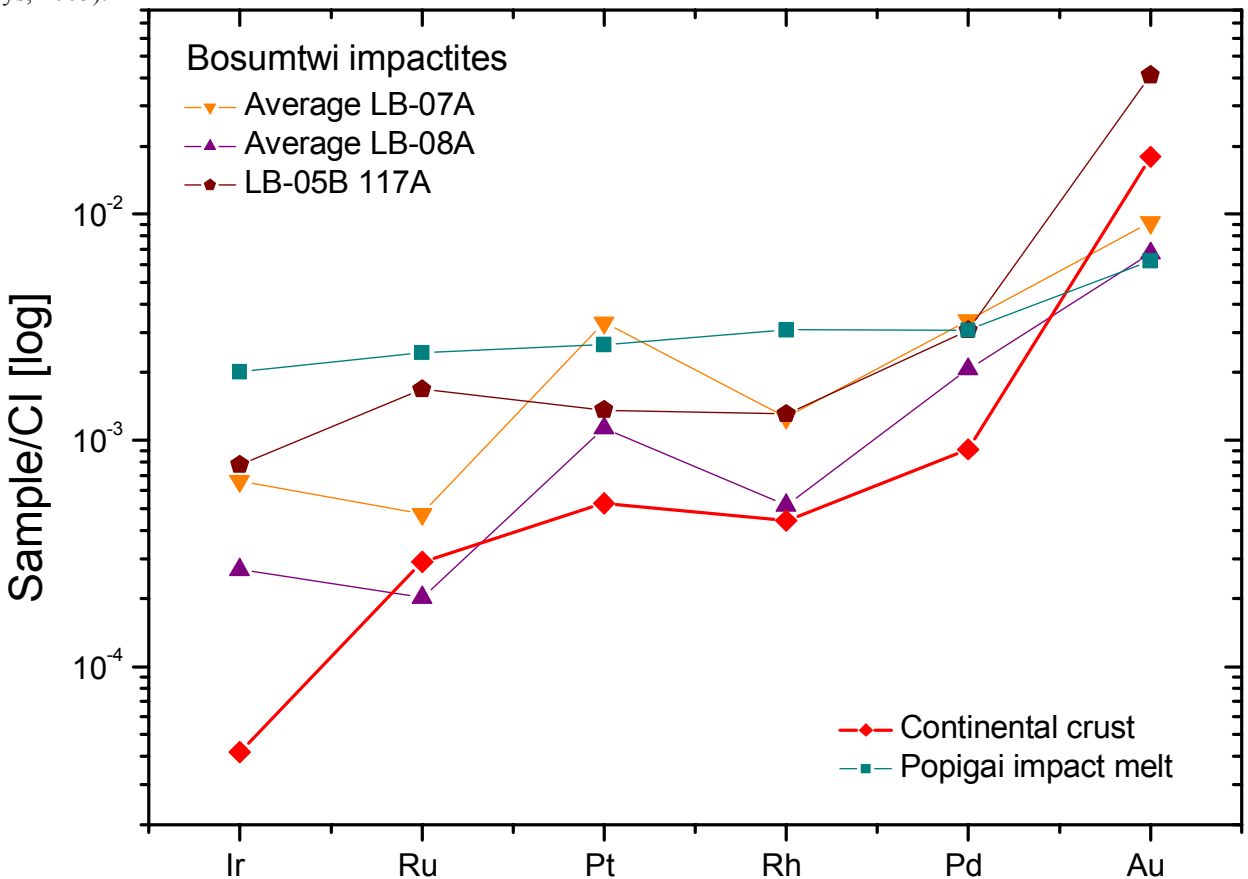


Figure 1A & 1B. 1A: CI-normalized PGE concentrations of the metallic phase of non-magmatic iron meteorites. The concentrations of the averaged Gardnos samples were multiplied with a factor 4000 in order to compare the patterns graphically. 1B: CI-normalized PGE and Au pattern for the averaged values of the samples from drill cores LB-07A and LB-08A, the values of sample LB-05 117A, the average continental crust and the average values of Popigai (Tagle & Claeys, 2005).



Erzinger (1998). The advantages of this technique include, for instance, the low detection limits (e.g. ~55 ppt Ir), the very good reproducibility and the relatively short duration of the analyses (all PGE, except for Os are measured at the same time). A database that contains the PGE compositions of more than 1000 meteorites was used for the identification of the projectile. The PGE elemental ratios, acquired from the analyzed samples by plotting the different PGEs against each other, are used to attain the characteristic signature of the impactor. The slope of the regression line in the plot of e.g. Ir versus Rh reflects the impactor characteristic elemental ratio. As a result of the direct comparison of the elemental ratios of the impact melt with the elemental ratios of different meteorites, the type and origin of the impactor can be documented.

3. Results

The PGE pattern of the Gardnos structure samples, in combination with the Ni/Ir, Cr/Ir and Ni/Cr ratios, indicates the contamination by a rather special kind of meteorite: a non-magmatic iron meteorite, type IA or IIIC, with a diameter of about 200 m (Fig. 1A). As a result of the low meteoritic contamination in the crater lithologies, the projectile type responsible for the formation of the Bosumtwi crater could not be identified. The obtained PGE signatures resemble those of the Earth's crust. The high PGE concentrations in the target rocks, Proterozoic metasediments containing gold-sulfide mineralizations (Oberthur et al., 1994), dominate the signal (Fig. 1B). One extra sample, out of the upper most impact ejecta, recovered from drill hole LB-05B (the fall-back layer) shows a different pattern, more like that of chondrites. Towards the future, more elaborate studies on these ejecta layers, inside and outside the crater, will perhaps produce more information on the projectile responsible for the formation of the Bosumtwi crater.

4. References

OBERTHÜR, T., VETTER, U., SCHMIDT-MUMM, A., WEISER, T., AMANOR, J.A., GYAPONG, W.A., KUMI, R. & BLENKINSOP, T.G., 1994. The Ashanti gold mine at Obuasi, Ghana: Mineralogical, geochemical, stable isotope and fluid inclusion studies on the metallogensis of the deposit. *Geologisches Jahrbuch*, D100: 31-129.

PLESSEN, H.G. & ERZINGER, J., 1998. Determination of the platinum-group elements and gold in twenty rock reference material by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) after pre-concentration by nickel fire assay. *Geostandards Newsletter*, 22: 187-194.

TAGLE, R. & CLAEYS, Ph., 2005. An ordinary chondrite impactor for the Popigai Crater, Siberia. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69: 2877-2889.

Geology and mineralogy of the zeolite deposits of the western Cayo Formation, Ecuador

Ruben SNELLINGS

*Applied Geology and Mineralogy Research Group,
K.U.Leuven*

The Ecuadorian coastal province is composed of collection of Mesozoic terranes accreted to the Ecuadorian plate margin during the upper Mesozoic to Palaeogene. This study investigates the

the zeolite deposits of the Cayo Formation, a 3000m thick, mixed volcanoclastic-detritic rock sequence, product of Upper Cretaceous intra-oceanic island arc volcanism deposited on top of the Piñon terrane and accreted to the Ecuadorian margin during the Palaeogene.

The western outcrop has been studied through large-scale sections; the eastern outcrop area has been investigated in greater detail through several small-scale sections. Pyroclastic flow and surge deposits were recognized to constitute a substantial part of the Cayo Formation, a proximal deposition environment close to the volcanic source is proposed for the examined sections.

The results of a combined qualitative and quantitative XRD analysis, optical microscopy, H-CL microscopy, SEM-EDX analysis and EMPA show the Cayo Formation to be an economically promising zeolite deposit with an exceptionally large outcrop area over a 1000 km². Zeolite grades over 70% are achieved in tuffs; associated volcanoclastic lapilli-tuffs contain 30-50% zeolite. In the western area a Ca-heulandite-clinoptilolite-mordenite zeolite mineral assemblage dominates the entire formation. In the eastern area a similar Ca-heulandite-clinoptilolite-mordenite zone can be found in the top of the Cayo Formation, but in contrast to the western Cayo Formation the dominant mineralogy shifts towards the base of the formation to a laumontite-albite assemblage and eventually to an albite assemblage. Here, also a smectite-chlorite transition takes place from top to base, supposedly concurrent with albitisation of primary plagioclase.

A burial zeolitisation model is proposed in which the eastern Cayo Formation has been more deeply buried in the fore-arc basins as the western part and has experienced the influence of a nearby volcanic heat source. The most important occurring alteration reactions are the reaction of low-grade to higher-grade zeolites, albitisation and smectite-chlorite transformation. Dehydration reactions of early-formed hydrous zeolite and clay minerals combined with the extensive albitisation of volcanogenic plagioclase has lead to the expulsion of an upwards-directed Ca-rich fluid flow throughout the volcanoclastic pile resulting in the precipitation of a late secondary calcite phase in free pore-space, fissures and faults.

The relationship between the occurring smectite-chlorite transition, the albitisation process and the successive zeolite mineral assemblages poses a very interesting subject for future research relating to the P-T history of volcanoclastic deposits.

