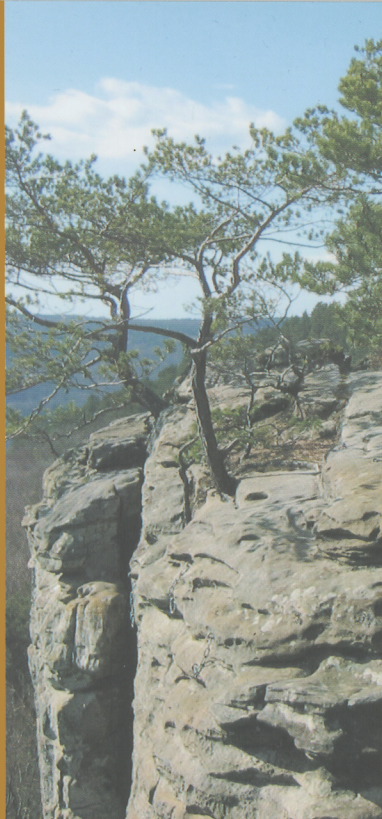




Sandstone Landscapes in Europe

Past, Present and Future

Proceedings of the 2nd International
Conference on Sandstone Landscapes
Vianden (Luxembourg) 25-28.05.2005

Christian Ries & Yves Krippel
(editors)



44 2005

Travaux scientifiques
du Musée national
d'histoire naturelle
Luxembourg



Ferrantia est une revue publiée à intervalles non réguliers par le Musée national d'histoire naturelle à Luxembourg. Elle fait suite, avec la même toison aux TRAVAUX SCIENTIFIQUES DU MUSÉE NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE DE LUXEMBOURG.

Comité de rédaction:

Eric Buttini
Guy Colling
Edmée Engel
Thierry Helminger
Marc Meyer

Mise en page:

Romain Bei

Design:

Service graphique du MNHN

Prix du volume: 10 €

Rédaction:

Musée national d'histoire naturelle
Rédaction Ferrantia
25, rue Münster
L-2160 Luxembourg

tel +352 46 22 33 - 1

fax +352 46 38 48

Internet: <http://www.naturmusee.lu>

email: ferrantia@mnhn.lu

Echange:

Exchange MNHN-SNL
c/o Musée national d'histoire naturelle
25, rue Münster
L-2160 Luxembourg

tel +352 46 22 33 - 1

fax +352 46 38 48

Internet: <http://www.mnhnl.lu/biblio/exchange>

email: exchange@mnhnl.lu

Page de couverture:

Logo du symposium. Réalisation: Anita Faber, Service graphique du MNHN.
Grès de Luxembourg avec *Pinus sylvestris* près de Berdorf. Photo: Yves Krippel.

Citation:

Ries C. & Krippel Y. (Editors) 2005. - Sandstone Landscapes in Europe - Past, Present and Future. Proceedings of the 2nd International Conference on Sandstone Landscapes. Vianden (Luxembourg) 25-28.05.2005. Ferrantia 44, 256 p. MNHN, Luxembourg.

Date de publication:

31 décembre 2005

(réception du manuscrit: 15 août 2005)

Impression:

Imprimerie Graphic Press Sàrl, Mamer, Luxembourg

Ferrantia

44

**Sandstone Landscapes in Europe
Past, Present and Future**

Proceedings of the 2nd International Conference
on Sandstone Landscapes

Vianden (Luxembourg) 25-28.05.2005

Christian Ries & Yves Krippel (Editors)

Luxembourg, 2005

Table of contents - Table des matières

Preface of the editors	7
Conference poster	12
Conference programme	13

Conference opening

Frantzen-Heger, Gaby. - Allocution de bienvenue de la bourgmestre (Welcome speech of the mayor)	15
Werner, Jean. - Allocution de bienvenue de la part des organisateurs (Organizers welcome speech)	17

Oral communications - Communications orales

1. Evolution of sandstone landscapes: geology and geomorphology

Evolution des paysages de grès: géologie et géomorphologie

Adamovič, Jiří. - Sandstone cementation and its geomorphic and hydraulic implications.	21
Juilleret, Jérôme, Jean-Francois Iffly, Patrick Matgen, Cyrille Taillez, Lucien Hoffmann & Laurent Pfister. - Soutien des débits d'étéage des cours d'eau du Grand-Duché du Luxembourg par l'aquifère du Grès du Luxembourg.	25
Jung, Jürgen. - Sandstone-Saprolite and its relation to geomorphological processes - examples from Spessart/Germany as a sandstone-dominated highland-region.	31
Mikuláš, Radek. - Features of the sandstone palaeorelief preserved: The Osek area, Miocene, Czech Republic.	37
Robinson, D.A. & R.B.G. Williams. - Comparative morphology and weathering characteristics of sandstone outcrops in England, UK.	41
Thiry, Médard. - Weathering morphologies of the Fontainebleau Sandstones and related silica mobility.	47
Vařilová, Zuzana & Jiří Zvelebil. - Sandstone Relief Geohazards and their Mitigation: Rock Fall Risk Management in Bohemian Switzerland National Park.	53

2. Archaeology of sandstone landscapes: from Prehistory to the Middle Ages

Archéologie des paysages de grès: de la Préhistoire au Moyen-Âge

Auffret, Marie-Claude & Jean-Pierre Auffret. - Similitudes et différences dans l'art rupestre post glaciaire de Cantabrie (Espagne), Bassin parisien sud (France), Picardie, Oise et Aisne (Tardenois, France), Vosges du nord (Bas Rhin et Moselle, France) et Luxembourg.	59
Bénard, Alain. - Aperçu de l'art rupestre des chaos gréseux stampien du Massif de Fontainebleau, France.	65
Dimitriadis, George. - A Prehistoric Sandstone Landscape: Camonica Valley, Italy.	69
Hauzeur, Anne & Foni Le Brun-Ricalens. - Grès et préhistoire au Luxembourg: Rupture et continuité dans les stratégies d'implantation et d'approvisionnement liées aux formations gréseuses durant le Néolithique.	71
Le Brun-Ricalens, Foni & François Valotteau. - Patrimoine archéologique et Grès de Luxembourg: un potentiel exceptionnel méconnu.	77
Schwenninger, Jean-Luc. - Optical dating of sand grains: Recent advances and applications in archaeology and Quaternary research.	83

3. Flora, fauna and microclimate of sandstone ecosystems

Flore, faune et microclimat des écosystèmes gréseux

Colling, Guy & Sylvie Hermant. - Genetic variation in an isolated population of <i>Hymenophyllum tunbrigense</i> .	89
Harbusch, Christine. - Bats and sandstone: the importance of sandstone regions in Luxembourg for the ecology and conservation of bats.	93
Hoffmann, Lucien & Tatyana Darienko. - Algal biodiversity on sandstone in Luxembourg.	99
Härtel, Handrij & Ivana Marková. - Phytogeographic importance of sandstone landscapes.	103
Pokorný, Petr & Petr Kuneš. - Holocene acidification process recorded in three pollen profiles from Czech sandstone and river terrace environments.	107
Monnier, Olivier, Martial Ferréol, Frédéric Rimet, Alain Dohet, Christophe Bouillon, Henry-Michel Cauchie, Lucien Hoffmann & Luc Ector. - Le Grès du Luxembourg: un îlot de biodiversité pour les diatomées des ruisseaux.	115
Muller, Serge. - Les phytocénoses d'indigénat du Pin sylvestre (<i>Pinus sylvestris</i> L.) sur les affleurements de grès du Pays de Bitche (Vosges du Nord).	119
Signoret, Jonathan. - Les pineraies à caractère naturel au Grand-Duché de Luxembourg: caractéristiques, conservation et suivi.	123
Świerkosz, Krzysztof & Marek Krukowski. - Main features of the sandstone flora and plant communities of the North-Western part of Sudetes Foreland.	127
Werner, Jean. - Intérêt et richesse de la flore bryologique du Grès hettangien (Luxembourg, Eifel et Lorraine).	133

4. Human impact on sandstone landscapes: threats and protection

Impacts humains sur les paysages de grès: menaces et conservation

Alexandrowicz, Zofia & Jan Urban. - Sandstone regions of Poland - Geomorphological types, scientific importance and problems of protection.	137
Duchamp, Loïc. - Une charte pour la pratique de l'escalade sur les rochers du Parc naturel régional des Vosges du Nord.	143
Krippel, Yves. - Is the conservation of the natural and cultural heritage of sandstone landscapes guaranteed? Case study of the Petite Suisse area in Luxembourg.	147

Posters

1. Evolution of sandstone landscapes: geology and geomorphology

Evolution des paysages de grès: géologie et géomorphologie

Colbach, Robert. - Overview of the Geology of the Luxembourg Sandstone(s).	155
Faber, Alain & Robert Weis. - Le Grès de Luxembourg: intérêt scientifique et patrimonial de ses sites fossilifères.	161
Jung, Jürgen. - Cretaceous-Tertiary weathering in sandstones of the Southwest Spessart/ Germany.	165
Mertlík, Jan & Jiří Adamovič. - Some significant geomorphic features of the Klokočí Cuesta, Czech Republic.	171
Schweigstillová, Jana, Veronika Šimová & David Hradil. - New investigations of the salt weathering of Cretaceous sandstones in Northern Bohemia, Czech Republic.	177
Urban, Jan. - Pseudokarst caves as an evidence of sandstone forms evolution - a case study of Niektań, the Świętokrzyskie Mts., central Poland.	181

2. Archaeology of sandstone landscapes: from Prehistory to the Middle Ages

Archéologie des paysages de grès: de la Préhistoire au Moyen-Âge

Le Brun-Ricalens, Foni. - Grès de Luxembourg et Art rupestre: L'œuvre du Dr E. Schneider et la correspondance inédite (1937-1949) avec l'abbé H. Breuil.	187
Le Brun-Ricalens, Foni, Jean-Noël Anslin, Frank Broniewski & Susanne Rick. - Le projet FNR «Espace et Patrimoine Culturel»: un outil de gestion informatisé au service du Patrimoine luxembourgeois. L'exemple de la zone-pilote du Müllerthal.	193
Valotteau, François & Foni Le Brun-Ricalens. - Grès de Luxembourg et Mégalithisme : bilan après 5 années de recherche.	199

3. Flora, fauna and microclimate of sandstone ecosystems

Flore, faune et microclimat des écosystèmes gréseux

Colling Guy, Thierry Helminger & Jim Meisch. - Microclimatic conditions in a sandstone gorge with <i>Hymenophyllum tunbrigense</i> .	205
Krippel, Yves. - The Hymenophyllaceae (Pteridophyta) in Luxembourg. Past, present and future.	209
Liron, Marie Nieves & Médard Thiry. - Peaty micro-zones on the sandstone ridges of the Fontainebleau Massif (France): hydrology and vegetation biodiversity.	215
Marková, Ivana. - Bryophyte diversity of Bohemian Switzerland in relation to microclimatic conditions.	221
Stomp, Norbert & Wanda M. Weiner. - Some remarkable species of Collembola (Insecta, Apterygota) of the Luxembourg sandstone area.	227
Turoňová, Dana. - Mapping and monitoring of Killarney Fern (<i>Trichomanes speciosum</i>) in the Czech Republic.	233
Urbanová, Hana & Jan Procházka. - Kokořínsko Protected Landscape area - Rare species, protection and conservation.	237

Photos of the conference - Photos de la conférence	239
--	-----

On behalf of the participants - Au nom des participants	245
---	-----

List of participants - Liste des participants	247
---	-----

Preface of the Editors

Christian RIES

Department of Ecology, National Museum of Natural History
25, rue Münster, L-2160 Luxembourg
cries@mnhn.lu

Yves KRIPPEL

Research associate of the Luxembourg National Museum of Natural History
18A, rue de Rollingen, L-7475 Schoos
yves.krippel@mnhn.lu

Introduction

You hold in hands the proceedings of the second international conference on sandstone landscapes that took place in Vianden (Luxembourg) from May 25 to May 28 2005. The conference entitled *"Sandstone landscapes in Europe - Past, present and future"* brought together a range of scientists, experts, teachers and students from all over Europe.

This international sandstone symposium followed the initial conference *"Sandstone Landscapes: Diversity, Ecology and Conservation"* that took place in Doubice in Saxonian-Bohemian Switzerland, Czech Republic in September 2002 (Härtel *et al.* 2002).

The proposal for the follow-up symposium was brought to Luxembourg by a Luxembourg participant who attended the Czech symposium.

The *"Groupe d'études ayant pour objet la conservation du patrimoine naturel de la Petite-Suisse luxembourgeoise"*, an advisory group created by the Luxembourg Government to promote the conservation of remarkable natural sites in the Luxembourg sandstone area, the Müllerthal, also known as the *"Petite-Suisse luxembourgeoise"*, supported the initiative to organize the next sandstone symposium in Luxembourg.

So the idea made its way, a partnership was set up and the symposium was scheduled for May 2005.

Organization

Organizations and persons are listed in alphabetical order.

Main organizers

- Administration des eaux et forêts (Water and forestry administration)

- Musée national d'histoire naturelle (National Museum of Natural History)
- Musée national d'histoire et d'art (National Museum of History and Art)
- Société des naturalistes luxembourgeois (Luxembourg Naturalist Society)

Partner organizations

- Amis de la géologie, de la minéralogie et de la paléontologie du Luxembourg (Friends of geology, mineralogy and palaeontology in Luxembourg)
- Association des géologues luxembourgeois (Luxembourg geologists association)
- Fondation Hëllef fir d'Natur (Help for nature foundation)
- LAG LEADER+ Mullerthal (Local action group Leader +)
- NATURA - Ligue luxembourgeoise pour la protection de la nature et de l'environnement (Luxembourg league for the environment and nature conservation)
- Naturerkundungsstation Teufelsschlucht (Nature visitor center)
- Oeko-Zenter Lëtzebuerg (Environmental and nature conservation foundation)
- Service géologique du Luxembourg (Geological survey of Luxembourg)
- Société préhistorique luxembourgeoise (Luxembourg prehistorical society)

Conference coordination and secretariate

- Christian Ries, curator at the National Museum of Natural History, president of the Luxembourg Naturalist Society

Conference scientific committee

- Guy Colling, researcher at the National Museum of Natural History
- Alain Faber, curator at the National Museum of Natural History
- Yves Krippel, research associate of the National Museum of Natural History
- Christian Ries, curator at the National Museum of Natural History, president of the Luxembourg Naturalist Society
- Jean-Marie Sinner, head of Diekirch forestry district, Water and Forests Administration
- Fernand Spier, president of the Luxembourg Prehistory Society
- Norbert Stomp, honorary director of the National Museum of Natural History
- François Valotteau, researcher at the National Museum of History and Art
- Jean Werner, president of the Study group for the preservation of the natural heritage of Luxembourg Little Switzerland

Conference organizing committee

- Georges Bechet, director of the National Museum of Natural History
- Marie-Paule Kremer, Ministry of Environment
- Frantz-Charles Muller, president of Foundation 'Hëllef fir d'Natur' and NATURA
- Christian Ries, curator at the National Museum of Natural History, president of the Luxembourg Naturalist Society
- Jean-Marie Sinner, head of Diekirch forestry district, Water and Forests Administration
- François Valotteau, researcher at the National Museum of History and Art

Background and aims of the conference

Sandstone regions are scattered all over Europe. Even if different in age and composition, they all show a great number of similitudes. Distinct geomorphologic features often create strong gradients in mesoclimatic conditions and generate high levels of natural disturbance and resulting patch dynamics. In sandstone regions these dynamic geomorphologic processes occur at rates unseen in the surroundings. The special climatic or microclimatic conditions in sandstone regions induce a mosaic of biotopes hosting specific flora

and fauna. The occurring species are often of relict nature and a testimony of climatic conditions and vegetation in place earlier in this interglacial.

Sandstone areas are not only a phenomenon of geological and biological interest. They are well known for their prehistoric past, and rock shelters provided excellent opportunities for human settlements. Later, the outstanding landscapes of sandstone regions have attracted human attention, particularly since the Romantic period. It was the beginning of tourism, a phenomenon that nowadays often causes irreversible problems in these fragile environments.

In order to preserve the invaluable landscapes and ecosystems, associated to sandstone landscapes, there is a strong need for research, nature and landscape conservation with concrete management plans, environmental friendly tourism, etc.

The first sandstone conference in Doubice, Czech Republic, revealed that the uniqueness of geomorphologic and ecological processes in sandstone regions calls for a much more intimate link between geomorphology, climatology, landscape history and biology/ecology, etc. and initiated the so-called 'sandstone community', a database of people interested in research and conservation of sandstone landscapes. More information can be found on the 'Sandstone Landscapes' website www.sandstones.org, providing information about the research and events on sandstone landscapes, especially in Europe (Härtel 2005).

This second international conference on sandstone tried to carry on the effort devoted to bridging all the concerned disciplines. The organizers intended that this conference would - amongst others - identify which general research topics can use sandstone regions as particularly suitable model systems; permit the comparison of different sandstone regions in Europe and point out similarities; establish new contacts and further collaboration among people interested in sandstone regions; address conservation issues specific for sandstone regions (tourism, rock climbing, restoration management); etc.

Scientific programme

The scientific programme consisted of plenary lectures, poster sessions, discussions and excursions. Four major topics were covered by 26 oral communications and 16 posters:

1. Evolution of sandstone landscapes: geology and geomorphology

Sandstone is a quite common rock type, which characterizes different regions and yet each

sandstone formation differs somehow from the other by its mineralogical composition or by its origin. Today the geological evolution of these areas shows a landscape revealing many erosion features, joint patterns and rockslides from recent time, as well as a lot of elements from the geological past. The erosion often formed either narrow valleys into a sandstone plateau, or slopes of a cuesta, or buttes as residual hills or outliers, etc.

2. Archaeology of sandstone landscapes: from Prehistory to the Middle Ages

There is no doubt about the importance of sandstone landscapes from Prehistory to the Middle Ages. Archaeology contributes to the knowledge of the old populations within the limits given by the subject. Following topics are of special interest: the habitat and its additional activities, as well as architecture; burials, anthropology and taphonomy in sandy context; petroglyphs and rupestrian art.

3. Flora, fauna and microclimate of sandstone ecosystems

Sandstone formations with their typical erosion features are known for special microclimatic conditions. Great variations in both humidity and temperature - including temperature inversion - are responsible for a huge diversity of plants and animals. The proliferation of Atlantic and sub-Atlantic species is remarkable; the presence of mountain and sub-mountain species is significant. Besides higher plants, the diversity of pteridophytes and the richness of nonvascular cryptogams like bryophytes and lichens of sandstone regions is in general outstanding. On the other hand, the sandstone outcrops, as well as extended woods and moist valleys offer habitats for a rich wildlife.

4. Human impact on sandstone landscapes: threats and protection

Sandstone landscapes often became the victims of their own success. Exploited and inhabited by man since prehistory, visited and solicited by modern man, seeking relaxation and ventures in these spectacular landscapes, the extreme fragile sandstone habitats are more and more threatened. In order to preserve the natural and cultural heritage of sandstone landscapes, concrete measures must be initiated and a tourism in accordance with the environment promoted.

Course of the Symposium

88 participants attended the conference, including speakers and translation staff (cf. list of participants).

Pre-conference excursion

The pre-conference excursion on Wednesday May 25 took the participants by bus to the heart of the "Petite Suisse" area. The participants were split into two groups according to the conference languages English and French.

On the programme: sandstone formations, forests and valleys around Berdorf and Beaufort (Fig. 1). The prehistoric sites of 'Kalekapp', petroglyphs and vandalism, rock formations and erosion, different forest associations, flora (including filmy ferns), fauna, rock climbing and related problems, tourism as well as nature conservation, were only some of the topics.

The field trip was rather demanding, but the barbecue during lunch break in the stunning scenery of Beaufort castle helped to forget aching legs and sunburn.

The guides were: Guy Colling, Alain Faber, Anne Hauzeur, Yves Krippel, Jean-Marie Sinner and François Valotteau.

The conference

The plenary sessions lasted the next two days, from Thursday May 26 to Friday May 27. The venue was the 'Centre culturel Larei', a former tannery complex transformed by the city of Vianden into a cultural centre. An abstract book was provided by the organizers (Ries 2005).

Instead of grouping the communications by major themes into distinct Symposia, the organizing committee was so audacious to mix up the contributions independently of their topic (cf.



Fig. 1: Pre-conference excursion in the Müllerthal area, May 25 2005. Photo: Milkuláš Radek.

programme). Under the bottom line, as everybody agreed, this atypical method was of great success. It is quite unusual that the last speaker of the day can find himself in front of a full auditory, most people having attended all day long. Of course this fact is also due to the excellent quality of the contributions and to the fact that the programme was reliable, all speakers perfectly respecting their allocated time.

We are especially thankful to Handrij Härtel and Jan Čeřovský who draw general conclusions at the conference closure and called for joining the sandstone community and for meeting again at the next conference which will be held in Poland in a couple of years. Jan Čeřovský draw the attention to the range of activities and working groups of the IUCN and proposed that the sandstone community should create an IUCN-working group covering the issues of sandstone areas.

On Friday May 27, after the second morning session, the organizers were happy to present the book about the Petite-Suisse area and to offer a copy to each participant (Fig. 2). The book comprises 251 pages and covers all the topics of the conference (Krippel 2005).

After the conference closure, the tourist train 'Benni' took the participants to a guided visit of the hydro electrical power plant SEO near Stolzembourg. The conference dinner took place the same evening in the Hotel Victor Hugo in Vianden.

Post-conference excursion

The post-conference excursion took the participants by bus to the German part of the Luxembourg sandstone area near Ernzen and Ferschweiler. Again the participants were split into two groups according to the conference languages English and French.



Fig. 2: Presentation of the book about the Petite-Suisse area in front of the conference venue Lareï, May 27 2005. Photo: Milkuláš Radek.



Fig. 3: Post-conference excursion, Luxembourg-city, view on the Alzette valley and the Grund district, May 28 2005. Photo: Jiří Adamovič.

After a glance at the visitor centre 'Naturerkundungszentrum Teufelsschlucht', a trail took the participants through sandstone formations and deciduous woods to the valley of the Prüm and the 'Irreler Wasserfälle', small waterfalls caused by enormous rock boulders.

The afternoon was spent in Luxembourg-city covering geological, historical and botanical topics (Fig. 3). The excursion ended with a visit of two major museums, the National Museum of Natural History and the National Museum of History and Art.

The guides were: Georges Bechet, Alain Faber, Anne Hauzeur, François Valotteau and Holger Weber.

Conclusion

On behalf of the organizers we thank all the participants having attended the conference and especially those who have contributed to the programme excellence with a high diversity and quality of oral communications and poster presentations.

The magnificent weather conditions, the gorgeous conference venue and last but not least the sociability and sincerity of the participants made this symposium a remarkable event that will not be forgotten soon.

The conference showed clearly the similitude of the different sandstone landscapes scattered all over Europe and the similarities of the problematic of conservation of natural and cultural heritages in the different regions. By gathering participants of other countries, the Sandstone Community was enlarged and there was a clear consensus to join efforts in the future.

We hope these proceedings will contribute to spread knowledge about one of the most sensible landscape types in Europe and will increase networking amongst the scientific community working in and on sandstone areas.

Acknowledgements

We are grateful to a range of persons and institutions which have helped in many ways and thus contributed to the success of the conference. These persons and institutions are listed by type and in alphabetical order. We express these thanks on behalf of the main organizers, the partner organizations and the scientific and organizing committees.

Excursion guides

- Georges Bechet (National Museum of Natural History, Luxembourg)
- Guy Colling (National Museum of Natural History, Luxembourg)
- Alain Faber (National Museum of Natural History, Luxembourg)
- Anne Hauzeur (research associate, National Museum of History and Art, Luxembourg)
- Yves Krippel (research associate, National Museum of Natural History, Luxembourg)
- Jean-Marie Sinner (Forestry administration, Diekirch)
- François Valotteau (National Museum of History and Art, Luxembourg)
- Holger Weber (Naturerkundungszentrum Teufelsschlucht, Germany)

Staff

- Bastin Jonny (Municipality of Vianden, conference venue Larei)
- Pascal Dellea (driver)
- Nadine De Sousa (student, Hotel school Diekirch)
- Véronique Maurer (student, Hotel school Diekirch)
- Tom Müller (Forestry administration, Beaufort) and his team (barbecue in Beaufort Castle)

Graphical work

- Anita Faber (National Museum of Natural History, Luxembourg)
- Thierry Helminger (National Museum of Natural History, Luxembourg)

Sponsors

- Fonds national de la recherche, Luxembourg (National Research Fund)

- Luxembourg Presidency of the Council of the European Union
- Ministry of Culture, Higher Education and Research, Luxembourg
- Ministry of Environment, Luxembourg
- Ministry of Foreign Affairs, Luxembourg
- Mrs. Anne-Marie Linkels (Castle of Beaufort)
- Municipality of Beaufort
- Municipality of Vianden
- SEO, Société électrique de l'Our, Vianden
- Tourist office of Vianden

Companies

- Accents sprl, Brussels (Simultaneous translation)
- Alltec solution providers, Luxembourg (Materials)
- Autolux sàrl, Luxembourg (Car rental)
- Dorel Doreanu, Senningen (Music)
- Economat Stronska Fons, Vianden (Catering)
- E.G.E. Stienon sprl, Brussels (Sound and simultaneous translation technique)
- Hammes sàrl, Vianden (Tourist train Benni)
- Hotel Victor Hugo, Vianden (Catering)
- Hotel Petry, Vianden (Catering)
- Maison Bernard Bergh, Vianden (Materials)
- Shop Vinandy, Vianden (Fuel)
- Voyages Demy Schandeler, Keispelt (Bus transportation)

References

- Härtel H. 2005. - Sandstone Landscapes. Website of the Sandstone Community. Url: http://www.sandstones.org/s_conf.htm [15.11.2005].
- Härtel H., Herben T. & Čílek V. 2002. - Sandstone Landscapes: Diversity, Ecology and Conservation. Conference homepage. Url: http://www.sandstones.org/ibot_sandstone/index.htm [15.11.2005].
- Krippel Y. [ed.] 2005. - Die Kleine Luxemburger Schweiz - Geheimnisvolle Felsenlandschaft im Wandel der Zeit. Luxembourg. 251p. ISBN 2-919877-09-7.
- Ries C. 2005. - Sandstone landscapes in Europe - Past, present and future. 2nd International Conference on sandstone landscapes. Conference abstracts - Préactes de la conférence. Url: <http://www.symposium.lu/symposium/sandstone/preactes.pdf> [15.11.2005]



SANDSTONE SYMPOSIUM

2nd international conference on sandstone landscapes
Sandstone landscapes in Europe - Past, present and future

2^{ème} conférence internationale sur les paysages de grès
Paysages de grès en Europe - Passé, présent et futur

25.-28. 05. 2005 Vianden (Luxembourg)
www.symposium.lu/sandstone



Poster layout: Thierry Helmingier (MNHNL). Logo design: Anita Faber (MNHNL)

Conference programme

Programme de la conférence

Note of the editors: the authors who presented the oral communication at the conference are marked with the sign * after their last name.

Wednesday May 25 2005

Pre-conference excursion (Müllerthal, L)

Thursday May 26 2005

Conference opening

Welcome speeches by Mrs. Gaby Frantzen-Heger, Mayor of Vianden, and Mr. Jean Werner on behalf of the organizers.

Session I

Chairman: Yves Krippel (L)

Handrij Härtel* & Ivana Marková. - Phytogeographic importance of sandstone landscapes (CZ)

Jiří Adamovič*. - Sandstone cementation and its geomorphic and hydraulic implications (CZ)

Krzysztof Świerkosz & Marek Krukowski*. - Main features of the sandstone flora and plant communities of the North-Western part of Sudetes Foreland (PL)

Session II

Chairman: Handrij Härtel (CZ)

Zuzana Vařilová & Jiří Zvelebil*. - Sandstone Relief Geohazards and their Mitigation: Rock Fall Risk Management in Bohemian Switzerland National Park (CZ)

Médard Thiry*. - Weathering morphologies of the Fontainebleau Sandstones and related silica mobility (F)

Alain Bénard*. - Aperçu de l'art rupestre des chaos gréseux stampien du Massif de Fontainebleau, France (F)

Petr Pokorný* & Petr Kuneš. - Holocene acidification process recorded in three pollen profiles from Czech sandstone and river terrace environments (CZ)

Session III

Chairman: Jean-Luc Schwenninger (UK)

David A. Robinson* & Rendel B. G. Williams. - Comparative morphology and weathering characteristics of sandstone outcrops in England, UK (UK)

Radek Mikuláš*. - Features of the sandstone palaeorelief preserved: The Osek area, Miocene, Czech Republic (CZ)

Guy Colling* & Sylvie Hermant. - Genetic variation in an isolated population of *Hymenophyllum tunbridge* (L)

Loïc Duchamp*. - Une charte pour la pratique de l'escalade sur les rochers du Parc naturel régional des Vosges du Nord (F)

Poster session

Session IV

Chairwoman: Anne Hauzeur (B)

Foni Le Brun-Ricalens & François Valotteau*. - Patrimoine archéologique et Grès de Luxembourg: un potentiel exceptionnel méconnu (L)

Handrij Härtel*. - Sandstone landscapes: research, conservation and future co-operation within the Sandstone Community (CZ)

Informal discussion on sandstone community during and after dinner

Friday May 27 2005

Session V

Chairman: Guy Colling (L)

Jérôme Juilleret*, Jean-François Iffly, Patrick Matgen, Cyrille Tailleux, Lucien Hoffmann & Laurent Pfister. - Soutien des débits d'étiage des cours d'eau du Grand-Duché du Luxembourg par l'aquifère du Grès du Luxembourg (L)

Lucien Hoffmann* & Tatyana Darienko. - Algal biodiversity on sandstone in Luxembourg (L & UA)

Christine Harbusch*. - Bats and sandstone: the importance of sandstone regions in Luxembourg for the ecology and conservation of bats (D)

Anne Hauzeur* & Foni Le Brun-Ricalens. - Grès et Préhistoire au Luxembourg: Rupture et continuité dans les stratégies d'implantation et d'approvisionnement liées aux formations gréseuses durant le Néolithique (B & L)

Session VI

Chairman: Jan Urban (PL)

Jean Werner*. - Intérêt et richesse de la flore bryologique du Grès hettangien (Luxembourg, Eifel et Lorraine) (L)

Olivier Monnier*, Martial Ferréol, Frédéric Rimet, Alain Dohet, Christophe Bouillon, Henry-Michel Cauchie, Lucien Hoffmann & Luc Ector. - Le Grès du Luxembourg: un îlot de biodiversité pour les diatomées des ruisseaux (L)

Jürgen Jung*. - Sandstone-Saprolite and its relation to geomorphological processes - examples from Spessart/Germany as a sandstone-dominated highland-region (D)

Marie-Claude Auffret* & Jean-Pierre Auffret. - Similitudes et différences dans l'art rupestre post glaciaire de Cantabrie (Espagne), Bassin parisien sud (France), Picardie, Oise et Aisne (Tardenois, France), Vosges du nord (Bas Rhin et Moselle, France) et Luxembourg (F)

Session VII

Chairman: Jan Cеровsky (CZ)

Serge Muller*. - Les phytocénoses d'indigénat du Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) sur les affleurements de grès du Pays de Bitche (Vosges du Nord) (F)

Jean-Luc Schwenninger*. - Optical dating of sand grains: Recent advances and applications in archaeology and Quaternary research (UK)

Zofia Alexandrowicz & Jan Urban*. - Sandstone regions of Poland - Geomorphological types, scientific importance and problems of protection (PL)

George Dimitriadis*. - A Prehistoric Sandstone Landscape: Camonica Valley, Italy (I)

Poster session

Session VIII

Chairman: Jean-Marie Sinner (L)

Jonathan Signoret* & Sandrine Signoret. - Les pineraies à caractère naturel au Grand-Duché de Luxembourg: caractéristiques, conservation et suivi (F)

Yves Krippel*. - Is the conservation of the natural and cultural heritage of sandstone landscapes guaranteed? Case study of the Petite Suisse area in Luxembourg (L)

Conference closing

Conference dinner (Hotel Victor Hugo)

Saturday May 28 2005

Post-conference excursion (Teufels-schlucht, D; Luxembourg-city)

Allocution de bienvenue

Gaby FRANTZEN-HEGER

Bourgmestre, Administration communale de la ville de Vianden
B.P. 10, L-9401 Vianden
bourgmestre@vianden.lu

Mesdames et Messieurs,

Cette petite ville de Vianden, située aux confins Est du Grand-Duché de Luxembourg, vous souhaite la plus cordiale bienvenue.

En choisissant Vianden comme lieu du colloque, vous avez succombé, et c'est compréhensible, à la double tentation de la nature et tourisme.

La nature d'abord: du point de vue géographique physique, le Luxembourg ne forme pas une unité régionale homogène, mais réunit, dans ses étroites frontières, des fragments d'entités naturelles auxquelles participent les pays voisins.

La partie méridionale du pays constitue le prolongement des vallonnements de la plaine lorraine. Au sud-ouest, le Luxembourg reprend une bande du gisement de minerai oolithique lorrain. Au sud-est, il se rattache au domaine viticole de la Moselle allemande. Sa partie septentrionale, l'Oesling, et donc notre petite ville de Vianden, fait partie du massif schisteux rhénan et constitue un paysage de transition entre l'Eifel allemande et l'Ardenne belge. Le centre est occupé par le paysage rupestre et forestier du grès du Luxembourg, « Sandstone » – le thème de votre colloque, qui, lui aussi, s'étend au-delà de la frontière orientale.

Empruntant ainsi à des régions naturelles très diverses, le Luxembourg réunit sur une très faible étendue territoriale une grande variété de paysages. C'est là un des secrets de l'attrait qu'il exerce sur le touriste étranger et l'explication du fait qu'il est un terrain de prédilection pour les étudiants en géologie.

Un géographe anglais, George Renwick, a pu dire qu'ici le grand tome de la nature est condensé en format de poche.

Il est difficile, en parlant à des professionnels que vous êtes, de trouver les mots et les définitions justes pour vanter les beautés de nos sites. Et si, pour parler avec un poète, qui fut aussi un noble orateur, il conviendrait peut-être de dire qu'en pareille occasion «seul le silence est grand».

La voix d'un autre poète me souffle à l'oreille une sorte d'invocation qui supplée heureusement à mon inspiration défailante. Cet autre poète, vous l'avez deviné, c'est le grand, le majestueux Victor Hugo. Et cette invocation, la voici, extraite d'une note de juin 1871 que l'auteur des 'Burgraves' dédia à la cité de Vianden: «Dans un paysage splendide que viendra visiter un jour toute l'Europe, Vianden se compose de deux choses également consolantes et magnifiques, l'une, sinistre: une ruine, l'autre, riante: un peuple.»

En guise de reconnaissance, la ville de Vianden a transformé la maison où habitait jadis le grand homme en musée, le seul musée littéraire du Grand-Duché, très intéressant à visiter.

On se plaît aujourd'hui à voir en Victor Hugo le précurseur de l'Europe. Il a entrevu des possibilités de rapprochement des peuples, de l'union nécessaire de notre continent. Toute l'Europe, vous la représentez aujourd'hui en ce qu'elle a de plus avide à connaître.

Le plus illustre visiteur de Vianden parle d'une chose sinistre: la ruine. Aujourd'hui il n'écrit plus ce mot et il puiserait dans son riche vocabulaire pour chanter les beautés du château palais reconstruit, un des plus grands et plus beaux bâtiments des époques romane et gothique de notre Europe, joyau d'architecture visité annuellement par quelque 200.000 visiteurs. Et si seulement il avait pu se servir du télésiège, quelle vue magnifique son regard d'aigle aurait embrassé.

A cet égard, Mesdames et Messieurs, vous êtes des privilégiés par rapport au poète qui, les pieds bien sur notre terre viandenoise, ne pouvait que monter nos collines ou se complaire dans les hauteurs de sa méditation olympienne.

Vianden n'est pas de ces endroits qu'on fait entre deux trains. Il faut savoir le regarder. Il faut quitter la grande route et grimper sur les rochers, écouter le chant de la rivière qui longe ici le centre culturel et laisser planer ses regards au loin. Il faut aller dans les ravins boisés, humer le parfum de la bruyère. Et s'engager dans la grande forêt pour se gonfler les poumons du souffle de la brise qui murmure dans les vieux chênes.

Après la période d'occupation (lors de la 2^{ème} guerre mondiale), la petite ville de Vianden a été reconstruite, adaptée aux exigences modernes, tout en gardant autant que possible le style médiéval qui fait de Vianden « La perle du Grand-Duché ».

Il faut emprunter le circuit botanique et le circuit «extra-muros - intra-muros», visiter l'église des Trinitaires avec son cloître, le musée d'art rustique et le musée des poupées, le barrage de l'Our avec la plus grande centrale hydro-électrique d'Europe, se détendre à la piscine, avec une magnifique vue sur le château.

Quant à la chose riante par laquelle le poète désigne notre peuple, Mesdames et Messieurs, ce n'est pas à moi de vous en chanter les louanges. J'espère que vous le connaîtrez par vous-mêmes, dans une franchise totale et qui permet, je pense, de nouer de cordiales et durables relations.

C'est au nom de ce peuple viandenois que j'ai le grand honneur de vous souhaiter une bien cordiale bienvenue et de formuler tous mes vœux pour que votre passage à Vianden constitue pour vous une expérience agréable dans votre colloque de ces journées.

Discours de bienvenue

Jean WERNER

Président du Groupe d'études ayant pour objet la conservation
du patrimoine naturel de la Petite-Suisse luxembourgeoise
Collaborateur scientifique du Musée national d'histoire naturelle
32, rue Michel-Rodange, L-7248 Bereldange
jean.werner@mnhn.lu

Madame la bourgmestre, chers collègues,

c'est avec un grand plaisir qu'au nom des organisateurs je vous souhaite la bienvenue à ce symposium. En convergeant vers ce joyau des Ardennes, vous réalisez à votre tour la vision de Victor Hugo, qui a évoqué Vianden «dans son paysage splendide que viendra visiter un jour toute l'Europe».

On m'a demandé de faire ce petit discours de bienvenue alors que l'idée du symposium a germé au sein du groupe d'études dont je suis le président. Le botaniste Yves Krippel, un de nos membres les plus actifs, venait d'assister en septembre 2002, en République tchèque, au premier congrès interdisciplinaire de ce genre et il a réussi sans peine à nous enthousiasmer pour l'organisation d'un symposium dans notre pays.

Le Luxembourg est prédestiné à accueillir ce symposium, alors que le Grès hettangien (Jurassique) affleure sur le cinquième environ de son territoire, avec notamment la «Petite Suisse luxembourgeoise», située à moins de 20 km de cet endroit! En guise d'introduction je vous dirai quelques mots sur le «Groupe d'études ayant pour objet la conservation du patrimoine naturel de la Petite-Suisse luxembourgeoise».

Nous sommes en juin 1989. Quelques mois s'étaient écoulés depuis une mémorable excursion bryologique qui venait de réunir une trentaine des plus éminents bryologues du continent, sous la houlette de mon ami René Schumacker, professeur à l'Université de Liège. Toutes ces personnes n'avaient pas quitté la Petite-Suisse sans signer un appel solennel aux autorités publiques, à fin qu'elles protègent cette région naturelle remarquable à l'échelle de l'Europe, dont les gorges et vallées boisées hébergent de nombreuses bryophytes rares. Comme on n'est souvent pas prophète dans son pays, il fallait que d'éminents spécialistes étrangers le clament tout haut! En juin 1989, donc, cet appel fut entendu et le Ministre de l'Environnement de l'époque, le regretté Robert Krieps, me demanda de présider un nouveau groupe d'études qu'il voulait créer. Il me remit un billet destiné à son administration, portant la

phrase laconienne suivante: «Veuillez faire un règlement pour M. Werner». Au ministère je reçus évidemment un accueil plutôt glacial, d'autant plus qu'il restait de nombreux règlements à faire passer avant les élections imminentes. Je me résignai alors à rédiger moi-même le texte de droit, lequel fut, à peine amendé, soumis à la signature du ministre. Ce dernier promulgua à la même époque un règlement limitant sévèrement l'escalade sportive sur les falaises de grès de la région. Il y eut aussi des échos au niveau communal avec une résolution du conseil de la ville d'Echternach, la capitale de la Petite-Suisse, qui reprenait mot à mot le manifeste des bryologues.

Voilà près de seize ans que le groupe de travail est actif; il a connu des succès et des déceptions. Parmi les succès j'évoquerai la fermeture par deux grilles de la principale gorge à *Hymenophyllum* et le rôle de conseil - parfois efficace - que nous avons pu jouer en matière de mise en œuvre de la Directive «Habitats» et de quelques autres réglementations spécifiques. La visite que nous organisons chaque année pour notre chef d'Etat, Son Altesse Royale le Grand-Duc Henri, un «aficionado» de la Petite-Suisse, sont l'occasion de motiver les élus locaux et de sensibiliser la presse.

Depuis quelques années nous avons élargi notre champ d'action à la préhistoire. Cet élargissement nous a beaucoup profité et les nouvelles synergies qui en résultent sont prometteuses.

Notre groupe n'aurait pas réussi à lui seul l'organisation d'un congrès. C'est pourquoi il me faut remercier d'une part les autorités luxembourgeoises qui en assurent le financement, et d'autre part les administrations publiques - Administration des eaux et forêts, Musée national d'histoire naturelle, Musée national d'histoire et d'art- qui ont fait tout le travail logistique. C'est le moment de dire ma gratitude particulière au Musée national d'histoire naturelle et plus particulièrement à son directeur G. Bechet, membre de notre groupe d'études, et à l'infatigable et inventif Christian Ries, qui est aussi président de la Société des naturalistes luxembourgeois. Un grand merci

aussi à Madame Gaby Frantzen-Heger, bourgmestre de Vianden, pour avoir mis à notre disposition ces splendides locaux !

Ladies and gentlemen, dear colleagues,

I wish you a pleasant stay in this romantic little town. I am sure that you will enjoy the lectures and the posters, which cover such diverse subjects as botany, zoology, conservation, prehistoric dwellings and art. They pertain not solely to the sandstone rock itself, but also to the whole natural landscape, with forests and streams.

Our colleague Andy Jackson, a bryologist from Kew Gardens, reminded us in a recent paper that extensive sandstone landscapes, at low altitude, are rare within the European Continent: He mentions the Weald in SE England (where he is active himself), the Petite-Suisse Luxembourgeoise, the Bohemian-Saxon sandstone area, and the Forêt de Fontainebleau; he could have added some other areas like the Northern Vosges, some parts of Rheinland-Pfalz etc. It is urgent to set up a complete list of all those areas, indeed!

But, while fostering a better scientific understanding, one should not forget public action at a European level. Un updated version of "Habitats" Directive, for instance, should hopefully refer, in its annexes, more explicitly to those precious sandstone rock ecosystems.

Let us hope that those who make environmental decisions in Europe will read the proceedings of this symposium. Conservation issues are often perceived as a nuisance in a society just preoccupied by material success and efficiency. Beyond those many rational arguments which can be put forth to preserve sandstone rock, there is something which cannot be proved just at the level of rational thinking: It is the Beauty of nature and the happiness it can give to many people. The mossy, pink or yellow sandstone scenery of Luxembourg Petite Suisse or of the Vosges area, surrounded by beeches or conifers, eventually embellished by prehistoric pictograms, against a clear blue summer sky, is indeed simply beautiful.

I thank you for your attention.

Oral communications

Communications orales

Sandstone cementation and its geomorphic and hydraulic implications.

Jiří ADAMOVIČ

Institute of Geology, Academy of Sciences of the Czech Republic
Rozvojová 135, CZ-165 02 Praha 6
adamovic@gli.cas.cz

Keywords: Sandstone; Siliceous cement; Carbonate cement; Ferruginous cement; Paleohydraulics; Geomorphology; Sandstone landforms

Introduction

Mineral cement is the most important intrinsic factor in estimating erosion rates in sandstone regions. Its composition is a function of mineral availability in the basin and burial/thermal history of the basin. Post-depositional tectonic setting of particular segments of the basin may then control cement distribution, especially through differential fluid circulation. Most cemented sandstones are relatively resistant to weathering in outcrops, giving rise to a variety of forms of positive relief. In the subsurface, however, where flushing rate is higher, silica and carbonate cements get readily dissolved producing large volumes of easily eroded loose sand. Impressive solutional forms in quartzite can be observed in tropical (Chalcraft & Pye 1984), subtropical (Busche & Erbe 1987) as well as temperate (Battiau-Queney 1984) climatic zones, and quartz dissolution is considered a process playing a major role in the karstification of even weakly cemented quartzose sandstones worldwide (Wray 1997).

Silica cement

The very low solubilities of quartz at normal pH and temperature (~5 ppm) rapidly increase with increasing pH values, especially above the pH of 9.83 which corresponds to the first dissociation constant of silicic acid (Eby 2004), reaching values of >20 ppm at pH 10 and 25 °C. Comparable solubilities of quartz can be also achieved by rising temperature: at normal pH, 20 ppm SiO₂(quartz) dissolve at temperatures of around 50 °C. Solubilities of cryptocrystalline and amorphous silica are by one order of magnitude higher than those of crystalline quartz. Laboratory experiments are consistent with observations from deeply buried

sandstones where secondary quartz overgrowths typically appear on detrital quartz grains at depths of over 1 km and temperatures of over 40 °C (McBride 1989). The main source of diagenetic silica is pressure solution at grain contacts and stylolites, and conversion of primary clay minerals due to sediment burial.

Where rapid silica precipitation takes place, chalcedony and opal are the dominant phases. This is the case of hydrothermally mobilized SiO₂ in areas of siliceous hot springs (Guidry & Chafetz 2003) or near contacts of sandstone with volcanic bodies.

A wide range of silica phases are present in silcretes, products of surface and near-surface diagenesis generally conforming to surface topography and formed either within a weathering profile or at stable groundwater levels. Silica mobilization in such settings (normal pH and low temperatures) is explained by high flushing rates over a prolonged time. The best known silcrete examples in Europe are the Fontainebleau sandstone in France (Thiry *et al.* 1988) and the sarsen and puddingstone sandstones of southern England (Hepworth 1998).

Carbonate cement

Unlike silica, carbonates can be transported in solutions of low pH and low temperature. Calcite, dolomite and siderite cements generally form patchy, strata-bound bodies in the sandstone, or isolated concretions. CaCO₃ is mostly derived from shells and skeletal remains of fossil organisms, or is precipitated directly from pore waters. Carbonate cement is of early diagenetic origin, and its precipitation predates deeper sediment burial.

Ferruginous cement

Iron is mobile in its bivalent form, in environments of low redox potential. In oxidative environments, within the reach of meteoric waters, ferrous iron turns into ferric iron which is difficult to mobilize, unless by fluids of very low pH.

Red colouration of sandstones (commonly referred to as red beds) indicates the presence of ferric iron: dispersed goethite/limonite after weathering of iron-rich detrital minerals, which gets transformed into hematite grain coatings after burial-induced goethite dehydration. Small amounts of cement in the red-beds sandstones have, however, only a weak effect on their permeability or geomorphic expression. Massive filling of pores in sandstone by hematite and/or goethite to form sheet-like, tube-like and spherical concretionary bodies of ferruginous sandstone is caused by fault-parallel circulation of saline fluids and hydrocarbons in the red-beds sandstones (Navajo Sandstone, Utah - Chan *et al.* 2000) or fluids laden with Fe^{2+} from the adjacent volcanic bodies (Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic - Adamovič *et al.* 2001).

Lateritic horizons are formed by in situ chemical weathering of rocks under tropical humid conditions favouring removal of alkalis, alkali earths and silicon and enrichment in iron and aluminium. A related term ferricrete was introduced for surface sands and gravels cemented into a hard mass by iron oxide derived from the oxidation of percolating solutions of iron salts. The process of pedogenic laterite formation is equivalent to podzolization in temperate humid regions, leading to the formation of Ortstein.

Cementation and permeability

Less permeable sheet-like and concretionary bodies of early cemented sandstone tend to be elongated parallel to the groundwater flow and are often hosted by pre-existing higher-permeability fault and fracture zones. This way, early cementation may control the direction of later fluid flow and seal the tectonically predisposed paths of fluid ascent from the basement rocks. A series of drawings in Fig. 1 schematically illustrates a progressive hydraulic compartmentation of a sandstone-filled basin after three consecutive episodes of cementation.

Porosity reduction due to quartz and chalcedony cementation of quartzose sandstone has been documented at Milštejn, northern Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic (Adamovič & Kidston 2004). Total porosity was measured on a profile transverse to a phonolite dyke, which supplied alkaline fluids responsible for silica redistribution. A 12 m broad proximal zone of secondary porosity due to quartz dissolution

(limited outcrops but large cavities nearby) passes to a 3–5 m broad zone where porosity drops to 5 % due to grain compaction, pressure solution and microquartz precipitation. Lenses 0.2 m thick of chalcedonized sandstone with only 0.5 % total porosity follow a subvertical brecciation zone. At 22 m from the dyke, porosity increases to 25 % in a sandstone with occasional quartz overgrowths.

Cementation and morphology

Cemented sandstones are generally more resistant to weathering and form positive relief. Large cementation-induced landforms include plateaus and table mountains, ridges and walls. Rock mushrooms, arches and bridges with tops of cemented sandstone are the typical landforms on plateau rims. Microforms like ledges, knob- and tube-shaped protrusions as well as fine sculptation on rock walls are generally controlled by uneven cement distribution and the presence of concretions. In contrast, silicified sandstones shaped by silica dissolution tend to form negative relief (spherical cavities, caves) and have the appearance of karst forms in carbonate rocks. Parallels with carbonate karst also exist in the presence of accumulation forms of silica speleothems (Wray 1999).

In the Bohemian Cretaceous Basin, uneven cementation of thick bodies (>100 m) of quartzose sandstone with iron oxyhydroxides and silica results from their interaction with intrusive and effusive bodies of volcanic rocks, and produces a variety of landforms of various size (Müller 1928; Adamovič *et al.* 2001; Adamovič & Čílek 2002).

The research was conducted within Project A3013302 of the Grant Agency of the Academy of Sciences of the Czech Republic.

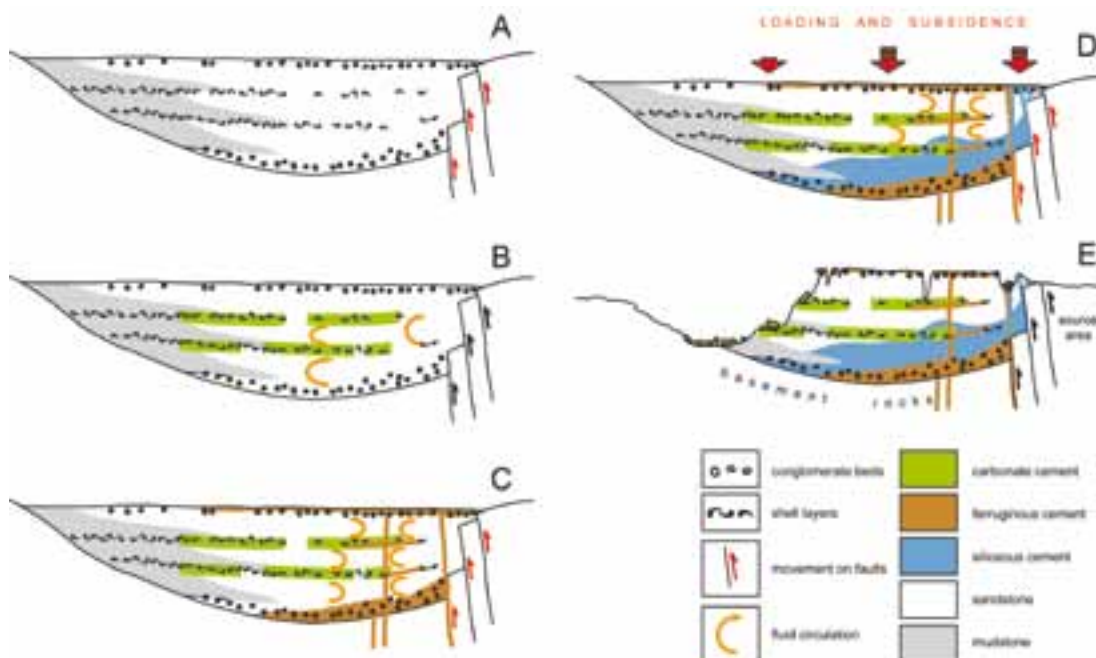


Fig. 1: A model example of the evolution of a sand-dominated sedimentary basin subjected to three stages of cementation. **A.** Sandstone packages thin away from the tectonically active basin margin on the right (source area), with conglomerate beds and shell layers preserved on sequence boundaries/flooding surfaces. **B.** Compaction of the basin fill is accompanied by formation of poikilotopic calcite cement in shell layers. **C.** Tectonic reactivation results in pulses of iron-rich fluids from the basement rocks and precipitation of ferruginous cement in high-permeability zones. **D.** Tectonic subsidence of the basin produces silica cementation along faults and in deeper-buried parts of the basin (quartz overgrowths). **E.** After tectonic inversion and emergence of the basin fill, cemented sandstones show higher resistance to weathering and erosion. Note the increasing compartmentation of the basin during its evolution, restricting the fluid circulation.

References

- Adamovič J. & Cílek V. (eds.) 2002. - *Železivce české křídové pánve. Ironstones of the Bohemian Cretaceous Basin*. Knihovna ČSS 38: 146-151. Praha.
- Adamovic J. & Kidston J. 2004. - Porosity reduction in coarse detrital rocks along dike contacts: evidence from basaltic and phonolitic dikes. AAPG European Region Conference with GSA, October 10-13, 2004, Prague. Official Program & Abstract Book, 56. Praha.
- Adamovič J., Ulrych J. & Peroutka J. 2001. - Geology of occurrences of ferruginous sandstones in N Bohemia: famous localities revisited. *Geol. Saxonica – Abh. Mus. Miner. Geol. Dresden* 46/47: 105-123.
- Battiau-Queney Y. 1984. - The pre-glacial evolution of Wales. *Earth Surf. Proc. Landf.* 9: 229-252.
- Busche D. & Erbe W. 1987. - Silicate karst landforms on the southern Sahara, northeastern Niger and southern Libya. *Z. Geomorphol. (Suppl.)* 64: 55-72.
- Chalcraft D. & Pye K. 1984. - Humid tropical weathering of quartzite in southeastern Venezuela. *Zeitschr. Geomorphologie* 28: 321-332.
- Chan M.A., Parry W.T. & Bowman J.R. (2000): Diagenetic hematite and manganese oxides and fault-related fluid flow in Jurassic sandstones, southeastern Utah. *AAPG Bull.* 84: 1281-1310.
- Eby G. N. 2004. - *Principles of environmental geochemistry*. Thomson Brooks/Cole, Pacific Grove, 514 p.
- Guidry S. A. & Chafetz H. S. 2003. - Anatomy of siliceous hot springs: examples from Yellowstone National Park, Wyoming, USA. *Sed. Geol.* 157: 71-106.

- Hepworth J. V. 1998. - Aspects of the English silcretes and comparison with some Australian occurrences. *Proc. Geol. Assoc.* 109: 271-288.
- McBride E. F. 1989. - Quartz cement in sandstone: a review. *Earth Sci. Rev.* 26: 69-112.
- Müller B. 1928. - Der Einfluss der Vererzungen und Verrieselungen auf die Sandsteinlandschaft. *Firgenwald* 1: 145-155.
- Thiry M., Ayrault M. B. & Grisoni J.-C. 1988. - Ground-water silicification and leaching in sands: example of the Fontainebleau Sand (Oligocene) in the Paris Basin. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 100: 1283-1290.
- Wray R. A. L. 1997. - A global review of solutional weathering forms on quartz sandstone. *Earth Sci. Rev.* 42: 137-160.
- Wray R. A. L. 1999. - Opal and chalcedony speleothems on quartz sandstones in the Sydney region, southeastern Australia. *Austr. J. Earth Sci.* 46: 623-632.

Résumé de la présentation

Le liant du grès et ses implications géomorphologiques et hydrauliques

Mots-clés: Grès; Ciment silicieux; Ciment de carbonate; Ciment ferrugineux; Paléohydraulique; Géomorphologie; Reliefs de paysages de grès

Les ciments siliceux, ferrugineux et de carbonate sont les constituants secondaires les plus communs des grès, remplissant souvent complètement tous les espaces intergranulaires. La présence du ciment minéral rend nécessaire, d'une part, une source interne ou externe au bassin sédimentaire des éléments requis, d'autre part, la mobilisation des fluides de chimisme appropriée, du pH, et de la température pour transporter ces éléments. Et en final, rend nécessaire, la mise en place des conditions physico-chimiques dans la fenêtre de stabilité des minéraux de cimentage particuliers au bassin sédimentaire.

La variété des ciments minéraux dans les grès est une fonction du chimisme du fond du bassin, de la présence de corps intrusifs et extrusifs à proximité du bassin, et de l'histoire tectonique du bassin, particulièrement la profondeur d'enfouissement du sédiment.

Après enfouissement profond (à des profondeurs supérieures à 2,5 km), les minéraux primaires d'argile de même que les grains détritiques de quartz sont modifiés en silice mobile. La précipitation de cette silice, la plupart du temps sous forme de croissance syntaxial de quartz sur des grains de quartz eux-mêmes peut mener à la diminution importante de porosité sur de grands volumes de grès enfouis. Une faible dissolution du quartz, se produit même à des températures et des pressions beaucoup plus basses, comme mis en évidence par la silicification de grès le long des corps des roches volcaniques alcalines et par des exemples multiples de karst de quartzite partout dans le monde. Le ciment de carbonate a la plupart du temps une provenance interne au bassin, dérivé des coquilles de mollusque mises en solution lors des premières étapes de la diagenèse du

sédiment. Les sources du fer pour le ciment ferrugineux peuvent être multiples, s'étendant des minéraux détritiques riches en fer présents dans le bassin aux roches encaissantes mafiques (foncées).

Comme la distribution du ciment est commandée par le flux de fluide dans le bassin, les corps concrétionnés ou en forme de feuillet du grès cimenté tendent à être allongés parallèlement au paléoflux des eaux souterraines et sont souvent accueillis par des zones de faille ou de fracture de haute perméabilité. Le ciment précoce réduit la porosité du grès, et de ce fait, limite les mouvements de liquide dans le bassin en soutenant une modification du compartimentage hydraulique.

Les grès cimentés sont généralement plus résistants à l'altération et forment des reliefs positifs. Les formes de relief de cette cimentation induites sont de diverses tailles, depuis des plateaux et des 'montagne-table', arêtes et murs, rebords de roche en forme de champignons, de bouton et de tube comme autant de fines sculptures dans les murs de roche. Beaucoup de formes de relief dans les grès silicifiés ont été dessinées par la dissolution de silice et partagent le caractère des formes de karst des roches carbonatées.

Les principes donnés peuvent être illustrés par des exemples de, par exemple, des paysages tempérés de la République Tchèque et de l'Angleterre ou des paysages arides du sud-ouest américain.

Cette recherche fut menée dans le cadre du projet A3013302 de l'office des subsides de l'Académie des sciences de la République Tchèque.

Soutien des débits d'étiage des cours d'eau du grand-duché du Luxembourg par l'aquifère du Grès du Luxembourg

Jérôme JUILLERET, Fabrizio FENICIA, Patrick MATGEN, Cyrille TAILLIEZ,
Lucien HOFFMANN & Laurent PFISTER

Cellule de Recherche en Environnement et Biotechnologies
Centre de Recherche Public-Gabriel Lippmann
41, rue du Brill, L-4422 Belvaux
juillere@lippmann.lu

Mots-clés: débits spécifiques d'étiage; Grès du Luxembourg; bassin versant; lithologie; aquifère

Introduction

Au Luxembourg, la tendance pour l'avenir à des étés plus chauds et plus secs (Drogue *et al.* 2005) souligne la vulnérabilité des rivières et des aquifères tant quantitativement que qualitativement. Le réseau hydrographique luxembourgeois appartient en quasi-totalité au bassin versant de la Sûre qui traverse le pays depuis la frontière belgo-luxembourgeoise au nord-ouest vers l'est où elle rejoint la Moselle à Wasserbillig. A l'amont d'Ettelbrück, la Sûre s'écoule sur le substrat principalement schisteux de la région naturelle de l'Oesling. L'Alzette qui conflue avec la Sûre à Ettelbrück draine l'autre région naturelle appelée Gutland, où les principales lithologies sont des alternances marno-calcareo-gréseuses et le Grès du Luxembourg.

Le réseau de mesure de débits mis en place par le Centre de Recherche Public- Gabriel Lippmann et l'Administration de la Gestion de l'Eau enregistre les débits journaliers de la Sûre et de ses affluents. Le débit étant tributaire d'une part des eaux souterraines et d'autre part du ruissellement lié à la nature lithologique ainsi qu'aux sols (Pfister *et al.* 2002) il est possible d'analyser les hydrogrammes à la lumière de la nature du substrat du bassin versant. Le but de cette étude est de mettre en évidence l'influence des différentes lithologies sur le débit de manière générale et le rôle des Grès du Luxembourg en particulier.

Méthodologie

L'analyse du régime hydrologique est basée sur les hydrogrammes de débits spécifiques estivaux des années 2003 et 2004 ainsi que sur l'analyse des courbes de récession des débits. Les hydrogrammes ont été dressés à partir des débits journaliers enregistrés aux stations hydrométriques de Winseler pour la Wiltz, Hagen et Hunnebour pour l'Eisch et Mamer et Schoenfels pour la Mamer. Le débit spécifique rapporté à la superficie du bassin versant, exprimé en $\text{ls}^{-1}.\text{km}^{-2}$ permet de comparer les débits des rivières des sous-bassins versants entre eux en s'affranchissant de l'influence de leur surface.

Présentation lithologique des bassins et sous bassins

Les lithologies des bassins versants étudiés ont été simplifiées en 3 grands types: schistes, marnes pour les alternances marno-calcareo-gréseuses et le Grès du Luxembourg (Fig. 1). Les débits de l'Eisch et de la Mamer sont enregistrés à deux stations hydrométriques délimitant deux sous-bassins versants aux lithologies différentes. Les lithologies marneuses sont dominantes (Tab. 1) à l'amont des stations de Hagen pour l'Eisch et de Mamer pour la Mamer. A l'aval des deux stations se trouve la zone d'affleurement du Grès du Luxembourg. A l'affleurement, le Grès du Luxembourg altéré en sables possède une bonne perméabilité à l'infiltration. L'interface entre la zone des marnes au mur du Grès du Luxembourg est le siège de nombreuses sources de contact lithologique. Ainsi, les débits enregistrés aux stations de Hagen et de Mamer sont représentatifs



Fig. 1: Lithologies simplifiées du Luxembourg et de certaines régions limitrophes.

de sous bassins marneux, les débits enregistrés à Hunnebour et Schoenfels étant représentatifs d'un bassin à lithologie mixte marneuse et gréseuse. Le bassin versant de la Wiltz est dominé par une roche mère schisto-phylladeuse imperméable.

Fonctionnement hydroclimatologique des bassins versants

Au Luxembourg, le régime hydrologique des rivières est de type pluvio-évaporal, avec de forts débits entre novembre et mars et de faibles débits entre avril et octobre (Pfister 2000). Dans notre étude nous définissons les débits spécifiques d'étiage par les débits spécifiques les plus faible uniquement alimentés par les eaux souterraines. Le rapport R entre le débit mensuel moyen maximal et minimal d'une année est un indicateur du régime hydrologique (Tab. 2). Le rapport élevé de la Mamer à Mamer est caractéristique d'un régime hydrologique excessif, mais la valeur plus faible à Schoenfels indique une pondération du régime hydrologique entre Mamer et Schoenfels. Cette pondération du régime se fait également pour l'Eisch entre Hagen et Hunnebour, bien que le régime soit moins excessif. Le rapport peu élevé de la Wiltz à Winseler n'est pas aussi excessif que le laisserait supposer le substrat schisteux a priori peu propice à l'infiltration.

Analyses des hydrogrammes des étiages de 2003 et 2004

Les figures 2 et 3 montrent les hydrogrammes des débits spécifiques pour la période de mai à novembre des années 2003 et 2004. Pour ces années

Tableau 1: Pourcentage en surface du bassin versant des lithologies simplifiées.

Lithologie	Wiltz à Winseler	Eisch à Hunnebour	Eisch à Hagen	Mamer à Mamer	Mamer à Schoenfels
Schistes	90	0	0	0	0
Grès du Luxembourg	0	33	0	0	31
Marnes au toit et mur du Grès du Luxembourg	0	58	86	83	60
Alluvions	10	9	14	17	9

Tableau 2: Rapport R entre le débit mensuel moyen maximal et minimal.

	Wiltz à Winseler	Eisch à Hunnebour	Eisch à Hagen	Mamer à Mamer	Mamer à Schoenfels
$R = \frac{\overline{Q}_{mensuel\ max}}{\overline{Q}_{mensuel\ min}}$	8.3	4.3	11.8	48.2	10.5

et exception faite des pics dus aux pluies estivales, les débits spécifiques de l'Eisch à Hunnebour sont les plus élevés. Ils varient peu, allant de 5 l.s⁻¹.km⁻² début mai 2003, pour atteindre 3.8 l.s⁻¹.km⁻² fin août 2003. La Mamer à Schoenfels présente la même tendance, cependant les débits spécifiques sont plus faibles allant de 1.4 à 0.8 l.s⁻¹.km⁻² en 2003 et de 2.5 à 1.8 l.s⁻¹.km⁻² en 2004. Le faible taux de récession des débits de l'Eisch et de la Mamer montre que le grès constitue un réservoir d'eau important permettant un soutien des débits en période d'étiage. A l'opposé, les débits spécifiques de la Mamer à Mamer et de l'Eisch à Hagen sont les plus faibles proches de 0 l.s⁻¹.km⁻² pour la Mamer et entre 0.5 et 0.8 l.s⁻¹.km⁻² pour l'Eisch. Ces valeurs s'expliquent par l'absence d'aquifère permettant l'alimentation du cours d'eau. Les pics de débit montrent la forte production d'écoulements de surface et de subsurface des marnes. La Wiltz présente un régime intermédiaire aux bassins marneux et gréseux. Pour les deux années on observe que le taux de récession est plus fort pour la Wiltz que pour l'Eisch à Hunnebour. Ainsi, un réservoir d'eaux souterraines permettant l'alimentation de la rivière est présent. Ce réservoir est probablement constitué par la zone altérée et fracturée des schistes qui permet un stockage et

une restitution progressive des eaux. Les différentes caractéristiques des réservoirs d'eaux souterraines entre les sous-bassins deviennent plus apparentes par l'analyse des courbes de récession des débits.

Analyse des courbes de récession de débits

La courbe de récession est la partie d'un hydrogramme qui s'étend d'un pic de débit à la base de l'élévation du prochain pic en absence de

$$Q_t = Q_0 e^{-K.t}$$

nouvelles précipitations. Horton (1933) a montré que la courbe de récession peut être définie par une relation représentant dans le temps la vidange d'un réservoir linéaire :

avec	Q_t	débit au temps t	[V/T]
	Q_0	débit à t=0	[V/T]
	t	pas de temps	[T]
	K	coefficient de récession	[T]

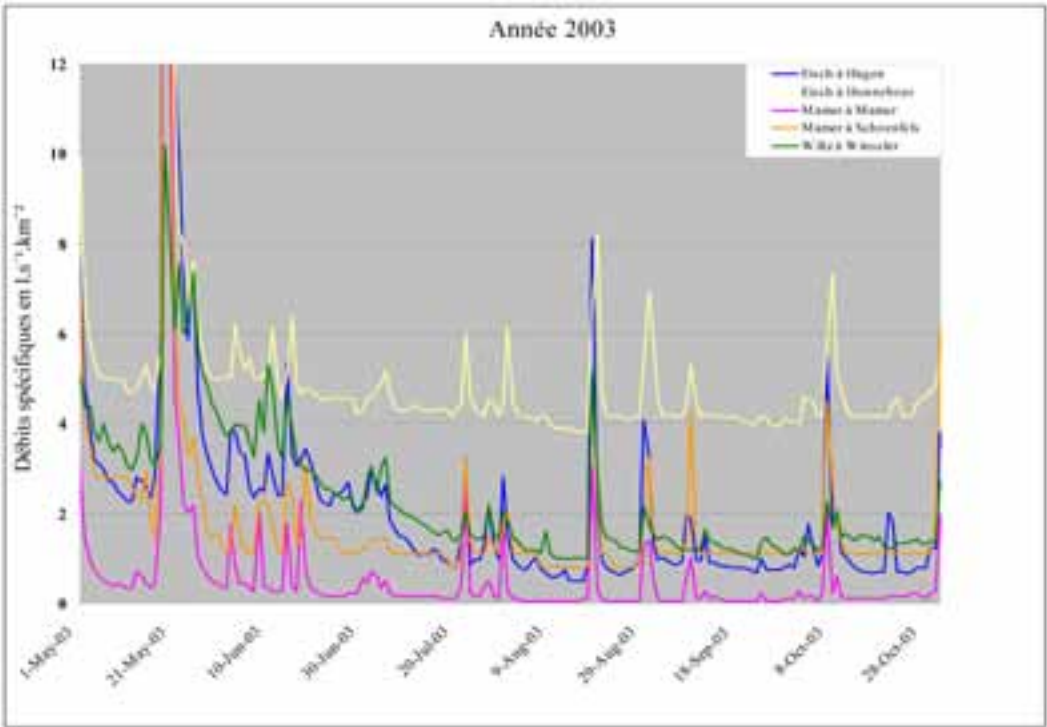


Fig. 2: Hydrogrammes 2003.

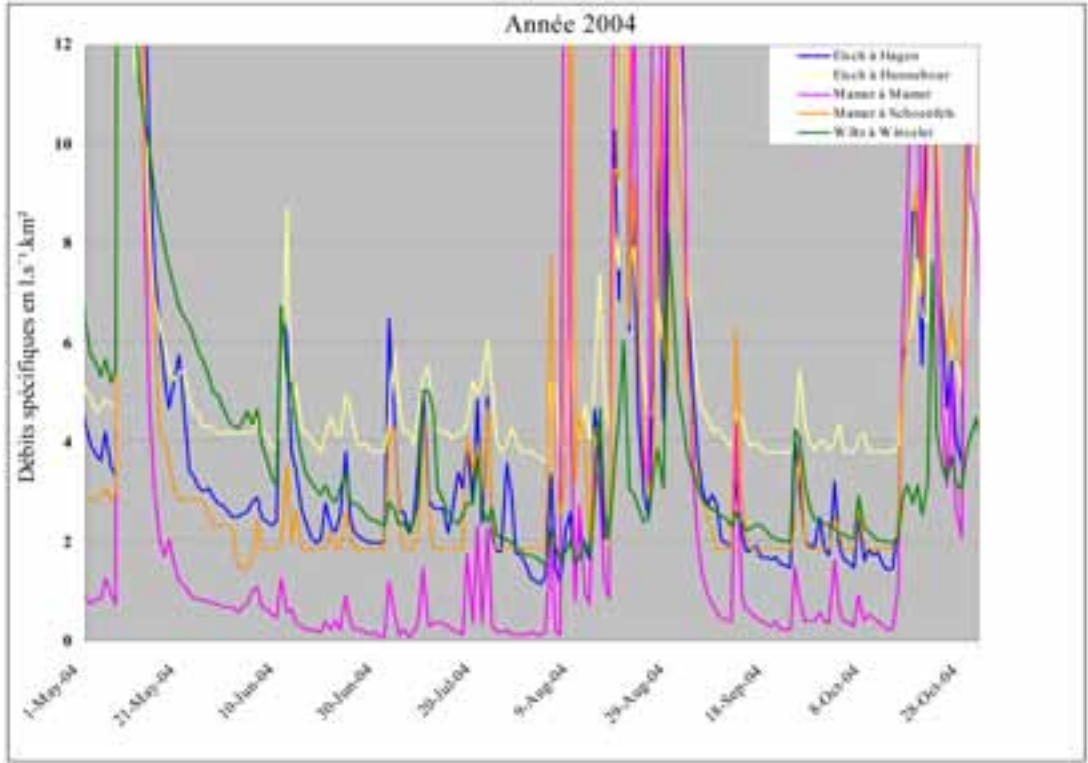


Fig. 3: Hydrogrammes 2004.

La technique des Master Recession Curves (MRC) consiste à extraire toutes les périodes de récession d'un hydrogramme, et à former une nouvelle courbe par combinaison des différentes périodes de récessions (Lamb & Beven 1977). La MRC représente la courbe de récession à long terme d'un bassin versant, en absence de nouveaux apports de pluie. La figure 4 nous présente les MRC des différents bassins versants avec une représentation logarithmique de l'axe Y des débits. La pente de la droite de régression nous indique le coefficient de récession K . Plus K est faible, plus la récession des débits est lente, et plus important est le soutien des débits d'été. En période de récession le débit Q est uniquement tributaire des apports de l'eau stockée dans le réservoir (aquifères et sol). Les coefficients K les plus faibles sont ceux de l'Eisch à Hunnebour et de la Mamer à Schoenfeld. Ces deux bassins versants possèdent un temps de vidange du réservoir élevé. Ceci s'explique par un volume important d'eau stocké dans l'aquifère du Grès du Luxembourg permettant un soutien des débits d'été même en période de sécheresse. Les coefficients K de l'Eisch à Hagen et de la Mamer à Mamer sont les plus élevés, le temps de vidange du réservoir est par conséquent écourté. Ces

bassins versants marneux présentent de faibles réserves d'eaux souterraines localisées dans le sol, les formations superficielles et/ou d'éventuelles couches gréseuses ou calcaires. Le coefficient K de la Wiltz à Winseler est intermédiaire entre les coefficients des bassins marneux et des bassins marno-gréseux. Ceci montre que le bassin de la Wiltz possède une certaine réserve en eaux souterraines cependant moins importante que celle des bassins où affleure le Grès du Luxembourg. Ainsi, un ou des aquifères sont présents dans ce bassin versant. Ces aquifères correspondent soit à une zone altérée et fissurée des schistes relativement importante, soit à une présence d'autres aquifères comme des grès.

Conclusion

L'analyse des débits spécifiques d'été et des coefficients de récession de débit de l'Eisch, de la Mamer et de la Wiltz dont les bassins versants sont représentatifs des trois lithologies dominantes au grand-duché du Luxembourg (marnes, schistes et Grès du Luxembourg) nous montrent que:

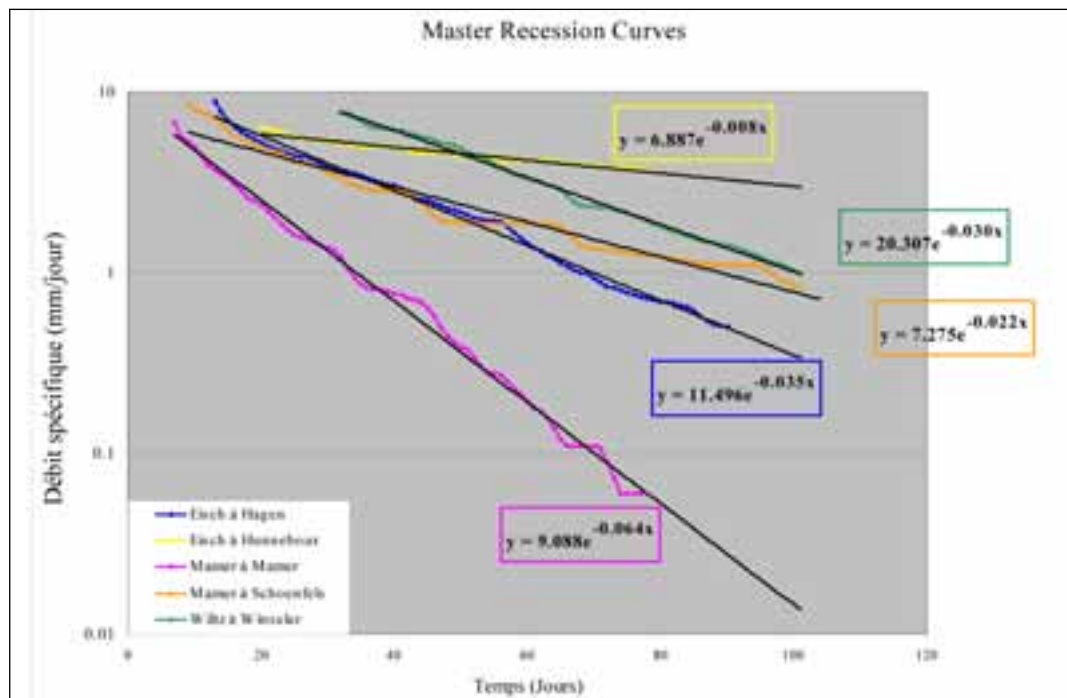


Fig. 4: Master Recession Curves des bassins versants étudiés.

- Le long d'un même cours d'eau, les débits spécifiques d'étiage varient suivant la lithologie du sous bassin versant drainé.
- Les rivières présentant les plus hauts débits spécifiques d'étiage et les plus faibles coefficients de récession K sont celles des bassins versants où le Grès aquifère du Luxembourg affleure.
- Les rivières présentant les plus faibles débits spécifiques d'étiage et les plus forts coefficients de récession K sont celles où la surface d'affleurement des terrains à lithologie marneuse est dominante sur le bassin versant.

Ces observations mettent en évidence la variabilité spatiale des débits d'étiage le long d'un cours d'eau. Cette variabilité est liée à la nature lithologique des terrains du bassin versant. Les bassins versants présents sur la zone d'affleurement du Grès du Luxembourg se démarquent de manière significative par leurs débits spécifiques relativement constants et la vidange lente du réservoir d'eaux souterraines.

Le Grès du Luxembourg est une roche perméable capable de stocker et de restituer de manière différée de grandes quantités d'eau, permettant un soutien des débits d'étiage pour les rivières qu'il alimente à la différence des marnes ou des schistes. Il représente le principal réservoir souterrain d'alimentation en eau potable du grand-duché du Luxembourg.

Bibliographie

- Drogue G., Hoffmann L., Matgen P., Pfister L. & Levandier T. 2005. - Trajectoire climatique et réponse hydrologique à l'horizon 2050: l'exemple de deux cours d'eau luxembourgeois. *Ferrantia* 43: 101-138.
- Horton R. E. 1933. - The role of infiltration in the hydrological cycle. *Transactions of the American Geophysical Union* 14: 446-456.
- Lamb R. & Beven K.J. 1997. - Using interactive recession curve analysis to specify a general catchment model. *Hydrology and Earth System Sciences* 1: 101-113.
- Pfister L. 2000. - Analyse spatio-temporelle du fonctionnement hydro-climatique du bassin versant de l'Alzette (Grand-Duché de Luxembourg) - Détection des facteurs climatiques, anthropiques et physiogéographies générateurs de crues et d'inondations. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur- Strasbourg, France, 240p.
- Pfister L., Iffly J. F., El Idrissi A. & Hoffmann L. 2002. - Spatial variability of low water discharge in the river network of the Grand Duchy of Luxembourg. *Archives de l'Institut Grand-Ducal de Luxembourg section des sciences Nouvelle Série Tome XLIV*: 195-210.

Abstract of the presentation**Low river discharge sustained by the Luxembourg sandstone aquifer in the Grand-Duchy of Luxembourg**

Keywords: specific low flow; Luxembourg sandstone; catchments; lithology; aquifer

A dense observation network monitoring river discharge in Luxembourg, set up by the public authorities and the CRP-Gabriel Lippmann, makes it possible to study the hydrological regime of a wide fan of river basins with different geological substrata.

We analysed the specific discharge of three river basins in Luxembourg during the recession period of the summers 2003 and 2004. The aim was to highlight the influence of lithology on specific discharge in general, and the role of Luxembourg Sandstone in particular.

An analysis of the Master Recession Curve (MRC), which is representative for the long term recession period, shows that:

- River basins with the highest specific low summer discharge and with the lowest reservoir coefficient are those basins of which the outcrop area consists

dominantly of Luxembourg Sandstone.

- River basins with the lowest specific low summer discharge and with the highest reservoir coefficient are those basins of which the outcrop area consists dominantly of a marly or schistose lithology.

The spatial variability of low discharge is mainly related to the lithology varying with and within river basins. Thus, basins located on the Luxembourg Sandstone outcrop zone are significantly distinguishable.

The Luxembourg Sandstone is a permeable rock, capable of storing great quantities of water; it permits a good sustained low discharge in river basins, compared to the low discharges in basins with a dominant marly or schistose lithology. The Luxembourg Sandstone is one of the main subterranean drinking water reservoirs of the Grand Duchy of Luxembourg.

Sandstone-Saprolite and its relation to geomorphological processes - examples from Spessart/Germany as a sandstone-dominated highland-region

Jürgen JUNG

Research Station for Highlands, Research Institute Senckenberg
Lochmühle 2, D-63599 Biebergemünd/Bieber
juergen.jung@senckenberg.de

Keywords: Spessart; Germany; Triassic; Sandstone; Sandstone-Saprolite; Geomorphology; Tertiary

The recent period of a temperate climate is characterized by more or less morphological stability. Changes in the landscapes are mainly connected with the influence of human activities, e.g. farming (agriculture). Actually weathering processes cover a thin layer of the geological underground, influenced by wetness, temperature, geomorphology, geology, human activities and time. The results are different soil-types, which emanate from physical and chemical weathering in consideration of the named factors. Deeply grounded weathering, which affects the rocks 10 meters and more, represents an geochemical hangover from further geological periods. This weathering processes depend on an palaeoenvironment, which is characterized by an para-tropic climate. These conditions predominated in Central Europe nearly in the whole Mesozoic period. The red beds of the lower Triassic unit, which are spread over the investigation area Spessart, stand for that palaeoenvironment (Schwarzbach 1993). The period of sedimentation, which starts in the upper Permian and has been continued with the mentioned red beds, proceeded up to Jurassic, mainly with marine layers. At the end of the Jurassic period the marine environment changed to continental conditions because of tectonic activities, which led to an regional uplifting. From the time of this geological event, morphological activities started in the investigation area. The hot-humid-climate, differentiated in climatic optima, held in the Cretaceous and lasted up to the end of Tertiary. The surface was to be exposed to weathering processes and erosion activities. The history of the natural landscape "Spessart" started.

The current highland region Spessart is set within a natural frame, outlined by the rivers Main, Kinzig and Sinn. In total the Spessart spans an area of 2,260 km², mainly covered by forests. This makes the Spessart the largest continuous forest region in the central German highlands. With the view on the cultural landscape the Archaeological Spessart

Project (ASP, www.spessartprojekt.de, www.pcl-eu.de) acts in the Spessart. The Research Institute Senckenberg (www.senckenberg.de) operates with a numerous regional scientific studies. The regional scientific interests are well founded, because the Spessart mountains can be representative for a big part of the German highlands. Comparable with other regions, e.g. Odenwald, Rhön, Schwarzwald, Solling, a.s.o., the Spessart is dominated by sandstones as fluvial deposits from the lower Triassic period (Buntsandstein; Fig. 1). The Sandstones are characterized by a reddish colour, which results from a patina of iron-oxides. The Tertiary weathering effected an intensive and deep-grounded decolourisation. Clay minerals, especially caolinities were synthesised from disassociated weathering products. Structures of sediment-rocks, e.g. bedding and stratification are maintained (Fig. 2), but the physical hardness is significantly reduced. Sandstones with these characters are defined according to Felix-Henningsen (1990) as "Sandstone-Saprolite". They are assigned to the pallid zone (mC(j)ew) of the deeply grounded weathering-mantle as relicts of the Tertiary landscape. Sandstone-Saprolites do not exist area-wide. Some are concentrated on special tectonic structures, which protect them against erosion processes (Jung 1996). Furthermore they have been found in very exposed positions. They exist e.g. along the escarpment and the preliminary hills. This fact is not easy to explain from a morphological point of view. The escarpment is adapted to the layers of the lower triassic units, which are named as "Heigenbrücker Sandstein" and "Miltener Sandstein". Palaeozoic basement rocks, which are spread over the western part of the Spessart, are overlaid by this sandstone-layers. The sandstone-dominated area, which is about 70 % of the whole Spessart, is labelled by the sequence from old units in the west and younger units in the eastern part. This constellation communicates with the general subsidence of Mesozoic layers,

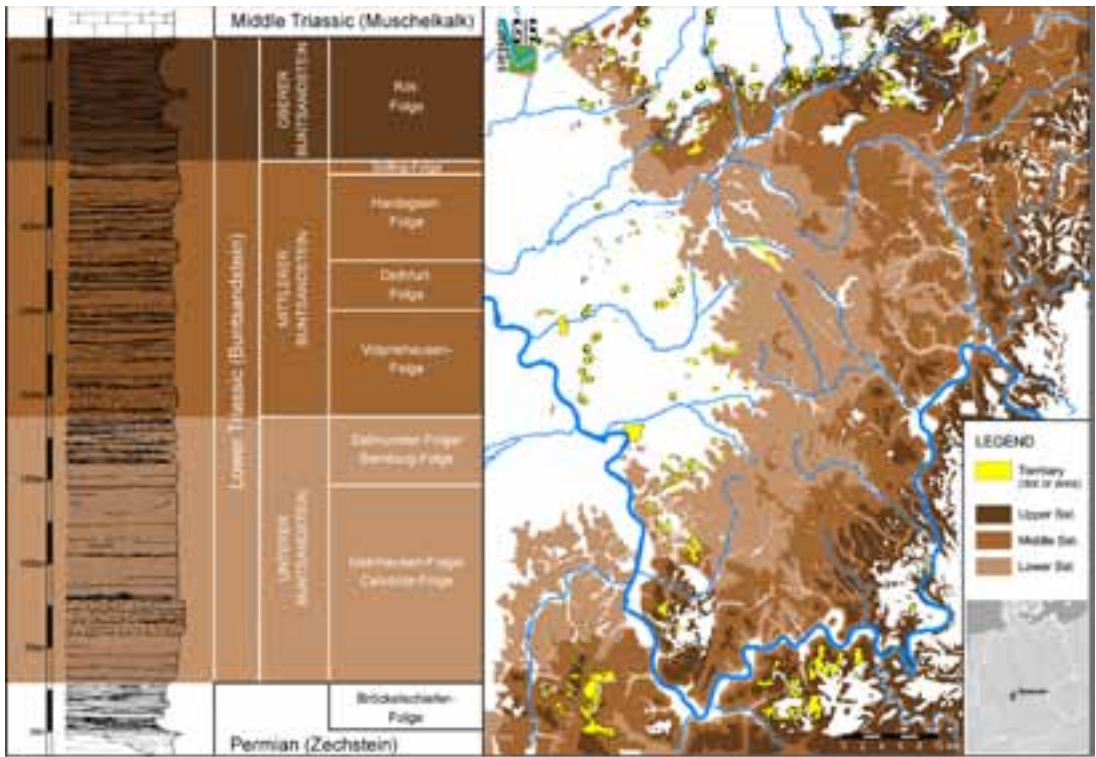


Fig. 1: Geology of the Spessart-region - Stratigraphy and spreading of Lower Triassic Sandstones, furthermore Tertiary sediments and weathering products. Modified from Geyer (2002), Schwarzmeier & Weinelt (1993).

starting from the Rhenian Rift-System in the west to east/south-east directions.

In the central part of the Spessart Sandstone-Saprolites appear as exclusive indicators of Tertiary landscaping. In marginal areas sediments and volcanic rocks represents Tertiary markers (Boldt *et al.* 2001). For the most part of the investigation area, there are no concrete geological documents of the Tertiary period. Only morphological aspects can be used, to reconstruct the development of the Tertiary landscapes. The spectrum of shapes, especially etchplains/peneplains and synclinal valleys, give an idea of the geomorphological processes during the Tertiary. Relicts of etchplains/peneplains are spread all over the Spessart mountains in different levels of altitude. It is verified, that the tertiary landscape is designed as a wide etchplain/peneplain. It is the original stadium of the further differentiation of the landscape. The glacial processes and fluvial erosion in the quarternary ice-age-period leads to an comprehensive deformation and differentiation of the natural flat surface. Relicts of the etchplain/peneplain surface are conserved on the top of the ridge-system. Other are located along the slopes

of the big valleys in special levels. They reprisent former levels of river systems and also processes of restrictive denudation. This restrictive processes, which produce spatially limited etchplains/peneplains, corresponds with the change of the climatic environment in the late Miocene and in the Pliocene (Boldt 2001). In highland-regions, which are build up by sedimentary rocks, the adaptation to structural characteristics of sediment bedrocks is frequently discussed (Boldt 1998). This relation to tertiary peneplanation-processes is not visible everywhere, because correlative weathering products in the underground are mostly lacking. The surface is directly adapted to sedimentary structures of the original rocks below.

In a forest-dominated region like the Spessart it is almost impractically to get an impression of the (morphological) structure of the landscape, because of the reduced visibility and accessability. In this case a Geographic Information-System (GIS) is a comfortable tool for landscape-analyses. GIS enables the analysis of the functional relationship of surface and geology. Relicts of peneplains, which are mapped and digitized for the hole investigation area, can be displayed and analysed



Fig. 2: Sandstone Saprolite with differentiated mechanic hardness in a quarry near Sailauf/Eichenberg. Photo: J. Jung.

together with geological informations, e.g. layers of the lower triassic sandstone or tectonic structures. With the use of GIS it could be verified, that at least 30 % of etchplains/peneplains were cutting geological structures, e.g. different lithological beds or faults. Especially for those etchplains/peneplains it could be noticed, that their origin resulted substantially from tertiary weathering- and erosion-processes. Their surface is mostly modified by a Neogenous change of climatic parameters which lasted up to the Quarternary ice-age-period. The surface gradually adapted to the closest sufficiently consolidated stratigraphic layer in the underground.

For the Spessart as a sandstone-dominated highland region can be resumed, that flat areas are not directly connected with stratigraphic structure of the sedimentary rocks below. For their origin a complex morphological evolution must be supposed, which starts in Tertiary with an area wide etchplain/peneplain. Relicts are still remained as small flat surfaces, mainly in exposed positions. Deeply grounded chemical weathering communicates with this morphological documents. Relicts

of the palaeo-surface and relicts of the former weathering mantle are significant arguments for the Tertiary landscaping and their relation to the recent landscape in highland regions.

References

- Boldt K.-W. 1998. - Das Modell der restriktiven Flächenbildung – ein Ansatz zur Erfassung von Regeln der Landschaftsgenese im Bereich wechselnd widerständiger Sedimentgesteine. *Z. Geomorph.*, N.F., 42: 21-37, Berlin, Stuttgart.
- Boldt K.-W. 2001. - Känozoische Geomorphogenese im nordöstlichen Mainfranken. *Würzburger Geogr. Arb.*, 96, 413 S., Würzburg.
- Boldt K.-W., Busche D. & Jung J. 2001. - Verwitterung und Sedimente als Indikatoren der tertiären Landschaftsgeschichte – vergleichende Studien im Spessart und im nordöstlichen Mainfranken. *Trierer Geogr. Arb.*, Heft

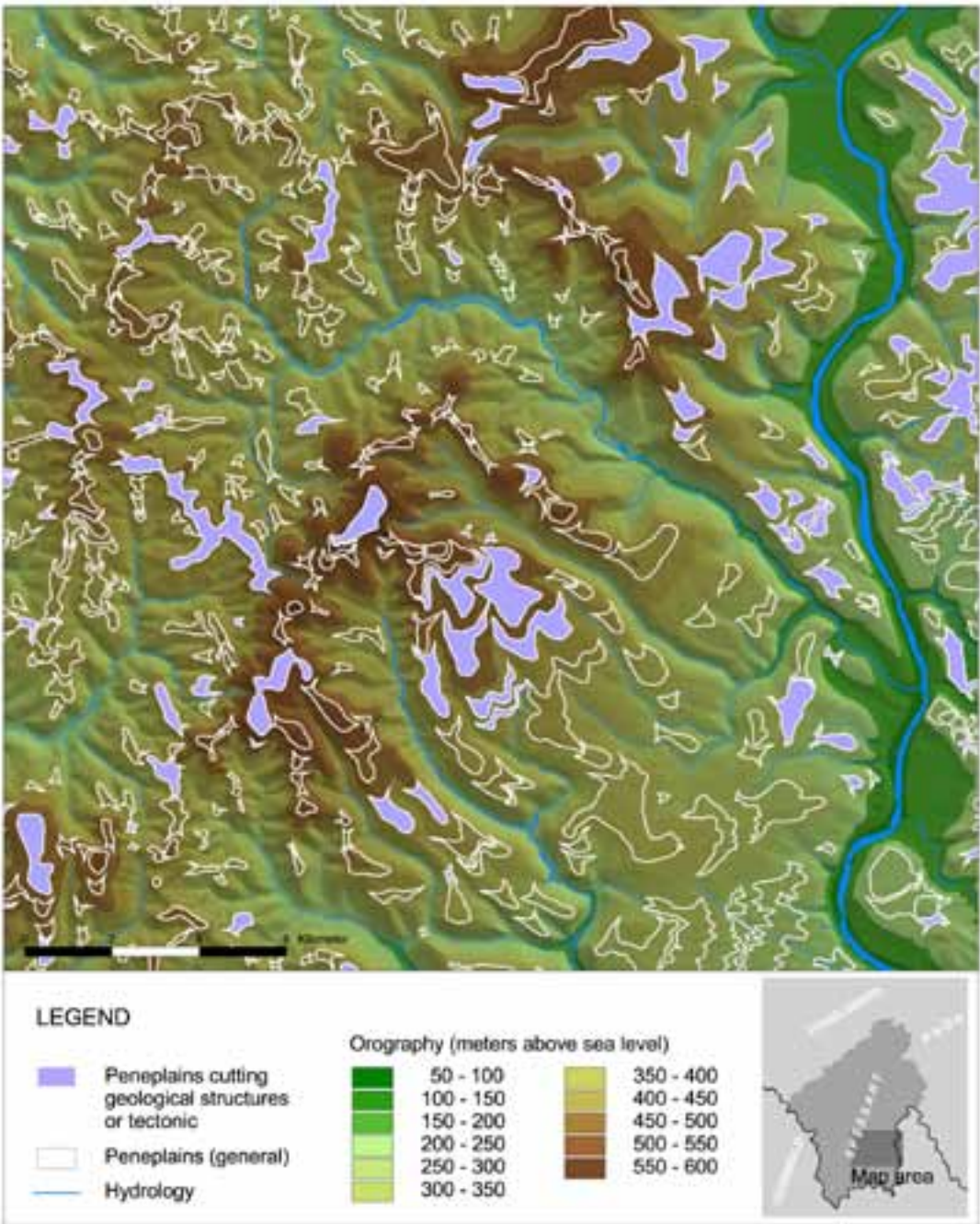


Fig. 3: Relicts of Peneplains in the Southeast-Spessart. Modified from Jung (in prep.).

- 25, AK Geomorphologie 2000 in Trier, Beitr. der 26. Jahrestagung: 91-114, Trier.
- Felix-Henningsen P. 1990. - Die mesozoisch-tertiäre Verwitterungsdecke (MTV) im Rheinischen Schiefergebirge. Relief, Boden, Paläoklima, 6, 192 S., Berlin, Stuttgart.
- Geyer G. 2002. - Geologie von Unterfranken und angrenzenden Regionen. Busche, D. [Hrsg.]: Fränkische Landschaft - Arbeiten zur Geographie von Franken. 2, 588 S., Gotha.
- Jung J. 1996. - Die quartäre Aufbereitung der kretazo-tertiären Verwitterungsdecke im süd-westlichen Buntsandstein-Spessart – dargestellt anhand einiger Hangprofile bei Kleinwallstadt am Main. Unveröff. Dipl.-Arb., Geogr. Inst. Univ. Würzburg, 129 S., Würzburg.
- Jung J. (in prep.). - Reliefgeschichte des Spessarts und angrenzender Mittelgebirgsregionen mit Beispielen einer GIS-gestützten Reliefanalyse. – Diss. In prep. Univ. Würzburg.
- Schwarzbach M. 1993. - Das Klima der Vorzeit. Eine Einführung in die Paläoklimatologie. 380 S., Stuttgart.
- Schwarzmeier J. & Weinelt W. 1993. - Geologische Karte 1:100 000 Naturpark Spessart. Bayer. Geol. L.-Amt München [Hrsg.], München.

Résumé de la présentation

Grès-Saprolite et sa relation avec les processus géomorphologiques - exemples du Spessart/Allemagne, région montagneuse dominée par le grès

Les saprolites dans la zone tempérée actuelle représentent un processus de désagrégation sous un paléoclimat de type tropical. Ces conditions climatiques se sont mises en place dans les montagnes du Spessart vers la fin de la période jurassique, alors qu'on passait d'un environnement marin à des conditions continentales. Le climat chaud et humide a duré jusqu'à la fin du Tertiaire.

Les grès du Trias inférieur, qui forment le substratum rocheux dans les montagnes centrales du Spessart, sont caractérisés par une couleur rougeâtre. La couleur est due aux oxydes de fer du liant (ciment). L'altération au Tertiaire a effectué une décoloration intense et profonde. Des minéraux argileux, en particulier des kaolinites, ont été synthétisés à partir de produits d'altération dissociés. Les structures de roches sédimentaires, par exemple le litage et la stratification, sont maintenues, mais la dureté physique est sensiblement réduite. Des grès avec ces caractères sont définis selon Felix-Henningsen (1990) en tant que (saprolite de grès). Ils sont assignés à la zone pâle (mC(j)ew) du manteau d'altération tertiaire profond. Le saprolite de grès n'existe pas sur une surface large. Certains sont concentrés sur des structures tectoniques spéciales, qui les protègent contre les processus d'érosion (Jung 1996). D'autres ont été trouvés en positions très exposées, par exemple le long d'escarpement et de collines préexistantes.

Dans la partie centrale des montagnes de Spessart le (saprolite de grès) apparaît comme indicateur de la

formation des paysages au Tertiaire. Dans des secteurs marginaux les sédiments et les roches volcaniques constituent des marqueurs du Tertiaire (Boldt, Busche et Jung 2001). En outre la variété des formes, en particulier les pénéplaines et les vallées synclinales, donnent une idée des processus géomorphologiques pendant le Tertiaire. Des reliques de la pénéplaine sont répandues sur l'ensemble des montagnes du Spessart. Cette relation avec le processus de pénéplation durant le Tertiaire n'est pas visible partout dans le secteur d'étude, puisque les produits de désagrégation corrélative manquent la plupart du temps dans le sous-sol. La surface prend fréquemment la forme des structures sédimentaires des roches sous-jacentes.

Le SIG (Systèmes d'information géographique, développés par le projet archéologique du Spessart et par Senckenberg Institut) permet l'analyse du rapport fonctionnel entre la surface et la géologie. On a démontré, qu'au moins 30% de pénéplaines coupaient des structures géologiques, par exemple différentes couches lithologiques ou failles. En particulier on a noté que l'origine de ces pénéplaines résulte surtout du processus de désagrégation et d'érosion tertiaire. Leur surface est pour la plupart du temps modifiée par un changement des paramètres climatiques au Néogène et qui a duré jusqu'à la période glaciaire du Quaternaire. La surface s'est graduellement adaptée à la strate suivante suffisamment consolidée dans le sous-sol.

Features of sandstone palaeorelief preserved: The Osek area, Miocene, Czech Republic

Radek MIKULÁŠ

Institute of Geology, Academy of Sciences of the Czech Republic
Rozvojová 135, CZ-165 02 Praha 6
mikulas@gli.cas.cz

Keywords: Sandstone landscape; palaeorelief; silcrete; fossil roots; Neogene; Pleistocene; Czech Republic

Abstract:

Not only karst features can be fossilized: also features falling within the pseudokarst or sandstone phenomenon have a certain fossilization potential. The area of Salesius Hill at Osek (North Bohemia, Czech Republic) is built of Miocene quartzose sandstones strongly hardened by quartz cement. Certain portions of the Salesius Hill sandstone outcrops contain subvertical zones with silicified plant roots. The root systems are constrained

exclusively to these zones. The plausible explanation of their preservation is that the roots were fossilized close to the surface by SiO_2 solutions (i.e., silcretization) close to the ancient (Neogene) surface; the rocks must have been lithified to some extent during that time. In conclusion, impregnation of porous rocks by quartz-rich solutions can augment the fossilization potential of ancient sandstone landscapes.

Introduction

Fossilization of karst features has been a subject of numerous studies, but pseudokarst phenomena in the broadest sense (including the non-live part of the sandstone phenomenon) are not generally recognized as features preservable in the fossil record. However, the present study shows certain possibilities of preservation of ancient sandstone landscapes. In the studied area, even two different stages of the landscape development are clearly recorded: (1) late Neogene, and (2) Pleistocene (probably one of the glacial periods).

a result, block accumulations and debris are the most typical product of erosion in the central part; loose sandy talus is not present.

Geologic settings

Salesius Hill at Osek (NW Bohemia) represents a small area of the sandstone phenomenon, situated near the zone of major polyphase fault structures. The "rock city" is formed by huge rock blocks and pillars which are, in the central part of the site, split by a network of roughly orthogonal fissures. The cliffs are built of coarse-grained quartzose sandstones to pebble conglomerates. They overlie the Miocene lignite-bearing strata of the Most Basin. The body of massive sandstones is min. 20 m thick. At present, the sandstones are of low porosity, strongly hardened by quartz cement. As

Ancient landscape features

Certain portions of the Salesius Hill sandstone outcrops (comprising the area of ca. 2 km²) contain subvertical zones, up to 10 cm thick, with preserved silicified systems of plant roots (probably trees, considering their large sizes). The root systems are constrained exclusively to these zones; they do not penetrate to the surrounding rock. Other parts of the Salesius sandstone show analogously preserved but "three-dimensional" root systems, which are not limited to these zones. Similar situations can be frequently encountered in sandy and sandstone substrates, e.g., of the Bohemian Paradise area of the Bohemian Cretaceous Basin. Live roots are limited to sand-filled fissures in weakly lithified sandstones and are well visible after falls of rock blocks or in sandstone quarries; a common pine (*Pinus sylvestris*) is the most frequent agent of this effect. Loose sandy talus and sandstone bodies with secondarily dissolved cement show usual forms of root systems, not limited to the fissures. As the root must indicate a proximity of the surface, the meso- to microforms



Fig. 1: Mesorelief of the sandstone landscape at Salesius Hill (the "Rock City").



Fig. 2: A fissure of the Letohrádek Rock on Salesius Hill shows fossil roots. Subvertical movements of individual blocks can be - at least partly - dated to the late Neogene.



Fig. 3: Uppermost block of the whole sandstone area at Osek (called Letohrádek) showing features of the Pleistocene eolian erosion ("areoxysts").

preserved near these surfaces must be very old, very probably of late Neogene age (Fig. 2).

Uppermost parts of the present outcrops (the so-called Letohrádek Rock) show surfaces strongly modelled by eolian erosion. Such a process is of marginal importance on recent sandstone surfaces of European temperate zones (cf. Mikuláš 2001), even in the case of poorly lithified sandstones. In addition, the eolian erosion, augmented by shallow pits elongated in roughly north-south direction, is limited to a small part of the present rock surface. Therefore, it must represent a yet another palaeorelief feature. The eolian erosion is expected to be strong during the Pleistocene glacial periods; this possibility fits well with the geological position of the Salesius Hill area, as regards possible changes of the mesorelief as well as the degree of preservation of the "aeroxysts" (Fig. 3).

Discussion

The unique paleontological content of the Salesius sandstones, i.e. the root traces, shows that, during a certain part of the Miocene period, (1) the present rocks formed surfaces of sandstone mesorelief, and (2) the degree of their lithification was probably comparable to the present "soft sandstones" of the Bohemian Cretaceous Basin (e.g., Mikuláš 2001). Such a situation could have been transferred into the fossil record by means of rapid silicification of porous substrates (i.e., sand fissures and the surrounding sandstone body). Therefore, in the Osek area, the silicification must have taken place on the Earth surface (because of the presence of roots). Coupled with the fact that the whole thick sandstone body is cemented more-or-less equally, we can conclude that the siliceous cement probably originated through tropical exogenous processes (silcretization; cf. Summerfield 1983) rather than by the effect of hydrothermal processes.

Not only karst features can be fossilized: also features falling within the pseudokarst or sandstone phenomenon have a certain fossilization potential. Impregnation of porous rocks by SiO_2 solutions can be the process augmenting the fossilization potential of an ancient sandstone landscape. Root traces preserved in a "silicified sandstone landscape" can be considered a reliable indicator of a former substrate hardness (i.e. degree of lithification) and a proximity to the surface.

Acknowledgement. The study is financially supported by the Grant Agency of the Academy of Sciences of the Czech Republic, Project No A3013302 "Tectonic and volcanic controls on hydrothermal silicification in marginal zones of the Ohře Rift".

References

- Mikuláš R. 2001. - Gravity and orientated pressure as factors controlling «honeycomb weathering» of the Cretaceous castellated sandstones (northern Bohemia, Czech Republic). *Bulletin of the Czech Geological Survey* 76(4): 217-226.
- Summerfield M. A. 1983. - Silcrete, in A.S. Goudie and K. Pye (ed.), *Chemical Sediments and Geomorphology: Precipitates and Residua in the Near Surface Environment*: 59-91, Academic Press, London.

Résumé de la présentation

Aspects conservés de paléorelief d'un grès: la région d'Osek, République Tchèque, Miocène

La colline de Salesius à Osek (Nord-Ouest de la Bohême), située près de la zone des principales structures de failles polyphasées, montre le grès sur une petite surface. La «ville rocheuse» est constituée par d'immenses blocs et piliers rocheux qui sont, dans la partie centrale du site, parcourus par un réseau de fissures perpendiculaires. Ces roches ont une granulométrie variant des grès quartzeux à grains grossiers jusqu'aux conglomérats de galets. Elles recouvrent les couches de lignite du Miocène du Bassin de Most. La formation des grès massifs a 20 mètres d'épaisseur au minimum.

De nos jours, les grès ont une faible porosité, et sont fortement durcis par le ciment quartzeux. L'érosion a ainsi formé des accumulations et des débris de blocs plutôt qu'un talus de sable non cohérent. Cependant, le contenu paléontologique unique des grès de Salesius montre que pendant une certaine partie de la période miocène (1) les roches présentes formaient des surfaces de mésorelief du grès, et (2) leur degré de lithification était probablement comparable «aux grès mous» actuels du bassin crétacé de Bohême (cf. Mikuláš 2001).

Certaines parties des affleurements de grès de la colline de Salesius contiennent des pavés subverticaux, ayant jusqu'à 10 centimètres d'épaisseur, qui sont constitués de grès différant par sa taille de grains et/ou son ciment de la roche environnante. Ces pavés ont préservé les systèmes racinaires remplis de sable des plantes

(probablement des arbres, vu leurs grandes tailles). Les systèmes racinaires sont localisés exclusivement dans les pavés ; ils ne pénètrent pas dans la roche environnante.

Des situations analogues peuvent être fréquemment observées dans la région du Paradis bohémien, après des chutes de blocs de roche ou dans des carrières de grès. Le grès faiblement lithifié est pénétré localement par des fissures verticales remplies de sable de quartz presque pur ; les fissures sont envahies par des systèmes racinaires de pin commun (*Pinus sylvestris*). Une telle situation pourrait se transformer en fossilisation par une silicification rapide des substrats poreux (c'est-à-dire les fissures sableuses et le corps environnant de grès). Voilà pourquoi dans la région d'Osek, la silicification doit avoir eu lieu à la surface de la terre (en raison de la présence des racines).

En observant de plus que la formation de grès est cimentée de manière plus ou moins homogène sur toute son épaisseur, nous pouvons conclure que le ciment de quartz pourrait probablement naître par des processus exogènes tropicaux (silcrétisation) plutôt que par l'effet des processus hydrothermaux.

L'étude est financièrement soutenue par la Commission des Subventions de l'Académie des Sciences de la République Tchèque, Projet n° A3013302 «Influences tectonique et volcanique sur la silicification hydrothermale dans les zones marginales du Rift d'Ohre».

Comparative morphology and weathering characteristics of sandstone outcrops in England, UK

David A. ROBINSON & Rendel B.G. WILLIAMS

Geography Department, University of Sussex
Falmer, UK-BN1 9SJ Brighton

d.a.robinson@sussex.ac.uk, r.b.g.williams@sussex.ac.uk

Keywords: sandstone; weathering; inland cliffs; crags; England

Abstract

Free-standing, inland exposures of sandstone cliffs are found in four regions of England: the Central Weald in the southeast; the Welsh Borders, North and West Midlands; the Pennines and Peak District of North Central England, and the North-East. Each of these groups of exposures is developed in sandstone of different age and geological characteristics. In the Weald the exposures are found in fine grained Cretaceous sandstones; in the Midlands and Welsh Borders, they occur in Triassic red-bed sandstones; in the Pennine uplands and the North-East they are developed in Carboniferous sandstones and gritstones.

Despite their geological variation, sandstone exposures in these four regions exhibit considerable similarities in morphology and weathering. However, there are also significant differences in the dominance and frequency of different weathering features. This paper compares the morphological features of the different outcrops, the prevalence of different weathering phenomena and discusses their origin in relation to the geological characteristics of the sandstones, their environmental history and present day conditions.

Introduction

This paper examines the distribution of weathering and erosive features on inland sandstone cliffs and crags in England. It is not concerned with coastal cliffs, or actively eroding river cliffs. England has a broad range of sandstones varying in age from Devonian to Tertiary, but only the more massive and/or strongly cemented form cliffs and crags.

Inland cliffs and crags are restricted to four sandstone formations. The oldest sandstone that gives rise to inland cliffs is the Fell Sandstone, of Lower Carboniferous (Dinantian) age. It outcrops over a small area in the extreme north east of England (Fig. 1), and consists of a series of massive, deltaic, often cross-bedded sandstones (Sparks 1971; Turner & Smith 1995). The formation reaches a maximum thickness of around 330 m and forms impressive west-facing, often crag-topped escarpments, that reach a maximum elevation of 430 m OD.

Fell Sandstone is quartz-rich, but generally with < 10% feldspar and < 5% mica (Bell 1978). It is mostly fine to medium grained, with a mean grain size of 0.3 - 0.4 mm (Hodgson 1970; Bell 1978), though coarser, gritty and pebbly layers are found occasionally. It is a relatively strong sandstone (Table 1) with a moderately low porosity.

Further south and west, a later series of Carboniferous (Namurian) sandstones, known collectively as the Millstone Grit, also form cliffs and crags. They outcrop over a large area of the Pennine Uplands and the Peak District (Fig. 1). In the Pennines they reach a maximum thickness of 1800 m, in the Peak District their maximum thickness is about 1100 m.

The Millstone Grit sandstones alternate with finer-grained, argillaceous rocks. The argillaceous rocks dominate the lower part of the succession, the sandstones are more frequent towards the top. Some of the sandstones are fine grained and "flaggy", but most are medium or coarse-grained. Known locally as "grits" or "gritstones", their past use as millstones gave name to the formation. Many are feldspathic, and the feldspar contents may reach 27.5%, making them sub-arkosic or in extreme cases arkosic (Aitkenhead *et al.* 1985: 92). Cross-bedding is often present, sometimes on an impressively large scale.

The sandstones show marked lateral variations in thickness, and some persist only for short distances, passing laterally into shales. Physical properties vary, but generally they exhibit relatively high strength and low porosity (Fig. 1). Because of their resistance to weathering the sandstones often cap plateaus and escarpments, frequently outcropping as bold cliffs and crags. Isolated pinnacles, tor-

like masses, block fields and clutter slopes are also quite common (Palmer and Radley 1961; Linton 1964). Most outcrops are angular to sub-angular, but more rounded crags and boulders can also be found. Apart from use as millstones, they have been exploited extensively for building stone.

The third group of cliffs are formed in the Triassic New Red Sandstone. Laid down under desert conditions, the predominant red coloration is due to haematite coatings around the grains (Hains & Horton 1969). Individual beds vary from well sorted, fine grained sandstones to poorly sorted, coarse grained pebble beds. Generally less well cemented, weaker and more porous (Table 1) than the Carboniferous sandstones, they form rather rounded or sub-rounded, discontinuous cliffs and crags, often capping low cuestas, that run south from the Mersey estuary through Cheshire and the North Midlands to the West Midlands and

the Welsh Borders (Fig. 1). Occasionally they form pillars and low isolated masses resembling the stumps of tors.

The fourth group of cliff-forming sandstones, the Ardingly and Ashdown Sandstones, are early Cretaceous in age and outcrop as discontinuous lines of rather rounded valley-side crags and cliffs, occasional pillars and tor-like masses in central southeast England (Robinson & Williams 1976). The sandstones are poorly cemented and porous but exhibit sufficient strength (Table 1) to be used locally as a building stone. On exposure to the weather, the sandstone develops a crust which, as on many other sandstones, strengthens the surface and reduces porosity (Robinson & Williams 1987).

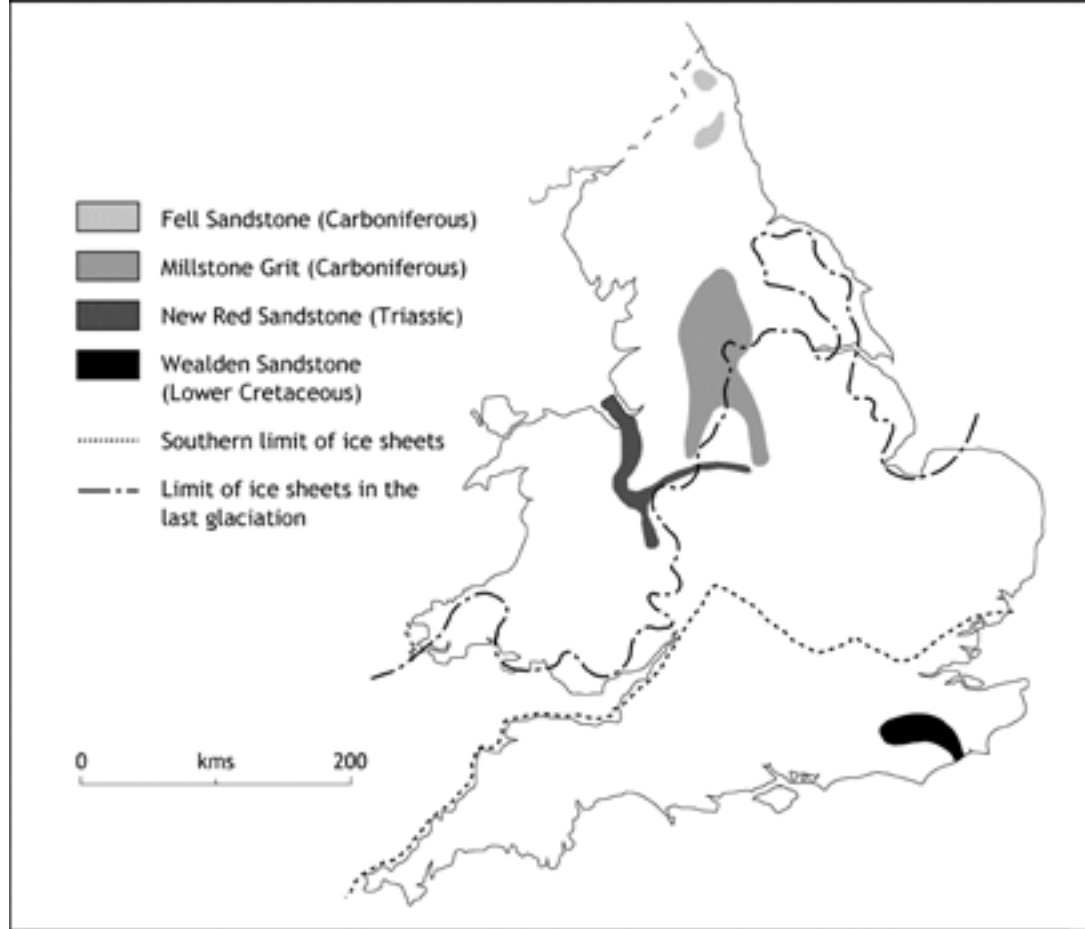


Fig. 1: Distribution of sandstone strata forming inland cliffs and crags in England.

Weathering features

The sandstones display a range of weathering features characteristic of temperate sandstone outcrops (Robinson & Williams 1994), but the extent to which individual features are developed varies between the four sandstones (Table 1). However, there is no clear relationship between the distribution of features and their glacial history. The Fell sandstone outcrops entirely within the area covered by the Devensian ice sheets (Fig. 1); the Millstone Grit and the New Red Sandstone outcrop on either side of the Devensian ice limit, but entirely within the area covered by earlier Quaternary ice sheets; the Wealden sandstones outcrop far to the south of the maximum limit of glaciation. Despite this, bare sandstone platforms or pavements are uncommon and limited in extent on all four sandstones, whilst relatively fragile, pillars and tors occur within the areas covered by Devensian ice. All four sandstones were subject to severe periglacial conditions during the Quaternary, and clutter slopes and blockfields most probably result from freeze-thaw processes under a periglacial climate. They are most common on the Millstone Grit which was immediately peripheral to the ice limits for much of the Devensian. Angularity of the cliffs and blockfields appears to be more closely related to rock hardness than to glacial or periglacial history, as evidenced by the rounded or sub-rounded forms of many of the glaciated outcrops of New Red Sandstone compared to the angularity of the Millstone Grit.

The development of honeycomb weathering depends on the porosity and mechanical strength, developing only rarely in the Millstone Grit compared to the more porous, and weaker Wealden, New Red and Fell Sandstones. In contrast, tafoni-like weathering is less clearly linked to these two properties. The world distribution of polygonal cracking suggests strongly that it develops best on rocks with a marked

surface rind or crust (Williams & Robinson 1989). The lesser development of polygonal cracking on the Millstone Grit agrees with this conclusion. In contrast, weather pits and runnels, which require storage and flow of water on and over the surface of the sandstone, are both developed best on the relatively impervious Millstone Grit and are almost entirely absent from the porous Wealden sandstones. They are quite well developed also on the Fell Sandstone and on some New Red Sandstone exposures.

The ease with which rock surfaces suffer granular disintegration and abrasion is clearly related to cementation and surface strength. The New Red and Wealden Sandstones suffer significant losses whenever their protective surface crust is lost. There appears to be a cycle of crusting and spalling which periodically exposes a weakened sub-surface to granular disintegration. However at some sites, especially in the Weald, the process is accelerated by climbers and climbing ropes, and by foot traffic.

Undercutting is most common on the Wealden outcrops where cliffs outcrop on steep valley sides. Widened joints are best developed on these outcrops also, where they are believed to result from cambering under periglacial conditions. Caves are uncommon on all outcrops.

The role of climate and vegetation change is uncertain. The Millstone Grit and Fell Sandstones outcrop on high moorland and suffer significant winter snowfalls and frequent frosts but splitting of any rock is rare. The Wealden and New Red Sandstone outcrops are extensively wooded, but were probably less so at times in the past. Increased shade and dampness may reduce the incidence of honeycomb weathering which appears to develop best on surfaces subject to wetting and drying cycles. The most marked influence appears to be on some New Red Sandstone outcrops, where afforestation with conifers during the 20th century seems to be causing accelerated spalling and granular disintegration of the surface.

Table 1: Rock properties and weathering features of the four sandstones.

	Fell Sandstone	Millstone Grit	New Red Sandstone	Wealden Sandstone	Controlling Factor(s)
ROCK PROPERTIES¹					
Dry strength (MPa)	74.1	39-104	11.6	31.5-51.9	
Wet strength (MPa)	52.8	24.3	4.8	13.4-51.4	
Porosity (%)	9.4-14.0	7.0-17.0	8.9-25.8	26-27	
Water saturation		0.51-0.74	0.62	0.67-0.72	
LARGE SCALE FEATURES					
Basal undercutting	rare	occasional	occasional	fairly frequent	Rock Strength Slope erosion
Pedestal rocks	rare	occasional	very rare	occasional	Undercutting
Pillars	rare	fairly frequent	very rare	occasional	Erosion of joints Cambering
Pavements	rare and limited in extent	rare and limited in extent	occasional	occasional, but limited in extent	Erosion of soil cover, not associated with glaciation
Widened joints	rare	fairly frequent	occasional	abundant	Cambering Gelifluction
Caves	rare	rare	rare	very rare	Widened joints and undercutting
Tors	absent	fairly frequent	very rare	very rare	Deep weathering? Freeze/thaw and gelifluction
Blockfields/clitter slopes	fairly frequent	fairly frequent	very rare	rare	Gelifluction Cambering
SMALLER SCALE FEATURES					
Surface crust	inconspicuous	inconspicuous	conspicuous	conspicuous	Porosity
Surface abrasion and granular disintegration	limited	limited	common and widespread	common and widespread	Rock Strength Loss of crust
Rock basins	fairly frequent	fairly frequent	occasional	very rare	Porosity
Flutes	fairly frequent	fairly frequent	occasional	absent	Porosity/salts
Honeycombs	fairly frequent	occasional	fairly frequent	abundant	Porosity/ Exposure to wetting/drying cycles
Polygonal cracking	fairly frequent	very rare	occasional	fairly frequent	Crust development Wet/dry, heating/cooling cycles?
Tafoni	very rare	very rare	very rare	absent	Porosity/salts
Surface spalling	rare	rare	fairly frequent	occasional	Cyclical Crust development Vegetation change

¹Data collated from Bell (1983), Leary (1986), Natural Stone Directory (1991).

References

- Aitkenhead M., Chisholm J. I. & Stevenson I. P. 1985. - Geology of the country around Buxton, Leek and Bakewell. British Geological Survey, London.
- Bell F. G. 1978. - Petrographical factors relating to porosity and permeability in the Fell Sandstone. *Quarterly Journal of Engineering Geology* 11: 113-126.
- Bell F. G. 1983. - Engineering properties of soils and rocks, 2nd edit. Butterworth, London.
- Hains B. A. & Horton A. 1969. - Central England, British Regional Geology. Inst. Geol. Sciences, NERC/HMSO, London.
- Linton D. L. 1964. - The origin of Pennine tors; an essay in analysis. *Zeitschrift für Geomorphologie NF* 8: 5-24.
- Leary E. 1986. - The building sandstones of the British Isles. Building Research Establishment, Watford.
- Natural Stone Directory 1991, 8th edit. Stone Industries, Maidenhead.
- Palmer J. & Radley J. 1961 - Gritstone tors of the English Pennines. *Zeitschrift für Geomorphologie, NF* 5: 37-52.
- Robinson D. A. & Williams R. B. G. 1976. - Aspects of the geomorphology of the sandstone cliffs of the Central Weald. *Proceedings of the Geologists Association* 87: 93-100.
- Robinson D. A. & Williams R. B. G. 1987. - Surface crusting of sandstones in southern England and northern France, in Gardiner V. (ed.), *International Geomorphology 1986, Part 2*: 623-635, Wiley, Chichester.
- Robinson D. A. & Williams R. B. G. 1994. - Sandstone weathering and landforms in Britain and Europe, in Robinson D.A. & Williams R.B.G. (eds.), *Rock Weathering and Landform Evolution*: 371-391, Wiley, Chichester.
- Williams R. B. G. & Robinson D. A. 1989. - Origin and distribution of polygonal cracking of rock surfaces. *Geografiska Annalar* 71A: 145-159.
- Sparks B. W. 1971. - Rocks and relief. Longman, London.
- Turner B. & Smith A. 1995. - The Lower Carboniferous at Bowden Doors, Roddam Dene and the Coquet Gorge, in Scrutton C. (ed.), *Northumberland rocks and landscape, a field guide*: 105-113, Yorkshire Geological Society, Leeds.

Résumé de la présentation

Comparaisons des caractéristiques de la morphologie et de la désagrégation des affleurements de grès en Angleterre, R-U

Des affleurements naturels de grès à l'intérieur de l'île existent dans quatre régions distinctes de l'Angleterre: le District de Wealden dans le sud-est; le pays de Galles et l'Ouest des Midlands; le haut pays des Pennines au nord de l'Angleterre centrale, et le Nord-est. Chacun de ces paysages gréseux est développé dans des strates de grès d'âge différent et de caractéristiques géologiques différentes. Dans le District de Wealden affleure un grès fin fin d'âge crétacé. Dans l'ouest des Midlands et le pays de Galles, on rencontre avant tout des formations rouges de grès permo-triassique. Dans le haut pays de Pennine et dans le Nord-est les affleurements elles sont dans des grès et des gritstones plus durs d'âge carbonifère.

Pendant la période quaternaire les affleurements gréseux ont subi des conditions environnementales et des oscillations sensiblement différentes. Ceci a continué au cours de la période historique jusqu'à nos jours. Chacun des quatre secteurs était sujet à des périodes intenses d'activité périglaciaire et de tous sauf celui du Sud-est, subissaient les glaciers qui recouvraient la grande

Bretagne au moins pendant une des périodes froides des dernières glaciations. Cependant, l'intensité de ces processus et de la fréquence du couvert de glace change d'une région à l'autre. Pendant l'Holocène, l'ampleur d'une couverture forestière et d'une végétation plus dégagée a différé sensiblement d'une région à l'autre, tout comme l'utilisation économique des grès pour la construction et pour les loisirs.

En dépit de ces différences, les expositions de grès dans ces quatre régions montrent de grandes similitudes dans leur morphologie et dans leur altération. Cependant, il existe des différences significatives, en particulier dans la dominance et la fréquence de certains phénomènes d'altération.

Cet article compare les phénomènes morphologiques visibles sur les différents affleurements, la prédominance de différents processus d'altération et discute leur origine par rapport aux caractéristiques géologiques des grès, de leur histoire environnementale et des conditions actuelles.

Weathering morphologies of the Fontainebleau Sandstone and related silica mobility

Médard THIRY

Géoscience - École des Mines de Paris
35, rue St Honoré, F-77305 Fontainebleau
medard.thiry@ensmp.fr

Keywords: sandstone; weathering; morphology; Paris Basin; France

Introduction

The Fontainebleau Sandstone is formed of very tightly cemented sandstone lenses (Thiry & Maréchal 2001) that form spectacular elongated ridges, up to 10 km long and 0.5 km wide. Denudation of the quartzite pans lead to a highly contrasted landscape, with sandstone ridges towering the sandy depressions by 50 to 80 m. Weathering of the sandstone brings up a variety of characteristic morphologies by dissolution of the primary quartz cement, but also by precipitation of secondary silica. Silica movement in the sandstone landscape can be followed from centimetric to plurimetric scales. A first attempt to link the morphologies with geochemical processes has been done by Thiry *et al.* (1984).

Morphologies of the ridges

The sandstone ridges are characterized by a discontinuous sand cover on which grow *Calluna*, *Molinia* as well as small birches. Peaty depressions and small ponds develop between the bare sandstones that outcrop like "whale backs". Wet zones and ponds extend to the edge of the ridges, pointing out that the sandstone pans are primarily fairly impermeable and have no open fractures.

At the edges of the ridges, drawing of the sand by erosion brings up yielding and fracturing of the sandstone pan. Decametric blocks are released and slip along the slope, labyrinth-like wide corridors form between the blocks (Fig. 1 & 2A). The fractured blocks are roughly parallelipipedic.

Subhorizontal fractures also develop and cut the sandstone in 0.1 to 0.2 m-thick superposed slabs. These fractures develop only in the lower part of the sandstone pan and are strictly limited to the

ridge escarpments, leading to typical morphologies of stacked plates (Fig. 2B).

Vertical and horizontal fractures are often covered with a lustreous silica skin (Fig. 2D). The silica skins don't show in the sandstones exposed in open pits, they develop only at outcrops and are better expressed and thicker towards the edge of the ridges. These skins are not true silica deposits but rather result from silica impregnating the fracture walls with small quartz crystals and/or microquartz. Some fractures also show iron oxyde deposits. The silica and iron oxyde deposit in the fractures helps to the impermeability of the ridges and the development of ponds until their edges.

Breakup of the ridges

The dismantling of the sandstone pan at the edge of the ridges gives way to masses of rockfall on the sandy slopes, called rock chaos. These are prismatic blocks at the head and become more and more rounded, with dome-like outlines, away from the ridge escarpment. Several typical morphologies develop.

Calcareous sandstone and "sponge-rocks"

In places, the upperpart of the sandstone pan contains calcareous nodules related to former calcareous palaeosols and rhyzolithes. At outcrop, these sandstones develop numerous centi- to decimetric hollows by dissolution of the calcitic cement (Fig. 2C). The exposed nodules are dissolved, while those isolated within the siliceous sandstone remain unaltered.

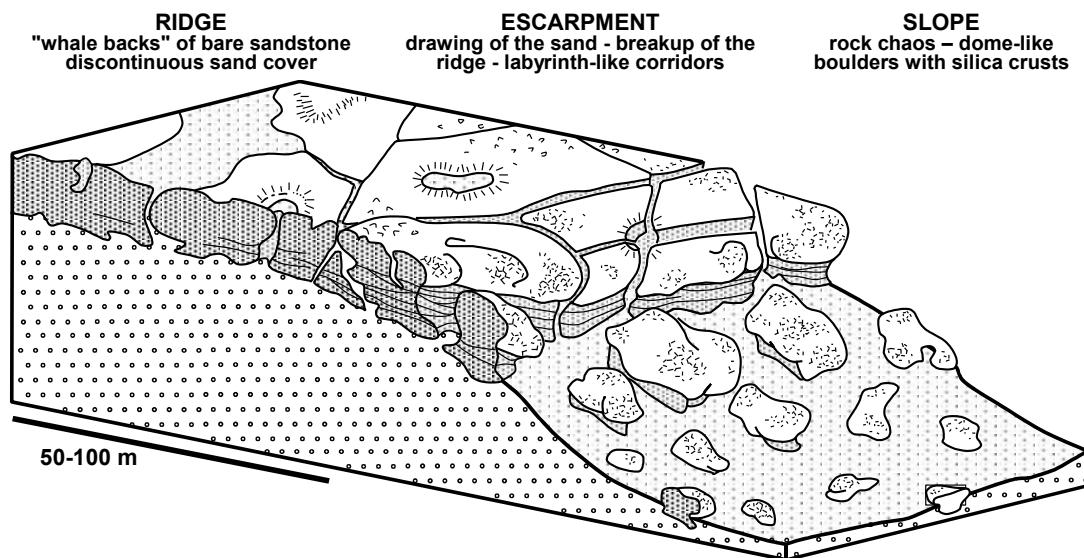


Fig. 1: Schematic sketch showing the dismantling of the Fontainebleau Sandstone ridges by vertical and horizontal fractures and development of the dome-like shaped boulders on the sand slopes.

Dome-like morphologies with silica crusts

After break up, the blocks acquire rounded shapes. In this way, at the ridge escarpment, the sandstone plates resulting from horizontal fracturing become rounded at their upper edge, whereas their lower plane show a prominent lipp-like flange. The silica deposits formed in the fractures are put into relief by this weathering.

The more massive facies also round out and form dome-shaped boulders at the top of the ridges and on the rockfall on the sandy slopes. Boulders diminish regularly in size away from the escarpment and the domes become coated with a 0.5 to 2 cm-thick silica crust, harder than the sandstone body (Fig. 2E & 2F). This silica crust is restricted to the top of the domes, and is lacking on the lower parts and on the overhanging surfaces. It is put into relief by differential alteration at the periphery of the domes.

Thin sections across the silica crust show that the overgrown quartz grains of the sandstone are split off by tiny cracks, from 1 to 20 μm -wide, along the grain contacts, mostly parallel to the crust surface. Quartz grains are only seldom fractured. These cracks are cemented by brown to clear opal which forms the harder and less alterable crust at the top of the domes. Nor empty cracks, nor cracks with clay or organic-rich illuviations are never observed. This may indicate that opal precipitation itself brings up the disjunction of the quartz grains.

Polygonal dissolution grooves

Polygonal networks of grooves develop on the dome flanks and on the overhanging surfaces (Fig. 2G). Such polygonal grooves never impress in the silica crusts capping the domes and coating the fractures. The network is generally isometric, forming polygons of about 5 to 10 cm in diameter, they may become in horizontal elongated. In places, the layout of the overhanging surfaces of the sandstone blocks, and even larger pans, clearly point out that these surfaces are related to a former landsurface supporting a paleosol which has been stripped off by erosion. Thus development of the polygonal networks of grooves may be related to processes occurring within the soil and not in contact with the atmosphere.

Thin sections show development of large intergranular voids which come with preferential dissolution of the quartz overgrowths. These voids remain empty, or may contain tiny quartz chips often blended with iron oxydes. No pre-existing structure within the sandstone is related to the development of the dissolution voids, nor the polygonal grooves.

Nevertheless, if the development of the polygonal grooves indicates weathering-dissolution processes, the mechanism leading to the polygonal structure remains unknown.

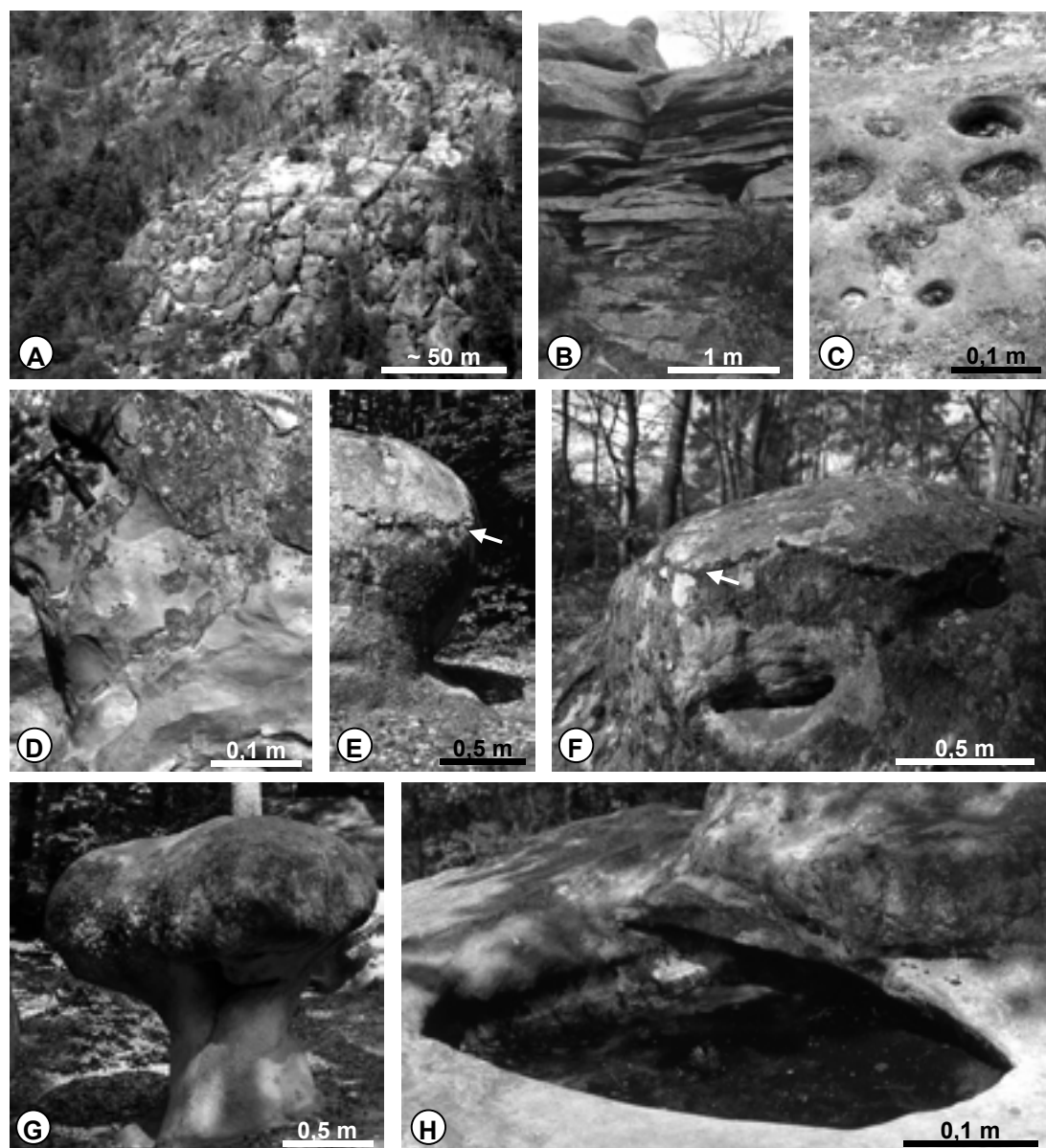


Fig. 2: A. Aerial view of the breakup of sandstone ridges with formation of the rock chaos. B. Subhorizontal fractures at the ridge escarpment, the upper part of the sandstone pan is not fractured and displays dome-like morphologies. C. "Sponge-rock" resulting from the dissolution of calcareous nodules. D. Lustreous silica skin on an uneven vertical fracture. E & F. Dome-like shaped boulders capped with a well developed silica crust. G. Mushroom-like rock resulting from enhanced sandstone weathering at the level of former soil horizons which have been eroded. Note the associated polygonal network of dissolution grooves. H. Dissolution bowl showing the indurated silica lipp at its mouth.

Dissolution bowls with silica flange

Circular decimetric-sized bowls often form on the bare sandstones flats of the ridges, as well as on the domes (Fig. 2H). These bowls are water filled and frequently overflow during autumn and winter time. During spring and summer, their water level varies and they often dry up completely. The bottom is generally covered by an organic-rich sand, and water pH is about 5.

The mouth of these bowls is systematically underlined by an indurated roll. A silica crust also often lines the inside of the bowls, above the mean water level. The bottom of the bowls, nearly flat, is devoid of silica crust and on the contrary shows grooves about 1 cm-deep and which form polygonal networks. In this way these small weathering features are highly interesting : they show in the same structure silica leaching and deposition. Some tilted blocks show several generations of dissolution bowls : the younger ones being in "living" position, whereas the older ones, that have undergone the tipping, do not longer keep water.

Silica mobility and weathering rate

In the Fontainebleau Forest, the sandstones do not display any mechanical, nor aeolian or glacial erosion feature. The morphologies of the sandstones mainly result from silica dissolution and to a lesser extent from silica deposition.

The silica dissolution first wears away the edges of the angular fractured blocks, which become rounded, and lastly leads to the development of very regular dome-shaped boulders. Further dissolution arise with the hollowing of alveoles and bowls. These dissolutions occur on outcropping blocks, above the ground level. Other major dissolution features are related to the formation of overhangs which bring up mushroom-like rocks topped by larger domes (Fig. 2G), or even linear concave features on massive sandstone pans. These latter features, which often show typical polygonal grooves, may form at depth, on buried or partly buried sandstones, in contact with the soil. Organic compounds in soils and pound deposits may favour silica dissolution and chelation (Bennett 1991).

In parallel, quartz crystallization occurs at depth, in the fractures, often together with iron oxydes deposition, beneath the discontinuous sand cover and the podzolic soils of the ridges. Due to the lack of feldspars and clay minerals in the upper leached Fontainebleau Sand, the deposited silica may mainly originate at depth from destruction of

the chelates formed in the top soils and also from leaching of biogenic silica related to the vegetation cover. Silica deposition in form of opal occurs above the ground level, in the outcropping sandstones . These opal-enriched crusts form at the top of the sandstone domes and around the temporary water bowls. These deposits most probably originate from the pore water of the sandstone, pore water rising up to surface by capillarity and concentrating under severe evaporating conditions that occur on the bare stone. The climate in Fontainebleau (mean annual temperatures of 10.2°C and 722 mm rainfall in 180 days) a priori seems not very favourable,

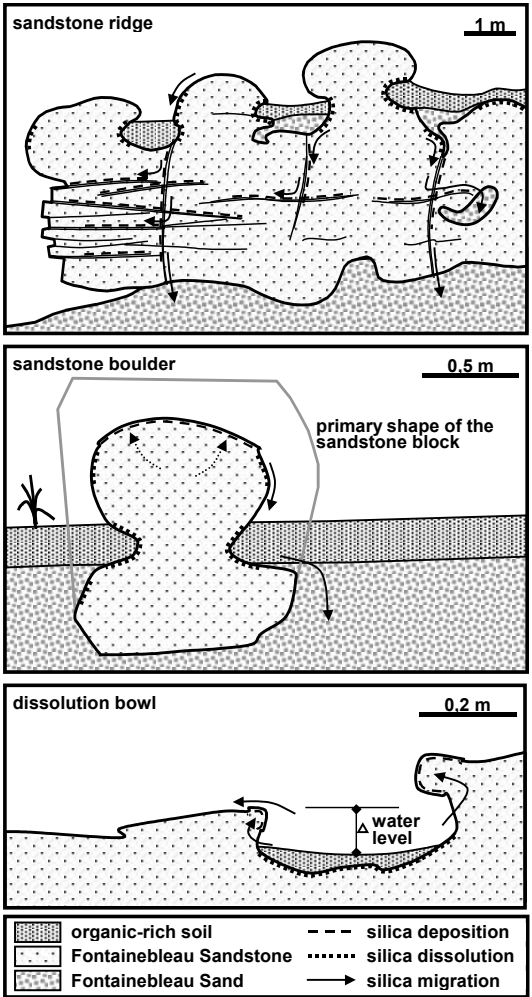


Fig. 3: Sketches of silica mobility during weathering of the Fontainebleau Sandstone. Silica dissolution occurs on the bare sandstone, but is enhanced in contact with soils and in the pounds, due to complexation with organic compounds.

but evaporation is nevertheless important on the bare sandstones that become very warm in sunny summer days.

In this manner, development of the typical morphologies of the Fontainebleau Sandstone results from concomitant and contrasted weathering processes: silica dissolution during wet periods or seasons alternates with local silica deposition during times of dryness. Different dissolution and precipitation mechanisms occur at depth, beneath or in soils horizons, or at the surface in contact with the atmosphere (Fig. 3).

Silica dissolution is enhanced in the soil horizons by formation of complexes with organic compounds and lastingness of humidity. Silica deposition occurs at depth in the sandstone pans by destruction of organic complexes and at surface by solution concentration during dryness. Nevertheless, the final mass balance is a massive loss of silica which is exported through groundwater.

Even on the very steep and unstable sandy slopes beneath the sandstone ridge escarpements, all the sandstone blocks and boulders display these morphologies, which moreover are in "active" position. The tilted blocks rapidly recover

equilibrium morphologies. The sandstone weathering, thus is a current and rapid phenomenon.

References

- Bennett P. C. 1991. - Quartz dissolution in organic-rich aqueous systems. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 55: 1782-1797.
- Thiry M. & Maréchal B. 2001. - Development of tightly cemented sandstone lenses in uncemented sand: example of the Fontainebleau Sand (Oligocene) in the Paris Basin. *Journal of Sedimentary Research* 71/3: 473-483.
- Thiry M., Paziera J.P. & Schmitt J.M. 1984. - Silicification et désilicification des grès et des sables de Fontainebleau. Evolutions morphologiques des grès dans les sables et à l'affleurement. *Bull. Inf. Géol. Bassin Paris*, 21/2: 23-32.
- Thiry M. & Schmitt J.-M. 2005. - Les rochers de Fontainebleau : pourquoi et comment ces formes? Internet: http://www.cig.ensmp.fr/~thiry/FBL_rochers/fbl-rochers-00.htm [15.05.2005].

Résumé de la présentation**Morphologies des Grès de Fontainebleau et mobilité de silice associée**

Mots-clés: grès; altération; morphologie; Bassin de Paris; France

L'altération des Grès de Fontainebleau conduit à des morphologies variées par dissolution du ciment de quartz primaire, mais aussi par précipitation de silice secondaire. Le mouvement de la silice dans le paysage gréseux peut être suivi de l'échelle centimétrique à plurimétrique. Les fractures verticales et horizontales qui se forment en bordure des platières sont souvent couvertes par des placages de silice lustrée n'apparaissant que sur les grès à l'affleurement et jamais sur les grès recoupés par les carrières. Ces placages sont de la silice secondaire déposée en profondeur dans les dalles de grès à l'affleurement, nourris par des dissolutions de silice qui se font en surface dans les sols podzoliques. A l'affleurement, les surfaces dénudées des grès acquièrent des morphologies caractéristiques en dôme. Les dômes montrent deux morphologies de surface: des «crevasses» polygonales de dissolution sur les flancs des dômes et une «croûte» indurée sur leur sommet. Des dissolutions de silice se

font sur les flancs des dômes où l'eau ruisselle, alors que de la silice secondaire, sous forme d'opale, précipite sous la surface sommitale où l'eau des pores se concentre par évaporation. Des vasques de dissolution, circulaires, de taille décimétrique, se forment au sommet des platières gréseuses et des dômes. Ces vasques, périodiquement remplies et asséchées, montrent aussi deux comportements distincts de la silice: dissolution sur le fond des creux et dépôt de silice secondaire dans un bourrelet induré sur l'ouverture de la vasque. Certains blocs tournés montrent différentes générations de vasques de dissolution. Les vasques les plus récentes étant en position de «vie», alors que les plus anciennes, qui ont subi une rotation, ne retiennent plus d'eau. Le développement de ces processus d'altération sur des pentes sableuses, instables et à forte déclivité, indique que ces altérations sont récentes et que leur vitesse d'évolution est rapide.

Sandstone Relief Geohazards and their Mitigation: Rock Fall Risk Management in the Bohemian Switzerland National Park

Zuzana VAŘILOVÁ

Bohemian Switzerland National Park Administration
Pražská 52, CZ-407 46 Krásná Lípa
z.varilova@npcs.cz

Jiří ZVELEBIL

Czech Geological Survey
Klárov 3, CZ-118 21 Prague 1
zvelebil@cgu.cz

Keywords: Sandstones; rock-slope instability; rock fall; risk evaluation and mitigation; monitoring net; remedial works

Introduction

Characteristic sandstone landscape with plateaus, deep canyons, rock cities and labyrinths developed on massive, sub-horizontally stratified sandstones of Cretaceous age, and the rich biodiversity related with this landscape were the main reasons to establish the Bohemian Switzerland National Park in the NW of Bohemia. Picturesque, tourist attracting, high energy relief of high rock walls in sides of deep canyons and on rims of plateau mountains is the reason for higher degree of occurrence of natural geohazards causally connected with exogeneous geological processes, mainly with weathering and erosion there (e.g. Vařilová 2002, Vařilová & Zvelebil 2005). Frequent rock falls are the main, most typical, disastrous phenomenon characterising the National Park area.

The rock falls constitute an integral part of natural, contemporary development of sandstone landscape, so they are a part of the protected natural environment. At the same time, there is also a strong need to protect safety and lives of National Park visitors and property of local inhabitants. To fulfil both those tasks, an integrated system of effective management of rock fall risks has been launched in the National Park. Nowadays, this system is under a trial run.

Description of the system

Geo-risk management is always a multidisciplinary task. On one hand, methods are based on the latest results from various field of geoscience and should be implemented into its scheme. On the other one, results of such, sometimes highly scientific deduction, have to be transformed into enough simple and definite form to be understandable and ready-to-use for final users – deputy of municipalities and other executive entities acting within the area of interest.

The system, which is under trial performance in the Bohemian Switzerland territory now, promotes forward the best experiences from the forerunning one, which had been operated outside the National Park boundary - mainly within area of the Labe river Canyon (Zvelebil 1989; Zvelebil & Stemberk 2000). Scheme of the new system is depicted on Fig. 1.

A) Regional geomorphological rock fall risk zoning, 1:10 000, identifies areas prone to preparation of rock falls. In the same time, areas of special interest are demarcated within the former ones - marking populated areas, traffic corridors, and main tourist trails (Fig. 2A). This zoning is based on our knowledge of development of sandstone landscape with special interest to slope development, and to the succession of processes taking the leading role in destruction of sandstone landforms. Resulting rock fall prone zones match with the areas in certain stages of rock walls devel-

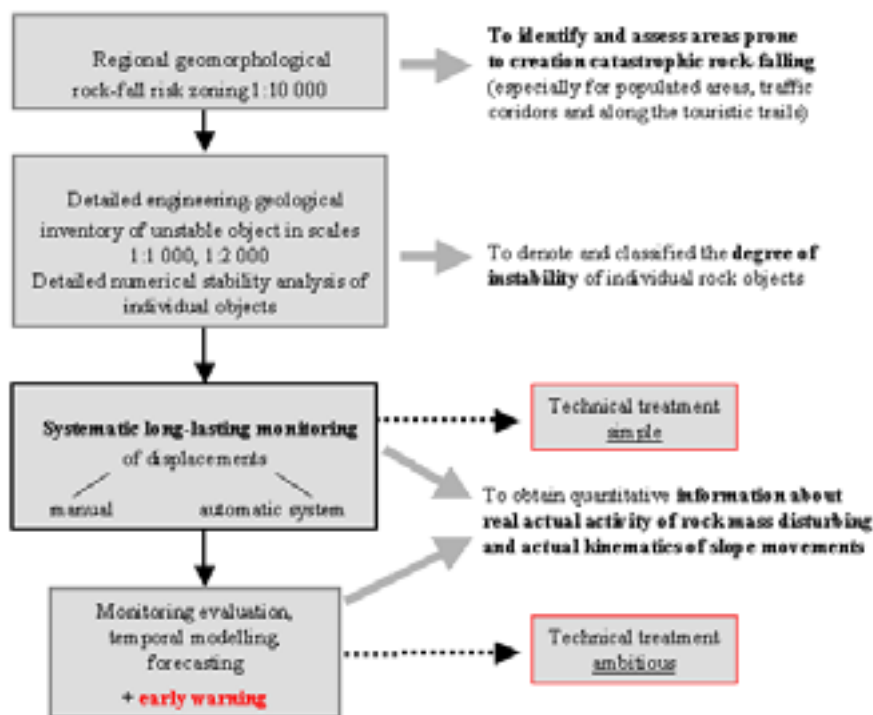


Fig. 1: Scheme of an integrated system for effective management of rock-fall danger, which is under implementation in the Bohemian Switzerland National Park.

opment. Those stages are characterised by considerably higher frequency of preparation rock fall of certain type. E.g. disastrous rock-slides characterise early developmental stages, toppling slope failures the medium ones, and ravelling domination with sparse broken off rock overhangs for the very matured and senile rock slopes (cf. e.g. Zvelebil 1989; Zvelebil & Vařilová 2005 in print).

- B) For areas of high rock fall risk, detailed engineering-geological mapping of rock slopes and unstable objects inventory in scales 1:1000, 1:2000 are carried out (Fig. 2B). To assess the degree of actual instability within the fourth degree scale, simple numerical equilibrium calculations are combined with phenomenological models of failure development in sandstone slope.

Only the unquestionably immediately unstable objects are technically treated – or stabilized, or removed.

- C) The other dangerous rock objects – being in one of three degrees of potential instability,

become supervised by the systematic long-time monitoring. Displacements between rock blocks on selected, kinematically and safety key-sites are measured together with selected items of micro-climatic characteristics – mainly temperature.

Aims of such monitoring is to obtain quantitative information about real degree of mass disturbance activity, its detailed dynamics, kinematics and possible triggering factors of accelerating events. By it, that monitoring helps substantially lower uncertainties in input data and to compensate some other drawbacks of geomechanical schemes for rock slope stability evaluation. Moreover, the monitoring data characterised above are also substantially helpful in remedial measures planning.

Monitoring instrumentation includes, besides portable rod dilatometer which represent the main method, tiltmeters and extensometric tape. Recently, an automatic system for remote, on-line data acquisition and Internet DB Storage,

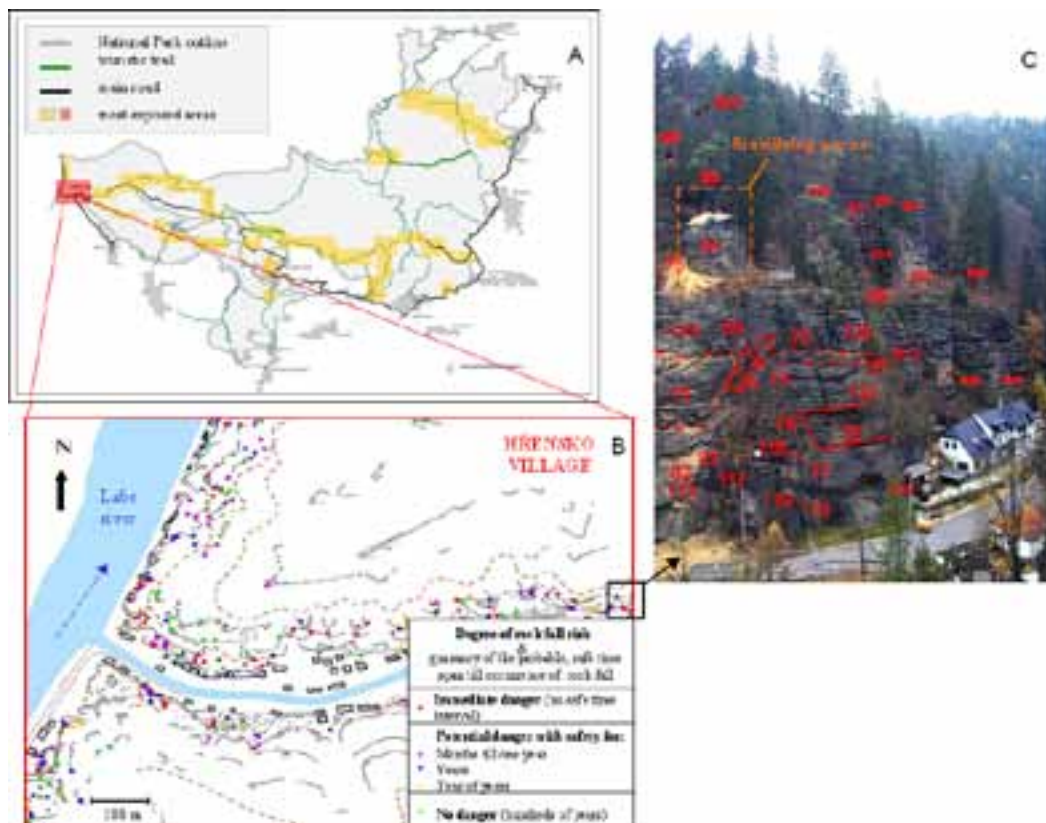


Fig. 2: A. A map showing the distribution of areas prone to creation dangerous rock falls within the National Park territory. B. Inventory map of unstable rock objects endangering the Hřensko village with an assessment of their actual instability in a four-degree scale. C. An example of numerical evidence of individual unstable object in selected part within the Hřensko village area.

data processing, and on-line, interactive result visualizations has been introduced.

- D) Different developmental stages of the process of rock fall preparation, including the early warning precursors of rock fall immediate occurrence, are detected using characteristic differences in slope movement dynamics. Quite reliable diagnostics of immediate danger state (with reading and evaluation intervals in seconds), as well as its short and medium time forecasting (from days to 2 years) are at our disposal now (cf. Fig. 3; Zvelebil & Moser 2001). Phenomenological models, which are predominantly used for monitoring data evaluation and rock fall danger assessment and which had been mainly empirically based (cf. Zvelebil 1995, 1996), have been now accompanying by mathematically rigorous numerical analyses and modelling according the latest challenges of complex dynamical systems theory (Paluš *et al.* 2004). For wider practical use of the latter

and of their result visualisations, as well as for improvement of implementation of the progressive information technologies enabling it all, a four years project of establishing and testing of the unique, highly automated expert system for safety evaluation of monitoring data has started in the National Park this year.

Set of possible stabilising technologies has been optimised regarding as monitoring results and actual danger of rock fall occurrence and its possible negative consequences, and also as regarding their economical and technical demands of each method in question with regards to demands of nature preservation. Two basic types of remedial technologies have been use there:

- 1) The simple one – which is possible to accomplish by hand-work, using technically very simple and relatively cheap means. Special position within the simple technologies holds

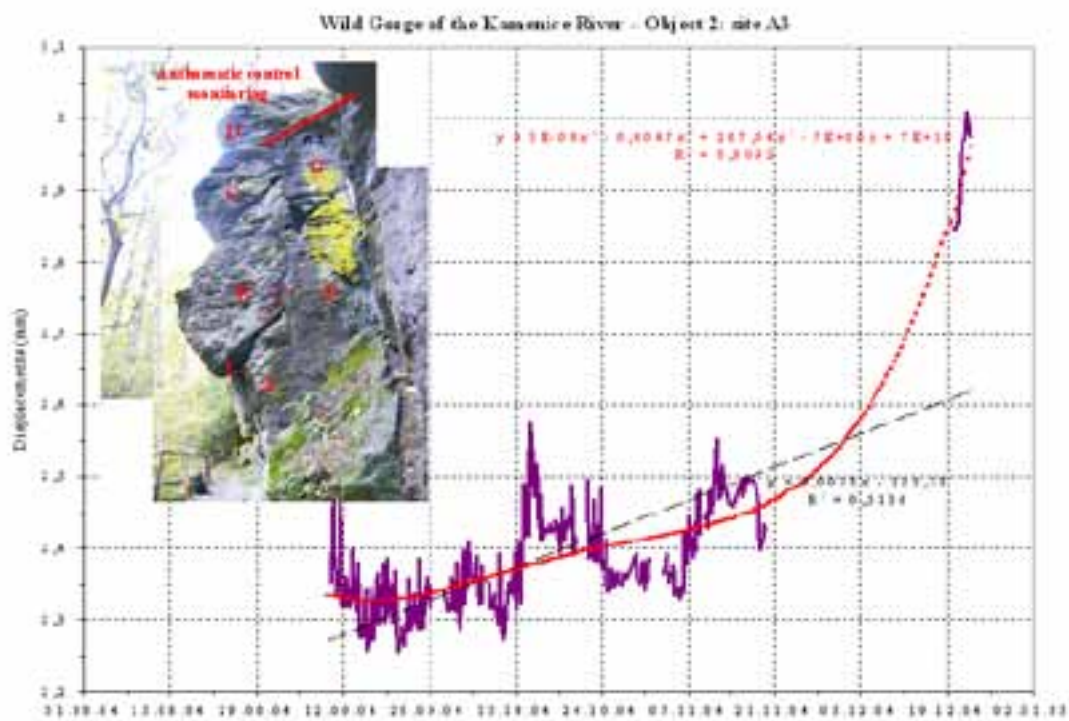


Fig. 3: Irreversible shear displacement of a system of sandstone blocks (with total volume 35 m³) above much-frequented tourist trail, identified by the automatic control monitoring. These dangerous rock objects collapsed two days before the planned realization of stabilizing works.

the systematic, long-time monitoring. This monitoring can substitute the costly technical stabilization or removal works for tens of years. And, in the same time, limit those works only to the ones, which dangerous state had been rigorously proven by monitoring data. The simple works are systemically carried out by special, alpinist group of National Park employees.

- 2) The second is technically, economically, organizationally (e.g. emergency evacuation of part of a village) highly demanding. Such tasks are realized on commercial platform by specialised geotechnical enterprises, which are supervised by an expert team delegated by the National Park Administration together with the Ministry of Environment. The most dangerous cases are treated according to the Emergency Law of the Czech Republic in collaboration with the State Police and the Army, and coordinated by the Integrated Rescue Body of the Ministry of Internal Affairs.

Experience

Long-term experiences from 21 year operation of safety monitoring system in the Labe river Canyon demonstrate (Zvelebil & Stemberk 2000; Zvelebil & Park 2001) that from all 400 monitored objects only on 26% there were no movements at all – i.e. the rock fall risk primary assessment had been too pessimistic. But for 74% of objects, activity of slope stability failure in the form of slow creep movements had been proved by monitoring. Moreover, if we could take number of those sites with proven activity as another 100%, then as for much as 90% of them, monitoring had substituted the technical remedial measures, and only in 10% of proven emergency cases, such measures were realized.

Statistics from the National Park area is as follows. The monitoring net consists of 482 manual measuring sites on 217 rock objects. On the most dangerous 10 objects, 25 automatically

measuring sites were established. Frequency of manual readings is twice per month, and every five minutes for the automatic ones. Emergency technical treatment had been given to 11 sites in the 3 introducing years of the system.

Trial runs of the online presentation of data have been launched. Information from an automatic dilatometric monitoring is delivered on the website <http://www.geo-tools.cz>; for information on manual dilatometry from the Hřensko village area visit the website <http://ig-exp.i-dol.cz>.

Finally, we would like to stress that an optimal decision should be reached in an argumentation among scientists, economists and decision-makers from politics and state administration. Therefore the forms of clear, simple presentation of scientific data are of outmost importance, otherwise the gap between the practical decision makers and those data providers cannot be still successfully bridged. This aspect of rock fall risk management is also treated within the frame of special project.

Acknowledgements

Our long-term work was successively supported by several grant projects. The project VaV 610/7/01 of the Ministry of Environment of the Czech Republic and the project No.T110190504 in the frame of an "Information Society Program" of the Academy of Sciences of the Czech Republic were the most recent ones.

References

- Paluš, M., Novotná, D. & Zvelebil, J. 2004. - Fractal rock slope dynamics anticipating collapse. *Phys. Review E*, 70.
- Vařilová Z. 2002. - A review of selected sandstone weathering forms in the Bohemian Switzerland National Park, Czech Republic, in Příkrýl R. & Viles H. (eds.), *Understanding and managing of stone decay* (SWAPNET 2001): 243-261, Charles University of Prague, The Karolinum Press, Prague.
- Vařilová Z. & Zvelebil J. 2005 (in print). - Catastrophic and episodic events in sandstone landscape: slope movements and weathering issue, in Čílek V., Härtel H. & Herben, T. (eds.), *Sandstone Landscapes / Treatise* (main chapter - 18 pages).
- Zvelebil J. 1985. - Time prediction of a rock fall from a sandstone rock slope. *Proc. 4th Int. Symp. on Landslides* 3:93-96, Toronto.
- Zvelebil J. 1989. - Engineering geological aspects of rock slope development in Děčín Highland, NW Bohemia (in Czech). PhD Thesis, Charles University, Prague.
- Zvelebil J. 1995. - Determination of characteristic features of slope movements present day activity by monitoring in thick-bedded sandstones of the Bohemian Cretaceous basin. *Acta Universitatis Carolinae, Geographica, Supp.* 79-113, Praha.
- Zvelebil J. 1996. - A Conceptual Phenomenological Model to Stability Interpretation of Dilatometric Data from Rock Slope Monitoring, in Seneset K. (ed.), *Landslides, Proc VIIth Int. Symp. on Landslides: 1473-1480*. Balkema, Rotterdam.
- Zvelebil J. & Moser M. 2001. - Monitoring Based Time-Prediction of Rock Falls: Three Case-Histories. *Phys. Chem. Earth (b)* 26,2:159-167.
- Zvelebil J. & Park H. D. 2001. - Rock Slope Monitoring for Environment – Friendly Management of Rock Fall Danger. *Proc. UNESCO/IGCP Symposium «Landslide Risk Mitigation and Protection of Cultural and Natural Heritage», 15-19 January, Tokyo: 199-209*.
- Zvelebil J. & Stemberk J. 2000. - Slope Monitoring in Nature-Friendly of Rock Fall Danger from Sandstone Rock Walls in Děčín Highland, NW Bohemia. *Proc VIIIth Int. Symp. on Landslides, Cardiff*.

Résumé da la présentation

Risques géologiques dans un relief gréseux et possibilités de les réduire: gestion du risque de chutes de roches au parc naturel de la «Suisse de Bohême»

Mots-clés: Grès; instabilité de déblais de pente; chute de roche; évaluation et réduction de risque; réseau de surveillance; travaux réparateurs

Les grès stratifiés massifs à stratification subhorizontale d'âge Crétacé constituent le substrat rocheux du parc national de la Suisse de Bohême (au nord-ouest de la Bohême). Le relief propre au grès et la grande biodiversité liée au relief, qui attirent les touristes, vont de pair avec un risque élevé de chute de roche. Néanmoins, les chutes de roches doivent être considérées comme partie intégrante de l'évolution naturelle et actuelle des pentes dans le grès du parc. Pour diminuer le risque pour les gens et pour l'infrastructure, un système intégré pour la gestion efficace du risque par chute de pierre, respectant la conservation de nature et nécessitant un aménagement raisonnable, a été présenté et se trouve en phase d'essai.

La gestion débute par l'identification à l'échelle régionale (1:10.000) de zones à risque pour les chutes de roches spécialement dans des endroits particuliers: dans les secteurs peuplés, le long des voies de communications et des principaux sentiers touristiques. Pour ces secteurs on établit à l'échelle de 1:1000 et 1:2000, des cartes géologiques pour ingénieurs et un relevé des objets instables. L'instabilité de chaque objet instable est classée de 1 à 4, en fonction de l'évolution de la pente dans le temps. Seuls les objets incontestablement et immédiatement dangereux subissent un traitement technique, sont stabilisés ou enlevés. Les autres sont surveillés afin d'obtenir des informations quantitatives sur le mouvement réel de la masse rocheuse et sur la cinématique actuelle des glissements de terrain. Par cette surveillance on diminue les incertitudes des données recueillies et on compense certains inconvénients des approches

géomécaniques de l'évaluation de la stabilité des pentes de roche. En conséquence, le nombre de demandes d'interventions techniques a sensiblement diminué. En fait, pour 90% des roches instables de l'inventaire, la surveillance peut se substituer respectivement retarder pour des dizaines d'années les mesures réparatrices techniques.

A côté des dilatomètres portatifs, des tiltmètres et des bandes extensométriques, un système automatique pour l'acquisition de données, un transfert à longue distance, la visualisation en ligne (Internet), et le stockage des résultats la surveillance ont été récemment présentés. Les différentes étapes du processus de préparation d'une chute de roche, y compris la détection des précurseurs immédiats d'une chute, sont détectées en considérant les différentes caractéristiques de la dynamique du mouvement de pente. Le diagnostic tout à fait fiable de l'état immédiat de danger (avec des intervalles de lecture et d'évaluation toutes les secondes), aussi bien que ses prévisions à court et moyen terme (d quelques jours à 2 ans) sont actuellement à notre disposition.

Les modèles empiriques et phénoménologiques, jadis seuls, sont maintenant accompagnés d'analyses numériques et de modèles tenant compte des théories récentes de la dynamique des mouvements en pente. Particulièrement sur ce dernier point, un projet de quatre ans a démarré cette année-ci au parc en vue d'établir et tester un système d'expertise unique et hautement automatisé basé sur l'évaluation du risque à partir des données de la surveillance.

Similitudes et différences dans l'art rupestre post glaciaire de Cantabrie (Espagne), Bassin parisien sud (France), Picardie, Oise et Aisne (Tardenois, France), Vosges du nord (Bas Rhin et Moselle, France) et Luxembourg

Marie-Claude AUFFRET & Jean-Pierre AUFFRET

303, Quai aux fleurs, F-91000 Evry
jean-pierre.auffret5@wanadoo.fr

GERSAR - Groupe d'études, de recherches et de sauvegarde de l'art rupestre

Résumé

Les pétroglyphes des zones précitées comportent de nombreuses analogies tant au niveau du graphisme lui-même que de la répartition spatiale des gravures. Le sillon apparaît comme constante majeure de toutes ces zones. Les cupules, quadrillages, marelles, cruciformes, lancéolés et soléiformes sont également souvent présents. Les dissemblances sont essentiellement liées au contexte géologique. Les zones gréseuses possèdent des formes variées telles que chaos rocheux présentant de nombreuses cavités dans le Bassin Parisien et en

Picardie et falaises gréseuses en Cantabrie, dans les Vosges du Nord et le Luxembourg. La différence la plus significative se situe au niveau de la datation des sites qui va du mésolithique (région parisienne et Picardie) à l'Age de Bronze (Cantabrie), en passant par le néolithique pour les Vosges du Nord et le Luxembourg. Néanmoins ce patrimoine semble menacé par des facteurs naturels (l'érosion) et des facteurs anthropiques (fréquentation importante des zones gréseuses, pollution atmosphérique)

Similitudes

Similitudes des principaux pétroglyphes

Le motif prépondérant de toutes ces zones, le sillon est généralement naviforme. Les sillons sont habituellement perpendiculaires au sol ou à la bordure de la roche sur laquelle ils ont été gravés. Si l'on établit une comparaison au niveau des sillons on constate une analogie dans les longueurs, largeurs, profondeurs moyennes et l'espacement.

L'autre motif omniprésent est la cupule. Dans le massif de Fontainebleau les cupules se rencontrent en grand nombre elles sont rarement reliées entre elles par un sillon comme au Luxembourg. On trouve quelquefois des cupules au bord desquelles ont été gravés des sillons (Fontainebleau, Luxembourg).

Les grilles, motif principal du Massif du Fontainebleau, se rencontrent également dans les Vosges

du Nord. Les lancéolés sont présents dans le massif de Fontainebleau et au Luxembourg. Les cruciformes se rencontrent dans les massifs de Fontainebleau et Ermenonville; les soléiformes dans les massifs de Fontainebleau, Ermenonville, Tardenois et Vosges. Les marelles diverses se trouvent également présentes dans presque tous les massifs. L'utilisation des formes apparaît dans la plupart de ces massifs (sillons sur arête, utilisation de dépressions naturelles, utilisation d'excroissances rocheuses).

Nous pouvons également constater que l'on peut rencontrer dans toutes les régions gréseuses précitées des incisions variables dans leur dimension et avec un profil soit arrondi soit triangulaire. La plupart des gravures ont été exécutées par frottement-abrasion en général avec des outils en pierre soit silex soit grès dur. Il existe quelques pétroglyphes piquetés.

Une autre constante: les pétroglyphes se rencontrent généralement sur des parois lisses, facilement accessibles, soit verticales, soit inclinées ou horizontales. Dans les régions de Fontainebleau, Ermenonville et du Tardenois les pétroglyphes se

situent toujours dans des grès de bonne qualité.

La répartition spatiale des pétroglyphes elle aussi présente une analogie. L'écartement entre les sillons possède des dimensions similaires. Quant à des motifs plus complexes, tels qu'un ensemble de grilles, pour lesquels il n'a pas encore été établi d'organisation on peut rapprocher la répartition spatiale des sous ensembles (par exemple entre la distribution des grilles de Fontainebleau et le panneau d'Hinterfelsen dans les Vosges du Nord).

Orientation des gravures

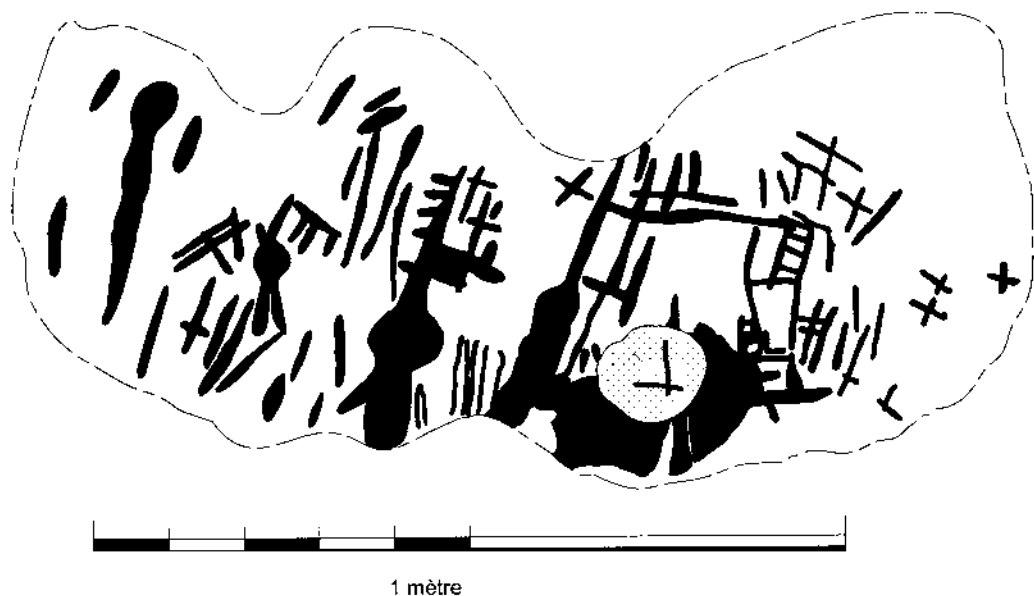
Il semble que dans aucunes des régions précitées les pétroglyphes connaissent une orientation géographique préférentielle ou une altitude privilégiée. Ce qui diverge est le degré de concentration des gravures. Certaines vallées du massif de Fontainebleau et du Tardenois connaissent de forte concentration. Dans ce cas il existe en général un abri majeur et d'autres abris d'un intérêt moins élevé.

Similitude dans l'environnement

Il semblerait que de la Cantabrie jusqu'au Luxembourg les graveurs préhistoriques n'aient pas été insensibles à la beauté des lieux. On trouve souvent les pétroglyphes à des emplacements d'un pittoresque remarquable (point de vue, parois rocheuses vertigineuses, roches sculptées par l'érosion, roches présentant des formes animales ou humaines). Nous pouvons légitimement penser que les hommes préhistoriques associaient l'imaginaire naturel à la représentation du beau.

Habitat et mobilier

Les pétroglyphes ne sont systématiquement liés à des habitats. A Fontainebleau la plupart des abris ornés n'ont pas été habités au demeurant très peu sont habitables. Dans l'ensemble des zones étudiées il a été trouvé des outils en pierre, parfois des tessons de poteries et des traces de foyer près de quelques sites. De nombreux endroits n'ont pas encore fait l'objet de fouille. Néanmoins le trait commun vient du fait qu'il malaisé d'établir une stratigraphie étant donné la qualité des sols.



L'abri du Cubular (Cantabrie) . Relevé du bloc gravé

Fig. 1: Exemple de similitude : cupules et sillons (cf. Fig. 2).

Premiers chercheurs

Les premiers écrits relatifs aux pétroglyphes datent du milieu du XIX^{ème} siècle : Jean Engling (1847) pour le Luxembourg, Amand de Vertus (1864) pour le Tardenois, Jules Quicherat et Capitaine Castan (1876) pour le Massif de Fontainebleau, Charles Matthis (1911) pour les Vosges du Nord.

Sauvegarde

Un autre point commun se situe au niveau de la conservation de ce patrimoine qui se voit menacé par des facteurs naturels (l'érosion) et des facteurs anthropiques (fréquentation importante des zones gréseuses, pollution atmosphérique, urbanisation, exploitation du grès, et extraction du sable). L'érosion est particulièrement sensible dans les Vosges du Nord et le Luxembourg. Quant aux dégradations aucune région n'est à l'abri du vandalisme. Tous ces sites connaissent à l'heure actuelle ce que nous appellerons les «graffiti de touristes».



Fig. 2: Exemples de similitude : cupules et sillons (suite).

Les parades pour éviter ces dégradations sont similaires dans toutes les zones : pose de grilles, pose de murets cimentés pour les abris sous roche à entrée étroite, détournement de sentier de randonnée et d'escalade.

Autres utilisations préhistoriques des rochers

Au niveau des manifestations pré et protohistoriques outre l'art rupestre nous pouvons observer sur la plupart de ces zones, des pierres à glissades (Massif de Fontainebleau, Picardie et Vosges du Nord) ou des glissoirs rupestres au Luxembourg.

Légendes et toponymie

De nombreuses légendes s'attachent aux roches portant des pétroglyphes et ces légendes restent vivaces dans les zones peu urbanisées telles que les Vosges du Nord.

Le nom même des sillons au Luxembourg «Schleif-rillen» (rainures de polissage) et dans les Vosges du Nord «Teufelsrillen» (griffes du diable) semble lourd de signification.

Nous pouvons également nous interroger sur les noms tels que Mare aux Fées, Roche aux Fées, Hottée du Diable, Goetzenberg, Hüttenberg, Wolfsfels.

Différences

Le cas des anthropomorphes

Si nous pouvons aisément établir des comparaisons entre différents signes, les anthropomorphes, quant à eux, sont représentés de façons totalement dissemblables entre les différentes zones et également distinctes au sein de ces zones voire même au sein d'un même abri. Nous trouvons des représentations anthropomorphiques en Cantabrie, massif de Fontainebleau, Tardenois et Luxembourg.

Différences géologiques

La différence la plus frappante entre ces zones est directement liée au facteur géologique. Les grès ont été formés à des périodes différentes ce qui entraîne des roches aux formes et à la texture assez éloignées.



Fig. 3: Exemple de similitude : cupules et sillons (fin).

A Fontainebleau et environs nous rencontrons des grès stampiens (oligocène), en Picardie des grès auversiens (eocène) dans les Vosges du Nord des grès allant du trias inférieur au jurassique supérieur, au Luxembourg du grès hettangien dit grès du Luxembourg (Jurassique inférieur) enfin en Cantabrie des grès wealdiens (crétacé inférieur)

Ces différents grès présentent un grain et une couleur variée (jaune en Cantabrie et au Luxembourg, gris/blanc Bassin Parisien et Picardie, rose dans les Vosges du Nord). Ils donnent des massifs aux formes variées telles que chaos rocheux gréseux présentant de nombreuses cavités dans le Bassin Parisien et en Picardie, falaises verticales en Cantabrie, falaises rocheuses et quelques abris sous roche dans les Vosges du Nord et le Luxembourg.

Les pétroglyphes du Massif de Fontainebleau, d'Ermenonville et du Tardenois ont été effectués dans des abris sous roche et généralement dans la zone éclairée par la lumière du jour de ces cavités. Il existe peu d'abris de plein air dans ces secteurs,

la plupart sont des dalles qui semblent avoir été déplacées ou des rochers qui ont basculé. Nous utilisons le terme « d'abri orné ». Au contraire dans les Vosges du Nord et au Luxembourg les pétroglyphes se trouvent rarement dans des abris mais en général au pied de falaises rocheuses.

L'érosion n'est pas un facteur égal dans toutes les zones étudiées. Elle est modérée dans le massif de Fontainebleau et la Picardie et notable dans les Vosges du Nord et le Luxembourg. Dans le bassin parisien on peut constater une dislocation de la table de grès entraînant des ruptures de roches et l'accroissement de l'ensablement. Dans l'est de la France et le Luxembourg les photos et relevés nous permettent de mesurer à quel point l'érosion est actuellement en phase de croissance.

Différence de datation

La différence la plus significative se situe au niveau de la datation des sites qui va du mésolithique

(région parisienne et Picardie) à l'Age de Bronze (Cantabrie), en passant par le néolithique pour les Vosges du Nord.

Si ces dates sont difficilement contestables il semble possible, compte-tenu des similitudes énoncées ci-dessus, de penser que la culture du pétroglyphe depuis le mésolithique a connu une diffusion vers le nord puis vers le sud.

Bibliographie

Engling J. 1847. – Volume III Publ. Sect. Hist.

Fischer R. 2003. – Rochers des Vosges du Nord et du Sud Palatinat. Vol. 1-3. Editions Scheuer.

García Guinea M. A. 1996. – Cantabria Guía Artística. Ediciones de Librería Estudio.

Hinout J. 1974. – Abris ornés des Massifs gréseux du Tardenois (Aisne). Cahier Archéologiques de Picardie.

Matthis C. 1911. – La préhistoire de Niederbronn. Bulletin de la société préhistorique Française.

Poignant J. 1995. – Histoire des recherches sur l'art rupestre de l'Ile de France. GERSAR.

Quicherat J. 1868. – Rochers inscrits à Ballancourt sur Essonne. Bull. de la Soc. des Antiquaires de France.

Schneider E. 1939. – Material zu Einer archäologischen Felskunde des Luxemburger Landes. Druck und Verlag Hofbuchdruckerei Victor Bück, Luxembourg, 324 p.

Vertus, de A. 1864. – Histoire de Coincy, La Fère, Oulchy. Laon.

Abstract of the presentation

Similarities and differences in post glacial rupestral art of Cantabria (Spain), southern Paris basin (France), Picardy, Oise and Aisne (Tardenois, France), Vosges du Nord (Lower Rhine and Moselle, France) and Luxembourg

Keywords: rock art; ornamented shelters; grooves and grids; conservation

The sandstone rock engravings of these zones present many similarities. The resemblances exist as well on the level of the graphics itself as on that of the spatial distribution of the rock engravings. The grooves are the main constant pattern of all these zones. Grid and cruciform patterns - although least frequent on some areas - are found in almost all the mentioned places.

Another common feature is the preservation of this heritage which is threatened by natural factors (erosion) and anthropic ones (high people frequency of the sandy zones, air pollution).

Erosion is particularly sensitive in the Northern Vosges and Luxembourg. Vandalism spares no area.

In addition to rupestral art stones with slips and polishing stones can be observed on the majority of these zones, dating from the pre- and proto-historic times.

The differences are mainly related to the fact that the sandy zones have varied features such as rock chaos including many cavities in the Paris Basin and in Picardy, and sandy cliffs in Cantabria, in the Northern Vosges and Luxembourg. In the first case engravings are produced under rock shelters whereas in the second case engravings are present in open air spaces. The most significant difference is at the level of the dating of the sites that goes from the Mesolithic (Paris area and Picardy) till the Bronze Age (Cantabrie), passing by the Neolithic for the Northern Vosges.

Aperçu de l'art rupestre des chaos gréseux stampien du Massif de Fontainebleau (France)

Alain BÉNARD

GERSAR - Groupe d'études, de recherches et de sauvegarde de l'art rupestre
59, square Georges Guynemer, F-91070 Bondoufle
alain.benard.gersar@wanado.fr

Mots-clés: grès stampiens; abris ornés; gravures; répertoire non figuratif; mésolithique

Résumé

Cet art rupestre est conditionné par la présence des grès dits de Fontainebleau, datant de l'ère Tertiaire, période Oligocène, étage du Stampien. Cette formation géologique occupe tout le sud de l'Ile-de-France. Elle se présente sous forme de chaos résultant du démantèlement du banc initial appelé localement platière et qui constituent des cavités de taille réduite et de faible profondeur.

Ces cavités, dénommées abris ornés, renferment un art rupestre gravé au répertoire stéréotypé et peu varié. Il est constitué en grande majorité de quadrillages qui sont le motif emblématique de l'art rupestre de Fontainebleau, de cupules, de sillons isolés ou par paires ou bien en séries parallèles. Nous avons également des chevrons, des lancéolés et des motifs géométriques plus élaborés comme les triples enceintes ou les rouelles. Des tracés semi-figuratifs sont présents: zoomorphes, anthropomorphes, haches...

La répartition des gravures dans les abris ne semble pas répondre à une quelconque organisation. L'impression de désordre et de juxtaposition aléatoire des motifs est dominante.

Les tracés ont été obtenus par des mouvements abrasifs répétitifs à l'aide d'un fragment de grès appelé gravoir dont les arêtes fonctionnelles montrent un émoussé caractéristique. La technique dite linéaire est également utilisée mais moins souvent. Le piquetage est très rare.

Les grandes caractéristiques de l'art rupestre bellifontain

Le support rocheux, le grès, roche sédimentaire est ici d'une dureté très variable. Il se présente sous forme d'un banc appelé localement platière, disloqué par l'érosion sur ses bordures et constituant ainsi des chaos de pente. Les abris sont constitués par des auvents sous platières, des

Cet art rupestre est attribué pour l'essentiel au Mésolithique. La présence de gravures protohistoriques a été récemment mise en évidence. Nous avons également un ensemble gravé daté des périodes médiévales.

La signification de l'art rupestre de Fontainebleau reste hypothétique. Sa présence exclusivement sous abris, sa grande dispersion avec plus de 1200 abris ornés, l'absence d'organisation, son caractère non figuratif et stéréotypé amènent une hypothèse de rites répétitifs de nature votive. Cette interprétation ne vaut que pour les gravures attribuées au Mésolithique. Les autres corpus, protohistoriques ou médiévaux, sont trop peu représentés pour nourrir des hypothèses sur leur signification. Signalé pour la première fois en 1864 à Ballancourt, Essonne, l'art rupestre dit de Fontainebleau est représenté à ce jour par près de 1200 abris ornés, d'intérêt variable, répartis dans l'ensemble de la zone gréseuse stampienne du sud de l'Ile-de-France dénommée par commodité «massif de Fontainebleau». Depuis 1864, les découvertes se sont succédées pendant de longues années, fruits des prospections d'un grand nombre de chercheurs parmi lesquels G. Courty (de 1901 à 1929) et J. Baudet (de 1947 à 1963). En 1975, la création par une équipe constituée de bénévoles, du Groupe de recherches et de sauvegarde de l'art rupestre (GERSAR) a permis la reprise en profondeur du sujet: inventaire exhaustif des abris ornés et multiplication des campagnes de relevés intégraux.

chambres formées de blocs d'éboulement ou de cavités dites géodiques car subsphériques situées dans l'épaisseur des blocs rocheux.

Les gravures sont toujours disposées sous abris, plus ou moins cachées par des surplombs. Le souci de discrétion est évident. Elles ont été obtenues essentiellement par des mouvements d'usage, en vas et vient répétitifs, sur une profondeur variable. La technique de tracé dite linéaire est présente mais peu répandue compte tenu de la dureté du



Fig. 1: Villeneuve-sur-Auvers. Essonne. Abri orné du Village. Panneau de droite. 1. cuvettes naturelles. 2. cupule. D. desquamation superficielle de la roche. E. enlèvement anthropique. F. fissures naturelles. Relevé GERSAR.

grès et de sa texture qui se prêtent peu à cette méthode contrairement au calcaire par exemple. Le tracé par piquetage est très rare.

La répartition des gravures dans les abris ne semble pas répondre à des règles bien précises et le désordre est apparent. Seuls quelques sous ensembles, sillons parallèles le long d'une fissure ou d'une corniche ou cupules avec sillons radiants, peuvent indiquer un début d'organisation.

Les motifs représentés

Le répertoire de base de l'art rupestre bellifontain est peu varié et stéréotypé. Le motif le plus fréquent est le quadrillage dont les très nombreux exemplaires sont de tailles et de factures variables. Nous trouvons également un très grand nombre de sillons simples, isolés, par paire, en séries parallèles ou en semis. Nous avons également des arboriformes, des scalariformes et des motifs ovalaires vulviformes.

A ce répertoire schématique géométrique s'ajoutent quelques motifs moins fréquents, au style semi-figuratif: anthropomorphes, lancéolés, armes, zoomorphes, rouelles, soléiformes ...

Enfin, un répertoire hétérogène et plus figuratif nous montre la pérennité de l'art rupestre à Fontainebleau, de la préhistoire nos jours: croix à socles, outils, triples-enceintes ...

La datation et ses difficultés

Les motifs gravés, mêmes les semi-figuratifs, sont peu parlants et ne permettent pas de rapprochements pertinents avec des sujets bien datés par ailleurs. Les comparaisons stylistiques avec d'autres sites d'art rupestres similaires n'apportent que peu d'information.

L'approche de la datation est donc indirecte: niveaux archéologiques recouvrant des parois ornées ou présence de fragments de grès ou de silex aux tranchants émoussés interprétés comme des outils à graver et dénommés gravoirs.

A ce jour, un seul abri orné, la «grotte à la peinture» à Larchant, fouillée par J. Hinout, a donné un début de solution à la datation des pétroglyphes de Fontainebleau. Dans cet abri, un panneau orné de motifs caractéristiques était effondré et recouvert par des niveaux archéologiques, ce qui a permis au fouilleur de dater les gravures du Mésolithique et plus particulièrement du Sauveterrien.



Fig. 2: Rochefort-en-Yvelines, Yvelines. Abri orné du Normont. Panneau orné de gauche. c. concavités naturelles. e. enlèvements superficiels de la roche. f. fissures naturelles. B. zones bouchardées. P. zones piquetées. Relevé GERSAR.

Il reste à préciser la datation des motifs semi-figuratifs, dont l'appartenance à l'ensemble gravé attribué au Mésolithique n'est pas prouvée. Des attributions chronologiques aux périodes protohistoriques ou historiques sont avancées. L'existence de gravures remontant à l'Age du Bronze a été récemment mise en évidence sous formes d'une composition constituée de trois motifs associés, une pointe de lance, un bouclier et une épée. Bien que de facture maladroite, cette association ne peut être fortuite et présente un stéréotype se retrouvant sur les stèles dites «ibériques» datées de l'Age du Bronze Final. Cette découverte très éloignée de ses points de comparaisons est surprenante.

Nous citerons pour mémoire la présence dans le massif de Fontainebleau de témoins de l'art rupestre paléolithique : le cheval peint de Boutigny-sur-Essonne et le cheval gravé de Noisy-sur-Ecole.

Interprétation et signification

L'art rupestre de Fontainebleau est peu parlant: non figuratif pour l'essentiel, absence d'organisation et de composition, graphisme élémentaire. L'extension de l'aire de répartition des abris ornés de type Fontainebleau, mise en évidence par des prospections récentes, aux régions voisines comme le massif forestier de Rambouillet, enlève au massif de Fontainebleau la qualité possible de site



Fig. 3: 3. Forêt domaniale de Fontainebleau. Seine-et-Marne. Mont Aiveu. Anthropomorphe. Relevé GERSAR. 4. Noisy-sur-Ecole. Seine-et-Marne. La Roche aux Sabots. Arboriformes. Relevé GERSAR. 5. Forêt domaniale de Fontainebleau. Seine-et-Marne. Abri orné des Béorlots. Cervidés se suivant. Relevé A. Bénard.

sanctuaire, lieu privilégié et géographiquement bien défini où les «fidèles» devenaient pèlerins pour graver dans les abris.

La présence des cavités est néanmoins un point essentiel et signifiant. Le caractère rudimentaire, non organisé et répétitif du répertoire gravé pourrait correspondre à une succession de gestes votifs de la part des graveurs, se succédant de façon espacée sans associer leurs gestes aux précédents.

Il est difficile d'aller plus avant dans la compréhension des pétroglyphes de Fontainebleau sans tomber dans le spéculatif non fondé.

Bibliographie

Bénard A. 1993. - La notion de site sanctuaire dans l'art rupestre du massif de Fontainebleau. Actes de la journée archéologique de l'Essonne: 34-39, Brunoy. Centre municipal de culture et de loisirs.

Bénard A. 2000. - L'art rupestre de Fontainebleau : actualité de la recherche. Actes des congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques, 125ème: 169-181, Lille.

G.E.R.S.A.R. 1988. - Initiation à l'art rupestre du massif de Fontainebleau. Milly-la-Forêt, 32 p.

Hinout J. 1993. - La grotte à la peinture à Larchant (Seine-et-Marne). Préhistoire et Protohistoire en Champagne-Ardenne ? : 25-57.

Tassé G. 1982. - Pétroglyphes du Bassin Parisien. Supplément à Gallia Préhistoire, CNRS, Paris, 185 p.

Abstract of the presentation

Outline of the rupestral art of the stampian sandstone landscape in the ridges of Fontainebleau (France)

Keywords: Stampien sandstone; ornamented shelters; engravings; non-figurative catalogue; Mesolithic

This rock art is conditioned by the presence of the so-called Fontainebleau sandstones, dated from the Tertiary era, Oligocene period, stage of Stampien. This geological formation is found in all the southern part of Île-de-France. It looks like a chaos resulting from the dismantling of the initial bench locally called water-splash and which forms cavities of reduced size and depth.

These cavities, called ornamented shelters, contain an engraved rock art with stereotyped and weakly varied catalogue of patterns. It consists mostly of grid patterns which are emblematic for rock art at Fontainebleau, cups, single or double grooves or organised in parallel series. Chevron, lance shaped patterns can be observed as more elaborate geometrical patterns like triple enclosures or the round slices. Semi-figurative layouts are present: zoomorphic and anthropomorphic figures, axes...

The distribution of engravings in the rock shelters does not seem to answer to a specific organization. The impression of disorder and random juxtaposition of the motives are dominant.

The design is obtained by repetitive abrasive movements using a sandstone fragment called graver whose functional edges show a characteristic blunt. The technique known as linear is also but less often used, while the staking is very rare.

This rock art is mostly dated from the Mesolithic. The presence of proto-historic engravings was recently highlighted. An engraved unit is also dated from the medieval age.

The meaning of the Fontainebleau rock art remains hypothetical. Its location exclusively under shelters, its great widespread with more than 1200 decorated sites, the absence of organization, its non-figurative and stereotyped character bring an assumption of repetitive rites of votive nature. This interpretation is worth only for the Mesolithic engravings. The other proto-historic or medieval corpus are too much weakly represented to fill out hypotheses on their meaning.

A Prehistoric Sandstone Landscape: Camonica Valley, Italy

George DIMITRIADIS

Department of Archivistics, University of Lecce
Via Golgi, 24, I-25038 Rovato (Bs)
giorgio.dimitriadis@cheapnet.it

Keywords: Camonica Valley; Prehistoric Art; Sandstone

Abstract of the presentation:

Valcamonica is a 90 km long alpine valley situated on the northwest department of Brescia. It is the longest Italian valley, delimited to the north by Aprica mountain along Tonale pass and opening southwards to lake Iseo in which runs the river Oglio.

Approximately during two million years, since the beginning of the Quaternary, Valcamonica has been covered several times by thousand metres of ice. At that time the landscape reminded Iceland or the Antarctic. Erosion activity of the glaciers dragged amounts of detritus and sand, giving the valley its U-shape profile. In the same way the harder cliffs were smoothed and streaked shaping natural oil cakes. After the last glacier tongue withdrew around 10.000 B.C. inhabitants started to express their iconographical art. In fact the large glaciers of the Pleistocene withdrew from northern Italian plains between 14.000 and 10.000 years B.C.

Like all alpine valleys Valcamonica is very sensitive to climatic variations, due to the influence of the fluctuations of perennial snow lines impressed on the environment. As it turns out from the granulometric analysis recovered in datable layers, the valley's climate has constantly changed during the last 12.000 years. The

steep walls of the mountains are limekilns, violet sandstone (Pietra Simona) or red/green and grey sandstone (Verucano Lombardo), gneiss, schist, mica-schist and quartzose mica-schist (Schist of Edolo).

Generalizing, the lithologic distribution of the valley, rich in rock engravings, can be divided in three great areas: 1. the southern part of the valley (Gianico and Piancamuno) with presence of mica-schist and gneiss; 2. the central part (Darfo, Nadro, Capo di Ponte and Sellero) with presence of sandstone and quartzose schist vein, in which the highest percent of rock art concentration is recorded; 3. the northern part (Edolo) with quartzose mica-schist and granite.

The stylistic evolution of prehistoric art of Valcamonica can be divided synthetically in three major periods:

1. Proto-Camuno (Epi-Palaeolithic, <6.000 B.C.);
2. Camuno I-IV, subdivided in:
 - 2.a. Neolithic I (-5.000-3.800 B.C.); Neolithic II ABC (-3.800-2.800 B.C.);
 - 2.b. EBA III A (2.800-2.000 B.C.);
 - 2.c. MBA III BCD (2.000-1.100 B.C.);
 - 2.d. Iron IV ABCDEF (1.100-16 B.C.);
3. Post-Camuno (Roman and Medieval).

Résumé de la présentation

Un paysage gréseux préhistorique: Val Camonica, Italie

Mots-clés: Valcamonica; Vallée de Camonica; art préhistorique; grès; Italie

Valcamonica est une vallée alpestre longue de 90 kilomètres située sur le département de Brescia, au nord-ouest de l'Italie. C'est la plus longue vallée italienne, délimitée au nord par la montagne d'Aprica le long de la passe de Tonale et s'ouvrant au sud sur le lac Iseo dans lequel se jette la rivière Oglio.

Approximativement pendant deux millions d'années, depuis le début du quaternaire, Valcamonica a été couverte plusieurs fois par des milliers de mètres de glace. À ce moment-là le paysage rappelait l'Islande ou l'Antarctique. L'activité de l'érosion des glaciers, charriant des masses de détritiques et de sable a donné à la vallée son profil en «U». Les falaises les plus tenaces ont été lissées et striées par le même phénomène, formant les tourteaux normaux. Après que la dernière langue de glacier se soit retirée autour de 10 000 B.C., les populations ont commencé d'exprimer leur art iconographique. En fait les grands glaciers du pléistocène se sont retirés des plaines italiennes nordiques entre 14 000 et 10 000 ans B.C.

Comme toutes les vallées alpestres, Valcamonica est très sensible aux variations climatiques, dues à l'influence des fluctuations des lignes de neiges éternelles. Au regard de l'analyse granulométrique effectuée dans des couches datable, le climat de la vallée a constamment changé pendant les 12 000 dernières années. Les

parois abruptes des montagnes sont les limekilns, le grès violet (Pietra Simona) ou les grès rouge/vert et gris (Verucano Lombardo), le gneiss, le schiste, le micaschiste et le micaschiste de quartzose (schiste d'Edolo).

En gros, la distribution lithologique de la vallée, riche en gravures rupestres, peut être divisée en trois grands secteurs: 1. la partie méridionale de la vallée (Gianico et Piancamuno) avec la présence du micaschiste et du gneiss; 2. la partie centrale (Darfo, Nadro, Capo di Ponte et Sellero) avec la présence de la veine de grès et de schiste de quartzose, en laquelle la plus forte concentration d'art rupestre est enregistrée; 3. la partie nord (Edolo) avec le micaschiste et le granit de quartzose.

L'évolution stylistique de l'art préhistorique de Valcamonica peut être divisée synthétiquement en trois périodes principales:

1. Proto-Camuno (Epi-Palaeolithic, < 6,000 B.C.) ;
2. Camuno I-IV, subdivisé en :
 - 2.a. Néolithique I (~5.000-3.800 B.C.) ; Néolithique II ABC (~3.800-2.800 B.C.) ;
 - 2.b. EBA III A (2,800-2,000 B.C.) ;
 - 2.c. MBA III BCD (2,000-1,100 B.C.) ;
 - 2.d. Fer IV ABCDEF (1,100-16 B.C.) ;
3. Post-Camuno (romain et médiéval).

Grès et Préhistoire au Luxembourg: Rupture et continuité dans les stratégies d'implantation et d'approvisionnement liées aux formations gréseuses durant le Néolithique

Anne HAUZEUR

Section Anthropologie et Préhistoire de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique
Section Préhistoire du Musée national d'histoire et d'art de Luxembourg
anne.hauzeur@mnha.etat.lu

Foni LE BRUN-RICALES

Section Préhistoire du Musée national d'histoire et d'art de Luxembourg
241, rue de Luxembourg, L-8077 Bertrange
foni.le-brun@mnha.etat.lu

Mots clés: Bassin de la moyenne Moselle; Gutland; Buntsandstein; Hettangien; Néolithique ancien et moyen; habitats; matières premières; outillage en grès; meules; polissoirs

Depuis 1990, la pratique croissante de fouilles extensives a permis d'approfondir les connaissances sur les cultures de tradition danubienne présentes au Luxembourg entre la fin du VI^e millénaire et la première moitié du V^e millénaire (cultures du Rubané et de Rössen). L'examen des substrats géologiques sur lesquels ont été implantés certains habitats, et la mise en perspective diachronique de l'exploitation et de l'utilisation de différentes variétés de grès par les premières sociétés agro-pastorales du Bassin de la moyenne Moselle permet de dresser un état de la question.

Les occupations néolithiques sur substrat gréseux

À travers l'analyse de deux cas, l'un pour le Néolithique ancien (Altwies) et l'autre pour le Néolithique moyen (Waldbillig), certaines spécificités topographiques ont pu être mise en exergue par rapport à l'implantation traditionnelle des habitats de ces deux périodes.

Dans l'état actuel des connaissances, les sites du Rubané luxembourgeois sont essentiellement implantés dans le Gutland. Ils sont en général installés en fond de vallée (3) ou sur les faibles reliefs des plateaux à substrat liasique gréseux (8), sous-jacents à une importante couverture limoneuse, permettant une implantation aisée des structures domestiques (maisons et fosses détritiques). Dans ce contexte, l'occupation rubanée à Altwies-«Op dem Boesch», installée en bordure

de plateau directement sur le substrat des grès paraît originale, contraignant le groupe à trouver des solutions alternatives au schéma classique d'implantation des structures d'habitat (Hauzeur 2003).

Le village rubané occupe une position topographique dominante dans le paysage, en direction de la Moselle. Des failles tectoniques secondaires sont à l'origine de l'affleurement des Grès de Luxembourg et ont été comblées par des dépôts sédimentaires. Il est vraisemblable que la configuration du terrain a conditionné l'organisation générale du village, qui suit la ligne de faille. Normalement creusées le long des longs côtés des maisons, les fosses détritiques sont, dans ce cas-ci, installées en chapelet suivant la ligne de faille, perpendiculairement aux maisons. Par contre, l'orientation des bâtiments a conservé l'axe traditionnel NO-SE du Rubané nord-occidental, qui suggère que l'orientation des maisons possède une valeur socio-culturelle, voire symbolique, plus forte que le modèle d'implantation des fosses autour des habitations (Hauzeur 2005). Enfin, aucune trace d'extraction du grès n'a été observée.

Parmi les vestiges attribuables au Rössen, une occupation de plein air sur substrat gréseux à Bourglinster-«Staekaulen» est attestée et deux sites ont été implantés dans les substrats de grès dans le Müllerthal: un site sous abri à Christnach et une grotte-diacalse à Waldbillig.

Alors que les éléments de la culture matérielle de Waldbillig-«Karelsle» témoignent d'un mode de vie a priori similaire à celui des sites de vallées (Le Brun-Ricalens 1993), son implantation particulière dans une cavité peu accessible entre deux

miroirs de faille prône plutôt pour un espace voué à des activités spécialisées ou à un habitat-refuge. L'occupation de la fin du Rössen moyen est caractérisée par l'abondance des récipients céramique et les graines de céréales carbonisées. Plusieurs foyers y ont été repérés, ainsi que quelques trous de piquet, qui correspondraient à une claie, renforçant l'interprétation du site comme aire de stockage, voire de grillage de céréales (orge), sans annihiler la nature domestique du lieu.

L'implantation sur des plateaux, l'utilisation d'abris et de diaclases caractérisent la culture Rössen dans sa répartition occidentale et témoignent de l'extension du peuplement au-delà des aires et des niches écologiques habitées par les porteurs de la culture rubanée (Waringo 1989; Le Brun-Ricalens 1995).

Exploitation et utilisation des grès au Néolithique

Le grès occupe en général une place bien précise dans l'outillage en pierre utilisé au Rubané, réservé en particulier à la fabrication du matériel de mouture et de polissage.

Le site rubané de Remerschen-«Schengerwis», sur le rivage de la Moselle, a livré le plus grand nombre d'éléments en grès (N=168), avec des éléments de mouture réalisés en Grès de Luxembourg; sauf une pièce en grès bigarré fin très dur (Fig. 1:4). Les polissoirs sont plutôt façonnés dans les variétés fines des grès du Buntsandstein (Fig. 1:2,3), au contraire de la Lorraine où les Grès de Luxembourg seraient plus fréquemment employés (Blouet V., comm. orale). Un polissoir plat a été réalisé dans un grès fortement micacé, dont l'origine serait à rechercher du côté mosan à la frontière franco-belge (Faber A., MNHN, comm. orale).

Les sites des plateaux limoneux, Altwies (Fig. 1:1), Alzingen et Weiler-la-Tour, n'ont souvent livré qu'un ou deux éléments de mouture. Cette «absence» de meules contraste en particulier à Altwies avec la relative abondance des armatures de faucille en silex. Plusieurs blocs de Grès de Luxembourg en cours d'altération physico-chimique ont été observés dans les fosses et pourraient expliquer cette sous-représentation. Quelques rares exemples témoignent de l'utilisation des grès à conglomérat de base du Keuper et du grès coquiller dolomitique (Philippo S., MNHN, comm. orale). La nature vacuolée de ce dernier apparaît comme un choix très original. Outre un avantage fonctionnel, il pourrait avoir une connotation chronologique. Les polissoirs en Grès de Luxembourg sont seulement majoritaires à Alzingen, ce qui le rend proche des sites lorrains.

De manière générale, les quelques éléments de mouture soulignent une certaine diversité morphologique du matériel luxembourgeois, dépendant non seulement des variétés de grès utilisées mais aussi de leur emploi. L'épaisseur est en général moindre que pour les exemplaires plus tardifs. La notion de remploi est particulièrement perceptible par l'abondance des polissoirs à double cuvette.

Sur le niveau d'occupation Rössen de la «Karelslé» à Waldbillig, trois éléments de mouture ont été récoltés à proximité d'une grande structure de combustion centrale. Il s'agit d'un moulin complet apparié (Fig. 1:5-6), en grès bigarré, dont la structure pourrait avoir été fortement indurée par une chauffe intentionnelle. Le façonnage a été réalisé par un épannelage périphérique, puis une régularisation par bouchardage.

Un sondage sur le plateau de Bourglinster (Waringo 1989) livra un fragment lissé avec une cupule d'âge Rössen (Fig. 1:7) et de nombreux éléments de mouture furent récoltés en surface.

La majorité des pièces sont des meules mobiles brisées, réalisées en Buntsandstein, en grès du Keuper et de l'Hettangien. Les meules dormantes sont rares, une constante observée sur tous les sites néolithiques que ce soit en contexte domestique ou funéraire. Les éléments de mouture sont souvent mis en forme par un épannelage partiel des bords. Un dos a été entièrement façonné par polissage et un autre correspond à un miroir de faille. Les surfaces de travail portent le plus souvent des traces de bouchardage et de polissage, témoignant de l'utilisation intensive des pièces et de leur emploi.

Les polissoirs en cuvette sont soit des pièces conçues comme telles au départ, soit des remplois de meules. Mis à part une pièce en grès hettangien, les autres ont été façonnées dans les variétés de grès bigarré. Deux pièces se distinguent de l'ensemble par la présence d'une cupule façonnée par piquetage au centre d'un polissoir plat. L'une de ces pièces est très épaisse et ses extrémités ont été arrondies par bouchardage.

Interprétation diachronique: rupture ou continuité?

Les deux cas de sites implantés sur ou dans le substrat gréseux témoignent d'une certaine originalité dans le choix de l'installation. Le site rubané d'Altwies apparaît comme un choix contraignant mais géo-stratégique par sa position en bordure de plateau en éperon, tandis que le site Rössen de Waldbillig semble répondre à un choix fonctionnel. Par ailleurs, les sites en grotte étant attestés dès le

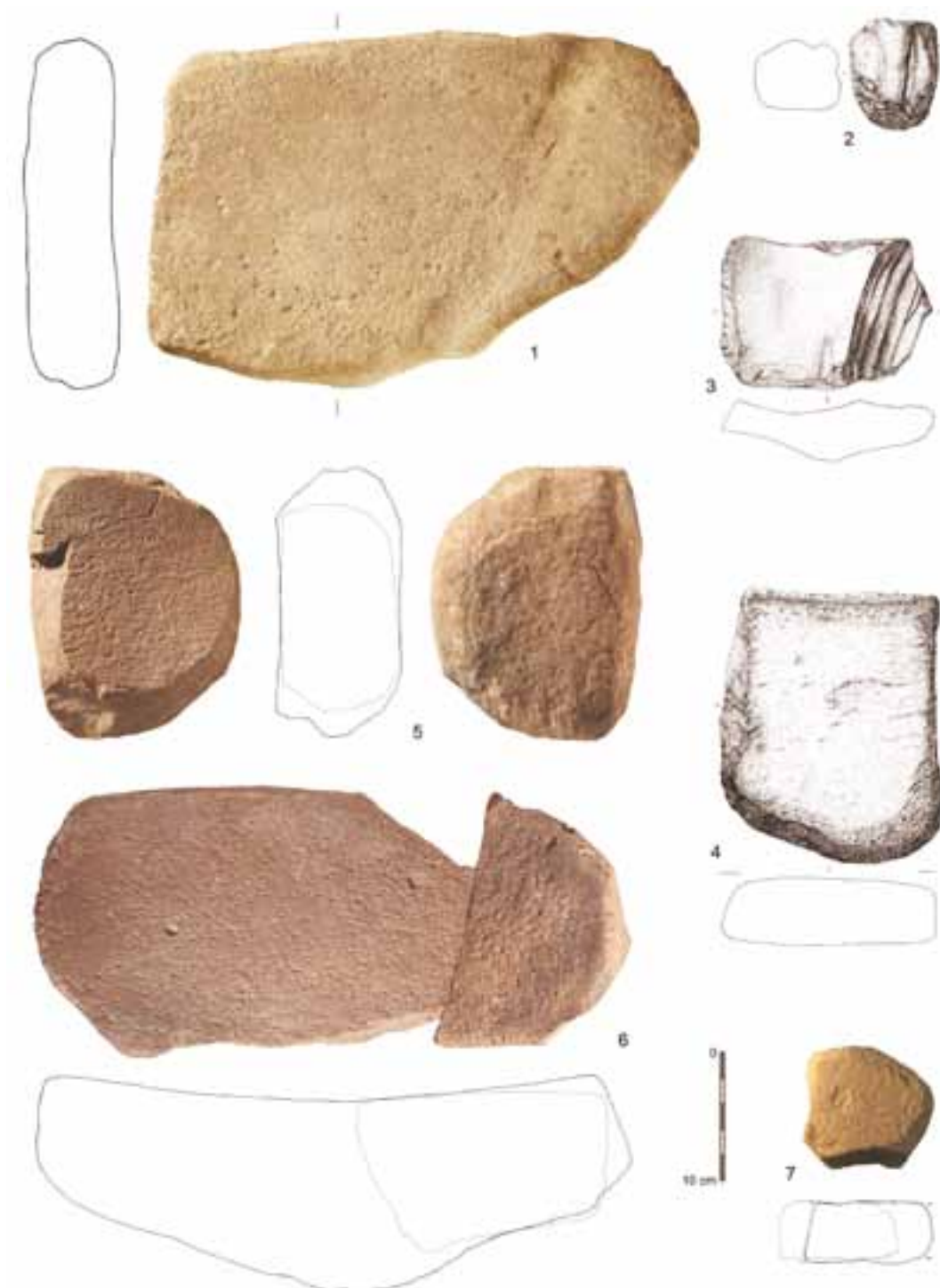


Fig. 1: Exemples d'outillage en grès. 1. Meule-polissoir (Altwies). 2. Grès à sillons. 3. Polissoir mixte. 4. Meule mobile (Remerschen). 5-6. Moulin (Waldbillig). 7. Grès à cupule (Bourglinster).

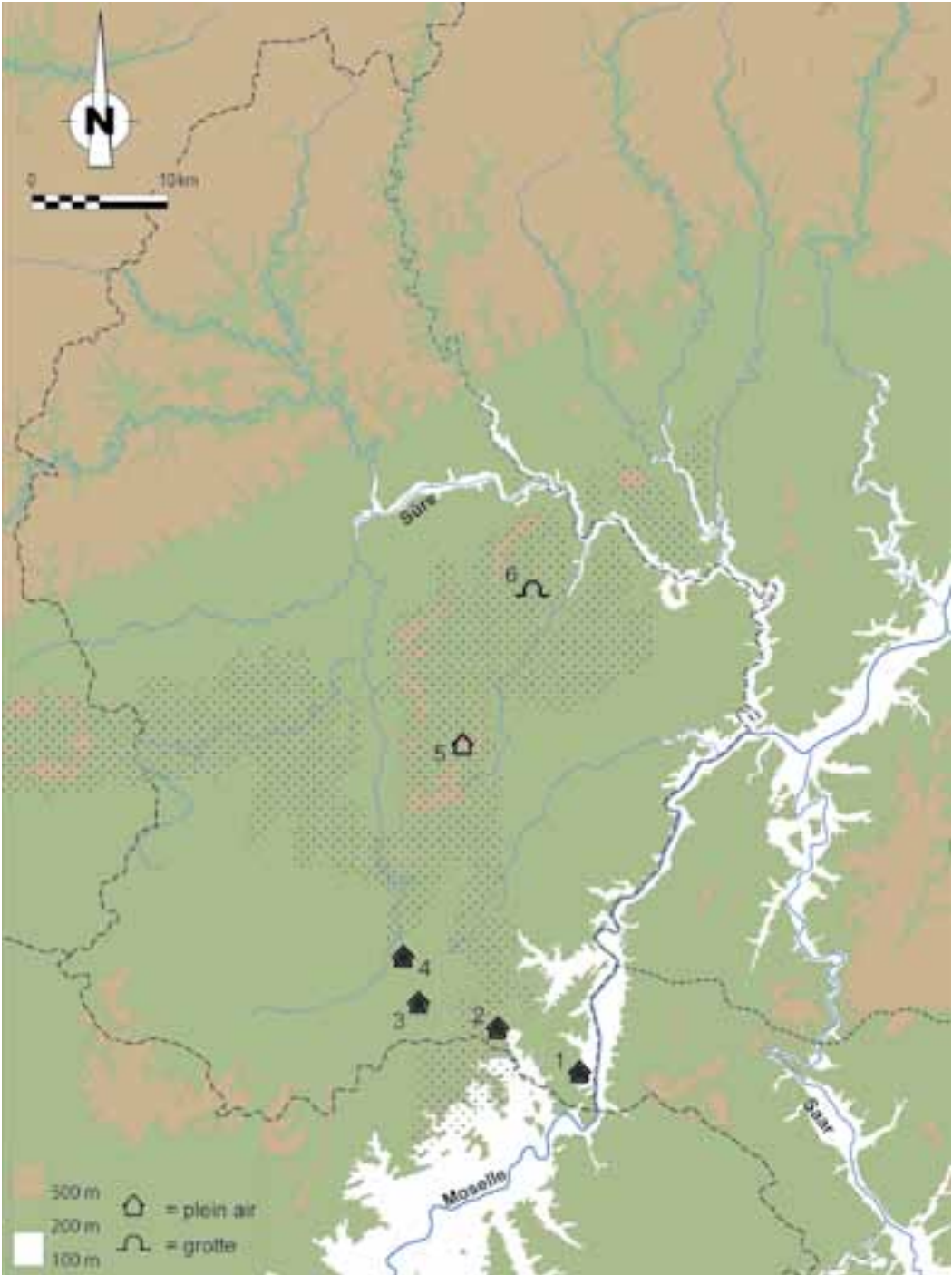


Fig. 2: 1. Remerschen-«Schengerwis»; 2. Altwies-«Op dem Boesch»; 3. Weiler-la-Tour; 4. Alzingen ; 5. Bourglinster-«Staekaulen»; 6. Waldbillig-«Karelslé». Les sites du Rubané sont indiqués par des symboles pleins, les sites du Rössen par des symboles vides.

Rubané et les sites en éperon étant caractéristiques du Néolithique moyen/récent, ces observations évoquent également une certaine continuité temporelle. L'implantation de sites circonscrits au milieu gréseux du Gutland semble une constante de la période Néolithique, mais pourrait bien s'avérer surévaluée, vu l'intensité des projections.

L'outillage en grès néolithique montre globalement une pérennité typo-fonctionnelle pour les meules et les polissoirs. Les moulins croisés à meule mobile débordante caractérisent l'aire septentrionale du Rubané et perdurent au Néolithique moyen, voire jusqu'au Premier Âge du Fer. Quel que soit l'âge des meules de ce type reconnues à Bourglinster, elles documentent la position géographique périphérique de la vallée de la Moselle, tant pour le Rubané que pour le Rössen. L'examen des éléments de mouture de différents sites tend à montrer l'emploi au Néolithique ancien de meules dormantes et mobiles d'épaisseur moyenne en grès de l'Hettangien ou du Keuper, puis progressivement l'introduction au Néolithique moyen de meules à section plus épaisse en grès rouge bigarré du Buntsandstein. Si on suppose que les deux blocs à cupule de Bourglinster sont Rössen, leur découverte illustre une certaine continuité morphologique et chronologique entre Néolithique ancien et moyen.

L'approvisionnement en matière première pour le matériel en grès du Néolithique d'Europe nord-occidentale témoigne d'une homogénéité récurrente. Les sources sont essentiellement locales, souvent à moins d'une dizaine de kilomètres des gîtes ou d'une rivière fournissant des blocs suffisamment conséquents pour les transformer en matériel de mouture ou de polissage. Les sites luxembourgeois obéissent à ce schéma d'approvisionnement local. Les grès hettangiens proviennent en général des gîtes à proximité des sites, installés non loin d'affleurements gréseux du Gutland. De même, les grès du Keuper moyen sont présents à proximité immédiate des sites du plateau de Bourglinster. Par contre l'approvisionnement des variétés de grès du Buntsandstein est plus lointain pour les sites rubanés de plateau, pour Waldbillig et Bourglinster (entre 15 et 30 km), sauf pour le site rubané de Remerschen, proches des affleurements du Stromberg.

L'outillage en grès néolithique étant par essence un matériel lourd, peu transportable sur de longues

distances, les circuits d'approvisionnement se sont organisés dans chaque région, en sélectionnant les matériaux les plus appropriés et en pratiquant une économie de la matière première, illustrés par les outils arrivés à exhaustion ou les remplois.

Épilogue

Plus tard, le matériel de mouture employé dans le Bassin de la moyenne Moselle s'orientera de préférence vers d'autres matériaux, comme l'arkose ardennaise et le basalte de l'Eifel, préférés aux âges des Métaux, jusqu'à l'époque gallo-romaine. À partir de l'époque romaine et jusqu'au Moyen-Âge, les diverses formations de Grès de Luxembourg seront également exploitées comme carrière (Müllerthal, Berdorf-«Houllay») pour produire des éléments de plus grand volume.

Bibliographie

- Hauzeur A. 2003. - Contribution à l'étude du Rubané du Nord-Ouest: sites du Grand-Duché de Luxembourg en Bassin mosellan. Thèse de doctorat européen des universités de Strasbourg et de Liège, 2 vol.
- Hauzeur A. 2005. - Houses of the Lienar Pottery Culture: Orientation and use of Landscape in cultural context. Case studies of the Great Duchy of Luxembourg. In: XVI Congresso degli Antropologi Italiani (Genova, 29-31 ottobre 2005). Il processo di umanizzazione, 9 p.
- Le Brun-Ricalens F. 1995. - Le Néolithique du Grand-Duché de Luxembourg - Essai de synthèse. Bulletin de la Société Préhistorique luxembourgeoise 16 (1994): 99-124.
- Le Brun-Ricalens F. 1993. - Les fouilles de la grotte-diacase «Karelslé», commune de Waldbillig (Grand-Duché de Luxembourg). *Notae Praehistoricae*, 12 (1992): 181-191.
- Waringo R. 1989. - Keramikkunde der rössener Kultur aus Luxemburg. *Archaeologia Mosellana* 1: 11-25.

Abstract of the presentation

Sandstone and prehistory in Luxembourg: Rupture and continuity in the strategies of settlement and procurement related to the sandy formations during the Neolithic

Keywords: Grand Duchy of Luxembourg; Middle Mosel Basin; Gutland, Hettangian Luxembourg sandstone; motley Bundsandstein sandstone; Early and Middle Neolithic; Linear Pottery Culture; Rössen; settlements; exploitation and circulation of raw materials; lithic industry; grinding stones; polishing stones

Excavations carried out in Luxembourg over the last few decades have taught us more about the Danubian cultures dating from the Early Neolithic (Linear Pottery Culture, 5200-4900 BC) to the Middle Neolithic (Rössen Culture 4900-4300 BC). A diachronic study of how the first Neolithic farmer-breeder societies extracted and used different types of sandstone allows to grasp cultural and behavioural changes. The exam of the geological substrata on which were established some settlements on the one hand, and on the other one the study of the household tools for grinding and polishing will be tackled and discussed.

With regard to territorial occupation, the sandstone plateaux of the Gutland region appear to have been increasingly populated from the end of the Linear Pottery Culture through to the Rössen Culture, as evidenced by the establishment of dwellings (open-air settlements, rock-shelters, caves, etc.). A dichotomy between the settling place and the use of sandstone can be observed both during the Early and Middle Neolithic. The LPC site of Altwies-"Op dem Boesch", for example, is the only village built on the edge of a spur where Luxembourg sandstone is outcropping directly beneath the surface of the arable layer. This has suggested an economic choice lead by intensive extraction of raw material on the slopes (initial hypothesis of a sandstone quarry?). However, excavation work has revealed the opposite. The scarcity of grinding tools made from sandstone, and also finished pieces (fixed and running parts) and by-products

(shaping flakes, preforms, etc.), is in stark contrast to the abundance of sickle elements made from imported flint. Furthermore, whereas the Rössen occupation of the "Karelslé" site in Waldbillig has been installed in a Hettangian sandy cleft cave, the raw material used for making grindstones was an imported Bundsandstein sandstone.

The sandstone set of tools has in general a very specific purpose among the stoned implements used during the Neolithic. The use of sandstone, often overlooked in archaeological studies, was particularly devoted to make grinding and polishing stones. From the end of the 6th to the 5th millennium BC, an early distribution of raw materials as finished tools (grinding and polishing stones) has been noticed on the territory of Luxembourg. The regional outcroppings have still to be determined. The analysis of a hundred of grinding pieces coming from different sites tends to demonstrate the use of different shapes. Fixed and running stones of flat surface and middle thickness were realised in the yellow Hettangian Luxembourg sandstone and used during the Early Neolithic. Grinding stones of flat surface but thick section made in red Bundsandstein sandstone were gradually introduced during the Middle Neolithic. In conclusion, reference will be made to the preferential use of other raw materials (such as arkose and basalt) observed during more recent periods in the Middle Mosel Basin.

Patrimoine archéologique et Grès de Luxembourg: un potentiel exceptionnel méconnu

Foni LE BRUN-RICALES & François VALOTTEAU

Section Préhistoire du Musée national d'histoire et d'art de Luxembourg
241, rue de Luxembourg, L-8077 Bertrange
foni.le-brun@mnha.etat.lu, francois.valotteau@mnha.etat.lu

Mots-clés: Bassin de la moyenne Moselle; Grand-Duché de Luxembourg; Gutland; Grès de Luxembourg; patrimoine archéologique; habitats; sépultures; exploitations et circulations de matières premières; monolithe; matériaux de construction; meule; pétroglyphes

Introduction: un potentiel exceptionnel oublié

Méconnues à l'étranger, mais aussi par nos propres concitoyens, les formations du Grès de Luxembourg qui couvrent près de 15% du territoire grand-ducal constituent d'excellents «conservatoires» du patrimoine archéologique. Les fouilles effectuées ces quinze dernières années sous l'égide du Musée National d'Histoire et d'Art de Luxembourg, montrent qu'un exceptionnel patrimoine archéologique – encore peu connu – est conservé dans le sous-sol luxembourgeois. Malheureusement, en raison du manque d'effectif spécialisé et d'infrastructures d'informations, face à l'essor des travaux d'aménagement du territoire moderne, cet héritage historique et culturel est menacé de dégradations et de destructions irréversibles. A ces nuisances sont venus s'ajouter ces derniers temps la recrudescence de fouilles clandestines et le développement d'un tourisme vert peu encadré. Cette contribution présente quelques exemples de sites archéologiques en contexte gréseux pour illustrer l'importance et la diversité de ce patrimoine méconnu appartenant à différentes époques allant de la Préhistoire au Moyen-âge. Ces sites archéologiques de natures variées concernent aussi bien des vestiges renseignant sur les modalités d'habitats (plein-air, abri, grotte) que sur les rites funéraires de nos ancêtres (inhumation, incinération, sépultures sous tumulus ou non, etc.), que sur leurs activités quotidiennes (tâches domestiques, artisanats, activités agro-pastorales, etc.).

Grès et archéologie du paysage: des occupations millénaires

Hormis les nombreux artefacts relevés lors de prospections pédestres à la surface des plateaux gréseux, la Préhistoire est attestée par divers vestiges paléolithiques (ossements, silex) relevés notamment dans des diaclases comme à Heffingen-«Atsebach», Oetrange-«Kakert» et «Schlaed». Le Mésolithique se rencontre sur les plateaux (Altwies-«Haed», Hesperange, Itzig, Ermsdorf, etc.) et sous de nombreux abris-sous-roche avec des structures d'habitats (Berdorf-«Kalekapp», etc.) et des sépultures comme celle de Heffingen-«Loschbour» où a été découvert en particulier le plus ancien squelette humain pour le Luxembourg. Le Néolithique est représenté en plein-air aussi bien avec des fondations de villages sur plateau (Altwies-«Op dem Boesch», Bourglinster-«Staekaulen», Kehlen-«Juckelsboesch», etc.), que sous abri (Christnach-«Immendelt») et en milieu souterrain (grotte-diaclase de Waldbillig-«Karelslé»), certaines cavités naturelles ayant été utilisées comme lieux d'occupation, d'activités agro-pastorales spécialisées ou de sépultures (Larochette-«Manzebaach»). A signaler le menhir de Mersch, premier mégalithe luxembourgeois reconnu, constitué d'un monolithe en grès déplacé sur plus de 2 km. Pour les âges protohistoriques et historiques, ont été répertoriés des abris (Berdorf-«Fünfter», Heffingen-«Atsebach», Beaufort-«Kleijesdelt», etc.), des cavités (Berdorf-«St Matthieu», Berdorf-«Keltenhohle», Waldbillig-«Karelslé», etc.), des fossés et éperons barrés (Nommern-«Aleburg», Larochette, Berdorf, etc.) délimitant d'anciens camps, des tertres, tumulus et monuments funéraires parfois sculptés dans le rocher naturel comme à Godbrange-«Haertgeslay», mais aussi

des vestiges d'édifices et de voiries romaines et de nombreux pétroglyphes. Enfin, parmi les nombreux stigmates anthropiques observables sur les paysages actuels, il y a lieu de mentionner les carrières pour extraire des matériaux de construction (Nommern-«Auf den Leyen», etc.), en particulier pour l'édification de châteaux (Beaufort, Larochette, Herringerburg, etc.), sans oublier l'importante production de meules de moulin comme à Berdorf-«Hohlay», symbolisée par la «vallée des meuniers» du Müllerthal.

Grès de Luxembourg: gardien durable de la mémoire collective luxembourgeoise

Avec ces quelques exemples – qui ne constituent que la partie «émergée de l'iceberg» –, il ressort que les zones gréseuses constituent d'exceptionnelles «réserves» archéologiques. Importantes sources d'informations pour comprendre l'évolution

des modes de vie des populations ayant vécues sur le territoire luxembourgeois, elles s'avèrent être de véritables «bibliothèques d'Histoire». Contrairement à d'autres formations géologiques gréseuses, la nature pétrographique du Grès de Luxembourg (présence de ciment calcaire entre les grains de silice) favorise la conservation des restes organiques (ossements, etc.). La mise en œuvre de procédures et de moyens pour étudier, gérer et protéger à l'avenir ces exceptionnels patrimoines naturels et culturels serait bienvenue. Dans cette perspective de préservation et de valorisation, les initiatives et synergies existantes, notamment entre les administrations de l'Etat et communales, sont à encourager et à poursuivre afin que les massifs de Grès de Luxembourg puissent continuer à être des «gardiens» durables de notre mémoire collective à léguer aux futures générations. Dans ce sens, le projet soutenu par le Fonds National de la Recherche (FNR) intitulé «Espace et Patrimoine Culturel» (EPC) est en train de développer une méta-base de données couplée à un système cartographique informatisé des ressources culturelles à l'échelle du pays en commençant par diverses zones pilotes.



Fig. 1: Les différents aspects des formes d'érosion de la région du Grès de Luxembourg. Extrait de Lucius 1952.



Fig. 2: Monument funéraire romain sculpté de Godbrange-«Haertgeslay». Photo: MNHA.

Bilan

Au Luxembourg, l'activité des recherches archéologiques est restée, jusqu'il y a peu, timide, œuvre longtemps de quelques particuliers plus ou moins éclairés, élans personnels souvent coupés par les guerres, puis d'amateurs passionnés regroupés en associations. L'Etat, timidement à son tour, tente depuis la fin du XX^{ème} siècle de prendre le relais. Dans l'attente de moyens financiers et humains suffisants, nous espérons de nos élus une politique active au service du patrimoine archéologique. Pourquoi cette lenteur, en particulier par comparaison avec les structures des pays frontaliers ? Peut-être par «péché de jeunesse», en raison de notre (petite) «taille» et de notre (jeune) «âge». L'intérêt manifesté pour nos origines semble s'être développé parallèlement à l'autonomie du Luxembourg en quête d'écrire sa propre Histoire. La lente prise de conscience d'un Luxembourg indépendant assez grand pour ne pas emprunter son Histoire à celle de ses pays voisins, aura amené lentement mais progressivement à la prise

de conscience de la responsabilité des Luxembourgeois envers leur héritage historique et culturel. Cette quête aura cependant duré près de un siècle avec la création des Musées de l'État en 1960, puis des Musées Nationaux d'Histoire et d'Art et d'Histoire Naturelle en 1988. Pour mieux gérer, mieux respecter et mieux protéger ce patrimoine qui est le nôtre, il est nécessaire de nous aider à mieux le connaître et à le faire connaître. En ce sens, nous proposons la création d'une structure d'accueil, de sensibilisation et de recherche.

Perspectives: plaidoyer pour l'aménagement d'un centre du Patrimoine naturel et culturel

Afin de remédier à cette carence et de protéger certains sites des dégradations contemporaines, il est de notre devoir de préserver ce milieu particulier pour transmettre, aujourd'hui et demain avant qu'il ne soit trop tard, les témoins de notre passé à nos enfants. En espérant que prochainement les pouvoirs publics, avec à leur tête les décideurs politiques, agissent concrètement en mettant en œuvre les moyens nécessaires, il faut essayer en premier lieu de protéger cette région qu'est le Müllerthal car elle est une véritable réserve de l'Histoire de notre pays.



Fig. 3: Château de Beaufort. Photo: MNHA.



Fig.4: Abri sous roche de Berdorf - "Kalekapp" II. occupé aux temps préhistoriques (Mésolithique Néolithique).
Photo: F. Le Brun-Ricalens

Dans cette perspective qui favoriserait l'essor d'une économie locale et participerait au développement d'un tourisme culturel original, la création d'une «Maison/Domaine du Patrimoine» pour la région du Grès de Luxembourg, et en particulier du Müllerthal, serait bienvenue. Avec des structures d'accueil pour sensibiliser et répondre à l'attente du public, des scolaires et du tourisme estival, une telle infrastructure muséale, équipée également de laboratoires et de dépôts pour assurer le suivi scientifique et la gestion administrative, constituerait, sans nul doute, un formidable outil de transmission aux futures générations de ce Patrimoine naturel et culturel unique.

Remerciements

Nous adressons nos chaleureux remerciements à Lorraine Campbell pour avoir assuré la traduction en anglais du résumé.

Bibliographie

- Baudet J.-L. 1953. - Problèmes préhistoriques pouvant être élucidés par l'exploration des gisements luxembourgeois. Actes du congrès de Luxembourg, 72e session de l'Assoc. Française pour l'avancement des sciences. Publ. Litt. Et sc. Min. Educ. Nat. Gr.-Duché de Luxembourg. Bourg-Bourger, Luxembourg. C.N.R.S. Paris 1957, fasc. 4b: 147-152.
- Baudet J.-L., Heuertz M. & Schneider E. 1953. - La préhistoire au Grand-Duché de Luxembourg. Bull. Soc. Anthr. (Paris) 4: 101-137.
- Blouet V., Kartheiser J., Leesch D. & Schwenninger J.-L. 1984. - Le gisement mésolithique Kalekapp 2 (commune de Berdorf). Bulletin de la Société Préhistorique Luxembourgeoise 6: 1-30.
- Ewers M. 1993. - Die vorgeschichtliche Besiedlung der Hochebene von Befort, in Beaufort. Im Wandel der Zeiten, Bd. 1: 19-53, Imprimerie Saint-Paul, Luxembourg.

- Goedert J. 1987. - De la Société archéologique à la Section historique de l'Institut Grand-Ducal: tendances, méthodes et résultats du travail historique de 1845 à 1985. Publications de la Section Historique de l'Institut Grand-Ducal de Luxembourg 101, 539 p.
- Heuertz M. 1969. - Documents préhistoriques du territoire luxembourgeois. Le milieu naturel. L'homme et son oeuvre. Publ. Musée d'Histoire Naturelle Luxembourg et Soc. Naturalistes Luxembourgeois, fasc. 1, Luxembourg, 295 p., 190 fig.
- Le Brun-Ricalens F. 1994. - Le Néolithique sur le territoire luxembourgeois - Essai de synthèse. Bulletin de la Société Préhistorique Luxembourgeoise 16: 99-124.
- Le Brun-Ricalens F. 1995. - Quel avenir pour notre passé? Bulletin de la Société Préhistorique Luxembourgeoise 17: 7-11.
- Le Brun-Ricalens F. 2000. - Le Mullerthal et la Préhistoire - Aperçu historique de 150 ans de recherches et perspectives. Bulletin de la Société Préhistorique Luxembourgeoise 20-21 (1998-1999): 21-31.
- Leesch D. 1983. - Le gisement préhistorique Kalekapp 2 - Berdorf (Grand-Duché de Luxembourg). Diplomarbeit, Seminar für Ur- u. Frühgesch. Basel.
- Lucius M. 1952. - Correspondance inédite du 29 octobre 1952 adressée au Dr. E. Schneider. Archives MNHA n°inv. 2002-13.
- Muller J. J. 1989. - Un demi-siècle de fouilles pré- et protohistoriques. Bulletin de la Société Préhistorique Luxembourgeoise 11: 155-168.
- Schneider E. 1939. - Material zu einer archäologischen Felskunde des Luxemburger Landes. Victor Bück, Luxembourg, 324 p.
- Schwenninger J.-L. 1992. - Réserve naturelle forestière de Berdorf-Consdorf-Echternach, Rapport d'étude interne du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Administration des Eaux et Forêts, Service de conservation de la Nature.
- Schwenninger J.-L. 1998. - La gestion et l'aménagement des rochers d'escalade en forêt de Berdorf. Rapport d'étude interne du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Administration des Eaux et Forêts, Service de conservation de la Nature.
- Spier F. 1994. - L'Épipaléolithique et le Mésolithique du Grand-Duché de Luxembourg - Essai de synthèse. Bulletin de la Société Préhistorique Luxembourgeoise 16: 65-96.
- Valotteau F. 2002. - La pierre dressée du «Béisenerbiert» à Reckange-lès-Mersch: premier menhir attesté au Grand-Duché de Luxembourg, Archaeologia Mosellana 4(2002): 19-35.
- Werke N., van 1901. - Les découvertes préhistoriques dans le Grand-Duché de Luxembourg. Ann. Inst. Arch. Luxembourg 36: 10-14, Arlon, Belgique.
- Ziesaire P. 1986. - Das Abri Berdorf-Hamm Kalekapp 1. Zur Interpretation der Grabung von 1953. Bulletin de la Société Préhistorique Luxembourgeoise 8: 35-51.
- Ziesaire P. 1994. - Le Paléolithique supérieur du Grand-Duché de Luxembourg - Essai de synthèse. Bulletin de la Société Préhistorique Luxembourgeoise 16: 35-61.

Abstract of the presentation**Archaeological heritage and Luxembourg sandstone: tremendous hidden potential**

Keywords: Middle Mosel Basin; Grand Duchy of Luxembourg; Gutland; Luxembourg sandstone; archaeological heritage; dwellings; graves; extraction and movement of raw materials; monolith; building material; millstone; petroglyphs

The Luxembourg sandstone formations covering nearly 15 % of the surface area of the Grand Duchy are excellent 'keepers' of the country's archaeological heritage. Excavations conducted over the past 15 years have revealed that an outstanding — and still largely unknown — archaeological heritage has been preserved in the Luxembourg subsoil. Regrettably, in the face of the rapid increase in modern spatial planning work, this historical and cultural heritage is under threat of being disfigured and irreversibly damaged. This paper presents several examples of archaeological sites associated with sandstone in order to demonstrate the significance and diverse nature of this hidden heritage belonging to various periods, from Prehistory to the Middle Ages, and involving remains that provide evidence both of dwelling/settlements types (open-air, shelter, cave) and of our ancestors' funerary rites.

Sandstone and archaeology of the landscape

The Palaeolithic presence is demonstrated by the discovery of various remains (bones, flint, etc.) recovered mainly from rock clefts. Evidence of the Mesolithic can be found on the 'plateaux' and beneath several rock shelters (dwelling structures, graves, etc.). Neolithic dwellings can be found on open-air sites (village foundations), beneath shelters and underground, where some natural hollows were used as living space, for specific farmer-pastoralist activities or as graves. The Mersch menhir, the first megalith to be discovered in Luxembourg, consists

of a sandstone monolith displaced over a distance of more than 2 km. Discoveries dating from the protohistoric and historic ages include ditches and spur blocks demarcating ancient camps, barrows, burial mounds and funerary monuments, but also remains of buildings and Roman roads and several petroglyphs. The numerous and evident anthropogenic stigmata spotted on the current landscape include quarries that were used for extracting building material, particularly for the construction of castles, and also material employed in large-scale millstone production, as symbolised by the Müllerthal region.

Luxembourg sandstone: perennial guardian of Luxembourg's collective memory

Luxembourg's sandstone areas consist of outstanding archaeological 'reserves' — rich sources of information for the understanding of the how the past populations once lived in the Luxemburg Territory. Indeed, they are genuine 'libraries of History'. The implementation of procedures and means for studying, managing and protecting the future of this outstanding natural and cultural heritage would be most welcome. In this perspective of preservation and enhancement, existing initiatives and synergies, especially between state and local authorities, are to be encouraged and pursued in order that the Luxembourg sandstone massifs might remain the perennial 'guardians' of our collective memory, one to be passed on to future generations.

Optical dating of sand grains: Recent advances and applications to the dating of Quaternary sediments from sandstone crevices

Jean-Luc Schwenninger

Research Laboratory for Archaeology and the History of Art,
6, Keble Road, OX1 3QJ Oxford, UK.
jean-luc.schwenninger@rlaha.ox.ac.uk

1 Introduction

The application of optically stimulated luminescence (OSL) dating to sand-sized quartz mineral grains is rapidly emerging as a key dating method for establishing chronological frameworks at sites of geological or archaeological interest. This paper will outline the general principles of luminescence dating and highlight some of the latest developments. Preliminary results obtained from several samples collected inside sandstone crevices in Luxembourg are encouraging and highlight the potential of the technique for improving our current understanding of the timing of landscape development, palaeo-environmental changes and sedimentary processes. Optical dating should also be highly relevant to archaeological applications in this region, particularly in view of the poor preservation of organic matter which often restricts the use and reliability of radiocarbon dating within sandstone regions.

2 General principles

Some common silicate minerals such as quartz and most feldspar are able to store energy within their crystal lattice as a result of crystalline defects which can create localized charge deficiencies. Over geological or archaeological time, ionizing radiation (e.g. alpha, beta and gamma radiation) resulting from the decay of naturally occurring radioisotopes (mainly uranium, thorium and potassium) in the environment as well as from cosmic rays leads to the accumulation of a 'trapped' population of electrons at crystal defects.

When a mineral grain is subjected to intense heat (>200 °C) as a result of firing or is exposed to daylight (particularly UV radiation) during sedimentary erosion and transport, the pre-existing charge acquired from previous radiation exposures over geological or archaeological time periods is effectively

removed and the thermal or optical 'clock' is set to zero. As soon as the grain cools down or is shielded from daylight (e.g. sediment burial), the amount of trapped charge will once again begin to build-up in response to continued ionization from the surrounding sediment.

Following a zeroing event, the amount of stored energy increases with the amount of radiation to which the crystal is exposed during its depositional history. This energy can be released in the laboratory by optically stimulating the sample with light or by subjecting it to heat. During this treatment, a portion of the accumulated energy is released in the form of light, and this phenomenon is referred to as luminescence. The luminescence signal emitted by the sample (Fig. 1) is generally too weak to be visible to the human eye but it can be measured with a highly sensitive device such as a photomultiplier tube (PMT) or a charge coupled device (CCD).

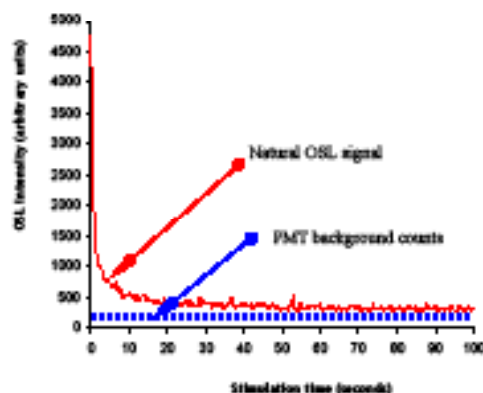


Fig. 1: Example of the natural quartz OSL signal derived from a sediment sample collected in a sandstone crevice near Berdorf, Luxembourg.

Quartz is a very common mineral and is efficiently stimulated using blue or green light sources (~420–550 nm wavelength). It emits strongly in the blue and ultraviolet part of the spectrum at circa 365 nm. This UV emission is separated from the stimulation light using glass filters placed in front of the detection device. Samples collected in the field are sealed in special lightproof containers and are prepared in the laboratory under filtered lighting conditions. The processing of samples involves many stages of physical and chemical preparation generally aimed at isolating pure sand-sized mineral quartz grains although luminescence measurements can also be performed on other types of mineral.

The level of natural luminescence observed in the sample is dependent on the absorbed radiation dose, and hence can be related to the time elapsed since the last exposure to daylight once the dose received per year (during burial) has been calculated. Luminescence measurements enable to estimate the dose of radiation absorbed by the sample. The latter is known as the equivalent dose (D_e) or palaeodose. The dose is defined as the energy absorbed per kilogram and is measured in the SI unit of the gray (Gy; 1 Gy = 1 J/kg).

In order to calculate a luminescence age, the natural dose rate at which the sample was exposed to radiation whilst it was buried also needs to be determined. The internal radioactivity of a sample and its natural surroundings can be derived from laboratory based chemical analyses (usually by instrumental neutron activation analysis [INAA] or inductively coupled plasma mass spectrometry [ICP-MS]) or by in-situ radiometric methods using dosimeters or γ -ray spectrometry. These measurements enable to evaluate the natural dose rate which is generally expressed as gray per thousand years ($Gy\ ka^{-1}$) or as milligray per year ($mGy\ a^{-1}$). The age of a sample is obtained by dividing the palaeodose by the dose rate:

Age (ka) = Palaeodose (Gy) / Dose rate ($Gy\ ka^{-1}$)

Time is often expressed as ka (1000 years) but other units of time can be substituted.

3 Applications and recent advances

The first application of the luminescence phenomena as a dating technique was developed in the context of dating heated materials such as ceramics and burnt stones from archaeological sites by thermoluminescence (TL). The basic concept was worked out during the 1960's and the early 1970's primarily by the Oxford laboratory under the leadership of Martin Aitken (Aitken

1985; Roberts 1997). During the 1990's the dating context shifted largely to geological applications as a result of the extension of luminescence dating to sediments using optically stimulated luminescence (Huntley *et al.* 1985, Rhodes 1988, Aitken 1998).

For the dating of sediments, the event being dated is the last exposure of mineral grains to daylight prior to their deposition. In the last few years, increased appreciation of the value of OSL dating in the Earth Sciences especially with respect to palaeoclimatic reconstructions, coupled with methodological advances (Murray & Wintle 2000) and amazing improvements in instrumentation and miniaturization (Bøtter-Jensen *et al.* 2000, 1999, Duller & Murray 2000, Duller *et al.* 2000) have enabled to achieve enhanced precision and accuracy. This recent progress and the ability to directly provide absolute dates for sedimentary events are revolutionizing the fields of archaeology and Quaternary science. Optical dating is now capable of rivaling radiocarbon and is rapidly emerging as a key chronometric tool. Arguably, there are few situations where optical dating is not applicable and where it is not the preferred dating technique.

Compared to TL dating, OSL has the advantage of making measurements on parts of the luminescence signal which are most sensitive to light. Thus, sediments require only very brief exposure times of the order of minutes or seconds in order to reset the optical signal. Aeolian depositional environments are ideally suited to optical dating (Gilbertson *et al.* 1999; Hesse *et al.* 2003) but fluvial, colluvial, lacustrine and marine sediments may also be dated by this method.

Among the most important recent advances are our improved understanding of the physics of the luminescence process especially with respect to quartz (Bailey 2001), the adoption of single-aliquot measurement procedures (Murray & Wintle 2000) and the continued technical sophistication of the instrumentation and the software used in the analysis of luminescence measurements (Bøtter-Jensen *et al.* 2000, 1999, Duller & Murray 2000, Duller *et al.* 2000).

The technological refinement of the apparatus now even enables to obtain dates for single sand-sized grains (100–300 μm) using a laser guided single-grain measurement systems. Up to 48 aliquots of sample material can be irradiated with a radioactive ceramic beta source ($^{90}Sr/^{90}Y$). These can be optically stimulated using arrays of blue (470 nm) or infrared (875 nm) light emitting diodes (LED). The emitted light is usually detected with a bi-alkali photomultiplier tube (PMT) with a maximum detection efficiency at ~400 nm. The dating of individual sand-sized grains may be achieved using a single-grain attachment. A solid state diode-pumped laser (10 mW ND:YVO₄) or a

150 mW 830 nm IR laser can be used to generate a beam of light focused onto a spot of $\sim 20\mu\text{m}$ on individual grains each placed into tiny holes drilled into special aluminium discs.

Small sample requirements of the order of a few grams or even milligrams offer the possibility of securing dating evidence in situations where very little material is available for analysis. This may be the case with museum specimens or in situations when sampling is to be carried out using minimal intrusion or disturbance. This latest technique also offers the advantage of being able to help identify and understand complex mixed assemblages of grains. Such situations can result through a variety of processes including bioturbation, contamination, micro-dosimetric variations in the β -dose rate, radioactive disequilibrium or the presence of grains which have retained a residual luminescence signal due to insufficient bleaching at deposition.

Intense optical stimulation using light from blue light emitting diodes or a focused green (532 nm) laser beam directed at individual grains also enable to measure the minute luminescence signal emitted from very young samples or samples with low sensitivity. This makes it possible to apply OSL dating on sediments deposited within the late historic period and to obtain dates that can be more accurate than using radiocarbon. At the other extreme, the upper age limit of the method is constantly being challenged. Reliable age estimates in excess of 300 ka can often be achieved. Under very favourable circumstances, especially in low dose environments with a common occurrence of highly sensitive quartz, dates in excess of 500 ka or even approaching 1Ma may be obtained. This tremendous age range and the ability to obtain depositional age estimates with an average error of 5-10% have contributed to the rapid development of the technique and its growing popularity in the fields of Quaternary geology, environmental science or archaeology.

OSL dating may be particularly appropriate when radiocarbon dating is not possible (either when no suitable material is available as is often the case in sandstone regions, or for ages beyond the radiocarbon age limit) or when the relationship between the organic materials and the archaeological context is uncertain. The particular advantage of OSL dating is that the method provides a direct date for the depositional event itself, rather than for material in assumed association.

4 OSL dating of sediments from a sandstone crevice

In order to test the feasibility of OSL dating to the dating of sedimentary fills in sandstone crevices, a small series of three samples were collected from an exposed section within the 'Binzeltschloeff' near Berdorf (Fig. 2). The samples were collected back in 1994 and 1999 and stored in lightproof containers. Additional in-situ γ -ray spectrometry measurements were carried out in 2005.

The concentration of radionuclides (Table 1) was determined by ICP-MS using a fusion preparation method on pulverized sub-samples. Spectral data were used to determine the appropriate gamma dose rate and combined with the activity concentrations of uranium, thorium and potassium in order to enable their conversion to infinite matrix dose rates. The dose rate to 180-250 μm quartz grains was calculated using attenuation factors given by Mejdahl (1979) and correction factors for contributions from cosmic rays (Prescott & Hutton

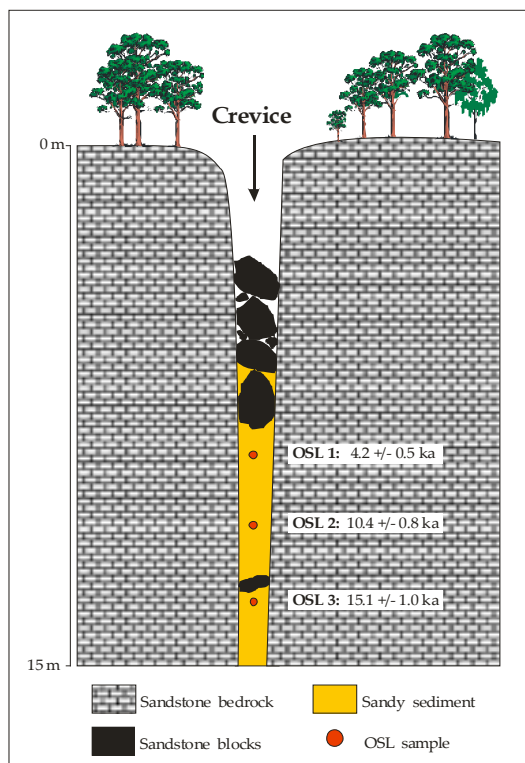


Fig. 2: Schematic diagram showing the location of three samples collected for OSL dating in a sandstone crevice near Berdorf, Luxembourg.

Table 1: OSL and radioactivity data.

Sample	²³⁸ U (ppm)	²³² Th (ppm)	⁴⁰ K (%)	Dose rate (Gy ka ⁻¹)	Palaeodose (Gy)	Age (ka)
OSL 1	0.06	0.70	0.30	0.27 ± 0.02	1.14 ± 0.14	4.2 ± 0.5
OSL 2	0.17	0.90	0.50	0.37 ± 0.02	3.90 ± 0.26	10.4 ± 0.8
OSL 3	0.16	0.80	0.30	0.34 ± 0.02	5.10 ± 0.21	15.1 ± 1.0

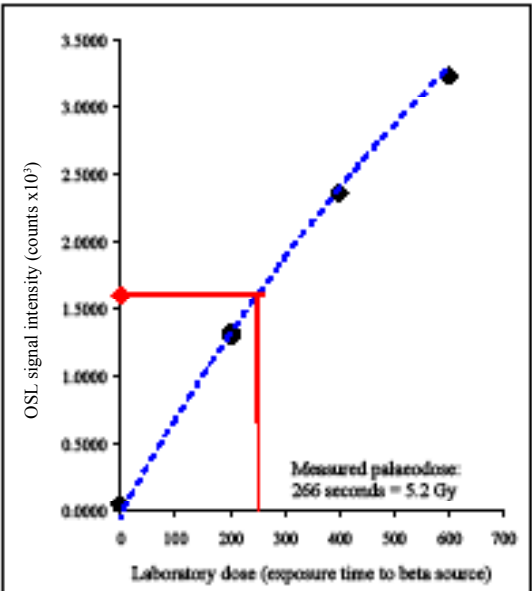


Fig. 3: Example of a dose response curve for a single aliquot from sample OSL 3. The red diamond represents the initial natural signal (integrated PMT counts for the first second of the OSL signal). The black diamonds represent measurements carried out after increased laboratory dose including a zero dose.

1994). The dose rate was calculated using a water content of $5 \pm 3 \%$ (based on estimated moisture contents of similar samples from the region) and using attenuation factors given by Zimmerman (1971).

A typical example of a dose response curve based on OSL measurements is shown in Figure 3. The final palaeodose estimates are based on the weighted mean derived from repeat measurements performed on twelve separate aliquots.

The age estimates are in stratigraphic order and indicate that sediment accumulation started prior to 15000 years and continued into the Late Holocene. The basal sample (OSL 3) was collected from the accessible lower part of the natural section but does not provide a date for the early onset of sedimentation within the crevice. It is likely that several metres of sandy infill are to be

found below the location of this sample and their age may well be in excess of 20 ka. The dose rate is generally very low ($\sim 0.3 \text{ Gy ka}^{-1}$) and this offers the possibility of dating much older deposits from these types of sedimentary environments. No signal saturation was noticed for aliquots irradiated up to 300 Gy thus offering the prospect of being able to extend the OSL age range within the Luxembourg sandstone region to perhaps 1 million years.

Deep crevice deposits represent a unique archive of palaeo-environmental change in the sandstone outcrops of Luxembourg (Baales & Le Brun-Ricalens 1996, Heuertz 1969, Ziesaire 1988) and can contain evidence of human occupation and anthropogenic activity. Optical dating provides a means to directly date the sedimentary events associated with Quaternary and/or archaeological records contained in such types of depositional environment. In the absence of material suitable for radiocarbon dating or in situations where the deposits are older than circa 50 ka, OSL dating can provide a secure and robust chronological framework.

5 References

Aitken M.J. 1998. - An Introduction to Optical Dating. Oxford University Press, Oxford.

Aitken M.J. 1985. - Thermoluminescence Dating. Academic Press, London.

Bailey R.M. 2001. - Towards a general kinetic model for optically and thermally stimulated luminescence of quartz. Radiation Measurements 33: 17-45.

Baales M. & Le Brun-Ricalens F. 1996. - Eine ¹⁴C-datierte jungpleistocäne Grosskatze und weitere Funde aus einer Sandstein-Diabase bei Altwies (Luxembourg). Bulletin de la Société préhistorique luxembourgeoise 18; 57-72.

Bøtter-Jensen L., Bulur E., Duller G.A.T. & Murray A.S. 2000. - Advances in luminescence instrument systems. Radiation Measurements 32: 523-528.

Bøtter-Jensen L., Mejdahl V. & Murray A.S. 1999. - New light on OSL: Quaternary Geochronology. Quaternary Science Reviews 18: 303-309.

- Duller G.A.T. & Murray A.S. 2000. - Luminescence Dating of sediments using individual mineral grains. *Geologos* 5: 88-106.
- Duller G.A.T., Bøtter-Jensen L. & Murray A.S. 2000. - Optical Dating of single sand-sized grains of quartz: sources of variability. *Radiation Measurements* 32: 453-457.
- Gilbertson D.D., Schwenninger J.-L., Kemp R.A. & Rhodes E.J. 1999. - Sand-drift and soil formation along an exposed North Atlantic coastline: 14,000 years of diverse geomorphological, climatic and human impacts. *Journal of Archaeological Science* 26: 439-469.
- Heuertz M. 1969. - Documents Préhistoriques du Territoire Luxembourgeois: Le Milieu Naturel L'Homme et son Oeuvre. Fascicule I. Publication du Musée d'Histoire Naturelle et de la Société des Naturalistes Luxembourgeois, Luxembourg.
- Hesse P.P., Humphreys G.S., Selkirk P., Adamson D.A., Gore D.B., Nobes D.C., Price D.M., Schwenninger J.-L., Smith B., Tulau M. & Hemmings F. 2003. - Late Quaternary aeolian dunes on the presently humid Blue Mountains, Eastern Australia. *Quaternary International* 108: 13-32.
- Huntley D.J., Godfrey-Smith D.I. & Thewalt M.L.W. 1985. - Optical dating of sediments. *Nature* 313: 105-107.
- Mejdahl V. 1979. - Thermoluminescence dating: beta dose attenuation in quartz grains. *Archaeometry* 21: 61-72.
- Murray A.S. & Wintle A.G. 2000. - Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurements* 32: 57-73.
- Rhodes E.J. 1988. - Methodological considerations in the optical dating of quartz. *Quaternary Science Reviews* 7: 395-400.
- Roberts R.G. 1997. - Luminescence Dating in archaeology: from origins to optical. *Radiation Measurements* 27: 819-892.
- Ziesaire P. 1988. - Oetringen – Kakert. Chronologie und Interpretation der Altgrabungen. *Bulletin de la Société Préhistorique Luxembourgeoise* 10: 109-137.
- Zimmerman D.W. 1971. - Thermoluminescent dating using fine grains from pottery. *Archaeometry* 13: 29-52.

Résumé de la présentation

Datation optique des grains de sable : Avances et applications récentes dans l'archéologie et la recherche quaternaire

La luminescence (lumière) émise par un crystal lorsqu'il soumis à une excitation thermique (thermoluminescence; TL) ou optique (luminescence stimulée optiquement; OSL) est due à la libération d'énergie accumulée dans la matrice cristalline sous l'effet des radiations ionisantes provenant de la décroissance progressive d'éléments radioactifs présents dans l'environnement (radioactivité naturelle) et par l'influence des rayons cosmiques. Lorsque un grain de silicate est exposé à la lumière du soleil, la luminescence préalablement acquise durant des temps géologiques ou archéologiques est effacée. Un grain de sable peut donc constituer un chronomètre qui est remis à zéro lors de chaque rechauffement ou exposition à la lumière du jour. Pendant la période d'enfouissement du grain de sable et son incorporation dans le sédiment, la luminescence s'accumule en réponse à la radiation ionisante. Dans le cas de l'OSL, le niveau de luminescence observé dans un échantillon dépend de la dose d'irradiation absorbée, et par conséquent est lié au temps écoulé depuis le dernier éclairage ainsi qu'à la dose annuelle prévalent à l'endroit précis où l'échantillon est pris.

La communication se concentre sur l'application de la datation par luminescence stimulée optiquement (OSL) et introduira l'auditoire aux derniers développements méthodologiques de cette nouvelle technique de datation absolue. L'accent sera mis sur le potentiel élevé de l'OSL pour établir des cadres chronostratigraphiques dans les sites à intérêts archéologiques ou géologiques.

La datation par luminescence s'avère particulièrement appropriée lorsque la datation au C14 n'est pas possible (quand on ne dispose pas de matériel adéquat, ce qui est souvent le cas dans les régions gréseuses, ou pour des périodes situées à la limite de l'applicabilité de la datation au radiocarbone) ainsi que dans les situations où le rapport entre l'échantillon et le contexte archéologique ou sédimentologique que l'on souhaite dater est incertain ou problématique. L'avantage particulier de l'OSL réside dans le fait que cette méthode fournit une date directe pour les dépôts sédimentaires plutôt que pour les vestiges trouvés en association présumée.

Genetic variation in an isolated population of *Hymenophyllum tunbrigense*

Guy COLLING & Sylvie HERMANT

Musée national d'histoire naturelle, Service biologie des populations
25, rue Münster, L-2160 Luxembourg
guy.colling@mnhn.lu

Introduction

We studied the genetic structure of an isolated population of the extremely rare filmy fern *Hymenophyllum tunbrigense* that occurs in the sandstone area near Berdorf in Eastern Luxembourg. We sampled a total of 20 leaves along 3 transects in a gorge containing the largest known Luxembourg population (Figs 1; 2). Plants at three rock faces were considered as different subpopulations. The genetic variation among samples was tested using the RAPD method (Fig. 3).



Fig. 1: Sampling of *Hymenophyllum tunbrigense* leaves in a large sandstone gorge near Berdorf. Photo: Mnhnl.

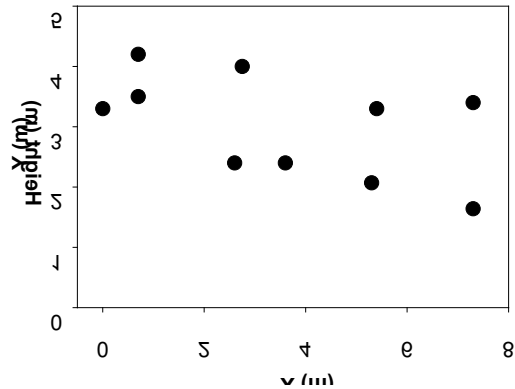


Fig. 2: Schematic representation of the transect sampling of leaves of *H. tunbrigense* in the rock face shown on Fig. 1. X: distance from an arbitrary starting point.; Y: height above same arbitrary starting point.

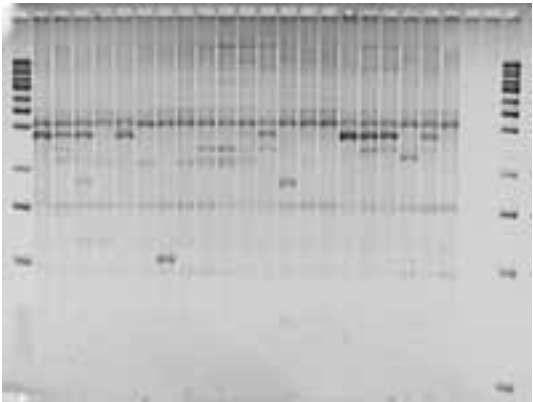


Fig. 3: Electrophoresis gel showing RAPD band patterns from three distinct subpopulations of *Hymenophyllum tunbrigense*. Each column corresponds to one individual.

Table 1: Summary of analysis of molecular variance (AMOVA). Plants represented 3 subpopulations of *Hymenophyllum tunbrigense*. The analysis is based on RAPD phenotypes consisting of 24 band states. Levels of significance are based on 1000 iteration steps.

Level of variation	df	Variance component		
		Absolute	%	P
Among subpopulations	2	0.939	24.27	<0.001
Within subpopulations	17	2.931	75.73	<0.001
Total	19		100	

RAPD variation of populations and gene flow

There was strong genetic differentiation (RAPD patterns) among subpopulations (24% of total variation) ($P < 0.001$) (Tab. 1). The strong genetic variation among subpopulations and the mean number of individuals exchanged between subpopulations per generation ($N_{em} = 0.78$) indicates that gene flow between subpopulations is low. The pairwise genetic distances (PhiST) were significant between all subpopulations ($P < 0.001$). UPGMA cluster analysis based on Nei's distances between RAPD phenotypes clearly separated the three subpopulations (Fig. 4). A possible explanation for the observed genetic differentiation is a restricted dispersal of the spores (Fig. 5).

Conclusions

Our results show that the three subpopulations forming together the largest Luxembourg

population of *H. tunbrigense* are genetically distinct. Each subpopulation shows a low genetic variability, but all sampled plants had a different RAPD pattern and no clonal structure was found at the scale of the sampling (nearest distance between 2 samples was 0.6 m). The observed genetic variability may be due to prevailing outbreeding and /or repeated colonization events over a long period. The sandstone gorge and rock faces to which *H. tunbrigense* is confined today appear to be very stable environments but these habitats have always been very scattered which reduces the probability of multiple colonization. It can be speculated that in the past, e.g. the Atlantic hypsithermal, *H. tunbrigense* had a much wider distribution in the area and occurred in similar habitats as currently observed on some Macaronesian islands. These historical populations had probably an ample spore production enabling the multiple colonization of microhabitats like the sheltered gorges to which *H. tunbrigense* is confined today.

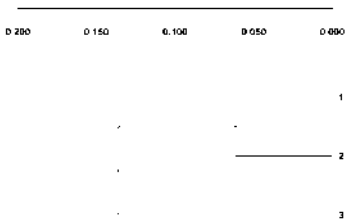


Fig. 4: UPGMA cluster showing the genetic distances (Nei 1978) between three subpopulations of *Hymenophyllum tunbrigense*.



Fig. 5: Leaf of *Hymenophyllum tunbrigense* with sporangia. Photo Oliver Schneider 2002.

Résumé de la présentation

Variation génétique dans une population isolée d'*Hymenophyllum tunbrigense*

Nous avons étudié la structure génétique d'une population isolée d'*Hymenophyllum tunbrigense*, une fougère extrêmement rare que l'on trouve dans la zone de grès près de Berdorf, à l'Est du Luxembourg. Nous avons collecté un total de 20 feuilles le long de 3 transects, dans une gorge contenant la plus grande population luxembourgeoise connue. Les individus, issus de trois parois rocheuses, sont considérés comme des sous-populations distinctes. On a testé la variation génétique au sein des échantillons à l'aide de la méthode RAPD.

La différenciation génétique au sein des sous-populations est forte (empreintes RAPD) (24% de la variation totale) ($P < 0.001$). Cette forte variabilité au sein des sous-populations et le nombre moyen d'individus échangés entre ces sous-populations par génération ($N_m = 0.78$) indique que l'échange génétique entre sous-populations est faible. Les distances génétiques par paires (PhiST) sont significatives entre toutes les sous-populations ($P < 0.001$). L'analyse statistique UPGMA, basée sur les distances de Nei entre des phénotypes RAPD, a clairement distingué les trois sous-populations. Pour expliquer la variabilité génétique observée, on peut avancer l'hypothèse d'une dispersion limitée des spores.

Nos résultats montrent que les trois sous-populations formant ensemble la plus grande population luxembour-

geoise d'*H. tunbrigense* sont génétiquement distinctes. Chaque sous-population montre une faible variabilité génétique, mais toutes les plantes prélevées ont une empreinte RAPD différente et aucune structure clonale n'a été trouvée à l'échelle d'échantillonnage utilisée (la distance la plus proche entre 2 échantillons était de 0.6 m). Il est possible que la variabilité génétique observée soit due à une dominance de croisements entre individus et / ou des événements de colonisation répétés sur une longue période.

La gorge de grès et les parois rocheuses sur lesquelles *H. tunbrigense* est aujourd'hui confiné semblent constituer un environnement très stable, mais ces habitats ont toujours été très dispersés et isolés, ce qui réduit la probabilité d'une colonisation multiple. On peut imaginer que dans le passé, par exemple lors de la période Atlantique, *H. tunbrigense* avait une distribution beaucoup plus large dans ce secteur, et l'espèce existait dans des habitats semblables à ceux observés actuellement dans quelques îles de Macaronésie. Ces populations historiques avaient probablement une production de spores suffisamment importante pour permettre la colonisation multiple de micro habitats tels que les gorges abritées, au sein desquelles *H. tunbrigense* est aujourd'hui confiné.

Bats and sandstone: the importance of sandstone regions in Luxembourg for the ecology and conservation of bats

Christine HARBUSCH

Musée national d'histoire naturelle Luxembourg
Orscholzer Str. 15, D-66706 Perl-Kesslingen
ProChirop@aol.com

Keywords: Bats; Luxembourg; roosts; threats; protection measures

Summary

The caves and crevices of the sandstone landscapes in Luxembourg are important habitats for bats. 12 out of 19 bats species occurring in Luxembourg were found roosting in those structures. They are used during different periods within the life cycle of the bats and in different extent, according to the species, the sexes and the season. The best known use of caves and crevices is their importance as winter roosts. Due to their special microclimate (frost-free and humid), these structures offer adequate conditions for hibernation. Besides, caves might also be used as swarming sites during the autumnal migration and as mating sites. In summer, Central-European caves are not warm enough to be used as maternity roosts of female bats. Males however have lesser demands on the microclimate of their roosts and frequently use crevices and entrances of caves to spend the day.

In Luxembourg, all sandstone caves lay within forested areas. Those deciduous forests represent preferred foraging areas for almost all bat species occurring. This

proximity of foraging areas and roosts is vital for the population ecology of most bats.

Most sandstone caves and crevices lay in designated Natura 2000 sites and are themselves a special protected habitat type, listed in Annex I of the Flora-Fauna-Habitat Directive. Also all European bats are listed in Annex IV, some additionally in Annex II of the Habitats Directive. But in many cases the practical protection of the roosts (for example by grills) is insufficient. The caves, important parts of the natural heritage, are vandalised by fire, graffiti and other disturbances. The roosting bats are disturbed by tourism (noise, disturbance at roosting sites) and vandalism (fire, waste), which is especially detrimental during winter, when the bats are in deep hibernation and not able to escape those dangers.

In order to fulfil the demands of the Habitats Directive and other European and national legal obligations, there is an urgent need to find a compromise between tourism (choice of trails, protection of sites) and bat protection.

Introduction

Bats are a very diverse mammal order, being distributed all over the world - except for the polar regions - and living in all kinds of ecosystems. With more than 1,000 species, the order Chiroptera is the second most numerous mammal order of the world, only outnumbered by the rodents. All bat species need adequate roosts during their life-cycle. In the temperate climate of Europe, bats need summer roosts to spend the day and to rear their young, and winter roosts for hibernation. Male bats have lesser demands on the microclimatic characteristics of their summer roost, they may even prefer cooler roosts to profit from lethargy during cool weather periods. Males usually spend the summer solitary or in small groups and in most

cases they roost separately from the female bats. The females have higher demands on the quality of their roosts, the so-called maternity roosts, since they need a warm and balanced microclimate to rear their young. Being born naked, juvenile bats are dependant on being warmed by their mothers, or when these are away feeding, to profit from a warm roost.

The bats occurring in Central-Europe differ into two ecological groups: the tree-dwelling bats, using mainly tree roosts during summer and winter, and the cave-dwelling bats. The latter group uses natural caves and crevices, or other artificial underground habitats providing a cave-like microclimate for hibernation. In summer, those underground roosts are too cold to be used as maternity roosts. Therefore those bats use as a

substitute man-made warm caves: the attics and lofts of buildings. But for hibernation, caves and crevices are used again. During hibernation, bats reduce their body temperature according to the ambient temperature of the cave; their metabolism is greatly reduced and they are unable to move quickly or even fly away. Disturbances during hibernation cause arousal from these low body temperatures, which means high energy expenditure and loss of body fat - which might have lasted the bat for up to three more days of hibernation. Therefore undisturbed hibernacula are of greatest importance to bats and otherwise favourable roosts, where bats were severely disturbed, are not used any more.

Besides the importance of summer and winter roosts, transitory roosts and swarming sites are also an important factor in the life of bats. During migration in autumn and spring, bats need roosts were to rest or to spend some unfavourable days. Some species use underground sites for their swarming activities and mating in autumn.

Another most important factor in the life of bats is the availability of adequate foraging habitats in proximity to the summer roosts. Those habitats

have to provide the preferred insect taxa for the bat species concerned and they must be available during the whole summer season. Especially females need foraging habitats close to their maternity roosts, because they have to return during the night to suckle their newborn young. Most bat species prefer foraging habitats within a circle of about 2 -3 km around their roost, sometimes up to 5 km. Only few species fly further distances. Many bat species use deciduous forests as foraging sites, either all the time or as part of a more diverse foraging area.

The bats species occurring in Luxembourg and their roosts

In Luxembourg, the bat fauna has been systematically surveyed during the last decade by the National Museum of Natural History, and the results of this study, as well as previous findings, are published (Harbusch *et al.* 2002). Major parts of this communication are based on this publication.

Table 1: List of bat species occurring in Luxembourg during summer and winter. Explanation in the text.

Species	Occurrence in summer	Occurrence in winter in caves in trees or crevices	
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> – Greater horseshoe bat	X	X	
<i>Rhinolophus hipposideros</i> – Lesser horseshoe bat *	X	X	
<i>Myotis daubentonii</i> – Daubenton’s bat	X	X	
<i>M. mystacinus</i> – Whiskered bat	X	X	
<i>M. brandtii</i> – Brandt’s bat	X	(X)	
<i>M. emarginatus</i> – Geoffroy’s bat	X	X	
<i>M. nattereri</i> – Natterer’s bat	X	X	
<i>M. bechsteinii</i> – Bechstein’s bat	X	X	(X)
<i>M. myotis</i> – Greater mouse-eared bat	X	X	
<i>Nyctalus noctula</i> – Noctule	X	(X)	X
<i>N. leisleri</i> – Leisler’s bat	X	(X)	(X)
<i>Eptesicus serotinus</i> – Serotine	X	X	
<i>E. nilssonii</i> – Northern bat	X	(X)	
<i>Vespertilio murinus</i> – Parti-colored-bat	X	(X)	
<i>Pipistrellus pipistrellus</i> – Common pipistrelle	X	X	
<i>P. nathusii</i> – Nathusius bat	X		(X)
<i>Plecotus auritus</i> – Common long-eared bat	X	X	
<i>P. austriacus</i> – Grey long-eared bat	X	X	
<i>Barbastella barbastellus</i> – Barbastelle *	X	X	

Altogether 19 bat species are known to occur in Luxembourg, (Tab. 1) but unfortunately two species have to be called extinct since they were not sighted any more within the past 10 years (marked by *).

Of those bat species, 12 species were found hibernating in caves and crevices, and when taking into consideration the ecological demands of the remaining species, all besides one species can occasionally or even regularly be found in caves or crevices for hibernation.

The brackets indicate that the species has not yet been found hibernating in the given roost type in Luxembourg, but according to its known behaviour it is expected to use this roost type.

Species listed in Annex II of the Fauna-Flora-Habitat Directive (92/43/EC) are printed in bold.

In Luxembourg, about 200 underground roosts are known as bat roosts. They are distributed over the country and most of them are man-made, due to mining (ores, slate, limestone). The sandstone regions provide most natural caves and crevices.

In the Southwest of Luxembourg, old iron ore mines now provide underground habitats, used by the bats as swarming and mating sites and hibernacula. Some of those mines are used for tourism, but several sites are closed for the public and were protected for bats during a EU-LIFE Project (LIFE 95/D/A22/EU/00045). Today, they are designated Natura 2000 sites.

In NW Luxembourg, old slate mines exist, but most of them are not protected for bats. Only one site was set aside and protected during the EU-LIFE Project.

In the Northeast, old ore mines could offer adequate roosts, but most are not protected, some are used for tourism.

In the Southeast, limestone quarries are used by several bat species as hibernacula, among them some highly endangered species. As far as these quarries are abandoned, they are protected as Natura 2000 sites for bats. Natural and artificial cliffs with deep crevices exist in this area along the Moselle river and those are used by bats during migration and hibernation.

In Central and East Luxembourg, sandstone caves and crevices represent a natural roosting site for hibernation. Only four caves are grilled and closed during winter to protect the bats. All caves within the Mamer and Eisch stream valleys and the Ernztal and Ernztal stream valleys are included within larger Natural 2000 sites, since they are a protected habitat type of Annex I (code 8310) of the Habitats Directive.

Having poor soils, the sandstone regions are covered by large deciduous forests, mainly

dominated by beeches (*Fagus sylvatica*) and oaks (*Quercus robur*) to a lesser extent. Since many bat species rely on forests for foraging, the highest numbers of species was found in the sandstone regions of Luxembourg. Up to 13 species occur for example in the area of the Mamerlayen, the sandstone caves of the Mamer valley, and up to 11 species around the caves of the Müllerthal.

Among those, there are some highly endangered bat species and in the following, some examples are given:

- Lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros*)

Listed on Annex II of the Habitat Directive, this species is unfortunately extinct today. Maternity colonies and hibernacula were found in past times in the valleys of the Eisch and Mamer streams and the last sighting was made there in 1992. It used lofts and caves of buildings as maternity and summer roosts, and the sandstone caves for hibernation. This species is highly dependent on a narrow web of structured habitats, in this case meadows



Fig. 1: Greater horseshoe bat (*Rhinolophus ferrumequinum*). Photo: François Schwaab.

and pastures lined by hedgerows or other linear landscape elements, linked to deciduous forests. For roosting, it prefers the direct vicinity of warm maternity roosts and adequate winter roosts.

- Greater horseshoe bat (*Rhinolophus ferrumequinum*) (Fig. 1)

Also listed on Annex II of the Habitats Directive, the greater horseshoe bat is a highly endangered species in Luxembourg. There is only one maternity colony known and several hibernacula. The sandstone caves are regularly used by single individuals for hibernation.

- Greater mouse-eared bat (*Myotis myotis*)

This species is also listed in Annex II of the Habitat Directive, but is occurring in Luxembourg with rather stable populations. It should be called the characteristic bat species for the sandstone regions, because the highest population density is found there. The mouse-eared bats use roof voids for their maternity colonies, but forage in the nearby forests. In autumn they are swarming in front of the caves, and in winter they are regularly found hibernating there. In warmer climates of southern and southeastern Europe those bats live in

caves year-round.

- Bechstein's bat (*M.bechsteinii*) and Natterer's bat (*M.nattereri*) (Fig. 2)

The Bechstein's bat is listed on Annex II, the Natterer's bat on Annex IV of the Habitats Directive. Both species are dependent on forested areas for roosting and foraging and information on their population level is scarce because of the low visibility. But both species use sandstone caves for their swarming and mating activities and are regularly found there. During severe winter weather, they leave their tree roosts and seek shelter in the milder microclimate of the caves.

Protection of bats and sandstone caves

In Luxembourg, as in all other states of the European Community, bats are legally protected by national and European laws. Those are the "Agreement on the Conservation of Populations of European Bats - EUROBATS" and the Fauna-



Fig. 2: Natterer's bat (*Myotis nattereri*). Photo: François Schwaab.

Flora-Habitat-Directive (92/43/EC). The Habitats Directive lists all European bat species in Annex IV, meaning that they have to be protected, also outside special protection areas. Some species are also listed in Annex II, meaning that special protection sites have to be designated for the conservation of their roosts and feeding sites.

Natural caves, not open to the public, are also listed in the Habitats Directive as a protected habitat type (Annex I). The assessment form used to evaluate the condition of those caves takes into consideration the importance of caves to bats and asks for:

- the quality and quantity of structures within the cave;
- an inventory of bat species according to Annexes II and IV of the Habitats Directive;
- an assessment of negative influences on bats such as: disturbances, waste, closure of entrances;
- the definition of protection measures to take, such as: grills, taking out waste, or no measures necessary.

Although bats and their roosts, in this case the sandstone caves and crevices, are legally protected,

there is still an urgent need to enforce these laws. Threats to the bats are mainly due to:

- disturbance by climbing, tourism in caves, vandalism;
- destruction of roosts, f.ex. by safety measures.

During winter, the disturbances by tourism or vandalism in caves are most detrimental to the hibernating bats, being in deep lethargy and unable to react within short. Even a short visit in these narrow caves changes the microclimate and is noisy. If fire is used for illumination or a camp fire is lightened in front of the entrance, the smoke can ruin the cave for years.

Many caves of the sandstone regions of Luxembourg lay along hiking trails and can be visited by hikers. Besides the danger for inexperienced people, especially for children, vandalism is often observed, including graffiti on the cave walls, waste and fire places.

Bats roosting in crevices on the outside of cliffs may be disturbed by climbing, which is again most detrimental in winter.

The destruction of roosts is a more local problem and mainly concerns the crevices. A case of roost destruction was observed in the city of Luxembourg. In the crevices of the sandstone rocks near the



Fig. 3: Sandstone gallery grided for bats. Photo: Christine Harbusch.

Alzette stream, noctule bats (*Nyctalus noctula*) and pipistrelles (*Pipistrellus pipistrellus*) were known to hibernate for about three years. This roost was then destroyed by cementing of the crevices as part of safety measures.

To prevent those threats to the bats as well to the caves, being an important part of our natural heritage, several protection measures are proposed:

- Exclude caves and crevices used by bats from tourism, such as climbing routes, hiking trails and cave visiting. Physical protection is best done by putting grills in front of the caves

entrances (Fig. 3). As a compromise between tourism and bat / cave protection, a less important cave may be left open to the public.

- Exclude known roosts from safety measures.

References

Harbusch C., Engel E. & Pir J. B. 2002. - Die Fledermäuse Luxemburgs. Ferrantia 33, Trav. Sci. Mus. Nat. Hist. Nat. Luxembourg. 156 p.

Résumé de la présentation

Chauves-souris et grès: l'importance des régions de grès au Luxembourg pour l'écologie et la conservation des chauves-souris

Mots-clés: chauve-souris; Luxembourg; gîtes; mesures de protection

Maintes espèces européennes de chauves-souris sont connues pour utiliser les cavernes et les crevasses rocheuses naturelles comme gîtes transitoires. Les plus importantes caractéristiques de ces types de gîtes sont le manque de perturbations humaines, l'humidité élevée et les températures stables à l'intérieur du dortoir, ne passant pas en dessous de zéro en hiver.

La distribution de plusieurs de ces espèces de chauves-souris dépend considérablement de la disponibilité de gîtes appropriés à proximité des gîtes d'été et des habitats de chasse.

Dix-neuf espèces de chauve-souris sont actuellement recensées au Luxembourg, parmi lesquelles douze espèces utilisent des cavernes et des crevasses rocheuses naturelles comme gîtes. Une étude conduite par le

Musée national d'histoire naturelle a révélé que la plus grande densité d'espèces de chauves-souris se trouve dans les régions gréseuses, à savoir dans les vallées de l'Ernz (Mullerthal), de l'Eisch et de la Mamer, dans lesquelles une variété de gîtes appropriés sont utilisés par les chauves-souris. Ces régions de grès, exploitées en général de manière extensive par l'agriculture, offrent également des habitats de chasse appropriés.

Pour renforcer la conservation des populations existantes de chauves-souris, des mesures spécifiques de protection doivent être prévues pour l'avenir. Ces mesures incluent principalement la protection légale et concrète des cavernes et des grandes crevasses de roche appropriées pour exclure les perturbations humaines, telles la spéléologie et le tourisme d'escalade.

Algal biodiversity on sandstone in Luxembourg

Lucien HOFFMANN

Public Research Center - Gabriel Lippmann
41, rue du Brill, L-4422 Belvaux
hoffmann@lippmann.lu

Tatyana DARIENKO

Department Lichenology and Bryology, M. H. Kholodny Institute of Botany
National Academy of Sciences of Ukraine
2, Tereshchenkivska, UA-03142 Kyiv

Keywords: sandstone; lithophytic algae; algal communities; Chlorophyta; Cyanophyta

Introduction

Aerophytic algae often inhabit stony substrates, especially light and porous stony outcrops to which belong sandstones. The colonization of natural sandstone outcrops by blue-green algae is well-studied in hot arid areas of Africa (Wessels & Büdel 1995; Weber *et al.* 1996), Asia (Friedmann & Galun 1974; Friedmann & Ocampo-Friedmann 1984), Australia (Büdel & Wessels 1991) and of the cold icy deserts of Antarctica (Friedmann 1982; Friedmann & Ocampo-Friedmann 1984; Friedmann *et al.* 1988; Broady 1996). So far, the algal communities thriving on natural sandstones are, however, very poorly known in the temperate regions of Europe. Few data are available on artificial sandstone walls under moderate oceanic climate in Ireland (Rindi & McGuiry 2003) as well as under Mediterranean climatic conditions in Spain (Ortega-Calvo *et al.* 1991).

The aim of this work was to investigate the species composition of algal communities colonizing the surface of sandstone outcrops in Luxembourg. To this end the biofilms growing in the hypogean artificial galleries of the 'casemates' in Luxembourg-town and exposed to artificial light were compared to the algal communities living on the shaded surfaces of the sandstone in the Müllerthal exposed to natural light.

Materials and Methods

The samples of algal biofilms on sandstone outcrops exposed to natural light were collected at 4 sites near Berdorf of the Müllerthal region, in spring 2003. In addition, the biofilms growing in the hypogean artificial sandstone galleries of the 'Bock' and Pétrusse casemates' in Luxembourg-

town and exposed to natural and artificial light were sampled in spring 2003. The samples were studied by direct microscopy of the field collections as well as by studying mixed and pure cultures. The material was grown on agarised Bold Basal medium (3 NBBM) (Bischoff & Bold 1963). *Cyanophyta* from enrichment cultures were inoculated on Drewes medium (Allen 1952).

Results and Discussion

61 algal species were recorded in the samples of the sandstone outcrops of the Müllerthal: 38 *Chlorophyta*, 15 *Cyanophyta*, 5 *Bacillariophyta*, 1 *Xanthophyta* and 2 *Eustigmatophyta*. The representatives of *Chlorophyta* dominated in the samples. The diversity of *Cyanophyta*, *Eustigmatophyta*, *Xanthophyta* was significantly lower than *Chlorophyta*. The most common algae were *Desmococcus olivaceus*, *Pseudendoclonium printzii*, *Gloeocapsa dermochroa*, *Chlorella ellipsoidea*. A number of rare species (e.g. *Podohedra falcata*, *Dyctiochloropsis reticulata*, *Stichococcus undulatus*, *Scotiellopsis terrestris*) mainly known from sandstone outcrops of the Alps were also observed. Besides, five strains which probably represent new taxa were isolated. On the sandstone outcrops of the Müllerthal, *Chlorophyta* are mainly represented by (1) filamentous types with package-like cell accumulations (species of the genera *Apatococcus*, *Desmococcus*, *Diplosphaera*), (2) unicellular and colonial autospore-forming types (species of *Chlorella*, *Elliptochloris*, *Pseudococcomyxa*, *Coccomyxa*, *Schizochlamydeella*, *Neocystis*, *Gloeocystis*, *Coenocystis*), and (3) disintegrating filamentous forms (species of *Klebsormidium*, *Stichococcus*, *Geminella*, *Fottea*). In the samples collected from the walls of the 'casemates' 59 algal species were found: 15 *Cyanophyta*, 31 *Chlorophyta*, 10 *Bacillariophyta*, and

2 *Eustigmatophyta*. *Chlorophyta* and *Cyanophyta* dominated the species composition, although *Bacillariophyta* were also present in a high diversity. The most common algae in this habitat were *Pseudendoclonium printzii*, *Chlorella ellipsoidea*, *Lobosphaera* sp. and *Diademsis contenta*.

Green algae are largely dominating the algal communities on Luxembourg's sandstone. The dominance of representatives of *Chlorophyta* in the algal flora of stony substrates is characteristic of temperate zones, whereas in tropical areas blue-green algae generally dominate (Nienow 1996; Hoffmann 1989). The comparative analysis of the species composition of the sandstone under open conditions and the 'casemates' shows that the first habitat is characterized by a higher species diversity of *Chlorophyta* and by a rather low diversity of *Cyanophyta* and *Bacillariophyta*. The dominance of *Chlorophyta* in the open space is probably explained by the lack of light in the 'casemates', where the lighting is periodical and absent for several months.

References

- Allen M. B. 1952. - The cultivation of Myxophyceae. *Archiv für Mikrobiologie* 17: 34-53.
- Bischoff H. & Bold H. C. 1963. - Phycological Studies IV. Some soil algae from Enchanted Rock and related algal species. University of Texas Publications 6318: 1-95.
- Broady P. 1996. - Diversity, distribution, and dispersal of Antarctic terrestrial algae. *Biodiversity and Conservation* 5: 1307-1335.
- Büdel B. & Wessels D. C. J. 1991. - Rock-inhabiting blue-green algae/cyanobacteria from hot arid regions. *Archiv für Hydrobiologie, Supplement* 92 (Algological Studies 64): 385-398.
- Friedmann I. 1982. - Endolithic microorganisms in the Antarctic Cold Desert. *Science* 215: 1045-1053.
- Friedmann I. & Galun M. 1974. - Desert algae, lichens and fungi. In: Brown G.W. Jr. (ed.): *Desert Biology, II*: 165-212. Academic Press, London-New York.
- Friedmann I., Hua M. & Ocampo-Friedmann R. 1988. - Cryptoendolithic lichens and cyanobacterial communities of the Ross Desert, Antarctica. *Microbial Ecology* 25: 251-259.
- Friedmann I. & Ocampo-Friedmann R. 1984. - Endolithic microorganisms in extreme dry environments: Analysis of lithobiontic microbial habitat. In: Klug M.J. & Reddey C.A. (eds.): *Current Perspectives in Microbial Ecology*, 177-185. American Society for Microbiology, Washington, D.C.
- Hoffmann L. 1989. - Algae of terrestrial habitats. *The Botanical Review* 55: 77-105.
- Nienow J.A. 1996. - Ecology of subaerial algae. *Nova Hedwigia* 112: 537-552.
- Ortega-Calvo J.J., Hernandez-Marine M. & Saiz-Jimenez C. 1991. - Biodeterioration of building material by cyanobacteria and algae. *International Biodeterioration and Biodegradation* 28: 165-185.
- Rindi F. & McGuiry M. 2003. - Composition and distribution of subaerial algal assemblages in Galway City, western Ireland. *Cryptogamie, Algologie* 24: 245-267.
- Weber B., Wessels D.C.J. & Büdel B. 1996. - Biology and ecology of cryptoendolithic cyanobacteria of a sandstone plateau in North-Transvaal, South Africa. *Archiv für Hydrobiologie, Supplement* 117 (Algological Studies 83): 565-579.
- Wessels D.C.J. & Büdel B. 1995. - Epilithic and cryptoendolithic cyanobacteria of Clarens sandstone cliffs in the Golden Gate Highlands National Park, South Africa. *Botanica Acta* 108: 220-226.

Résumé de la présentation

Biodiversité algale sur le grès au Luxembourg

Mots-clés: grès; algues lithophytiques; communautés algales; Chlorophytes; Cyanophytes

Les algues aérophytiques habitent souvent les substrats rocheux, en particulier les affleurements rocheux légers et poreux auxquels appartiennent les grès. A présent, les communautés d'algues prospérant sur les grès naturels sont très mal connues dans les régions tempérées de l'Europe. Le but de ce travail était d'étudier la composition floristique des communautés d'algues colonisant la surface des affleurements de grès au Luxembourg.

À cet effet, les biofilms croissant dans les galeries artificielles hypogées des «casemates» à Luxembourg-ville et exposés à la lumière artificielle ont été comparés aux communautés algales vivant sur les surfaces ombragées du grès dans le Müllerthal.

61 espèces d'algues ont été enregistrées dans les échantillons des affleurements de grès du Müllerthal: 38 *Chlorophyta*, 15 *Cyanophyta*, 5 *Bacillariophyta*, 1 *Xanthophyta* et 2 *Eustigmatophyta*. Les représentants des *Chlorophyta* ont dominé dans les échantillons. La diversité des *Cyanophyta*, *Eustigmatophyta*, *Xanthophyta* était sensiblement inférieure à celle des *Chlorophyta*. Les algues les plus communes étaient *Desmococcus olivaceus*, *Pseudendoclonium printzii*, *Gloeocapsa dermochroa*, *Chlorella ellipsoidea*. On a également observé un certain nombre d'espèces

rare (par exemple *Podohedra falcata*, *Dyctiochloropsis reticulata*, *Stichococcus undulatus*, *Scotiellopsis terrestris*) principalement connues des affleurements de grès des Alpes. En outre, cinq souches qui représentent probablement de nouveaux taxa ont été isolées.

Dans les échantillons récoltés sur les murs en grès des «casemates», 59 espèces d'algues ont été trouvées: 15 *Cyanophyta*, 31 *Chlorophyta*, 10 *Bacillariophyta*, et 2 *Eustigmatophyta*. *Chlorophyta* et *Cyanophyta* ont dominé la composition en espèces, bien que les *Bacillariophyta* aient été également présents à une diversité élevée. Les algues les plus communes dans cet habitat sont *Pseudendoclonium printzii*, *Chlorella ellipsoidea*, *Lobosphaera* sp. et *Diademsia contenta*.

L'analyse comparative de la composition d'espèces du grès dans les conditions naturelles du Müllerthal et dans les «casemates» a montré que le premier habitat est caractérisé par une diversité plus élevée d'espèces de *Chlorophyta* et par une diversité plutôt basse de *Cyanophyta* et de *Bacillariophyta*. Ce fait est probablement expliqué par le manque de lumière dans les «casemates», où l'éclairage est périodique, respectivement fait défaut pendant plusieurs mois.

Phytogeographic importance of sandstone landscapes

Handrij HÄRTEL^{1,2}, Ivana MARKOVÁ¹

¹*Institute of Botany, Academy of Sciences of the Czech Republic
Zámek 1, CZ-25243 Průhonice
hartel@ibot.cas.cz*

²*Bohemian Switzerland National Park Administration
Pražská 52, CZ-40746 Krásná Lípa
i.markova@npcs.cz*

Keywords: phytogeography; islands; Bohemian Cretaceous Basin; sandstone landscapes

Summary

The sandstone regions – despite many common features (close relationship among relief, microclimate and vegetation, habitat fragmentation, relic character of habitats, high patch dynamics) – vary significantly in their flora. At a large geographical scale, these differences are determined basically by climate (pertinence to various biogeographical regions). At regional level (e.g. Central Europe), the variations can be explained by different combinations of basic factors determining biodiversity: chemistry of the substrata, relief, altitude, microclimate, oceanity/continentality. Generally, sandstone landscapes are characterized by steep environmental gradients, implying a high β -diversity (diversity among habitats)

despite the low α -diversity (species richness within a habitat). Therefore, from phytogeographical point of view, flora of the sandstone regions usually consists of contrasting elements (oceanic vs. continental, montane vs. thermophilous, etc.). Moreover, as the sandstones usually form distinctive islands in the landscape with pronounced refugial environment, the flora is characterized by relic isolation and many exclave elements, recruiting mainly from (sub)-Atlantic (e.g., *Trichomanes speciosum*, *Hymenophyllum tunbrigense*, *Kurzia sylvatica*, *Hypericum pulchrum*) and (boreo)-montane or Arctic-Alpine species (e.g., *Viola biflora*, *Hygrobiella laxifolia*, *Anastrophyllum michauxii*, *Geocalyx graveolens*, *Lophozia grandiretis*, *Dicranum majus*).

Introduction

Although a detailed overview of the distribution of sandstone landscapes at European scale, or even over the world, is still missing, there exists at least a basic knowledge of the important European sandstone regions, their geology, geomorphology and biota (Härtel *et al.* in prep. a). These regions vary significantly in their area, age, petrography, morphology and biodiversity. However, differences in the biota of sandstone regions at the European or even global scale are generally determined by the differences in climate, i.e., they can be explained by the pertinence to a particular biogeographical region. Therefore, a phytogeographical comparison of sandstone regions e.g. in Central Europe with those in the Mediterranean is indeed possible, although such comparison would hardly indicate the variation of flora due to different geology and morphology. By contrast, such phytogeographical analyses make more sense

in regions with comparable climate, e.g., among sandstone regions within the Central Europe. In such case, phytogeographical differences among individual sandstone regions result from different combinations of basic factors determining biodiversity of sandstone landscapes: chemistry of the substrata, relief, microclimate, altitude, oceanity/continentality. In spite of the pertinence of the sandstone landscapes to various biogeographical regions, their flora and vegetation are determined by some common features resulting from specific geology and geomorphology of the sandstones. These include close relationships among relief, microclimate and vegetation, habitat fragmentation, relic character of habitats, high patch dynamics, and extremely steep environmental gradients. Furthermore, since the sandstone regions as landscape units are usually surrounded by distinctly different landscapes, they form pronounced ecological islands with all the consequences to biogeography (Herben *et al.* in prep.).

The role of sandstone landscapes in phytogeography

Sandstone landscapes, at least in Central Europe, are often considered to be species-poor areas in contrast to other substrata, such as limestones. However, this is true only for quartzose sandstones, not for calcareous sandstones (Buntsandstein), and even in quartzose sandstones just for phanerogams, not for cryptogams. Cryptogams, especially bryophytes and pteridophytes, can occupy the niche of phanerogams on the sandstones (Sádlo et al. in prep.). Species diversity of phanerogams in a sandstone landscape formed by quartzose sandstones can be very low. Only 150–160 phanerogam species are present in some map quadrangles of 2 km² in the core zone of the Bohemian Switzerland National Park (Elbe Sandstones). Flora on the quartzose sandstones is thus a good example of how the species diversity does not necessarily respond to the degree of naturalness of an area. However, the low species diversity within a habitat, i.e., α -diversity (Whittaker 1960), is in a sharp contrast with the high diversity among the habitats, i.e., β -diversity. Due to steep environmental gradients, plants of very different ecological groups can be found among very close habitats. Therefore, one of the important phytogeographic features of Central European sandstone regions is an unusual floristic combination of continental and oceanic, thermophilous and boreo-montane, xerophilous and hygrophilous elements. One example might be the Ralsko-bezděžská tabule Plateau in the Czech Republic, where sub-Atlantic species, such as *Hydrocotyle vulgaris*, *Chrysosplenium oppositifolium*, *Rhynchospora alba*, *Teesdalia nudicaulis*, *Arnoseris minima*, *Aira praecox*, *Corynephorus canescens*, *Trichomanes speciosum* (gametophytes), and continental species, such as *Scabiosa canescens*, *Astragalus arenarius*, *Anemone sylvestris*, *Carex pediformis* subsp. *macroura*, *Pulsatilla patens*, *Gypsophila fastigiata*, can be found in one region (Sádlo et al. in prep.; Härtel et al. in prep. b). Similarly, in the Elbe Sandstones, sub-Arctic-Alpine species, such as *Viola biflora*, and thermophilous species, such as *Centaurea stoebe*, occur at a distance of only few kilometres.

The role of sandstone landscapes as ecological islands is evident in two ways. (i) Due to the pure substrate (in the case of quartzose sandstones), the sandstone region can be characterized primarily in a negative way, i.e., by a high number of vascular plants that are missing on sandstones but present in the surrounding landscape. (ii) Sandstone landscapes as isolated islands with specific relief and microclimate represent a refugial environment, permitting the occurrence of relic species and communities. Many species find their isolated occurrences in sandstone regions, hundreds kilometres away from the nearest localities. Such example



Fig. 1: *Viola biflora*, a sub-Arctic-Alpine element, occurs in the gorges with climatic inversion in the Elbe Sandstones (Saxon-Bohemian Switzerland) at the altitudes of only 130–160 m a.s.l. Photo: Handrij Härtel.

is *Carex pediformis* subsp. *macroura*, a continental element known from the Ralsko-bezděžská tabule Plateau (Czech Republic), which has their closest occurrences in the European part of Russia. These exclave elements can recruit from different species groups (continental, oceanic, (boreo)-montane etc.); however, two species groups are particularly significant for Central European sandstone regions due to the specific microclimate with deep, wet gorges, characterized by strong climatic inversion: (sub)-Atlantic and (boreo)-montane species. (Sub)-Atlantic elements represent a significant proportion of the flora of Central European sandstone regions. They include *Chrysosplenium oppositifolium*, *Corynephorus canescens*, *Galium saxatile*, *Hypericum humifusum*, *H. pulchrum*, *Juncus acutiflorus*, *J. filiformis*, *J. squarrosus*, *Lathyrus linifolius*, *Littorella uniflora*, *Lotus uliginosus*, *Luronium natans*, *Ornithopus perpusillus*, *Potentilla anglica*, *Teesdalia nudicaulis*, and *Vulpia myuros*, among bryophytes e.g. *Kurzia sylvatica*, *Plagiothecium undulatum*. Some Atlantic species find the easternmost limit of their distribution in the Central European sandstone regions: *Hymenophyllum tunbrigense* (extinct in the Elbe Sandstones) or gametophytes of *Trichomanes speciosum*, known from almost all sandstone regions in the Bohemian Cretaceous Basin, with the easternmost occurrence in Poland (Krukowski & Swierkosz 2004). Similarly, sandstone regions are important as exclave occurrences of some (boreo)-montane, or even (sub)-Alpine or (sub)-Arctic-(sub)-Alpine species in landscapes in the colline or submontane belt. Among the Central European sandstone regions, the Elbe Sandstones occupy the lowest altitudes, so the species as *Viola biflora*, *Streptopus amplexifolius*, *Huperzia selago*, *Trienatlis europaea*, *Picea abies*, *Lycopodium annotinum*, the liverworts *Hygrobiella laxifolia* (Müller 2003), *Anastrophyllum michauxii*, *Geocalyx graveolens*, *Lophozia grandiretis*,

Harpanthus scutatus, and the mosses *Dicranum majus*, *Tetradontium repandum* and *T. brownianum* can be found at extremely low altitudes of 150–200 m a.s.l. Some European montane species might probably find their absolute altitudinal minimum of distribution in this region (e.g. *Lonicera nigra*), or at least a minimum in Central Europe in the case of species with Arctic-Alpine or boreal distribution (e.g. *Hygrobella laxifolia* (Müller 2003), *Viola biflora*).

References

- Härtel H., Adamovič J. & Mikuláš R. (in prep. a). - General overview of European Sandstone Landscapes, in Härtel H., Čílek V., Herben T., Jackson A. & Williams R. B. G. (eds), Sandstone Landscapes.
- Härtel H., Sádlo J., Świerkosz K. & Marková I. (in prep. b). - Phytogeography of the sandstone areas in the Bohemian Cretaceous Basin, in Härtel H., Čílek V., Herben T., Jackson A. & Williams R. B. G. (eds), Sandstone Landscapes.
- Herben T., Härtel H., Trýzna M. & Marková I. (in prep.). - Biota in sandstone habitats: sandstones as ecological islands, in Härtel H., Čílek V., Herben T., Jackson A. & Williams R. B. G. (eds), Sandstone Landscapes.
- Krukowski M. & Świerkosz K. 2004. - Discovery of the gametophytes of *Trichomanes speciosum* (Hymenophyllaceae: Pteridophyta) in Poland and its biogeographical importance. Fern Gaz. 17(2): 79-85.
- Müller F. 2003. - *Hygrobella laxifolia* (Hook.) Spruce – eine neue Lebermoosart für die Tschechische Republik. Bryonora, Praha 31: 10-12.
- Sádlo J., Härtel H. & Marková I. (in prep.). - Diversity of flora and vegetation of the sandstone areas in the Bohemian Cretaceous Basin, in Härtel H., Čílek V., Herben T., Jackson A. & Williams R. B. G. (eds), Sandstone Landscapes.
- Whittaker R. H. 1960. - Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California, Ecological Monographs 30: 279-338.

Résumé de la présentation

Importance phytogéographique des paysages de grès

Mots-clés: phytogéographie; îles; bassin crétacé de Bohême; espèces atlantiques; microclimat

Comparés à d'autres substrats les paysages gréseux constitués de grès quartzeux acides sont la plupart du temps considérés comme des secteurs pauvres en espèces. Ceci est bien souvent valable pour les phanérogames, mais cependant pas pour les cryptogames.

Les paysages de grès, îlots à environnement sensiblement différent, revêtent une grande importance phytogéographique en hébergeant nombre d'espèces isolées, principalement (1) des espèces (sub-) atlantiques (du à un microclimat humide dans les gorges), par exemple *Trichomanes speciosum*, *Hymenophyllum tunbrigense*, *Chrysosplenium oppositifolium*, et (2) des espèces montagnardes (ou même alpestres, du à l'inversion climatique), par exemple *Viola biflora*, *Streptopus amplexifolius*, *Hygrobella laxifolia*, *Anastrophyllum michauxii*, *Lophozia grandiretis*.

Les régions de grès du bassin crétacé de Bohême (République Tchèque, Allemagne, Pologne), en dépit de beaucoup similitudes, varient de manière significative dans leur flore. Ces différences phytogéographiques résultent d'une combinaison différente des facteurs de base déterminant la biodiversité : chimie, relief et climat (altitude, microclimat, océanité / continentalité). Les paysages de grès sont caractérisés par de forts gradients environnementaux de sorte qu'en dépit d'une diversité α inférieure (richesse d'espèces d'un habitat) on y trouve une diversité β élevée (diversité parmi des habitats).

Par conséquent, du point de vue phytogéographique, la flore d'une région de grès se compose habituellement d'éléments contrastants (océanique / continental, montagnard / thermophile, etc.).

Holocene acidification process recorded in three pollen profiles from Czech sandstone and river terrace environments

Petr POKORNÝ

Institute of Archaeology, Academy of Sciences of the Czech Republic
Letenská 4, CZ-118 01 Praha 1
pokorny@arup.cas.cz

Petr KUNEŠ

Department of Botany, Charles University in Prague
Benátská 2, CZ-128 01 Praha 2
cuneus@natur.cuni.cz

Introduction

Late Quaternary climatic changes had dramatic effect on the terrestrial biosphere. In temperate mid-latitude regions of the Northern Hemisphere, vegetation belts migrated over several thousands of kilometers. These macroscale vegetational changes were accompanied (and were partly in response to) changes in soil properties. The ways in which soil-vegetation relationships have evolved, and particularly the response of vegetational and pedogenetic processes to climatic change, are of fundamental importance in understanding the dynamics of contemporary ecosystems. Viewed in this light, acidification is a long-term natural process that occurs especially during warm phases of Quaternary climatic cycle (Iversen 1958; Birks 1986). It is characterized by loss of cations (namely bivalent bases - Ca^{2+} and Mg^{2+}) that are normally bound to clay minerals in the soils. Under wet and warm conditions, bases are leached from these complexes, being dissolved in percolating water and transported out of the ecosystem (and finally through the rivers to the sea). This process results in change in species composition and productivity of the ecosystems. The dynamics of acidification is seriously modified by climatic changes, biotic influences, and, during the Holocene, also by human intervention (Bell & Walker 1992). Anthropogenic activities contribute to the acidification through removal of biomass (grazing, mowing, woodcutting, harvesting without subsequent manuring) and through triggering the soil erosion. Positive feedback mechanisms may play an important role in case of biological control of acidification. To give a simple example from Central Europe: At the first stage of acidification, coniferous trees (namely *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, and *Abies alba*) spread within broadleaf forests.

During the decomposition of coniferous fall-off, humic acids are produced in great quantities. Organic compounds in soils change from mull to mor humus. This efficiently speeds up further acidification and soils structure is changed in the process called podzolisation. Usually also upper layer of underlying bedrock is being leached and decalcified.

Due to its long long-term nature, acidification processes can be best studied in secular to millennial time scale. Pollen analysis is appropriate tool for this as it enables to record time scales long enough and because vegetation corresponds directly to local geochemical changes.

The pollen and sediment chemistry evidence

Soils developed on relatively acidic bedrock are often more sensitive to loss of nutrients than those on calcareous substrata. This is why best evidence for Holocene acidification in the Czech Republic comes from sandstone regions and from river environment with extensive cover of acidic sands and gravel. In the following, we will give three examples of profiles, where acidification process can be studied (location of profiles indicated in Fig. 1).

Anenské údolí, Broumovsko sandstone region

The site, a topogenic mire in the bottom of a valley at 645 m a.s.l. altitude, is surrounded by dramatic



Fig. 1: Territory of the Czech Republic and the location of sites and regions mentioned in the text.

relief with sandstone rocks and gorges. Present vegetation is dominated by acidic pine woodland in relatively dryer situations and by spruce plantations in the bottoms of the valleys. Climate of the region is oceanic and relatively cold (mean annual temperature around 7°C and rainfall around 800 mm).

In the pollen diagram (Fig. 2) we see gradual vegetation change from mixed oak woodlands to communities dominated by spruce (*Picea abies*), beech (*Fagus sylvatica*), and silver fir (*Abies alba*). This change can be observed between 150 and 85 cm – i.e. between ca 4 100 and 3 400 B.P. according to radiocarbon chronology. While the decrease in demanding tree species is gradual, expansion of constituents of oligotrophic woodland communities is stepwise: In the first step this is the expansion of *Picea abies*, followed by strong increase in *Fagus sylvatica* and *Abies alba*. Also hornbeam (*Carpinus betulus*) appears in this stage. As human impact indicators virtually lacking in the pollen record we may assume that above-described process of acidifi-

cation was controlled entirely by natural influences in this case.

To get more insight to process of acidification, samples for chemical analysis of Ca^{2+} and Mg^{2+} cations (Fig. 5) were taken directly from above-described peat profile. At first, concentration of both elements steadily rises (from about 190 to 95 cm). This must be the result of increased leaching from the soils in the catchment after invasion of beech (*Fagus sylvatica*). Leached cations were than bound into peat organic matter (Digerfeldt 1972). Maximum concentrations are found at the level of 95 cm – this is probably the result of silver fir invasion (see *Abies alba* curve in pollen diagram). As already described above, the decomposition of coniferous falloff may speed up acidification process. Spread of coniferous forest in the catchment caused more Ca^{2+} and Mg^{2+} to be released from the soils. After the maximum at 95 cm, the concentrations of both Ca^{2+} and Mg^{2+} started to decline as their availability slowly decreased in the catchment. At this time finally, acidification process was completed.

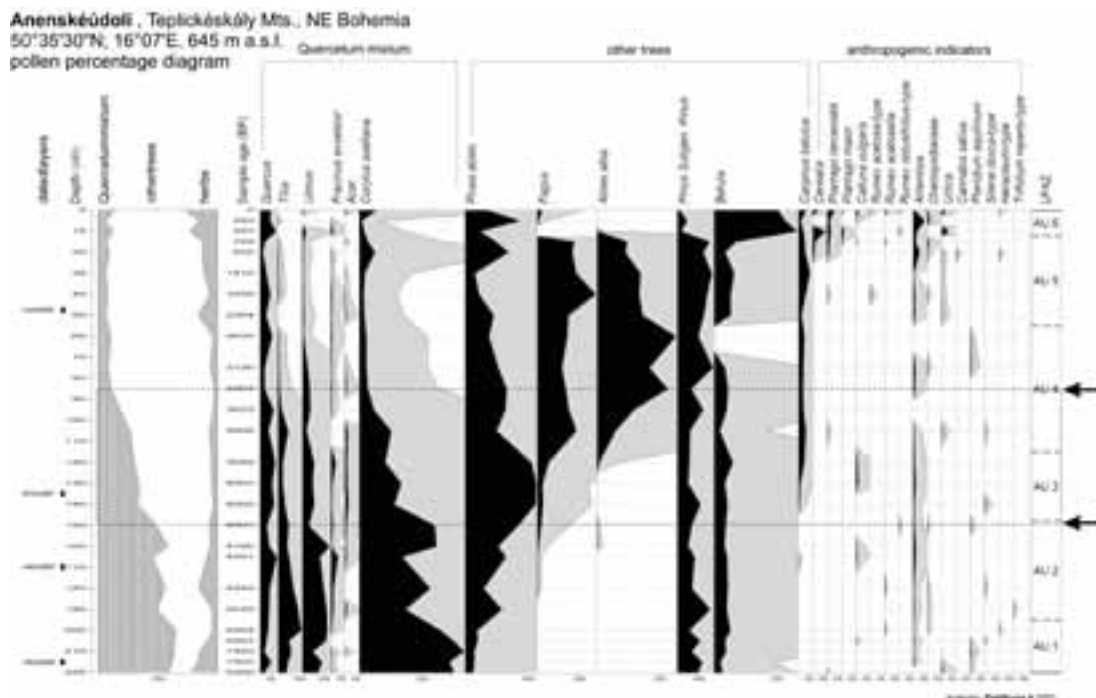


Fig. 2: Simplified percentage pollen diagram from Anenské údolí site. The period of acidification indicated at right.

Jelení louže, České Švýcarsko sandstone region

This pollen profile comes from a topogenic mire that is situated in relatively shallow sandstone gorge, about 400 m a.s.l. The site is surrounded by large sandstone plateau bordered by well-developed rock formations. Today, this area is extremely acidic with species-poor vegetation dominated by pine and birch. Surface pollen spectrum (0 cm in the pollen profile) reflects the present vegetation conditions. Local climate is rather oceanic with relatively high annual rainfall (nearby station at Chřipská: 934 mm).

Acidification process is seen in the pollen diagram between the depth of 210 and 120 cm (Fig. 3). This corresponds to the time period between about 4700 B.P. and 2900 B.P. according to radiocarbon dating. As in the case of Anenské údolí site, although final consequences of acidifications are very deep, the process itself is rather gradual. Vegetation response to acidification has a stepwise character. The starting point is the vegetation of rich mixed oak woodlands with significant admixture of hazel (*Corylus avelana*). In the first step, the curves of demanding trees (*Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Acer*, *Fraxinus*, and *Corylus*) decline in

favor to expanding beech (*Fagus sylvatica*). During the second step we may observe another decrease in demanding broadleaf trees, but also the decline in *Fagus* that is replaced by silver fir (*Abies alba*). In the same period, anthropogenic indicators are very low in the pollen diagram, excluding again the possibility of anthropogenic control of acidification process.

Tišice, middle Labe region

Unlike the previous two cases, this site is situated at low elevation (165 m a.s.l.) and in very different geomorphologic situation - in a flat landscape within a broad valley of Labe River, adjacent to Polomené hory sandstone area. The valley is filled with sandy and gravel substrata of Pleistocene river terraces. We may trace the history of human impact in the region deep into Neolithic period from the pollen-analytical investigations and according to archaeological excavations (Dreslerová & Pokorný 2004). Today, this is an agricultural landscape with some little remains of acidic pine woodlands. Local climate is warm, dry, and relatively continental (mean annual climatic characteristics of nearby city of Mělník: 8.7 °C, 527 mm).

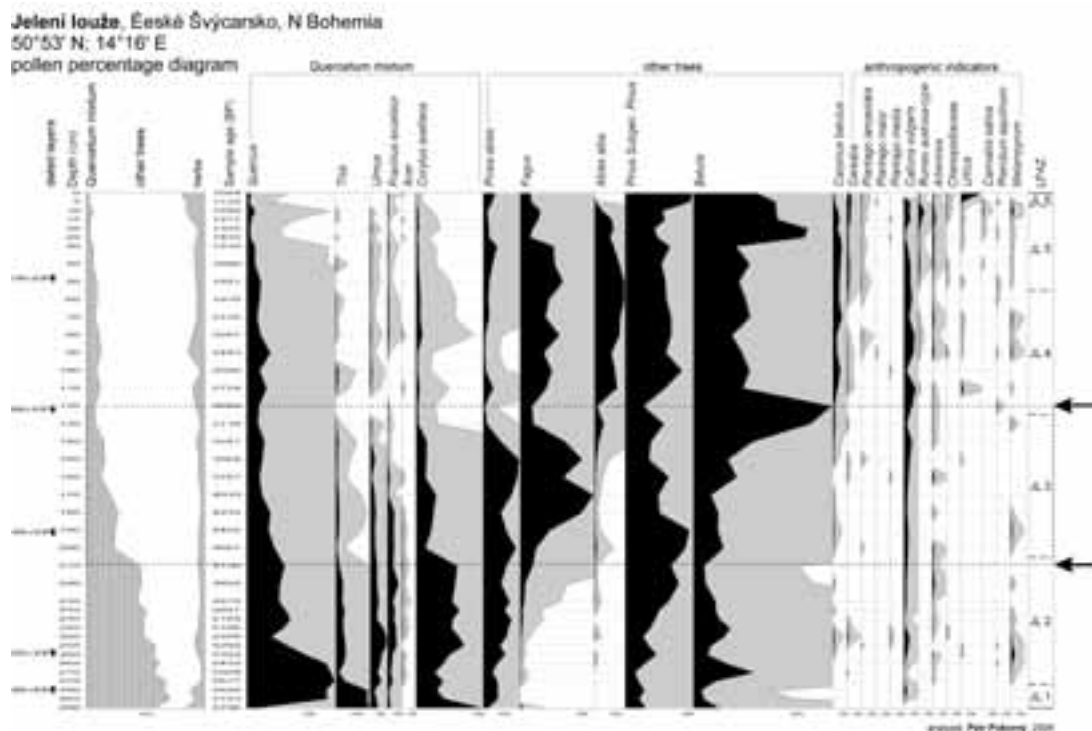


Fig. 3: Simplified percentage pollen diagram from the Jelení louže site. The period of acidification is indicated on the right side.

Older part of the pollen diagram (Fig. 4) is characterized by high pollen curves of *Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Fraxinus*, and *Corylus*. Acidification is much more dramatic process than in previous two examples. It is seen in pollen diagram as sudden vegetation change between 185 and 175 cm depth. This period corresponds roughly to 3 000 B.P. according to radiocarbon chronology. Demanding trees of mixed oak woodlands decline in this point and curves of *Pinus* and *Abies alba* increase significantly. This event is synchronous with sudden rise in anthropogenic indicators – both arable and grazing indicators. Close correlation of both phenomena suggests an anthropogenic control of acidification process. This was probably the reason why vegetation change is so sharp in this case.

Discussion and conclusions

Sandstone and river terrace landscapes in the Czech Republic experienced considerable changes in their productivity, species richness and composition during the Late Holocene. These areas, today extremely acidic and oligotrophic, were much

more nutrient rich during most of their Holocene history. In the example of three pollen profiles we could see how process of acidification may differ in the timing and in its dynamics. These differences are due to different local climatic setting and, more important, due to different human impact histories.

First evidence for Late Holocene acidification of Czech sandstone landscapes was given by V. Ložek (1998). His arguments are based on palaeomalacological finds from sedimentary fills of rock shelters at Poloméň hory sandstone area. Middle Holocene snail communities were surprisingly rich in species, whereas at present the areas in question are characterized by only very poor communities consisting of few most resistant species. Strong decrease in snail species richness – from 41 species to only 6 in case of a single site – coincides with the Final Bronze Age period (about 3 000 B.P.). This suggests a dramatic transformation of ecosystem during respective time. For the explanation of this phenomenon, Ložek proposes model of environmental collapse induced by climatic change associated with human activity – woodland clearance and grazing. This model corresponds very well to our present

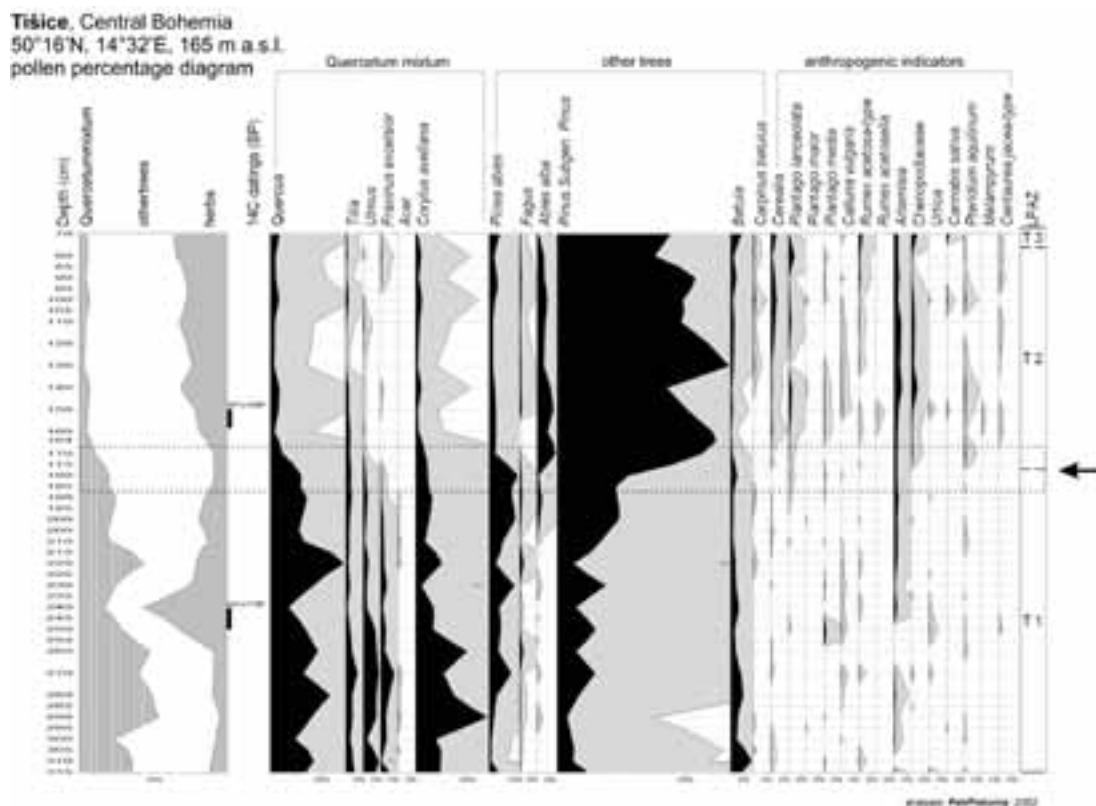


Fig. 4: Simplified percentage pollen diagram from the Tišice site. The moment of acidification is indicated on the right side.

data from Tišice site, where vegetation change to more acidic conditions is synchronous with significant increase in human impact. Also the timing of both acidification events is about the same (Late to Final Bronze Age). In contrast to this, pollen evidence from Broumovsko and České Švýcarsko sandstone regions suggests more gradual acidification that took place between ca 4 700 and 3 000 B.P. (Late Neolithic to Final Bronze Age according to archaeological chronology). This difference is probably due to the lack of prehistoric human influence which was negligible in two later mentioned regions.

According to arguments presented in this paper, soil acidification and ecosystem depauperization is a process that is natural under climatic conditions of Central Europe. Sandstone substrata are especially sensitive to loss of basic nutrients. Around 3 000 B.P., natural process of acidification culminated in both sandstone regions under study. This happened obviously without influence of man. Nevertheless, human impact may have been an important factor that speeded up this process. This happened during Late and Final

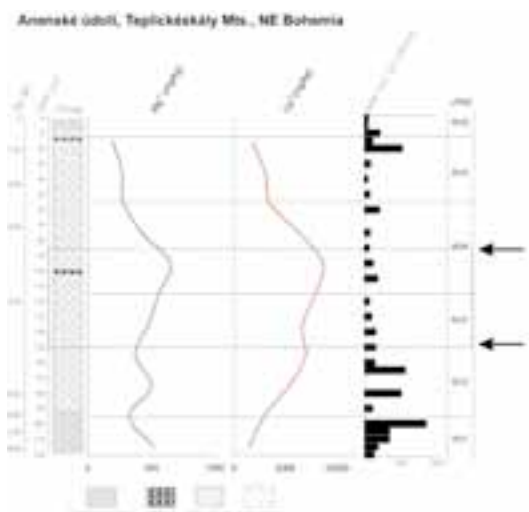


Fig. 5: Ca^{2+} and Mg^{2+} total concentrations diagram from Anenské údolí site. The period of acidification (derived from pollen diagram; Fig. 2) is indicated on the right side.

Bronze Age (i.e. at about 3 000 B.P. again) in case of Polomené hory sandstone area and in nearby-situated terraces of Middle Labe River. Woodland clearance, grazing and subsequent soil erosion were probably most important control mechanisms that played a role.

Acknowledgements

This study was supported by Ministry of the Environment of the Czech Republic, project no. VaV 620/7/03. The authors owe a great deal to the organizers of II. Sandstone symposium at Vianden for partial sponsorship of the presentation of this paper.

References

- Bell M. & Walker M. J. C. 1992. - Late Quaternary Environmental Change. Physical and Human Perspectives. Longman Scientific and Technical, copublished with John Wiley and Sons, New York. 663 p.
- Birks H. J. B. 1986. - Late Quaternary biotic changes in terrestrial and lacustrine environments, with particular reference to north-west Europe. In: Berglund, B.E. (ed.), Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology, John Wiley and Sons, Chichester and New York, pp. 3-65.
- Digerfeldt G. 1972. - The Post-glacial development of Lake Trummen. Regional vegetation history, water level changes and palaeolimnology. *Folia Limnologica Scandinavica* 16.
- Dreslerová D. & Pokorný P. 2004. - Settlement and prehistoric land-use in middle Labe valley, Central Bohemia. Direct comparison of archaeological and pollen-analytical data. *Archeologické rozhledy* 56: 79-762.
- Iversen J. 1958. - The bearing of glacial and interglacial epochs on the formation and extinction of plant taxa. *Upsala Universiteit Arssk* 6: 210-215.
- Ložek V. 1998. - Late Bronze Age environmental collapse in the sandstone areas of northern Bohemia. In: Hänsel, B. (ed.), Man and Environment in European Bronze Age, Oetker-Voges Verlag, Kiel, pp. 57-60.

Résumé de la présentation

Histoire de la végétation des paysages de grès tchèques dérivée du profil de tourbières

Mots-clés: paléoécologie; palynologie; analyse de pollen; développement de la végétation; changement environnemental; holocène; acidification

En République Tchèque, les paysages de grès représentent un phénomène important. En dépit de ce fait, on ne sait que peu de choses au sujet de quelques aspects importants de leur histoire environnementale. Les régions gréseuses České Švýcarsko et Broumovsko ont été récemment soumises à des analyses polliniques qui ont apporté des informations significatives sur le développement de leur végétation au cours de l'holocène. De ce point de vue, l'histoire de ces paysages de grès se révèle étonnamment dramatique.

D'une part documentées par des recherches paléomalacologiques, leurs conditions nutritives dans le passé pourraient avoir été sensiblement différentes de celles que nous connaissons aujourd'hui. De nouveaux résultats palynologiques de České Švýcarsko confirment cette trouvaille. Dans l'holocène moyen, les forêts mixtes de chêne à grande abondance de noisetier, de tilleul et d'orme formaient l'essentiel des espaces boisés. Plus tard, des substrats riches en éléments nutritifs ont été soumis à un appauvrissement provoqué très probablement par des changements climatiques. L'expansion du hêtre et du sapin argenté en fut le résultat. Le rôle de l'impact humain dans ce processus fut négligeable.

L'influence humaine s'accélère seulement à partir de la période moderne.

D'autre part, l'existence dans le passé d'une végétation contrastante à échelle spatiale très réduite a été également largement soutenue par les analyses polliniques. Les données de la région de Broumovsko démontrent l'expansion et l'établissement de forêts d'épicéas dans des stations à inversion climatique. En revanche, on trouvait des chênaies mélangées au noisetier quelques centaines de mètres au-dessus dans des stations plus lumineuses et plus chaudes. L'hypothèse de stations rélictuelles de grandes pinèdes dans tous les paysages de grès a été également rejetée du au très faible contenu de pollen de pin. En conclusion le transport de pollen et le processus de sédimentation dans des profils de tourbe ont apparemment eu lieu à échelle locale. C'est pourquoi on peut y retracer surtout l'historique de la végétation des alentours immédiats, moins celui de l'espace régional ou global.

Les résultats font ressortir clairement que les régions de grès diffèrent significativement dans leur histoire environnementale. Les différences climatiques et géologiques ainsi que les historiques de migration distinctes en sont la cause.

Le Grès du Luxembourg: un îlot de biodiversité pour les diatomées des ruisseaux

Olivier MONNIER, Martial FERRÉOL, Alain DOHET,
Lucien HOFFMANN, Henry-Michel CAUCHIE & Luc ECTOR

Centre de recherche public-Gabriel Lippmann
Cellule de recherche en environnement et biotechnologies
41, rue du Brill, L-4422 Belvaux
monnier@lippmann.lu

Mots-clés: assemblages; diatomées; écologie; grès; Luxembourg; ruisseaux

Introduction

Depuis 1994, de nombreux inventaires de diatomées ont été réalisés dans les rivières et les ruisseaux du Luxembourg à des fins d'évaluation de la biodiversité et de suivi de la qualité biologique des eaux. L'étude de la répartition des 156 taxons les plus significatifs en terme d'occurrence montre tout d'abord une séparation marquée entre les deux principales régions géologiques du Luxembourg, l'Oesling et le Gutland. Par ailleurs, le Müllerthal, région du Gutland dominée par les formations gréseuses, présente une richesse spécifique supérieure aux secteurs encadrants. Cette originalité est attestée par la découverte récente d'une espèce nouvelle, *Achnanthyrium atomoides* Monnier, Lange-Bertalot et Ector 2004 (Monnier *et al.* 2004). Les cours d'eau (bassins de l'Ernz Blanche et de l'Ernz Noire) du Müllerthal constituent probablement une zone refuge pour cette espèce fréquente dans les rivières calcaires des Alpes françaises, des Pyrénées et de la chaîne Cantabrique (Espagne). Faisant suite à ces observations, cette étude tente de dégager la spécificité de la flore des diatomées des zones gréseuses du Luxembourg et de la relier à une spécificité des caractéristiques environnementales des cours d'eau sur substrat gréseux.

Matériel et méthodes

105 échantillons ont été prélevés dans des ruisseaux dont la longueur n'excède pas 4,25 km: 44 échantillons proviennent de ruisseaux gréseux et 61 échantillons proviennent de cours d'eau au bassin versant développé sur d'autres substrats sédimentaires au Luxembourg. Parallèlement, 19 variables physio-géographiques et physico-chimiques ont été relevées. 104 taxons de niveaux

spécifique et infra-spécifique ont été inventoriés avec une fréquence relative égale ou supérieure à 1 % dans au moins un échantillon.

L'analyse de cette base de données s'est faite en plusieurs étapes. Plusieurs méthodes ont été utilisées, dans un souci de confirmation mutuelle des résultats obtenus et de complémentarité, afin de dégager les spécificités des peuplements de diatomées des ruisseaux sur grès, en termes d'assemblages, de taxons et de leurs relations avec les paramètres environnementaux.

A partir du tableau des inventaires taxinomiques (données biotiques), les taxons les plus caractéristiques des ruisseaux sur grès ont été déterminés suivant la méthode des espèces indicatrices de Dufrêne & Legendre (1997). Les groupes d'échantillons présentant des assemblages de diatomées similaires ont été définis suivant la méthode de classification de Ward (1963) (Fig. 1a). Dans le but de confirmer cette classification et de visualiser les taxons les plus représentatifs, les données biotiques ont également été traitées par analyse factorielle des correspondances, donnant deux ordinations couplées, celle des assemblages (Fig. 1b) et celle des taxons (Fig. 1c). Une analyse canonique des correspondances de la matrice des données biotiques par la matrice des données abiotiques a été faite afin de déterminer la relation entre paramètres biotiques (taxons, Fig. 1e) et paramètres environnementaux (Fig. 1d). Le rapport de l'inertie totale de l'analyse canonique des correspondances sur celle de l'analyse factorielle des correspondances, visualisable sur la figure 1f, a permis de déterminer l'importance du lien entre composition des assemblages et paramètres environnementaux.

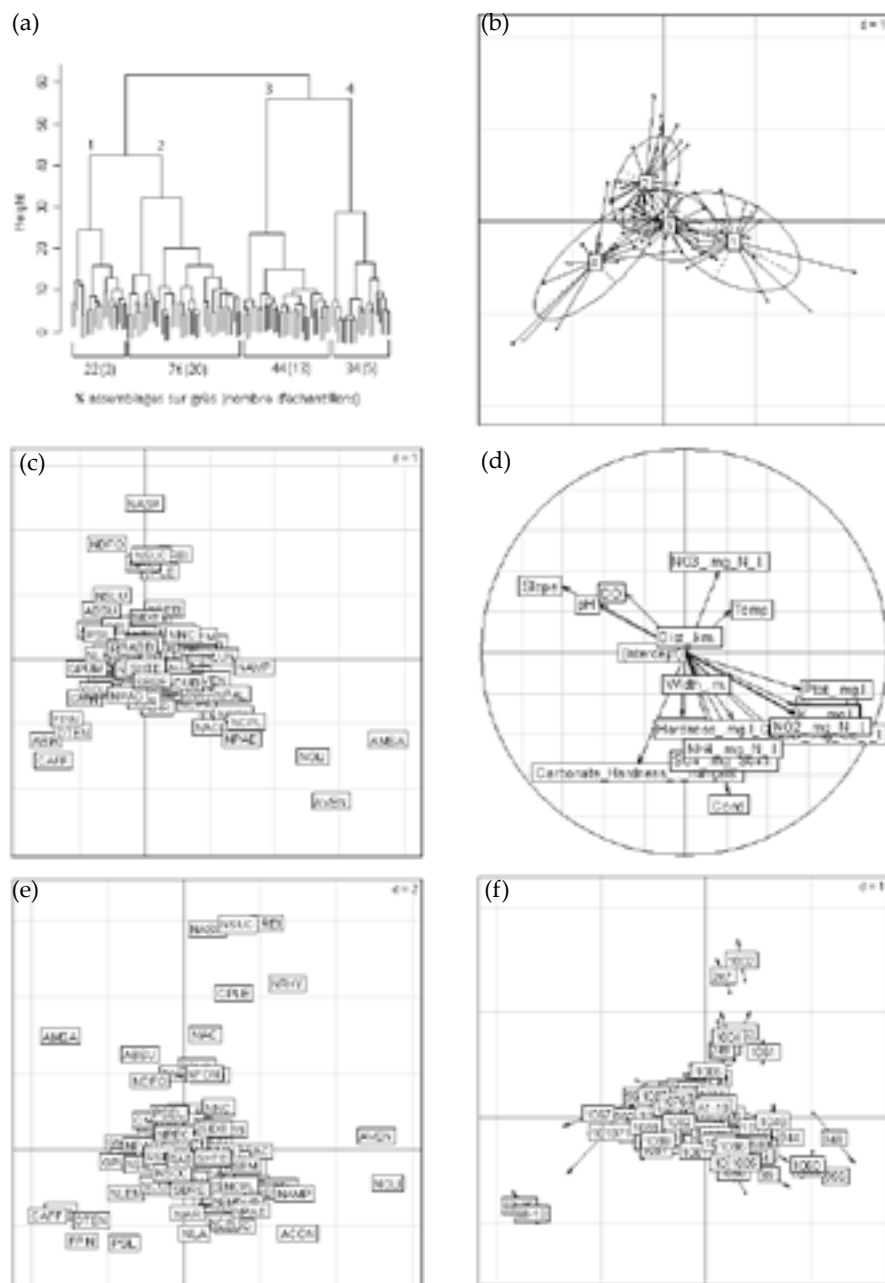


Fig. 1: Graphiques des différents traitements statistiques. Pour les graphiques b à f, l'axe horizontal est l'axe de la première valeur propre, l'axe vertical est l'axe de la seconde valeur propre. (a) Classification de Ward des inventaires de diatomées; quatre groupes sont retenus. (b) Scores de l'analyse factorielle des correspondances des inventaires de diatomées. Les numéros correspondent aux quatre groupes de la classification de Ward. (c) Scores de l'analyse factorielle des correspondances des taxons de diatomées. Les codes correspondent aux acronymes des taxons (logiciel OMNIDIA, Lecoine et al. 1993). (d) Scores de l'analyse canonique des correspondances des variables abiotiques. (e) Scores de l'analyse canonique des correspondances des taxons de diatomées. (f) Scores de l'analyse factorielle des correspondances des inventaires de diatomées et prédiction de leur position en fonction des variables abiotiques. Les numéros correspondent aux inventaires diatomiques.

Résultats et discussion

51 taxons sont communs aux deux substrats géologiques: 27 sont spécifiques des grès et 26 sont spécifiques des autres types de terrains sédimentaires, essentiellement marneux. Proportionnellement au nombre de points de prélèvement, la richesse spécifique des diatomées des ruisseaux sur grès est 1,42 fois supérieure à celle observée pour les autres ruisseaux.

La classification de Ward (1963) répartit les assemblages de diatomées en quatre groupes majoritaires (Fig. 1a), dont le plus important est aussi représentatif à 76 % des sites sur grès (groupe 2), ce qui en montre la spécificité. Inversement, les trois autres groupes (1, 3 et 4) sont principalement composés d'assemblages de sites marneux.

L'analyse factorielle des correspondances des inventaires de diatomées (Fig. 1b) confirme que les quatre groupes d'assemblages sont bien différenciés. Les groupes 1, 3 et 4, dans lesquels dominent les assemblages de sites marneux, se répartissent selon l'axe horizontal. Le groupe 2, dominé par les assemblages de sites gréseux, se positionne par rapport à l'axe vertical. Le traitement des taxons par analyse factorielle des correspondances (Fig. 1c) montre la même tendance que le traitement au niveau des assemblages (Fig. 1b). La répartition des espèces selon l'axe horizontal correspond à un gradient de pollution, puisqu'on trouve à gauche les taxons les plus sensibles et à droite les plus tolérants (Fig. 1c). Les espèces positionnées vers le haut par rapport à l'axe vertical (Fig. 1c) correspondent aux taxons qui possèdent les valeurs indicatrices les plus fortes avec l'analyse des espèces indicatrices de Dufrêne & Legendre (1997). Les huit taxons les plus représentatifs du grès sont: *Achnanthydium subatomus* (Hustedt) Lange-Bertalot 1999, *Geissleria acceptata* (Hustedt) Lange-Bertalot et Metzeltin 1996, *Diatoma mesodon* (Ehrenberg) Kützinger 1844, *Adlafia* sp. aff. *suchlandtii* (Hustedt) Moser, Lange-Bertalot et Metzeltin 1998, *Diatoma moniliformis* Kützinger 1833, *Fragilaria vaucheriae* (Kützinger) Petersen 1938, *Encyonema minutum* (Hilse ex Rabenhorst) D. G. Mann 1990 et *Amphora pediculus* (Kützinger) Grunow 1875. Le traitement par analyse canonique des correspondances des 19 variables environnementales (Fig. 1d) montre que beaucoup d'entre elles sont auto-corrélées. Les fortes valeurs propres confirment la présence de paramètres structurants. Ces valeurs propres, comparées à celles de l'analyse factorielle des correspondances, indiquent que les paramètres abiotiques pris en compte dans la présente étude expliquent 25,5 % de la composition des assemblages diatomiques. La charge en nitrates, à l'exclusion de tout autre paramètre de pollution, apparaît comme le critère le plus important pour expliquer la composition des assemblages sur grès. La température, l'oxygène dissous, le pH et la pente du cours d'eau, liés aux caractéristiques

physiques des cours d'eau, apparaissent moins déterminants. En ce qui concerne l'ensemble des sites, d'autres paramètres de pollution, surtout organique, apparaissent comme les facteurs les plus structurants. La minéralisation de l'eau semble également jouer un rôle. L'analyse canonique des correspondances entre les variables abiotiques et les variables biotiques (Fig. 1e) confirme la relation qui existe entre la répartition des taxons et les conditions environnementales. A quelques exceptions près, la distribution des taxons apparaît donc conditionnée par les paramètres de qualité des eaux. Ces conclusions concordent avec celles de Rimet *et al.* (2004), établies à l'échelle du Luxembourg. Enfin, les différences entre les assemblages prédits en fonction des paramètres abiotiques et les assemblages observés sont relativement faibles (Fig. 1f) et la structure d'ensemble est conservée.

En conclusion, la flore diatomique des ruisseaux s'écoulant sur substrat gréseux apparaît présenter de réelles spécificités, qui sont le reflet de conditions de milieux sensiblement différentes de celles rencontrées dans les ruisseaux s'écoulant sur d'autres substrats sédimentaires au grand-duché de Luxembourg.

Remerciements

Ce travail est une contribution au projet MODELE-COTOX, financé par le Fonds national de la recherche du Luxembourg.

Bibliographie

- Dufrêne M. & Legendre P. 1997. - Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.
- Lecointe C., Coste M. & Prygiel J. 1993. - "OMNIDIA" software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* 269/270: 509-513.
- Monnier O., Lange-Bertalot H., Rimet F., Hoffmann L. & Ector L. 2004. - *Achnanthydium atomoides* sp. nov., a new diatom from the Grand-Duchy of Luxembourg. *Vie et Milieu* 54: 129-138.
- Rimet F., Ector L., Cauchie H.-M. & Hoffmann L. 2004. - Regional distribution of diatom assemblages in the headwater streams of Luxembourg. *Hydrobiologia* 520: 105-117.
- Ward J. H. 1963. - Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association* 58: 236-244.

Abstract of the presentation**Sandstone of Luxembourg: a small island of biodiversity for the diatoms of the brooks**

Keywords: assemblages; brooks; diatoms; ecology; Luxembourg; sandstone

The diversity of the epilithic diatoms in the rivers of Luxembourg is organized according to the two great natural areas: the schisto-quartzose plateau of the Oesling in the north, and the sedimentary (mainly marls), partly gritty, formations of the Gutland in the south of the country. The mineralization of water appears as the primary cause of the distribution of these algae. More locally, other environmental characteristics and human activities seem to explain the distribution of the taxa. In the Gutland, the occurrence of many taxa mainly

distributed on the sandstones, raised the question of the influence of the gritty substrates on the diversity of the diatoms. Ward's classification and correspondence analyses show that assemblages on sandstone are quite different than those on marl. The same trend is displayed when species are taken into account. Canonical correspondence analysis of abiotic variables explains 25.5 % of the specificity of diatom assemblages on sandstone. The most indicative species of sandstone is *Achnanthyidium subatomus* (Hustedt) Lange-Bertalot.

Les phytocénoses d'indigénat du Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) sur les affleurements de grès du Pays de Bitche (Vosges du Nord)

Serge MULLER

Laboratoire biodiversité & fonctionnement des écosystèmes
Université Paul Verlaine – Metz, UFR Sciences fondamentales et appliquées
Campus Bridoux, Avenue du Général Delestraint, F-57070 Metz
muller@univ-metz.fr

Mots-clés: Phytosociologie; dynamique; climax; sylvigénèse; pineraie; dune; grès vosgien

Résumé:

L'indigénat du Pin sylvestre sur les affleurements de grès du Pays de Bitche (Vosges du Nord) est attesté par des données historiques, dendrologiques et palynologiques. L'étude phytosociologique et phytodynamique des écosystèmes forestiers de ce territoire a permis de préciser les phytocénoses d'indigénat de cette essence dans ce territoire: les pineraies à *Cladonia* sur pitons rocheux (Leucobryo-Pinetum cladonietosum), les pineraies à *Sphagnum* et *Vaccinium uliginosum* des basfonds tourbeux (Vaccinio uliginosi-Pinetum) et les pineraies xérophiles sur affleurements sableux dunaires

à texture grossière (Leucobryo-Pinetum typicum). A partir de ces stations post-glaciaires, où le Pin sylvestre a établi des peuplements pérennes depuis la période boréale, il a également pu coloniser temporairement, comme essence pionnière occasionnelle, des trouées dans la chênaie-hêtraie (Luzulo-Quercetum), qui constitue le climax climatique des cuvettes du Pays de Bitche. L'extension de l'espèce dans ce territoire résulte toutefois des plantations massives effectuées à partir de la fin du 19^{ème} siècle.

Introduction

Le Pin sylvestre est une espèce à large répartition eurasiatique, distribuée en Europe entre les latitudes de 40°N (au Sud de l'Espagne) et 70°N (au Nord de la Norvège), mais fragmentée en Europe de l'Ouest en différents territoires. L'espèce présente une grande variabilité morphologique et physiologique, ayant conduit les systématiciens à y distinguer des sous-unités, considérées comme des types, sous-espèces ou variétés (Gaussen 1960). Cette variabilité a été confirmée par des études sur le polymorphisme polyphénolique (Lebreton *et al.*, 1990), ainsi qu'à l'aide de marqueurs mitochondriaux (Sinclair *et al.* 1999; Soranzo *et al.* 2000). Des travaux récents ont permis de préciser les refuges glaciaires de cette espèce dans le Sud et le centre de l'Europe et les voies et modalités de la migration post-glaciaire ayant conduit à sa distribution actuelle (Sinclair *et al.* 1999; Cheddadi *et al.* 2004).

Critères d'indigénat du Pin sylvestre dans le Massif Vosgien

Les territoires d'indigénat du Pin sylvestre dans le massif vosgien ont été analysés et discutés par Guinier (1961) sur la base de documents d'archives forestières dépouillées en particulier par Vidron (1927) et Noël (1934).

L'indigénat de cette espèce dans la région de Bitche est attesté par les critères suivants:

- **Des critères palynologiques:** Les rares études palynologiques réalisées dans les tourbières de la région de Bitche (Hatt 1937; Dubois *et al.* 1938) y indiquent la permanence de la présence du Pin sylvestre depuis la période du Boréal.
- **Des arguments historiques:** L'ancienneté de la présence du Pin sylvestre a été établie par des études sur l'histoire de ces forêts (Noël 1934; Glath 1958), qui ont permis de déterminer les secteurs où l'espèce était déjà présente au XVIII^{ème} et même au XVI^{ème} siècle et y était vraisemblablement indigène.

- **Des critères dendrométriques:** L'existence, dans la région de Bitche, d'un « type » particulier de Pin sylvestre, appelé « race de Hanau » (selon Vidron 1927), plaide pour son indigénat dans ce territoire.
- **Des critères floristiques:** La présence du lichen épiphyte *Imshaugia aleurites* est caractéristique, selon Diederich & Schwenninger (1990), des peuplements autochtones de *Pinus sylvestris* des sommets de rochers. Or l'existence de ce lichen sur des Pins sylvestres de la région de Bitche est connue depuis plus d'un siècle (Kieffer 1895) et a été confirmée récemment (Signoret & Diederich 2003). De même, la présence sur quelques rochers de *Cladonia alpestris*, espèce typique des pineraies naturelles boréales, peut également être utilisée comme un critère d'indigénat du Pin sylvestre. Ces critères floristiques doivent toutefois être maniés avec prudence, car certaines espèces peuvent être relictuelles de pineraies de la période du Boréal, qui ont ensuite évolué vers des chênaies. Cela a été montré en particulier pour *Pulsatilla vernalis* et *Daphne cneorum*, deux espèces spécifiques des pineraies d'Europe continentale, mais qui sont inféodées actuellement dans le Pays de Bitche à des landes du Daphno-Callunetum issues du déboisement des chênaies-hêtraies du Luzulo-Quercetum (Muller 1997).

Les phytocénoses d'indigénat du Pin sylvestre dans la région de Bitche

Toutefois ces différents critères n'ont pas permis de définir les habitats et sites précis d'indigénat du Pin sylvestre dans ce territoire. Ceux-ci ont pu être précisés grâce à l'étude phytosociologique des forêts du Pays de Bitche (Muller 1986, 1988a). Celle-ci a permis d'identifier trois habitats principaux d'indigénat du Pin sylvestre dans la région de Bitche (Muller 1985, 1992):

- les pineraies à *Cladonia* sur pitons rocheux de grès vosgien (Leucobryo-Pinetum cladonietosum). Ce groupement à affinités boréales très marquées peut être rapproché de communautés de la taïga boréale (Muller 2002);
- les pineraies à *Sphagnum* et *Vaccinium uliginosum* des bas-fonds tourbeux (Vaccinio uliginosi-Pinetum). Cette forêt représente le stade terminal, à affinités biogéographiques boréo-continéntales, de la dynamique des tourbières de la région de Bitche (Muller 1988b);
- les pineraies xérophiles sur habitat sableux plus ou moins dunaire à texture sableuse grossière à faibles réserves en eau (Leucobryo-Pinetum typicum).

A partir de ces stations post-glaciaires, où le Pin sylvestre a établi des peuplements pérennes depuis la période du Boréal (il y a environ 8000 années), il a pu également coloniser, comme essence pionnière nomade et occasionnelle, des trouées dans la chênaie-hêtraie (Luzulo-Quercetum), qui constitue le climax climatique des cuvettes du Pays de Bitche.

Le boisement en pin de telles forêts de chênes conduit à des pineraies secondaires qui correspondent, sur le plan phytosociologique, à un Leucobryo-Pinetum pteridietosum, dont les espèces différentielles (*Frangula alnus*, *Pteridium aquilifolium*, *Molinia caerulea*) expriment la granulométrie plus fine et donc de meilleures réserves en eau du sol. Ces critères floristiques et édaphiques permettent de distinguer, et donc aussi de cartographier, les pineraies secondaires des pineraies primaires de cette région.

Discussion

Le Pin sylvestre apparaît ainsi inféodé dans la région de Bitche à des climax stationnels déterminés par des conditions édaphiques et microclimatiques particulières et extrêmes, ne permettant pas l'expression des essences (Chêne sessile et Hêtre) du climax climatique (Luzulo-Quercetum). Dans les régions semi-continéntales, comme la moyenne vallée du Main (Zeidler & Straub 1967) ou le Brandebourg (Müller-Stoll & Krausch 1968), ce pin participe davantage à un climax climatique de chênaie-pineraie (Calamagrostido-Quercetum), alors que dans des régions encore plus continentales comme la forêt de Bialowieza à l'Est de la Pologne (Matuszkiewicz 1954), il devient l'essence dominante du climax climatique (Pineto-Quercetum), ici souvent accompagné par l'épicéa. Cette comparaison met en évidence l'intérêt biogéographique des forêts de la région de Bitche, maillon original de la transition zonale Ouest-Est allant des forêts feuillues atlantiques aux forêts résineuses continentales sur substrat sableux.

Bibliographie

- Cheddadi R., Vendramin G., Litt T. & de Beaulieu J.-L. 2004. - Impact des environnements de la dernière période glaciaire sur la diversité génétique actuelle de *Pinus sylvestris*: approche multidisciplinaire. Deuxièmes Journées de l'Institut français de la Biodiversité, Marseille, 25-28 mai 2004, pp. 21-24.
- Diederich P. & Schwenninger J.-L. 1990. - Les peuplements relictuels de *Pinus sylvestris* L. au Luxembourg. Bulletin de la Société des Naturalistes luxembourgeois 90: 143-152.

- Dubois G., Dubois C., Hée A. & Walter E. 1938. - La végétation et l'histoire de la tourbière d'Erlenmoos en Vosgovie. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de la Moselle 35: 41-53.
- Gaussen H. 1960. - Les Gymnospermes actuelles et fossiles. Faculté des Sciences de Toulouse éd.
- Glath P. E. 1958. - La forêt de Bitche. Bulletin de la Société niderbronnaise d'Histoire et d'Archéologie 7: 129-156.
- Guinier Ph. 1961. - Trois conifères de la flore vosgienne. Bulletin de la Société botanique de France 106, 85^{ème} session extraordinaire Vosges-Alsace: 168-183.
- Hatt J. P. 1937. - Contribution à l'analyse pollinique des tourbières du Nord-Est de la France. Bulletin du Service de la Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine 4: 1-79.
- Kieffer J.-J. 1895. - Notice sur les lichens de Bitche. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Metz 19: 1-94.
- Lebreton P., Laracine-Pittet C., Bayet C. & Lauranson J. 1990. - Variabilité polyphénolique et systématique du pin sylvestre *Pinus sylvestris* L. Annales des Sciences Forestières 47: 117-130.
- Matuszkiewicz A. & Matuszkiewicz W. 1954. - Die Verbreitung der Waldassoziationen des Nationalparks von Bialowieza. Ekologia Polska 2: 33-60.
- Muller S. 1985. - Les phytocénoses d'indigénat du Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) dans le pays de Bitche (Vosges du Nord). Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris 301, série III n°3: 73-76.
- Muller S. 1986. - La végétation du Pays de Bitche (Vosges du Nord). Analyse phytosociologique. Application à l'étude synchronique des successions végétales. Thèse d'Etat, Université Paris XI.
- Muller S. 1988a. - Les groupements végétaux forestiers du Pays de Bitche (Vosges du Nord). Leur originalité phytosociologique et phytogéographique dans le contexte médio-européen. Actes du 14^e colloque international de Phytosociologie: « Phytosociologie et Forêt », Nancy, 1985, pp. 175-184.
- Muller S. 1988b. - Affinités biogéographiques de la végétation des milieux tourbeux du Pays de Bitche (Vosges du Nord). Modalités de gestion conservatoire des milieux secondaires. Actes du 15^e colloque international de Phytosociologie: « Phytosociologie et Conservation de la Nature », Strasbourg, 1987, pp. 441-452.
- Muller S. 1992. - Natural acidophilous *Quercus* and *Pinus* forests in the Northern Vosges, France, from a geographical perspective. Journal of Vegetation Science 3: 631-636.
- Muller S. 1997. - The post-glacial history of *Pulsatilla vernalis* and *Daphne cneorum* in Bitcherland, inferred from the phytosociological study of their current habitat. Global Ecology and Biodiversity Letters 6: 129-137.
- Muller S. 2002. - Les habitats naturels d'intérêt communautaire (Directive européenne 92/43) présents dans la Réserve de Biosphère des Vosges du Nord. Intérêt biogéographique, état de conservation, mesures de gestion et de restauration à promouvoir. Annales Scientifiques de la Réserve de Biosphère transfrontalière Vosges du Nord-Pfälzerwald 10: 45-59.
- Müller-Stoll W. R. & Krausch H. D. 1968. - Der azidophile Kiefern-Traubeneichenwald und seine Kontaktgesellschaften in Mittel-Brandenburg. Mitteilungen der floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft N.F. 13: 101-121.
- Noël P. 1934. - Le pin sylvestre en Lorraine. Document manuscrit, ENGREF, Nancy, 74 p.
- Signoret J. & Diederich P. 2003. - Inventaire des Champignons lichénisés et lichénicoles de la Réserve Naturelle des rochers et tourbières du Pays de Bitche. Annales Scientifiques de la Réserve de Biosphère transfrontalière Vosges du Nord-Pfälzerwald 11: 193-222.
- Sinclair W. T., Morman J. D. & Ennos R. A. 1999. - The postglacial history of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in western Europe: evidence from mitochondrial DNA variation. Molecular Ecology 8: 83-88.
- Soranzo N., Alia R., Provan J. & Powell W. 2000. - Patterns of variation at a mitochondrial sequence-tagged-site locus provides new insights into the postglacial history of European *Pinus sylvestris* populations. Molecular Ecology 9: 1205-1211.
- Vidron F. 1927. - Le Pin sylvestre de race noble de Hanau. Ed. Berger-Levrault, Paris, 46 p.
- Zeidler H. & Straub R. 1967. - Waldgesellschaften mit Kiefer in der heutigen potentiellen natürlichen Vegetation des mittleren Maingebietes. Mitteilungen der floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft N.F. 11/12: 88-126.

Abstract of the presentation**Indigenous Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) communities on sandstone outcrops in the Bitche region (Northern Vosges)**

Keywords: pine forest; sandstone; plant communities; *Cladonia*; *Sphagnum*

The native character of Scots Pine on the sandstone outcrops in the Bitche region is assessed by historical, dendrological and palynological data. Phytosociological and phytodynamical studies of the forest ecosystems of that area allowed to establish the indigenous communities of Scots Pine in this area: Pine forests with *Cladonia* on sandstone outcrops (Leucobryo-Pinetum cladonietosum), pine forests with *Sphagnum* and *Vaccinium uliginosum* in peaty bottoms (Vaccinio uliginosi-Pinetum)

and dry pine forests on sandy dunes (Leucobryo-Pinetum typicum). From these post-glacial locations, where Scots Pine established permanent settlements since the boreal period, it could also play the role of a transitory pioneer tree in the oak-beech forest (Luzulo-Quercetum), which is the climatic climax in the Bitche area. Nevertheless extension of this species in that area comes from the massive plantations made since the end of the 19th century.

Les pineraies à caractère naturel au Grand-Duché de Luxembourg: caractéristiques, conservation et suivi

Jonathan SIGNORET

3, rue Saint Louis, F-57950 Montigny-lès-Metz
j_signoret@yahoo.fr

Sandrine SIGNORET

FloraGIS, 3, rue Saint Louis, F-57950 Montigny-lès-Metz
floragis@wanadoo.fr

Mot-clés: Biologie de la conservation; cartographie; lichen; gestion forestière; impact touristique

Introduction

Après la dernière glaciation, plus précisément de 8300-6200 avant J.-C., le Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) dominait la végétation forestière des plateaux de grès au Luxembourg (Schwenninger 1989). Pendant les périodes suivantes, le pin s'est raréfié à cause de la concurrence des feuillus et il était considéré comme ayant disparu du Luxembourg depuis plusieurs milliers d'années. Il existe pourtant encore au Grand-Duché et plus particulièrement dans la Petite-Suisse luxembourgeoise quelques vestiges de la pineraie originelle sur les bords saillants des plateaux gréseux. Ces peuplements relictuels, peu perturbés ou inexploités depuis très longtemps, ont conservé un aspect, une composition et un fonctionnement proche des forêts naturelles originelles.

Ces forêts, dites «à caractère naturel», présentent de nombreux attraits écologiques, scientifiques, économiques, sociaux et culturels. Caractérisées entre autres par des biotopes extrêmes (exposition, température et vent), tels des rochers saillant au-dessus des cimes des arbres, elles abritent le lichen héliophile *Imshaugia aleurites* (Ach.) S.L.F. Meyer qui est fort probablement lié à des populations spontanées de pins (Diederich & Schwenninger 1990). En raison de son faible pouvoir de colonisation, ce lichen, qui vit essentiellement sur les écorces des pins, manque presque complètement dans les plantations éloignées des escarpements rocheux, ou sur d'autres arbres. Son inventaire est donc nécessaire car il permet de caractériser la naturalité des pineraies à Pin sylvestre. C'est pourquoi, le MnhnL a commandé au cabinet d'expertise FloraGIS, en collaboration avec le lichenologue J. Signoret, une cartographie fine de ces habitats. Ce travail présente les résultats

consécutifs à une mission effectuée en automne 2004 en une vingtaine de sites éclatés sur la région méridionale du Luxembourg.

Méthodes

Nos investigations ont été effectuées dans le Gutland, dont la Petite-Suisse luxembourgeoise, sur la base d'indications fournies par la bibliographie et les naturalistes. Elles consistaient à parcourir à pied les escarpements rocheux de grès à la recherche des pineraies où *P. sylvestris* était colonisé par le lichen épiphyte *I. aleurites*. Toutes ces pineraies, appelées ici stations, ont été localisées sur le terrain par GPS. Les observations relatives à leurs habitats ont été enregistrées manuellement (dessin à main levée, mètre, compas) puis digitalisées à l'aide d'un SIG (ArcGIS 8.3 d'ESRI) sur différentes couches thématiques en fonction de la nature des données: aménagement touristique, arbre (essence, diamètre, orientation et nombre de thalles du lichen), bois mort, photographie, sentier, topographie et végétation. La limite de station était définie par un changement d'habitat ou une discontinuité topographique.

Résultats

Au total, 20 stations ont été visitées dans 9 zones (Z1-Z9) représentant une surface prospectée de 277 ha:

Z1: 8 stations au sud-est de Beaufort, vallée du Halerbaach, entre Follmillen et Köppeglee.

Z2: 6 stations au sud-est de Berdorf, vallée de l'Aesbech et de l'Halsbaach. **Z3:** 3 stations au nord d'Hollenfels, vallée de Mandelbaach. **Z4:** 2 stations à l'E de Berdorf, vallée de l'Ernz-Noire, entre Binzelschleff et le Siweschleff. **Z5:** 1 station au SW de Consdorf, vallée de l'Hardbaach. **Z6:** aucune station au N de Graulinger, vallée de Gluedbaach. Le lichen *I. aleurites* n'a pas été retrouvé là où il avait été signalé par Lambinon en 1966 (comm. pers. Diederich). **Z7:** aucune station au sud de Nommern, au lieu-dit Noumerléen, entre Albuerg et Kauzelee. **Z8:** aucune station à l'ouest de Mersch, vallée du Bierschbaach, à Bencherlee, entre Bënzrat et Rëpper. **Z9:** aucune station au N de Godbrange, au nord-ouest de Schwäibësch.

Sur l'ensemble des 20 stations, plus de 6100 m de linéaire d'escarpements rocheux ont été cartographiés. Dans les pineraies à *I. aleurites*, 2733 arbres et arbustes ont été localisés et leur inventaire montre la distribution suivante: 66% de *Pinus sylvestris* (n=1809) dont à 21% avec *I. aleurites*; 17,5% de *Fagus* (n=479); 6,3% de *Sorbus* (n=173), 6,3% de *Quercus* (n=158), 2,9% de *Betula* (n=80), 0,8% d'arbres morts sur pied (n=21), 0,2% de *Picea* (n=6) et 0,2% d'*Acer* (n=6). Nous avons observé *I. aleurites* uniquement sur *P. sylvestris*. De rares thalles se développent directement sur du grès (au Perekop, Z2).

L'interprétation des cartes (exemple Fig. 1) montre que les *Pinus* colonisés par *I. aleurites* sont tous situés à quelques dizaines de mètres de la falaise (max. 70 m). Aucun thalle d'*I. aleurites* n'a été observé sur les arbres de la hêtraie-chênaie ou d'autres peuplements voisins des pineraies. Dans les pineraies réduites à quelques ares, les pins à *I. aleurites* sont localisés immédiatement au bord des affleurements rocheux. Dans les pineraies plus vastes, des thalles d'*I. aleurites* peuvent se développer sur des pins situés à plus grande distance du bord de la falaise, à condition que la luminosité en direction du SW soit forte. En effet, les données recueillies montrent que les thalles d'*I. aleurites* sont en moyenne exposés à 235° soit la direction SW. Dans tous les cas, seuls les troncs de *P. sylvestris* exposés à la pleine lumière ou situés sous la canopée claire des pineraies hébergent *I. aleurites*.

Discussion

Les bords de falaises de grès les plus exposés hébergent des peuplements forestiers dominés par *P. sylvestris*. Ce résineux y trouve des conditions favorables à son cycle de vie: pleine lumière, sécheresse estivale, substrat acide, pauvreté minérale du sol, faible concurrence avec les feuillus. Au cours de sa croissance, le tronc de *P. sylvestris* se desquame, de haut en bas, jusqu'à une hauteur d'env. 3-5 m. Le lichen *I. aleurites* ne

se développe jamais sur le tronc desquamé. De plus, cette espèce héliophile n'est jamais présente sur les troncs de *Pinus* continuellement ombragés. De façon moins fréquente, le lichen peut se développer sur les racines rampantes de *P. sylvestris* et plus exceptionnellement sur des rochers très fortement exposés à la lumière. La luminosité joue donc un rôle déterminant pour le maintien tant du lichen que des pineraies. Notons que l'orientation principale des thalles au sud-ouest, qui contraste fortement avec l'absence de ces derniers au sud-est, révèle le rôle des précipitations, associées aux vents dominants d'ouest, sur le métabolisme du lichen et sa dispersion sur d'autres troncs.

Les peuplements forestiers localisés au pied des falaises les moins saillantes au-dessus des cimes peuvent engendrer de l'ombre sur les dalles à *Pinus* et par conséquent influencer la régénération naturelle du Pin sylvestre (espèce de pleine lumière) et la présence du lichen. En effet, les peuplements de feuillus à la base des falaises présentent des avantages par rapport aux conifères: les feuillus ont leurs cimes moins hautes (20-40 m au lieu de 50 m), des feuillages qui disparaissent en hiver et des densités surfaciques moins fortes que les conifères. Les plantations denses de résineux peuvent conduire, sur des échelles de temps rapides et d'espaces étendues, à un ombrage suffisant pour entraîner la disparition du lichen, une diminution de la régénération de *P. sylvestris* et une fermeture du milieu en faveur de la hêtraie-chênaie.

Sur les dalles et les falaises de grès, le tourisme et l'escalade (au Siweschleff, Z4) sont des menaces potentielles pour la conservation des pineraies. Ces activités de loisirs entraînent souvent le piétinement des pousses en germination, le dégagement et l'accumulation des cônes hors des dalles, l'usure prématurée des troncs, la dégradation rapide du bois mort, l'utilisation du bois comme combustible ainsi que la destruction du sol, parfois jusqu'à l'érosion du substrat gréseux.

Si les sites les moins accessibles présentent des pineraies en libre évolution, les autres sont dégradés par les activités humaines, de façon probablement irréversibles (Perekop, Z2), ou amorcent une dynamique secondaire grâce à certains aménagements limitant la fréquentation. L'exemple le plus frappant est le Köppelee (Z1) où l'aménagement d'un nouveau sentier invite les randonneurs à ne plus circuler sur certaines dalles, actuellement en voie de restauration spontanée; l'ancien sentier étant bouché par de simples tas de branches mortes. De même, l'abandon du chemin forestier menant au Huelbaach (Z1) a conduit à la conservation d'une pineraie sur dalle abritant une population d'*I. aleurites* sur plusieurs dizaines d'arbres. Au Follmillen (Z1), le développement d'une vaste plantation de résineux au pied de la falaise a conduit à la disparition du point de vue, qui n'attire plus les visiteurs. Mais l'ombrage de ces

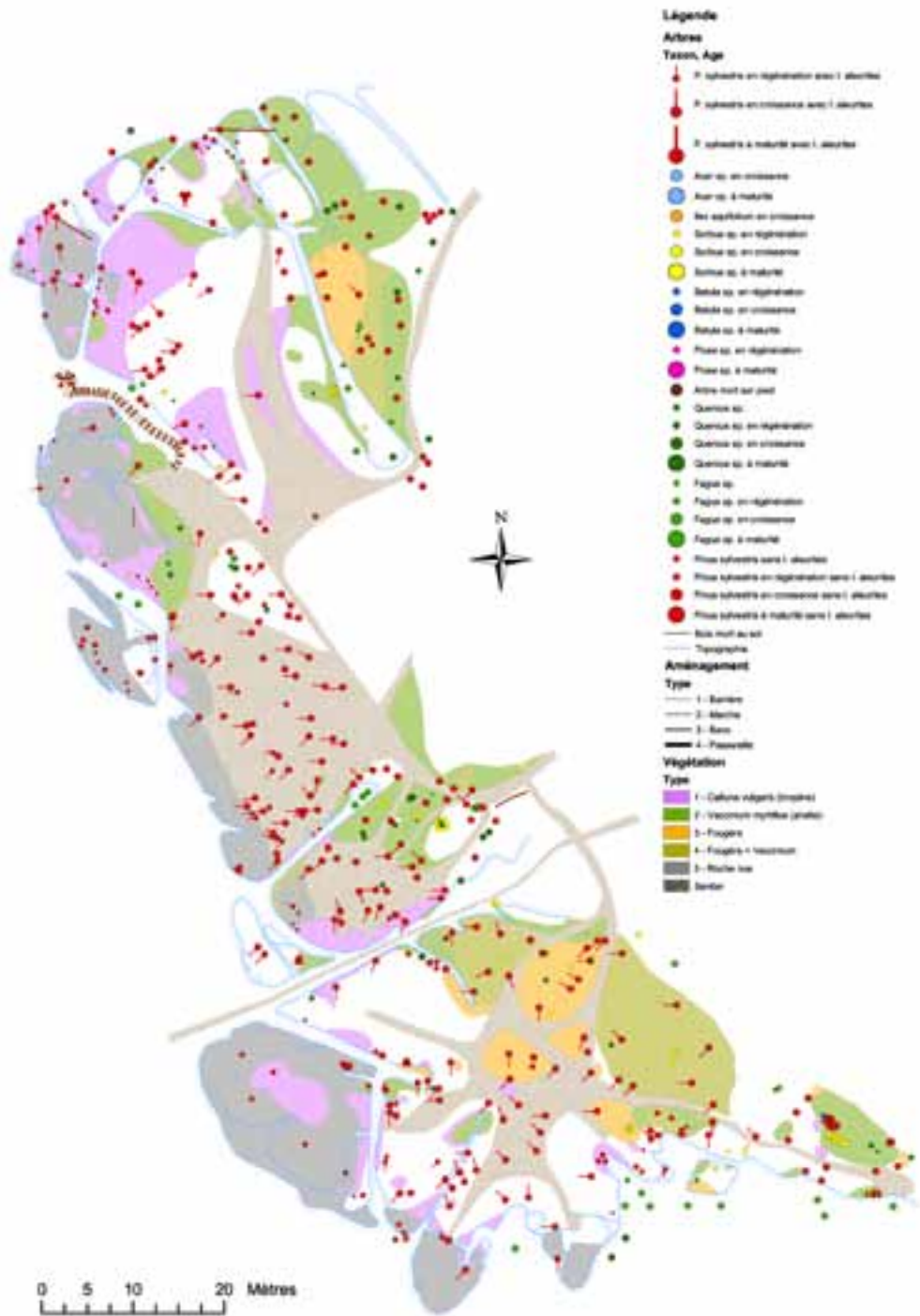


Fig 1: Cartographie fine des pineraies du Siweschlëff, nord-ouest de Berdorf, Luxembourg, 2004. Réalisation: FloraGIS.

grands conifères a entraîné à la fois la régénération de la hêtraie-chênaie et la réduction importante des thalles d'*I. aleurites*.

Conclusions

Les pineraies à caractère naturel du Luxembourg étant souvent de taille très réduite (d'un are à moins d'un hectare) et isolées au sein de massifs forestiers exploités, il conviendrait d'augmenter à l'avenir la naturalité des forêts mitoyennes pour contrecarrer les effets néfastes de leur fragmentation. La gestion conservatoire de ces milieux naturels remarquables consisterait, par exemple, à promouvoir le maintien ou la restauration des hêtraies situées à la base des falaises dont les bords, à plusieurs dizaines de mètres plus haut, abritent du Pin sylvestre.

En plus de leur rareté, ces pineraies sont encore fortement menacées et leur surface continue à diminuer. Véritables promontoires fréquentés par les touristes, elles sont malheureusement dégradées par un piétinement excessif qui érode

les rochers, mais aussi qui freine la régénération naturelle et spontanée des pins. Compte tenu de leurs intérêts, de leur rareté et de leur fragilité, il est nécessaire de prendre des mesures de protection afin de canaliser le grand public, et de suivi afin d'en évaluer l'efficacité.

Bibliographie

Diederich P. & Schwenninger J.-L. 1990. - Les peuplements relictuels de *Pinus sylvestris* L. au Luxembourg. Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois 90: 143-152.

Schwenninger J.-L. 1989. - Pollen analysis and community structure of Holocene forests: A regional palynological study of the Middle and Upper Postglacial from semi-subhydric alder carr sediments at Berdorf (Luxembourg). Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois 89: 157-196.

Abstract of the presentation

Native pine woods in Luxembourg: characteristics, conservation and monitoring

Keywords: conservation biology; biodiversity; lichens; forest management; touristic impact

After the last ice age (8300-6200 B.C.), the Scots Pine (*Pinus sylvestris*) dominated the forest vegetation of the sandstone plateaux in Luxembourg. During the following time periods, the pine rarefied due to the relentless competition from deciduous leaf trees and it was considered to have disappeared from Luxembourg since several thousand years. Non native planted pine forests, managed by man, greatly differ from the original forests. Some vestiges of the original pine forests however still exist on the rims of the sandstone plateaux. These relict pine populations, undisturbed or unexploited for a very long time, preserve the aspect, the composition and the functioning of the original native forests.

These forests known for their «natural character» present many ecological, scientific, economic, social and cultural values. They are characterized inter alia by extreme biotopes, such as rocks protruding above tree summits where the heliophytic lichen *Imshaugia aleurites* occurs. This lichen is closely associated to the spontaneous pine populations. Because of its low dispersal, and the fact that it occurs primarily on pine bark and not on other trees species, this lichen is almost completely absent in pine plantations at a greater distance from the rock escarpments. Thus the inventory of the populations of this lichen is crucial because it permits to identify native pine forests. A first survey in 20 geographical areas in the

southern part of Luxembourg resulted in the following management proposals.

Most native populations of Scotch pine in Luxembourg cover a small area (from 1 are to less than 1 ha) and are often isolated within managed forest massifs. We suggest to promote in the future the naturalness of the neighbouring forests in order to compensate the harmful effects of their fragmentation. The conservation of these remarkable natural environments would consist, for example, to promote the conservation or restoration of beech forests at the basement of the sandstone cliffs whose edges, several tens of meters higher, shelter the native pines. Such measures in favour of deciduous trees would prevent that the negative shadowing effect of the high canopy of coniferous forests during many years.

Because of their rareness, these pine forests are strongly threatened and their area is continuously declining. Frequently visited by tourists, the biotopes of native pine forests are threatened by excessive trampling eroding the rocks. These negative effects slow down the spontaneous regeneration of the pine populations. In order to avoid their local extinction, it is urgent to take severe protection measures to channel the general public and to monitor the effectiveness of the suggested conservation measures.

Main features of the sandstone flora and plant communities of the North-Western part of Sudetes Foreland

Krzysztof ŚWIERKOSZ

Museum of Natural History, Wrocław University
ul. Sienkiewicza 21, PL-50-335, Wrocław
krissw@biol.uni.wroc.pl

Marek KRUKOWSKI

Institute of Environmental Management and Conservation, Agricultural University
pl. Grunwaldzki 24, PL-50-363, Wrocław
mkruk@miks.ar.wroc.pl

Keywords: flora; plant communities; *Trichomanes speciosum*; sandstones; North-Sudetic Depression; Cretaceous Basin; Sudetes Foreland; Poland

Abstract:

The north-western part of Sudetes Foreland encompasses North-Sudetic Depression filled up with cenoman-santon sandstones. It forms the northernmost part of Cretaceous Basin which flora and geobotany has not been studied in last decades. The whole area was heavily transformed by intensive agriculture and forestry, so nowadays only small remnants of natural habitats have been preserved. The most valuable are: oak-hornbeam forest *Galio sylvatici-Carpinetum betuli*, which remains mainly in sandstone ravines; ash-elm riparian forest *Ficario-Ulmetum minoris* along river valleys and ash-alder alluvial forest *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae* occurring along smaller streams. Other natural plant communities include chasmophytic communities on rocks cliffs and in cervices (*Woodsio-Asplenietum septentrionalis* and *Hypno-Polypodietum*) or forest springs *Caricetum remotae*. Almost all communities has a lowland character without small admixture of montane species. Rare and endangered plant taxa cover: forest species (*Cephalanthera damasonium*, *Equisetum telmateia*, *Matteucia struthiopteris*, *Moneses uniflora*, *Orthilia*

secunda); bog species which could be found in secondary peat-bogs (*Drosera rotundifolia*, *Equisetum variegatum*, *Juncus tenageia*, *Ledum palustre*, *Lycopodiella inundata*); thermophilous taxa which are common in the whole area but mostly occurring on non-sandstone bedrock like basalt (*Alyssum alyssoides*, *Stachys germanica*, *Viola rupestris*); the outposts of montane species migrating along Bóbr river valley (*Aconitum variegatum*, *Allium ursinum*, *Aruncus sylvestris*, *Cardaminopsis halleri*, *Carduus personata*, *Leucoium vernum* ssp. *vernum*, *Lunaria rediviva*). Also a significant representation of the sub-Atlantic phytoelement (*Aira caryophyllea*, *Blechnum spicant*, *Chrysosplenium oppositifolium*, *Corynephorus canescens*, *Juncus tenageia*, *Lonicera periclymenum*, *Spergula morisonii*) was found on this area. But the most curious and interesting groups are pteridophytes with extinct locality of *Asplenium adiantum-nigrum* var. *melanea* and two present localities of *Trichomanes speciosum* gametophytes on the sandstone bedrock discovered in 2002, the new taxon for Polish flora.

Introduction

The north-western part of the Sudetes Foreland, stretching between the towns of Bolesławiec, Nowogrodziec and Złotoryja constitutes a small sandstone area. The area is divided by Bóbr River

in two separate geographical mesoregions: Izerskie Piedmont in the west, and Kaczawskie Piedmont in the eastern part. The altitude ranges from ca 180 up to around 390 m a.s.l. on Grodziec basalt hill. The whole area forms a North-Sudetic Depression filled up with cenoman-santon sandstones with numerous basaltic intrusions (Fig. 1). The local

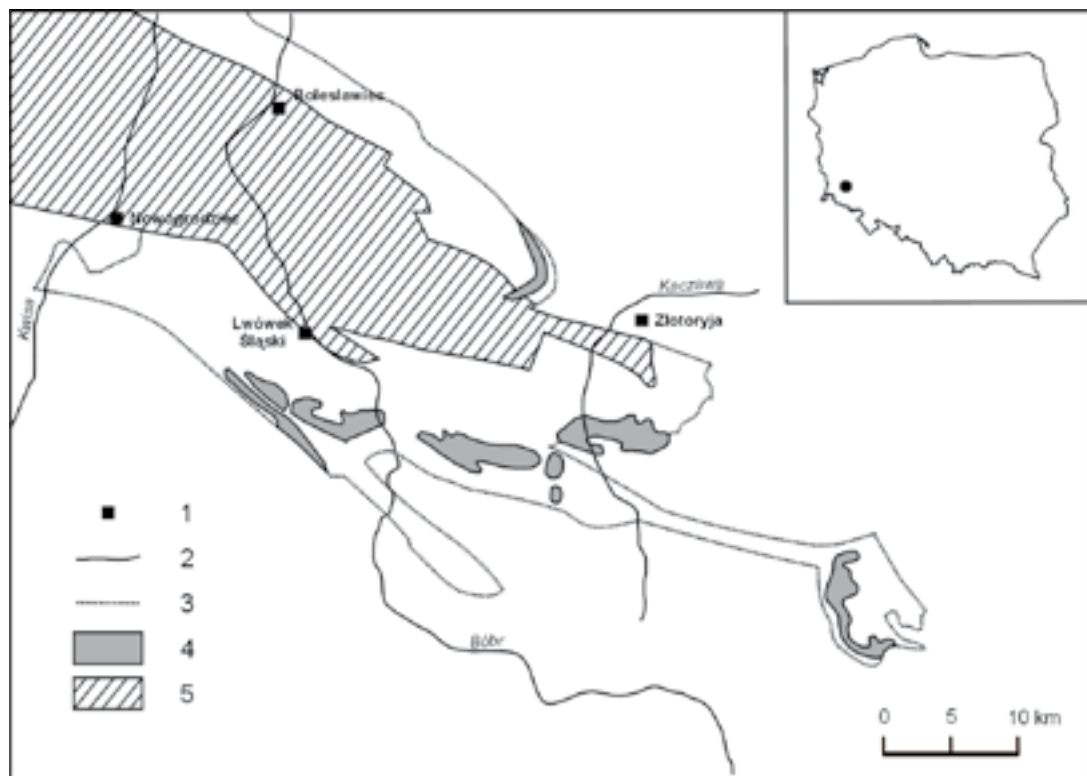


Fig. 1: Main geological units of North Sudetian Depression. Source: adapted from Stupnicka (1997). 1. Main cities. 2. Rivers. 3. Range of sedimentary rocks of North Sudetian Depression. 4. Upper Cretaceous sedimentary rocks. 5. Lower Permian volcanic rocks.

geomorphology is dominated by wide, not high ridges and hills (cuesta) accompanied with some pseudo-karst caves in the vicinity of Złotoryja (Maciejak & Migoń 1990). Majority of the area cover arable fields and pastures whereas forests are covering mostly top of the ridges (Figs 2; 3). The whole area is strongly modified by long history of human settlement and intensive agriculture. Thus the most of the plant communities are semi-natural and of anthropogenic origin.

The geological history of this sandstone area is strictly connected with the whole Cretaceous Basin. However, this interesting area was frequently omitted both in geological and geobotanical analyses.

The climatic conditions are relatively mild but differ from neighbouring Saxonian-Bohemian Switzerland massif in greater continentality marked by lower mean air temperature – ca. +7 °C to +8 °C, and rainfall – ca. 650 mm to 720 mm respectively (Wiszniewski 1973; Vogel *et al.* 1993).

Material and methods

The paper summarizes botanical and phytogeographical investigations of this area carried out between 2000 and 2004. During the field investigation some interesting higher plant species and plant communities were documented.

The classification of plant communities follows Matuszkiewicz (2005) and Pott (1995). The Latin nomenclature of plant species follows Mirek *et al.* (2002).

Results

Plant communities

The majority of the forest communities, heavily transformed by forestry management, are composed



Fig. 2: The characteristic landscape of North-Western part of Sudetes Foreland.

of spruce, pine or oak plantations with significant admixture of birch and larch. The small patches of oak-hornbeam forest *Galio sylvatici-Carpinetum betuli* Oberd. 1957 remain mainly in ravines. Along Bóbr and Kwisia river valleys ash-elm riparian forest *Ficario-Ulmetum minoris* Knapp 1942 em. J. Mat. 1976 could be found. Ash-alder alluvial forest *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae* Lohm. 1957 occur often along smaller streams. Distribution of forest patches, especially of *Galio-Carpinetum*, is linked with the occurrence of sandstone rocks and ravines. In such places forestry management is still more difficult and limited, so it is the main factor for the preservation of these valuable forest habitats till now.

Semi natural hay meadows and tall herb communities (*Arrhenatheretum elatioris* Br.-Bl. ex Scherr. 1925, *Angelico-Cirsietum oleracei* R. Tx. 1937 em. Oberd. 1967, *Filipendulo-Geranietum* W. Koch 1926, *Scirpetum silvatici* Ralski 1931) or pastures (*Lolio-Cynosuretum* R. Tx. 1937, *Festuco-Cynosuretum* Büker 1941) are prevailing among non-forest communities. Only few of them are of natural origin e.g. chasmophytic communities of *Woodsio-Asplenietum septentrionalis* R. Tx. 1937 and *Hypno-Polypodietum* Jurko et Pecir 1963 occurring on rocks cliffs and in crevices or spring forest *Caricetum*

remotae (Kastner 1941) *Schwickerath* 1944, which occurs around the sources of streams and brooks.

The most interesting anthropogenic vegetation are sparse fissure communities of old walls *Cymbalariaetum muralis* Görs 1966 and *Asplenietum rutae-murariae-trichomanis* Kuhn 1937, colourful communities of segetal weeds with *Agrostemma githago*, *Centaurea jacea* and *Papaver rhoeas*.

Almost all communities has a lowland character without small admixture of montane species.

Vascular plants

Some interesting plant species e.g. *Cephalanthera damasonium* (Mill.) Druce, *Equisetum telmateia* Ehrh., *Matteucia struthiopteris* (L.) Tod., *Moneses uniflora* (L.) A.Gray or *Orthilia secunda* (L.) House still occur in the forest communities. These rare species are endangered or vulnerable to extinction in the Polish part of the Sudetes massif (Fabiszewski & Kwiatkowski 2002). In some of the old kaolin quarries secondary curious peat-bogs gathering numerous rare plant taxa have developed like *Drosera rotundifolia* L., *Equisetum variegatum* Schleich., *Juncus tenageia* Ehrh., *Ledum palustre* L. and *Lycopodiella inundata* (L.) Houlb. The prevailing part of rare and interesting plant species and communities have a mainly



Fig. 3: The sandstone cliffs near the village of Skalka.

lowland character (Kwiatkowski 2000; Świerkosz & Narkiewicz 2004). Thermophilous taxa are common in the whole area, but in the most cases they are growing on non-sandstone bedrock like basalt. The most interesting and one of the best preserved basalt intrusions in this area is nature reserve "Wilcza Góra", where *Alyssum alyssoides* (L.) L., *Stachys germanica* L. and *Viola rupestris* F. W. Schmidt were found (Kwiatkowski 2001).

Montane species such as *Aconitum variegatum* L., *Allium ursinum* L., *Aruncus sylvestris* Kostel., *Cardaminopsis halleri* (L.) Hayek, *Carduus personata* (L.) Jacq., *Leucoium vernum* ssp. *vernum* L. and *Lunaria rediviva* L. were found only at single localities. Most of them occur along deep valley of Bóbr River near Lwówek Śląski and for some taxa there are the lowest localities in the whole Sudetes massif (Kwiatkowski 2000, 2001).

The westernmost location of this part of Sudetes Foreland in Poland is also pronounced by the significant representation of the sub-Atlantic phytoelement e.g. *Aira caryophyllea* L., *Blechnum spicant* (L.) Roth, *Chrysosplenium oppositifolium* L., *Corynephorus canescens* (L.) P. Beauv., *Juncus tenageia* Ehrh., *Lonicera peiclymenum* L., *Spergula morisonii* Boreau.

Pteridophytes are one of the most interesting group among vascular plants of this area. Locality of *Asplenium adiantum-nigrum* L. var. *melanea* near Złotoryja became extinct in the beginning of XXth century (Świerkosz & Szcześniak 2003), but not only the impoverishment of local flora was observed. Last discovery of two localities of *Trichomanes speciosum* Willd. gametophytes on the sandstone bedrock (Krukowski & Świerkosz 2004) was one of the most surprising inputs of this area into the biodiversity of Poland (Zajac & Zajac 2003).

Discussion

The described northern-easternmost location within the Central European sandstone areas influences its community diversity and richness of local flora. The highest proportion have got there Atlantic and sub-Atlantic phytoelements.

Geobotanical analysis of plant taxa and plant communities show their general lowland character, with almost any montane element, except single localities of some mountain species along the Bóbr River.

The first discovery of *Trichomanes speciosum* gametophytes in Poland, extended the north-eastern border of the distributional range of this species in Europe in fact emphasize the importance of this area for protecting biodiversity. These studies helped also in designation of new protected areas as a part of Natura 2000 network.

References

- Fabiszewski J. & Kwiatkowski P. 2002. - Threatened Vascular Plants of the Sudeten Mountains. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 71(4): 339-350.
- Härtel H., Sádlo J., Świerkosz K. & Marková I. (in press). - Phytogeography of sandstone areas of the Bohemian Cretaceous Basin, in Härtel H., Cilek V., Herben T., Jackson A. & Williams R. B. G. (eds.), *Sandstone Landscapes*. Academia Press, Praha.
- Krukowski M. & Świerkosz K. 2004. - Discovery of the gametophytes of *Trichomanes speciosum* Willd. (Hymenophyllaceae: Pteridophyta) in Poland and their biogeographical importance. *Fern Gazette* 17(2): 79-85.
- Kwiatkowski P. 2000. - Floristic notes from Kaczawskie Mountains and their Foreland (Western Sudetes). Part I. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 7: 105-116. (in Polish with English summary).
- Kwiatkowski P. 2001. - The project of plant conservation of Kaczawskie Mountains and their Foreland. *Annales Silesiae* 31: 5-26. (in Polish).
- Maciejak K. & Migoń P. 1990. - The geomorphology of the cuestas of Izerskie and Kaczawskie Piedmonts. *Chrońmy Przyrodę Ojczyść*. 46: 73-81 (in Polish).
- Matuszkiewicz W. 2005. - A guide to determination of the plant communities of Poland. PWN, Warszawa, 537 p. (in Polish).
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zając A. & Zając M. (eds.) 2002. - Flowering plants and pteridophytes of Poland. A checklist. W. Szafer Institute of Botany PAS, Kraków, 442 p.
- Pott R. 1995. - Die Pflanzengesellschaften Deutschlands 2. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 622 p.
- Stupnicka E. 1997. - Regional geology of Poland. Warsaw University, Warszawa, 348 p. (in Polish).
- Świerkosz K. & Narkiewicz C. 2004. - Flora and the plant communities of Izerskie Piedmont and the Żytawa-Zgorzelec Depression. *Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego* 213: 45-58 (in Polish with English summary).
- Świerkosz K. & Szcześniak E. 2003. - The state of populations and threats to chosen petricolous plant species in Lower Silesia: 69-83, in Kaćki Z. (ed.), *Endangered vascular plants of Lower Silesia*. University of Wrocław & PTPP «pro Natura», Wrocław (in Polish with English summary).
- Vogel J. C., Jessen S., Gibby M., Jermy A. C. & Ellis L. 1993. - Gametophytes of *Trichomanes speciosum* (Hymenophyllaceae: Pteridophyta) in Central Europe. *Fern Gazette* 14: 227-232.
- Wiszniewski W. (ed.) 1973. - Climatic atlas of Poland. PPWK. Warszawa (in Polish).
- Zając M. & Zając A. 2003. - Biodiversity - vascular plants and others, in Andrzejewski R. & Weigle A. (eds.), *Biodiversity of Poland*: 67-82. National Foundation of Environment Protection, Warszawa (in Polish).

Résumé de la présentation

Caractéristiques principales de la flore des collines de grès de la partie nord des Sudètes

Mots-clés: flore gréseuse; communautés végétales; *Trichomanes speciosum*; Monts Sudètes; Pologne

La partie occidentale des Sudètes, s'étendant entre les villes de Bolesławiec, Nowogrodziec et Złotoryja entre 200 et 350 m d'altitude, constitue un petit paysage gréseux peu connu. Elle est composée de grès d'âge cénoomanien à santorien, formant des collines hautes et larges couvertes de forêts, de champs et de pâturages. Le secteur entier est sous forte pression humaine, c'est pourquoi la plupart des communautés végétales sont semi naturelles et d'origine anthropique. La majorité des communautés forestières sont transformées par la sylviculture et dominées par des plantations d'épicéa, de pin et de chêne, fortement imprégnées de bouleau et de mélèze. Il subsiste uniquement de petites aires isolées de chênaies charmaies *Galio sylvatici-Carpinetum* (principalement dans de profonds ravins gréseux), d'ormaises frênaies ripicoles *Ficario-Ulmetum* (dans les vallées des fleuves Bóbr et Kwisia) et d'aulnaies frênaies alluviales *Stellario-Alnetum* (en bordure de ruisseaux). Cependant, quelques espèces intéressantes sont toujours présentes, par exemple *Cephalanthera damasonium*, *Moneses uniflora*, *Orthilia secunda*, *Equisetum telmateia*, *Matteucia struthiopteris*. Dans quelques anciennes carrières de kaolin se sont développées des marais tourbeux avec *Lycopodiella*

inundata, *Drosera rotundifolia* et *Ledum palustre*. Toutes les espèces mentionnées sont menacées ou vulnérables dans la partie polonaise des Sudètes (Fabiszewski & Kwiatkowski 2002).

Beaucoup d'éléments intéressants de la flore et des communautés végétales sont typiques pour les plaines (Świerkosz & Narkiewicz 2004). Les taxons thermophiles sont très communs dans toute cette région, par contre certaines espèces montagnardes n'occupent que quelques stations isolées, p.ex. *Aconitum variegatum*, *Aruncus dioicus*, *Leucoium vernum* ssp. *vernum*.

Cette partie des Sudètes est située à l'extrême ouest de la Pologne, ce qui explique la représentation significative d'espèces sub-atlantiques, par exemple *Blechnum spicant*, *Juncus tenageia*, *Lonicera periclymenum*, *Corynephorus canescens*, *Spergula morisonii*, *Aira caryophylla*.

Deux stations à gamétophytes de *Trichomanes speciosum*, découvertes en 2002, sont de la plus grande importance pour la biodiversité de la région. Ces localités marquent la frontière nord-est de l'aire de distribution de cette espèce en Europe (Krukowski & Świerkosz 2004).

Intérêt et richesse de la flore bryologique du Grès hettangien (Luxembourg, Eifel et Lorraine)

Jean WERNER

Collaborateur scientifique du Musée national d'histoire naturelle
32, rue Michel-Rodange, L-7248 Bereldange
jean.werner@mnhn.lu

Mots-clés: Grès hettangien; Bryophytes; Biodiversité; Luxembourg; Eifel; Lorraine

1. Le «grès de Luxembourg» correspond à l'étage hettangien du Jurassique inférieur (à l'ouest le faciès transgresse vers le Sinémurien). La roche jaunâtre, généralement riche en calcaire, affleure dans trois pays. Dans l'Eifel méridional (Allemagne) le grès occupe une superficie d'environ 110 km², sur la rive gauche de la Sûre; il y forme un triangle effilé vers le nord, recoupé notamment par la vallée de la Prüm. Au Luxembourg il s'étend sur plus de 500 km², y compris la «Petite-Suisse luxembourgeoise», située sur la rive droite de la Sûre (175 km²). Nous distinguons encore au Luxembourg deux autres secteurs: les vallées de la Mamer et de l'Eisch, à l'ouest de l'Alzette et les affleurements au sud-est du Gutland, autour de Luxembourgville. En Lorraine (France) le grès affleure sur 30 km² environ, entre Hettange-Grande (stratotype !) et la frontière luxembourgeoise, dans une région marquée par de nombreuses failles.

2. La flore bryologique du grès est relativement bien connue, mais la littérature est dispersée:

Dans son travail sur l'Eifel méridional Holz (1997) cite les travaux antérieurs (Breuer, Düll e.a.) et présente de nombreux relevés phytosociologiques; quelques ajoutes sont données par Werner (2000b). De nombreuses recherches ont été consacrées à la Petite-Suisse luxembourgeoise, depuis l'exploration de Dumortier, vers 1830. Barkman (1949) y réalisa des travaux bryosociologiques pionniers. Une cartographie (Hans 1998) et une synthèse récentes (Werner 1998) sont à compléter par Werner (2001) et Werner & Hans (2003). Les autres secteurs luxembourgeois sont bien explorés (De Zuttere *et al.* 1985; plusieurs publications postérieures et données inédites). Les affleurements de Lorraine possèdent une flore bryologique méconnue (Werner 1985; Werner *et al.* 2005).

3. La richesse floristique des rochers et sols sablonneux est appréciable:

a) Au 1^{er} avril 2005 le nombre de bryophytes rupicoles ou arénicoles du grès hettangien s'élève à 359, dont 100 hépatiques. 96 espèces (26,7%) sont rares dans la grande région. La biodiversité du grès se compare à celle des schistes dévonien (Werner 2000a), qui occupent pourtant un territoire beaucoup plus étendu! 22 espèces ne sont connues, dans la grande région, que du grès hettangien.

b) La plus grande richesse floristique se trouve dans la Petite-Suisse (311 taxons), suivie de l'Eifel (235), du sud-est luxembourgeois (229), des vallées de l'Eisch et de la Mamer (203) et du secteur lorrain (137), y compris la vallée frontalière de la Gander (Fig. 1).

c) Au point de vue phytogéographique on note une forte part d'espèces (sub-) océaniques - mais aussi boréales -, particulièrement dans la Petite-Suisse et dans l'Eifel (Fig. 2), ces deux secteurs présentant une grande similitude floristique (77,7 %). Le secteur lorrain - qui n'a que 54,9 % d'espèces communes avec la Petite-Suisse - et le sud-est du Luxembourg sont riches en éléments méridionaux. La part des orophytes est fort élevée à si basse altitude, notamment dans l'Eifel et la Petite-Suisse (Fig. 3), où elle dépasse 40% !

d) La Petite-Suisse héberge 41 taxons non connus des autres secteurs; l'Eifel possède 17 exclusivités, les autres secteurs entre 3 et 7 seulement.

4. La richesse floristique (biodiversité) est tributaire des nombreuses niches et habitats particuliers, grâce aux qualités physiques et chimiques du grès et aux microclimats qu'il engendre. Selon la teneur en calcaire on peut avoir côte à côte des bryophytes basiphiles et acidophiles. Les milieux les plus remarquables sont les gorges humides, tempérées et ombragées de la Petite-Suisse (Zickzackschlëff !) et de l'Eifel (Teufelsschlucht). Dans ces secteurs, mais aussi près de Hollenfels, on trouve des vallées boisées humides, parsemées de

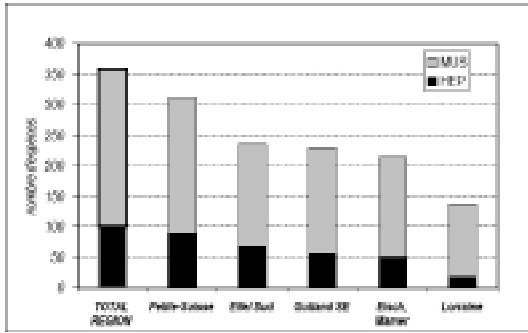


Fig. 1: Richesse bryologique du Grès hettangien (rochers et sables).

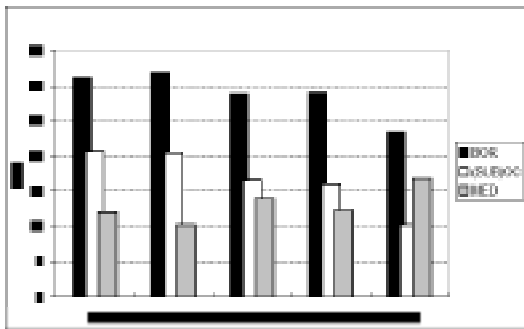


Fig. 2: Éléments phyographiques.

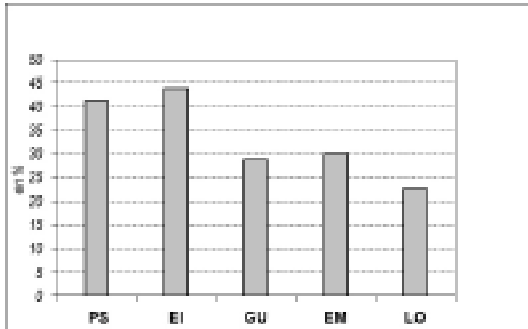


Fig. 3: Éléments montagnards (orophytes).

blocs et de pierriers (L-Halerbaach !), des sources calcaires (Cratoneurion) (D-Dillingerbrück !) ou acides (L-Biirkaach, D-Felsenweiher), des pointements rocheux exposés et secs (D-plateau de Ferschweiler, L-Kalekapp, Kauzelay) et des talus sablonneux acides et ombragés, souvent riches.

Des sites remarquables existent à Luxembourg-Ville (vallée de la Pétrusse; Werner 1987b). Signalons aussi les carrières abandonnées (D-Wolsfeld, L-Eischen, Steinfort, F-Puttelange-lès-Thionville, Hettange-Grande) et les rares pelouses

sablonneuses (L-Eichelbour-Lock, F-Puttelange). Des bryophytes hydrophiles colonisent les blocs de grès tombés dans la Sûre (L-Weilerbach !) et dans la Prüm (D-Irreler Wasserfälle). Certaines niches sont méconnues, par exemple les berges sablonneuses des cours d'eau et les ornières des chemins.

Ces régions de grès hébergent encore de nombreuses autres bryophytes (épiphytes, épixyles !) non commentées ici. 385 bryophytes, par exemple, sont connues - au total - de la Petite-Suisse.

5. Des espèces rares et remarquables ont été recensées dans la dition:

a) Les fleurons de la Petite-Suisse luxembourgeoise (Werner 1998: Tableau 1) comprennent les hépatiques eu-océaniques †*Aphanolejeunea microscopica* (Taylor) A. Evans, *Plagiochila spinulosa* (Dicks.) Dumort., †*P. punctata* (Taylor) Taylor, †*P. bifaria* (Sw.) Lindenb., *Lepidozia cupressina* (Sw.) Lindenb. et *Lophocolea fragrans* (Morris et De Not) Gottsche & al., mais aussi *Anastrophyllum hellerianum* (Nees ex Lindenb.) R. M. Schust (Schumacker et al. 1982), *Bazzania flaccida* (Dumort.) Grolle, *Buxbaumia aphylla* Hedw., *Conardia compacta* (C.Müll.) Robins. (Hans 1998), *Dichodontium flavescens* (Dicks.) Lindb. (Werner 2002), *Didymodon glaucus* Ryan (Werner 1987a), *Fissidens rufulus* (Werner & Ryan 2003), *Heterocladium wulfsbergii* Hag. (Werner 2001), *Leptodontium gemmascens* (Mitt. ex Hunt) Braithw. et *Sematophyllum demissum* (Wilson) Mitt.

b) De nombreuses espèces rares sont communes à la Petite-Suisse et à l'Eifel, par exemple *Anastrophyllum hellerianum* ou *Geocalyx graveolens* (Schrader) Nees, mais on a signalé encore dans le dernier secteur *Cephaloziella rubella* (Nees) Warnst., *Ptilidium ciliare* (L.) Hampe, *Archidium alternifolium* (Hedw.) Schimp. (Werner 2000b), *Bryoerythrophyllum ferruginascens* (Stirt.) Giacom., *Dicranum spurium* Hedw. et *Trichostomum crispulum* Bruch, espèces non connues ailleurs dans la dition.

c) Près de Hollenfels (Secteur Eisch-Mamer) on a trouvé *Sphagnum girgensohnii* Russow et *Sphaerocarpos texanus* Austin, ainsi que des hépatiques (*Harpanthus scutatus* [F. Weber et D. Mohr] Spruce, *Lophozia incisa* [Schrader] Dumort.) connues, dans la dition, seulement de la Petite-Suisse ou de l'Eifel.

d) Les hépatiques *Leicolea heterocolpos* (Thed. ex Hartm.) Howe, *Lophozia longiflora* (Nees) Schiffn., *Scapania aequiloba* (Schwägr.) Dumort., *S. mucronata* H. Buch, *Preissia quadrata* (Scop.) Nees et *Reboulia hemisphaerica* (L.) Raddi ont été observées en pleine ville de Luxembourg; Dans la forêt de Grunewald on a récolté *Blasia pusilla* L., *Diplophyllum obtusifolium* (Hook) Dumort. et †*Racomitrium fasciculare* (Hedw.) Brid.

e) *Leicolea turbinata* (Raddi) H. Buch fut signalé dans une ancienne carrière près d'Altweies (Werner

1988). Tout près de là, en territoire français, se trouve l'une des rares pelouses sablonneuses, avec *Syntrichia papillosissima* (Coppey) Loeske dans son unique localité lorraine connue (deuxième citation pour la France, Werner *et al.*, in prep.).

6. Cet exposé n'aborde pas les problèmes de conservation, notamment la surfréquentation touristique. La liste rouge des bryophytes du Luxembourg apporte quelques réflexions à ce sujet (Werner 2003).

Bibliographie

- Barkman J. J. 1949. - Notes sur quelques associations épiphytiques de la Petite-Suisse luxembourgeoise. Archives de l'Institut Grand-Ducal des Sciences Naturelles, Physiques et Mathématiques N.S. 18: 79-84.
- De Zuttere P., Werner J. & Schumacker R. 1985. - La bryoflore du Grand-Duché de Luxembourg, taxons nouveaux, rares ou méconnus. Travaux Scientifiques du Musée d'Histoire Naturelle Luxembourg V, 153 p. & 42 cartes.
- Hans F. 1998. - Die Moosflora der Kleinen Luxemburger Schweiz (Großherzogtum Luxemburg). Eine systematische Rasterkartierung als Basis für den Mooschutz. Travaux Scientifiques du Musée d'Histoire Naturelle Luxembourg, 177 p.
- Holz I. 1997. - Moosflora und -vegetation der Liassandsteinfelsen und -blöcke des Ferschweiler Plateaus (Naturpark Südeifel). Limprichtia 9: 1-84 & annexes.
- Schumacker R., Paton J. & de Zuttere P. 1982. - *Sphenolobus hellerianus* (Nees in Lindb.) Steph. dans les gorges à *Hymenophyllum tunbrigense* (L.) Smith à Berdorf (Grand-Duché de Luxembourg). Dumortiera 23: 2-8.
- Werner J. 1985. - Observations bryologiques dans le nord de la Lorraine. Cryptogamie, Bryologie, Lichénologie 6: 65-75.
- Werner J. 1987a. - *Didymodon glaucus* Ryan (Musci) dans la Petite Suisse Luxembourgeoise. Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois 87: 61-68.
- Werner J. 1987b. - Les bryophytes de la vallée de la Pétrusse (Ville de Luxembourg). Archives de l'Institut Grand-Ducal des Sciences Naturelles, Physiques et Mathématiques N.S. 40: 103-121.
- Werner J. 1988. - *Lophozia turbinata* (Raddi) Steph. (Hepaticae) dans le sud-est du Grand-Duché de Luxembourg, Dumortiera 42: 11-16.
- Werner J. 1989. - Ageological approach to bryophyte ecology and distribution in the Grand-Duchy of Luxembourg and neighbouring areas. In: Proceedings of the sixth CEBWG Meeting, Liblice, Czechoslovakia. Czech Academy of Sciences, Pruhonice, 128-138.
- Werner J. 1998. - La bryoflore de la Petite-Suisse Luxembourgeoise, un bilan de synthèse. Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois 99: 3-27.
- Werner J. 2000a. - Les bryophytes épilithiques au Luxembourg et dans la grande région. Archives de l'Institut Grand-Ducal des Sciences Naturelles, Physiques et Mathématiques 43: 101-140.
- Werner J. 2000b. - Eine Teilkartierung in der südlichen Eifel (3. Beitrag zur Moosflora der Eifel). Abhandlungen der Delatinnia 26: 267-280.
- Werner J. 2001. - A propos de *Heterocladium wulfsbergii* I. Hagen dans la Petite-Suisse Luxembourgeoise. Dumortiera 78: 16-17.
- Werner J. 2002. - A comparison of *Dichodontium flavescens* (Dicks.) Lindb. and *D. pellucidum* (Hedw.) Lindb. (Bryopsida). Journal of Bryology 24: 215-221.
- Werner J. 2003. - Liste rouge des bryophytes du Luxembourg. Mesures de conservation et perspectives. Ferrantia 35, travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle, 71p.
- Werner J. 2004. - Observations bryologiques au Grand-Duché de Luxembourg Bryophytes remarquables observées en 2003 (18^e série). Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois 105: 9-15.
- Werner J. & Hans F. 2003. - Observations bryologiques au Luxembourg: espèces remarquables observées en 2002. Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois 104: 13-20.
- Werner J., Schneider T., Schneider C. & Mahévas T. 2005 (in print). - Les bryophytes de la Lorraine extra-vosgienne. Liste critique annotée. Cryptogamie, Bryologie.

Abstract of the presentation**Interest and richness of the bryological flora of Hettangien Sandstone (Luxembourg, Eifel and Lorraine)**

Keywords: Bryophyta; Hepaticae; Musci; Epiliths; Sandstone; Sands; Lorraine; Eifel; Luxembourg; Biodiversity

Hettangien sandstone rock (Luxembourg sandstone, Lower Jurassic) is a yellowish, calcareous and normally hard rock, which occurs in Germany, Luxembourg and France. The bryophyte flora on rock and sands is rich (359 taxa), with many rare or remarkable taxa. This is due to the microclimates and microniches of sandstone landscapes, such as ravines and wooded, humid valleys, but also to some neglected biocenoses, such as siliceous grassland, ruts and disused quarries. The interesting phytogeography of the these bryophytes is illustrated by a high percentage of mountainous species at low altitude and by the importance of (sub-) oceanic and boreal floristic elements.

Five sectors are recognized: The Luxembourg Petite-Suisse is well explored, has the most characterised

oceanic microclimates and the highest species-richness (311 taxa) on rock and sands. The Southern Eifel sector (Germany) is a little less rich (235 taxa) and is equally well explored (including bryosociological work); it features some remarkable species, not known from the other sectors. The valleys of Mamer and Eisch (213 taxa) and the remaining sandstone area of SE Luxembourg (229 taxa) are also remarkable, even within the city of Luxembourg. The small sector of N Lorraine (France) is poorer (137 taxa); mountainous, boreal and sub-oceanic species, for instance are less frequent, but some species are of great floristic interest.

A bibliographic orientation is given; the most characteristic biotope types are indicated and some rare or remarkable species are commented.

Sandstone regions of Poland

Geomorphological types, scientific importance and problems of protection

Zofia ALEXANDROWICZ & Jan URBAN

Institute of Nature Conservation, Polish Academy of Sciences
al. A. Mickiewicza 33, PL-31-120 Kraków
alexandrowicz@iop.krakow.pl, urban@iop.krakow.pl

There are three regions of natural sandstone forms (exposures) occurrence on the territory of Poland: Outer Carpathians, Stołowe Mts. in the Sudetes and Świętokrzyskie Mts. (Fig. 1). The Outer Carpathians (Beskidy Mts.) represent mountain ranges (500-1500 m a.s.l.) formed of the Paleogene and Cretaceous flysch rocks strongly folded and faulted. More than one hundred groups or individual sandstone forms – crags, tors, rock pillars, also "rock pulpits" and "rock mushrooms", etc. – are scattered in the region (Fig. 2). They are situated mainly in the ridge or near-ridge positions (Fig. 3). Lithology and structural features of the sediments have been the important factors stimulating origin and evolution of these forms. They are formed of thick-bedded sandstones and conglomeratic sandstones representing coarse-grained units (often defined as fluxoturbidites),

several tens to several hundreds metres thick within the flysch sequence. The most favourable sandstone complexes for the cliffs, crags and tors formation are following: Magura Beds (Fm) and Krynica Member (Zarzeczce Fm) in the Magura Unit (nappe), Ciężkowice Fm and Godula Beds in the Silesian Unit as well as Mszanka Sandstones in the Dukla Unit (Alexandrowicz 1978, 1987, 1990). The rock outcrops were primarily stripped along the joints' systems, but their subsequent shaping has been controlled with bedding, differentiated lithology and sedimentary structures (Alexandrowicz 1978, 1990). The rock forms are polygenic and have been modelled during the Late Pleistocene and Holocene. Most of them have been stripped due to gravitational mass movements active in various climatic periods of the last glacial (Vistulian, Würm) and Holocene. Other processes, especially weathering-erosional lowering of ridges and recession of slopes (related to periglacial conditions: cryoplanation, solifluction, etc.) as well as deepening of the stream valleys (still active) contributed to the rock forms stripping and transformation, too (Alexandrowicz 1978, 1990; Margielewski 1997).

Stołowe Mts. (500-900 m a.s.l.) represent the mountain group of table type, formed of the Upper Cretaceous, sub-horizontally oriented series of sandstones, siltstones and marls ca 300 m thick, geologically located in the central part of the intra-Sudetic trough (Fig. 4). Typical sandstone landforms of this region are large cliffs, "rock towns" and "rock castles" occurring on two or three levels of the tableland. The "rock towns" are composed of crags, rock pillars, "rocks mushrooms" and blocks of massive and thick-bedded sandstones, which are separated by maze systems of "corridors" developed along joints (Pulińska 1986).

The lithology and jointing of the rocks have governed the relief formation. Subsurface water flows (horizons) related to marly intercalations in the middle part of the series and marly-clayey siltstones of the sandstone substratum are responsible for general morphological pattern of the



Fig. 1: Sandstone regions of Poland: 1 - Outer Carpathians - Beskidy Mts., 2 - Świętokrzyskie (Holy Cross) Mts., 3 - Sudetes (a - Stołowe Mts. and their vicinity, b - Sudetic Foothills).

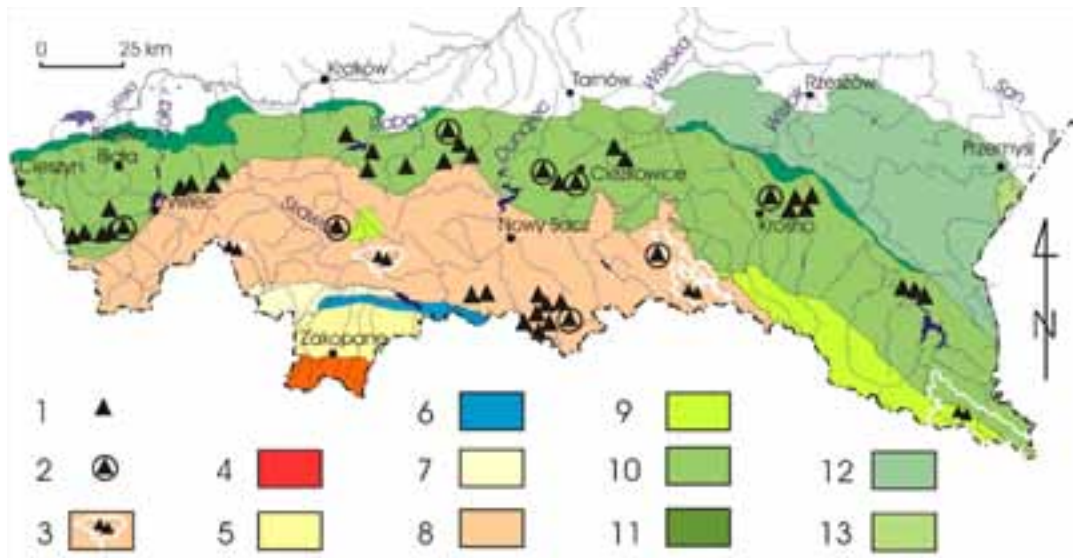


Fig. 2: Distribution of protected sandstone forms in relation to geological structure of the Beskidy Mts. Explanation of signatures: 1 - nature monument - small group of tors (crag) or single tor, 2 - nature reserve with sandstone forms, 3 - national park with sandstone forms, 4 - Tatric Units, 5 - Podhale flysch, 6 - Pieniny Klippen Belt, 7 - Neogene deposits, 8 - Magura Unit, 9 - Dukla Unit, 10 - Silesian Unit, 11 - sub-Silesian Unit, 12 - Skole Unit, 13 - Stebnik Unit.

mountains. The subsurface water erosion has stimulated fragmentation of the massif, its subsequent gravitational disintegration and backward erosion of rock cliffs in the areas of water outflows. Gravitational movements on the slopes, surface water erosion, solifluction, cryoplanation as well as weathering have affected the morphogenesis of the rock forms during the Quaternary (Dumanowski 1961; Pulinowa 1986).

The crags and tors formed of the Upper Cretaceous sandstones are located also in the Krzeszów Basin (north-western margin of the intra-Sudetic trough), in the Kłodzko Basin near the Bystrzyca Kłodzka (Bystrzyca Kłodzka graben) and in the several sites of the Sudetic foothills (in the north-Sudetic trough) between Złotoryja and Lwówek Śląski (Fig. 1). Their shapes are similar to the landforms of the Stołowe Mts.

In the central part of the Świętokrzyskie Mts. (composed of several low mountain ranges, 400-600 m a.s.l.) representing outcrop of the Paleozoic sedimentary rocks, ca 20 tors and crags (or groups of these objects) formed of the Devonian and Cambrian quartzitic sandstones occur (Fig. 5). The forms are situated in the ridge and near-ridge positions above steep slopes. Some of them are connected with block fields, which are still not overgrown remnants of periglacial solifluction blankets developed in the Late Pleistocene (Klatka 1962; Alexandrowicz 1990).

In the marginal zone of the Świętokrzyskie Mts. (upland, 250-400 m a.s.l.), encircling the Paleozoic core and formed of the Permian-Mesozoic rocks more than 40 groups and individual sandstone free standing forms have been listed (Fig. 5). They are formed of the Lower Triassic and Lower Jurassic thick-bedded or indistinctly bedded sandstones and conglomeratic sandstones (Urban 1987, 1990;

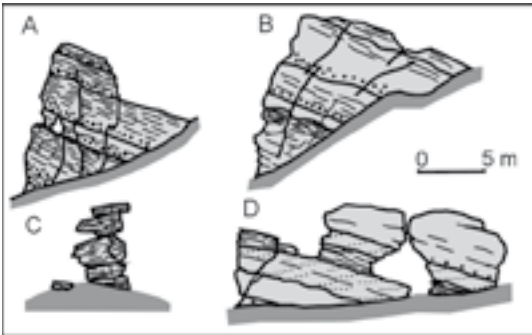


Fig. 3: Examples of the sandstone forms in the Beskidy Mts: A. Okno Zbójckie (Robbers' Window) - near-ridge crag in the Beskid Mały, B. Białe Skały (White Tors) - near-ridge crag in the Gorce, C. Kamień Grzyb (Mushroom Stone) - ridge tor in the Beskid Sądecki, D. Kamiennie Brodzińskiego (Brodziński Stones) - ridge tors in the Beskid Foothill.

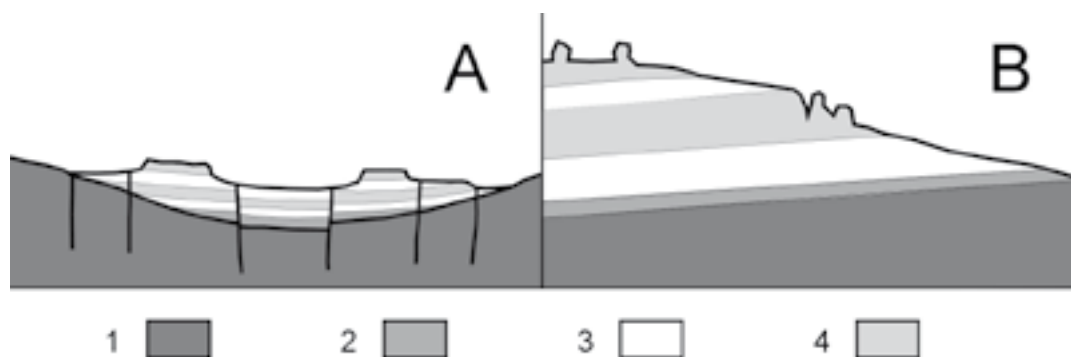


Fig. 4: Schematic geo(morpho)logical cross-sections of the Stołowe Mts (A) and their north-eastern slope (B), after Pulinowa (1989, modified). Explanation of signatures: 1 - Permian, 2 - Upper Cretaceous, Cenomanian sandstones, 3 - Upper Cretaceous, Turonian marls and siltstones, 4 - Upper Cretaceous, Turonian sandstones.

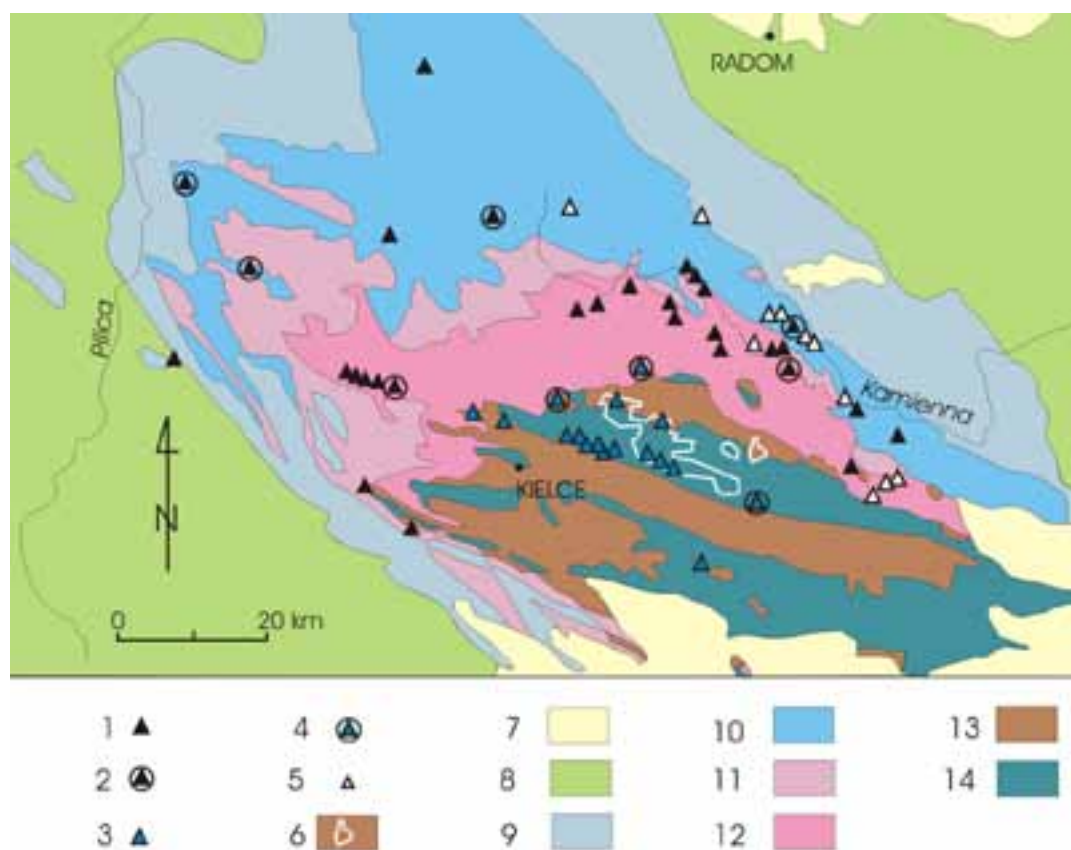


Fig. 5: Sandstone and quartzitic sandstone forms in the Świętokrzyskie (Holy Cross) Mts. Explanation of signatures: 1 - nature monument - small group of sandstone crags (tors) or single crag, 2 - nature reserve with sandstone crags (tors), 3 - nature monument - small group of quartzitic sandstone tors or single tor, 4 - nature reserve with quartzitic sandstone tors (crag), 5 - sandstone form legally not protected, 6 - national park, 7 - Neogene and Paleogene (Tertiary), 8 - Cretaceous, 9 - Middle and Upper Jurassic, 10 - Lower Jurassic, 11 - Middle and Upper Triassic, 12 - Lower Triassic and Permian, 13 - Devonian and Carboniferous, 14 - Lower Paleozoic, mainly Cambrian.

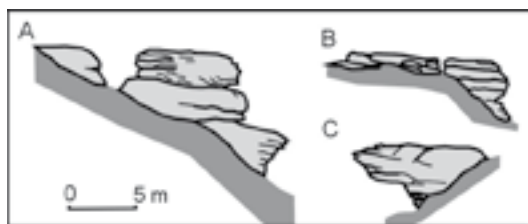


Fig. 6: Examples of the sandstone crags in the Świętokrzyskie Mts: **A** - near-ridge crag in the Skarżysko-Rejów, **B** - near-ridge crag in Krynki, **C** - near-ridge crag in Adamów.

Alexandrowicz 1990). They represent mainly near-ridge forms: crags (often horizontally expanded cliffs), "rock pulpits", occasionally rock pillars (Fig. 6). Hypothesis of their aeolian genesis during the last Pleistocene glacial was presented (Lindner 1972, Chlebowski, Lindner 1991) on the basis of observations of the most picturesque sandstone forms' group near Niekłań village. But recent study has suggested important or even essential role of other processes in their transformation, especially subsurface water erosion caused by flowing down the fissures and selective weathering related to capillary water diffusion (Urban 1996).

Sandstone landforms of Poland are important evidences of morphological evolution of the areas in the Quaternary. Moreover the rock' surfaces, slowly sculptured by natural processes, represent exposures of sedimentary, diagenetic and tectonic structures, which are more useful for scientific studies and educational presentations than artificial outcrops. Natural sandstone forms of every described region are characterised by specific microforms on the rock walls reflecting processes of selective weathering and capillary water circulation: ledges, furrows, caverns, honeycomb forms (aeroxysts) etc. Aesthetic and landscape values of the forms have stimulated their cultural importance and determined touristic attractiveness. Their importance in the folklore and culture is documented by the names: Hell (at least 5 sites in the Świętokrzyskie Mts.), Devil Stone, Robbers' Window, Rocky Town, Spinners, Sphinx, Speaker's Stone, Brodziński (poet) Stones etc. Several chapels are situated in the sandstone caverns. The most picturesque Carpathian tors: Skamienie Miasto (Rocky Town) near Cieżkowice and Prządki (Spinners) near Krosno (Fig. 2), were the first abiotic objects legally protected in natural reserves at the beginning of 1930. They represent typical weathering relief reflecting sedimentary structures of the Cieżkowice Fm (Alexandrowicz 1970, 1987, 1990).

The sandstone forms of the Beskidy Mts. are protected in 4 national parks, 7 nature reserves and as 36 nature monuments, however significant

number of these in the region are still legally not protected (Fig. 2) (Alexandrowicz & Poprawa 2000). Stołowe Mts. are protected as the national park, whereas the forms scattered in the other parts of the Sudetes are protected in one nature reserve and as several nature monuments (Gawlikowska 2000). The quartzite tors of the Świętokrzyskie Mts. are protected in the national park, 3 nature reserves and several nature monuments. The sandstone crags and cliffs of the region are protected in 7 nature reserves as well as 25 nature monuments and several documentary sites (Fig. 5) (Urban 1990; Wróblewski 2000).

The essential problems of the rock forms protection have been (for the last years): human impact on the sites accessible for public as well as climbing activity (especially rocks' surfaces destruction by installation of fixed anchors). Depreciation of landscape values of these landforms is also caused by afforestation related to change of human management of the areas. In many cases it takes place in the protected areas (nature reserves, nature monuments) and can be changed by proper evaluation of nature elements and subsequent adequate management.

References

- Alexandrowicz Z. 1970 – Sandstone rocks in the vicinity of Cieżkowice on the Biała river (English sum.). *Ochrona Przyrody* 35: 281-335.
- Alexandrowicz Z. 1978 – Sandstone tors of the western Flysch Carpathians (English sum.). PAN-Oddział w Krakowie, Kom. Nauk Geol., Prace Geologiczne 113, pp. 87.
- Alexandrowicz Z. 1987 – Inanimate nature of the Czarnorzecki Landscape Park (English sum.). *Ochrona Przyrody* 45 263-293.
- Alexandrowicz Z. 1990 – The optimum system of tors protection in Poland. *Ochrona Przyr.* 47: 277-308.
- Alexandrowicz Z., Poprawa D. eds. 2000. – Geodiversity conservation of the Polish Carpathians (English sum.). Polish Geological Institute, Warszawa, pp. 142.
- Chlebowski R., Lindner L. 1991 – Sources of sediments and sedimentary environment of younger loesses in the Małopolska Upland (English sum.). *Biul. Geol. Wydz. Geol. Uniw. Warsz.* 32: 15-50.
- Dumanowski B. 1961 – The problem of slope evolution in view of conditions on Góry Stołowe (English sum.). *Czasop. Geogr.* 32: 311-324.
- Gawlikowska E. 2000 – Geodiversity conservation of the Lower Silesia. Polish Geological Institute, Warszawa, pp. 72.

- Klatka T. 1962 – Champs de pierres de Łysogóry. Origine et age. (French sum.). Acta Geographica Lodzensia 12, pp. 124.
- Lindner L. 1972 – Origin and age of the sandstone rocklets of Mt. Piekło near Niekłań (Holy Cross Mts) (English sum.). Acta Geologica Polonica 22, 1: 168-180.
- Margielewski W. 1997. – Landslide forms of the Jaworzyna Krynicka Range and their connection with the geological structure of the region (English sum.). Kwartalnik AGH, Geologia 23, 1: 45-102.
- Pulinowa M. 1989 – The relief of the Stołowe Góry Mts. (English sum.). Pr. Uniw. Śląskiego 1008, pp. 215.
- Urban J. 1987 – Mezozoiczne skałki piaskowcowe północnej części województwa kieleckiego (in Polish). Kwart. Geol. 30, 2: 421-422.
- Urban J. 1990 – Protection of inanimate nature objects in the Góry Świętokrzyskie (Holy Cross Mts.) Province (English sum.). Rocznik Świętokrzyski KTN 17: 47-79.
- Urban J. 1996 – Pseudokarst caves in the Lias sandstones „Piekło pod Niekłaniem” (English sum.). Kras i Speleologia 8: 113-123.
- Wróblewski T. 2000 – Geodiversity conservation in the Góry Świętokrzyskie region (English sum.). Polish Geological Institute, Warszawa, pp. 88.

Résumé de la présentation

Régions de grès de Pologne - types géomorphologiques, importance scientifique et problèmes de conservation

Mots-clés: grès; géomorphologie du paysage; conservation de la nature; Pologne

Il y a 3 régions d'occurrence de roches de grès sur le territoire de la Pologne : Carpathes Externes, Sudètes (principalement les Monts Stołowe) et les Monts Świętokrzyskie. Les Carpathes Externes (Beskidy Mts., 500-1500 m) représentent une série de flysch couvrant d'importants espaces en Pologne méridionale. De nombreux groupes ou de simples formes rocheuses dispersés dans la région sont constitués de grès à bancs épais et de conglomérats représentant, souvent des complexes à grains grossiers de type fluxoturbidite au sein du flysch paléogène et crétacé. Les rochers représentent des formes de relief situées principalement en position de crêtes ou de crêtes secondaires : tours, massues, champignons, seuils, murs de roche, etc. La lithologie du grès a été le facteur important stimulant l'évolution des buttes rocheuses, qui ont été isolés sous l'influence du processus de dénudation pendant la dernière glaciation du Pléistocène et de l'Holocène. La plupart d'entre eux ont été dépouillés dus aux mouvements de masse, mais d'autres processus (désintégration par le gel, aplanissement structural, altération sélective etc.) ont aussi contribué à leur transformation (Alexandrowicz 1978, 1990).

Les Monts Stołowe (500-900 m) représentent le groupe de montagne de type plateau constitué des grès du Crétacé supérieur du bassin intra-Sudètes. De larges « villes » et « châteaux » en roche, avec des systèmes de passages de style labyrinthe, développés le long des diaclases, sont présents sur les deux niveaux du plateau. La lithologie et la tectonique (diaclasses) des grès sub-horizontaux ont apparemment contrôlé la formation du relief. Les eaux souterraines et de surface, les mouvements de gravité (lents et rapides) et l'altération représentent les facteurs et processus les plus efficaces, ayant affecté la morphogénèse pendant le Pléistocène tardif et l'Holocène. Les flux d'eau souterraines liés à l'intercalation limono-argileux et des marnes du substratum gréseux sont responsables des traits spécifiques des formes rocheuses (Pulinowa 1986). Quelques formes constituées de grès du Trias et du Crétacé sont dispersées dans les autres parties des Sudètes et de leurs collines.

Dans les Monts Świętokrzyskie (300-600 m) des groupes et des formes rocheuses isolées constitués de grès (conglomérats) triasiques et jurassiques sont situés en marge de la zone permo-mésozoïque de la région, tandis

que quelques rochers et champs de bloc constitués de quartzites dévoniens et cambriens sont présents dans la partie centrale de ce secteur. Les buttes représentent principalement des reliefs de crêtes secondaires de diverses formes : pupitres, massues, seuils, murs, etc... L'occurrence des rochers est liée aux désaggrégations d'horizons multiples de roches à banc épais et mal stratifiées. L'hypothèse de la genèse éolienne des formes de grès pendant la dernière glaciation a été présentée dans certaines publications (Lindner 1972, Chlebowski et Lindner 1991). Mais les études récentes (non achevées) suggèrent le rôle important ou même essentiel d'autres processus dans la désaggrégation et l'évolution des buttes, par exemple l'érosion par l'eau de surface et du sous-sol, glissement de pentes aussi bien que l'altération sélective.

Les formes de relief de grès en Pologne sont des preuves importantes de l'évolution morphologique des secteurs montagneux dans le Pléistocène et l'Holocènes. D'ailleurs la surface de la roche, sculptée lentement par des processus naturels, représente des affleurements de structures sédimentaires, qui sont plus utiles pour des études scientifiques que les affleurements artificiels. Les valeurs esthétiques des formes rocheuses et leur rôle dans le paysage ont stimulé une importance culturelle et ont donné une attraction touristique. La majorité des formes de relief de grès des Monts Beskidy (Carpathes Externes) sont protégées par trois parcs nationaux, huit réserves naturelles et environ 30 monuments naturels, toutefois un nombre significatif des rochers de la région ne sont toujours pas protégées par la loi. Les Monts Stołowe sont protégés en tant que parc national, tandis que des formes dispersées dans les autres parties des Sudètes sont protégées comme réserves naturelles et en tant que plusieurs monuments naturels. Les rochers de grès et de quartzite des Monts Świętokrzyskie sont protégés comme parc national, sept réserves naturelles et environ vingt-cinq monuments naturels. Malgré la protection légale, des problèmes d'activités d'escalades (et particulièrement la destruction des surfaces des roches par l'installation de grappins fixes) se sont développés pendant les dernières années.

Une charte pour la pratique de l'escalade sur les rochers du Parc naturel régional des Vosges du Nord

Loïc DUCHAMP

SYCOPARC, Maison du Parc - Château, B.P. 24, F-67290 La Petite Pierre
l.duchamp@parc-vosges-nord.fr

Un patrimoine rupestre riche et sensible

Le Parc naturel régional des Vosges du Nord, classé Réserve de Biosphère par l'UNESCO en 1989, est un territoire riche en patrimoines naturel et culturel où s'exercent de nombreuses activités humaines. Dans les années 90, un conflit s'est exacerbé entre les grimpeurs et les protecteurs de la nature. En effet les rochers de grès si caractéristiques de cette région, constituent un écosystème remarquable nécessaire à la reproduction de nombreuses espèces animales dont certaines sont rares et protégées à l'échelle européenne comme le faucon pèlerin, le hibou grand-duc, des chauves-souris, ainsi qu'au maintien et au développement de nombreuses espèces végétales spécialisées. Entre autres, deux fougères très particulières se maintenant dans les fissures des rochers des Vosges du Nord, le trichomanès radican, protégé à l'échelle européenne, et la doradille de Billot, rare et protégée en Alsace et en Lorraine ou des lichens peu communs sous nos latitudes appartenant



Fig. 1: Faucons pèlerins (*Falco peregrinus*).
Photo: A. Lutz, SOS Faucon pèlerin.



Fig. 2: Doradille de Billot (*Asplenium obovatum* ssp. *lanceolatum*). Photo: L. Duchamp, SYCOPARC.

au groupe des lichens des rennes, par exemple *Cladonia stellaris* (Duval et al. 2000; Jérôme 2000; Jérôme & Bizot 2001; Signoret & Diederich 2003).

Par ailleurs, certains rochers sont riches de vestiges archéologiques témoignant d'une occupation humaine historique. Les plus visibles et les plus connus sont les ruines de châteaux moyenâgeux mais d'autres vestiges, tout aussi remarquables et sensibles, sont plus discrets et nécessitent l'œil du spécialiste. Parmi ces sites, certains sont classés «monument historique».

Une pratique sportive ancienne

Ces mêmes rochers ont commencé à attirer les adeptes de l'escalade au cours du 20^e siècle. Certains sont devenus des enjeux au cœur d'un conflit d'usage entre grimpeurs et protecteurs de la nature. Le Syndicat de Coopération pour le Parc



Fig. 3: Pineraie à cladonies sur dalle rocheuse. Photo: L. Duchamp, SYCOPARC.

naturel régional des Vosges du Nord (SYCOPARC) a été sollicité pour solutionner cette question dans le cadre plus large du schéma d'aménagement touristique des forêts, inscrit dans la Charte du Parc. Ce schéma prévoit entre autres la mise en place d'un code de conduite des usagers de la nature.

Elaboration d'une charte

C'est pourquoi, un groupe de travail, créé à l'initiative du SYCOPARC et réunissant les partenaires concernés par cette question (la Fédération Française de la Montagne et de l'Escalade (FFME), l'Association S.O.S. Faucon pèlerin, l'Office National des Forêts et les forestiers privés concernés ainsi que les administrations de l'environnement et celle de la jeunesse et des sports) a élaboré une Charte signée en décembre 1997 (Sycoparc 2000). Des amendements sont en cours d'étude au courant de l'année 2005. Les signataires reconnaissent en préambule qu'en respectant

certaines règles, l'homme et la nature peuvent cohabiter.

Pour des raisons évidentes de courtoisie mais aussi juridiques, les propriétaires des rochers (l'Etat, des collectivités publiques ou des privés) ont besoin de conventions d'usage avec les représentants des grimpeurs pour autoriser la pratique de ce loisir sportif et clarifier les responsabilités de gestion et d'entretien des équipements mis en place.

Une pratique exemplaire

Les associations sportives pratiquant l'escalade reconnaissent la nécessité de mesures de protection pour certains rochers interdisant leur activité et elles se déclarent prêtes à limiter leur pratique sur d'autres rochers et pendant certaines périodes.

Ainsi, en 2005, 15 rochers sont totalement interdits à l'escalade, dans le cadre de mesures de protection réglementaire et 21 rochers dont quelques sites de



Fig. 4: Un exemple de falaise de grès vosgien. Photo: L. Duchamp, SYCOPARC.

blocs sont d'ores et déjà ouverts à la pratique de ce sport dans le cadre de conventions écrites aux conditions suivantes :

- En l'absence de nidification du Faucon pèlerin ou de quelque autre restriction imposée conventionnellement par le propriétaire, l'escalade pourra être pratiquée toute l'année sur le site.
- Lorsqu'un Faucon pèlerin est présent pour sa nidification sur un site rocheux, la pratique d'escalade engendre un dérangement qui peut compromettre celle-ci. Les associations sportives s'engagent à recommander le respect des interdictions lors de la période de reproduction comprise entre le 1^{er} février et le 1^{er} juillet de l'année civile sur le secteur rocheux concerné.

Les grimpeurs se sont engagés à respecter un code de conduite dont une des règles consiste à ne pas détériorer les rochers, notamment à ne pas détruire les végétaux qui se développent sur la paroi du rocher et au sommet de celui-ci ou aux abords.

En application de cette charte, les rochers conventionnés pour l'escalade disposent d'un panneau de signalisation financé par le SYCOPARC et mis en place par la FFME afin de rappeler les règles de conduite et l'interdiction de grimper en cas de

nidification du faucon pèlerin. En effet, certains rochers ouverts à l'escalade sont utilisés par le faucon et font l'objet d'un zonage du site entre escalade et protection. Une liste des sites ouverts à l'escalade dans les Vosges du Nord est accessible sur Internet (Anonyme 2005).

D'autres projets de conventionnement sont en cours d'étude.

Les divers partenaires se réunissent annuellement à l'initiative du SYCOPARC pour établir le bilan de l'efficacité de la charte et les éventuelles actions communes à mener.

Références

- Anonyme 2005. - Escalade sur le grès des Vosges. Internet URL: <http://escalade-alsace.ifrance.com/>
- Duval T., Conrad J. & Signoret J. 2000. - Etude de l'impact du tourisme sur les rochers des Vosges du Nord et du Palatinat. Rapport d'étude, Parc naturel régional des Vosges du Nord - Naturpark Pfälzerwald, 89p.
- Jérôme C. 2000. - Nouvelles observations sur la présence d'*Asplenium obovatum* Viv. Subsp. *Lanceolatum* (Fiori) Pinto da Silva dans les Vosges gréseuses. *Bauhinia* 14: 89-91.
- Jérôme C. & Bizot A. 2001. - La Réserve de Biosphère des Vosges du Nord : un paradis pour les gamétophytes de la fougère *Trichomanes speciosum* Willd. *Ann. Sci. Rés. Bios. Trans. Vosges du Nord-Pfälzerwald* 9: 63-72.
- Signoret J. & Diederich P. 2003. - Inventaire des champignons lichénisés et lichénicoles de la réserve naturelle des rochers et tourbières du Pays de Bitche. *Ann. Sci. Rés. Bios. Trans. Vosges du Nord-Pfälzerwald* 11: 193-222.
- Sycoparc 2000. - Charte du Parc naturel régional des Vosges du Nord. Internet URL: http://www.parc-vosges-nord.fr/html/comprendre/charte_2001_parc.pdf

Abstract of the presentation**A charter for rock climbing in the «Parc naturel régional des Vosges du Nord» (France)**

Keywords: charter; protection; climbing; Northern Vosges; Regional nature park; France

A rich and sensible rupestral heritage

The regional Nature Park of the Northern Vosges, Biosphere reserve, is a territory rich in natural and cultural heritages in which many human activities take place. The largely dominant rock is the sandstone (Buntsandstein). In the Nineties, a conflict came up between climbers and nature protectors. The rocks so characteristic of this area constitute a remarkable ecosystem necessary to the reproduction of animal and plant species amongst which some are rare and under a protection status. They are also rich in archaeological vestiges.

An old sporting practice

These same rocks started to attract climbers during the 20th century. Some became stakes within the heart of a conflict of use between climbers and nature protectors. The Park Co-operation Syndicate (SYCOPARC) was asked to solve this question.

Development of a charter

This is why partners concerned with this question (the French Mountain and Climbing Federation, the association "S.O.S. Peregrine falcon", the SYCOPARC, the National Forest office and the private foresters concerned as well as the environment administrations and those of youth and sports) worked out a Charter signed in December 1997.

Conventions of use between the owners of the sites and the climbers are signed under cover of this charter to

clarify the responsibilities for management and maintenance of the equipment.

An exemplary practice

Climbing associations recognize the need for protection measures for certain rocks prohibiting their activity and they declared ready to restrict their practice on other rocks and during certain periods.

In 2004, climbing is completely prohibited on 15 rocks within the framework of lawful protection measures and 20 rocks are officially opened for climbing within the conditions of the charter:

- In the absence of nesting of the Peregrine falcon or any other restriction imposed conventionally by the owner, climbing can be practised on the site during the whole year.

- When a Peregrine falcon is nesting on a rock site, climbing generates a disturbance which can compromise nesting. The sports associations commit to recommend the respect of prohibitions at the time of the period of reproduction ranging between February 1 and July 1 on the concerned rock sector.

The officially agreed rocks are marked with a sign financed by the SYCOPARC and set up by the FFME in order to remind the codes of behaviour and the prohibition to climb in case of nesting of the peregrine falcon.

The various partners meet annually to establish the assessment of the effectiveness of the charter and the possible common actions to be taken.

Is the conservation of the natural and cultural heritage of sandstone landscapes guaranteed?

Case study of the Petite Suisse area in Luxembourg

Yves KRIPPEL

Research associate of the National Museum of Natural History of Luxembourg
18A, rue de Rollingen, L-7475 Schoos
yves.krippel@mnhn.lu

Keywords: natural and cultural heritage; conservation; nature reserves; special areas of conservation; tourism; nature park; Petite Suisse

Introduction

The 'Petite Suisse luxembourgeoise', an area of approximately 170 square kilometres situated in the eastern part of Luxembourg, is one of the most outstanding regions of the country. The sandstone landscape is characterised by a huge concentration of natural, cultural and historical treasures.

The area is internationally known for its relict populations of Tunbridge Filmy-fern (*Hymenophyllum tunbrigense*), and actually more than 90% of all pteridophytes known in Luxembourg occur or have occurred in the 'Petite Suisse' area. The special microclimatic conditions and the great variety of base-status have also favoured the luxuriant development of mosses, liverworts and lichens. So, the area is considered as being one of the 50 most important regions of bryological interest in Europe. Considering higher plants, the species encountered are in general characteristic of fresh mixed deciduous woodlands. On the exposed outcrops however, dry calcifugous plant communities can be observed, and on some of these outcrops, relict populations of *Pinus sylvestris* are present (Fig. 1). The extended beech forests can mostly be characterised as 'ancient' woods (Diederich 1991), and a great percentage is classified as Habitats of European Interest (in accordance with the Natura 2000 Network); some forest associations are on a European level classified as 'priority' habitat types regarding conservation (Directive 92/43/CEE). From the fauna point of view, the sandstone outcrops as well as the extended natural woods and moist valleys offer habitats for a rich wildlife and host some rare or interesting animals (different bat species, peregrine falcon, eagle owl, ...).

The sandstone area also houses numerous sites of high geological interest. Not to be underestimated, the sites of hydrological interest like sources, calcareous tuff, bog pools, marsh lands, peat, ... These formations are often holding quaternary sediments of high interest for palaeoclimatic and biogeographic studies. On a prehistoric viewpoint, the region is well known for its Palaeolithic, Mesolithic and Neolithic past. In the area numerous sites of high archaeological or historical importance were recorded, that reach from the stone age, over the Celts and the Romans, to more recent times (ECAU-EFOR 1992).

This concentration of elements of great ecological, historical and cultural value on a relatively small area confers to the entire 'Petite Suisse' its outstanding character in Europe.

Pressures and threats in the 'Petite Suisse' area

Fact is, that this scenic area with its extended beech forests (Fig. 2), conspicuous sandstone outcrops, scree-covered slopes, narrow valleys, as well as large plateaus with rural character attracts every year an enormous number of visitors. Since the 19th century, tourism has played a major role in the economic development of this region and over the years, the Luxembourg's Petite Suisse sandstone area became one of the touristic highlights of the country and the greater region. The diversity of the leisure-time activities in the area can hardly be beaten. The stunning scenery of the woods and sandstone outcrops has led to the creation of an extensive network of public footpaths which exploit almost every corner of the forests, including most of the outstanding rock formations (Fig. 3).



Fig. 1: On some exposed sandstone outcrops relict populations of *Pinus sylvestris* are present. Photo: Y. Krippel.

The major problem is, that the most spectacular and outstanding habitats are also the most fragile ones (Schwenninger 1992a, b).

It is therefore more than astonishing, that the area is absolutely lacking in all kind of protection status.

One part of the 'Petite Suisse' region is integrated in the 'Parc Naturel Germano-Luxembourgeois', created in 1964 and at that time the first international nature park in Europe. From the point of view of nature conservation and conservation of the historical and cultural heritage however, the impact of this 'Nature Park' was rather insignificant. On the other hand, the 'Déclaration d'Intention Générale' of the Luxembourg Government from 1981 has planned a series of nature reserves in the area. Until now though none of these nature conservation areas was created. Special conservation measures were taken so far only for *Hymenophyllum tunbrigense* by withdrawing public access to the main site. Even if all ferns, mosses and lichens growing on sandstone rock in the area are

protected by law (Règlement grand-ducal du 19 août 1989), the collection or destruction of high specialised species can hardly be stopped.

Nature conservation

A new chance for the region could well be the revised nature protection law of 2004 (Loi du 19 janvier 2004 concernant la protection de la nature et des ressources naturelles), which integrates some European Directives, amongst others the European 'Habitats Directive' (Directive 92/43/CEE). So the 'Petite Suisse' area is going to be part of the European 'Natura 2000' Network. Two major Special Areas of Conservation according to the 'Habitats Directive' were designated for the region: LU0001011 - Vallée de l'Ernz noire / Beaufort / Berdorf (42 km²) and LU0001015 - Vallée de l'Ernz blanche (20 km²). Being part of 'Natura 2000' means that the selected areas benefit from increased protection as set out in the Directive.

Let's hope that specific action and management plans are elaborated and initiated soon.

In addition to these Special Areas of Conservation (Zones protégées d'intérêt communautaire), a series of national nature protection and/or landscape protection areas (Zones protégées d'intérêt national) as well as protected areas on district level (Zones protégées d'importance communale) are provided for by statute. This could in the future substantially boost the effective protection of some of the most valuable habitats within the 'Petite Suisse' area. In addition to these conservation areas, the restoration of the natural forests modified by the former forestry practices should be carried on, in order to create a network of extended natural and mostly unexploited woods. These Natural Forest areas are known as 'Réserves forestières intégrales'. Concerning the agricultural activities on the plateaus, the progress of extensive farming should be stimulated and the original landscape protected or restored. All these

measures are currently promoted by financial aids (Règlement grand-ducal du 22 mars 2002).

The Luxembourg government (in accordance with its obligations within the European Union) promised a 'national nature conservation plan', in which the guidelines regarding environmental and nature protection are to be specified until 2010. According to this document, the procedure to create nature reserves and landscape protection areas (including the 'Petite Suisse' region) should be accelerated.

Concerning rock climbing, direct measures in the field (anti erosion walls, removal of illegal pitons, ...) were supported by a new set of local bylaws (Fig. 4) governing the legal conditions under which rock climbing is permitted and which amongst other things, prohibit any such activity from taking place outside clearly designated climbing areas (Règlement grand-ducal du 14 mars 2002).



Fig. 2: Extended beech forests are characteristic for the 'Petite Suisse' sandstone area. Photo: Y. Krippel.



Fig. 3: The pressure of touristic activities in the region is incredible. Photo: Y. Krippel.

Prospects

Serious efforts have still to be made to conserve the beauty and integrity of the landscape and to protect species from whom it is assumed that their isolated inland occurrences within the European continent are a testimony to the once wider distribution earlier in this interglacial. The natural and cultural heritage of the 'Petite Suisse' area can not be preserved without specific action or management plans in order to protect rare and threatened species as well as sites of great value. Scientific studies and monitoring of rare and protected species (especially *Hymenophyllum tunbrigense*) have to be carried on. On the other hand, all possible efforts have to be made to increase the public awareness (guided tours, nature trails, nature education and consciousness-raising campaigns, ...). Seen in the long term, the development of a sustainable tourism is essential to preserve the exceptional character of the region. In parallel, the economic and social development of the region ought to be promoted (a good example is here given by the LEADER+ initiative).

The creation of a Nature Park 'Mëlldall' or 'Petite Suisse' - the creation of such a nature park in the region is currently discussed - could well be the right step to conserve the beauty and integrity of this outstanding landscape.

References

- Diederich P. 1991. - Les forêts luxembourgeoises à longue continuité historique. Bull. Soc. nat. luxemb. 92: 31-39.
- ECAU-EFOR 1992. - Dossier de classement: Réserve naturelle Berdorf-Consdorf-Echternach, RN RF 05, Version détaillée. Ministère de l'Environnement, Adm. des Eaux et Forêts, 73 p. et annexes (unpublished).
- Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. - JOCE L 206 du 22.7.1992: 7-50.



Fig. 4: A new set of local bylaws governs the legal conditions under which rock climbing is permitted. Photo: Y. Krippel.

Loi du 19 janvier 2004 concernant la protection de la nature et des ressources naturelles. - Mémorial A, Recueil de législation du Journal officiel du Grand-Duché de Luxembourg - N° 10 du 29 janvier 2004: 148-169.

Règlement grand-ducal du 19 août 1989 concernant la protection intégrale et partielle de certaines espèces végétales de la flore sauvage. - Mémorial A, Recueil de législation du Journal officiel du Grand-Duché de Luxembourg - N° 61 du 20 septembre 1989: 1103-1106.

Règlement grand-ducal du 14 mars 2002 concernant la pratique de l'escalade en milieu naturel. - Mémorial A, Recueil de législation du Journal officiel du Grand-Duché de Luxembourg - N° 34 du 3 avril 2002: 561-562.

Règlement grand-ducal du 22 mars 2002 instituant un ensemble de régimes d'aides pour la sauvegarde de la diversité biologique. - Mémorial A, Recueil de législation du Journal officiel

du Grand-Duché de Luxembourg - N° 36 du 4 avril 2002: 584-630.

Schwenninger J.-L. 1992a. - Réflexions sur la conservation du patrimoine naturel et culturel de la réserve forestière Berdorf-Consdorf-Echternach. Analyse, évaluation et gestion des ressources. ECAU - EFOR, 98 p. (unpublished).

Schwenninger, J.-L., 1992b. - Promenades: Révision du tracé et de la gestion des sentiers touristiques en forêt de Berdorf. Ministère de l'Environnement. Administration des Eaux et Forêts. Service de Conservation de la Nature, 67 p. + cartes (unpublished)..

Résumé de la présentation

La sauvegarde du patrimoine naturel et culturel des paysages gréseux est-elle assurée? Réflexions sur la Petite Suisse luxembourgeoise

Mots-clés: patrimoine naturel et culturel; conservation; réserves naturelles; directives européennes; tourisme; parc naturel

La «Petite Suisse luxembourgeoise», un territoire de ± 170 km², situé dans la partie Est du Grand-Duché de Luxembourg entre la vallée de la Sûre (frontière allemande) et la vallée de l'Alzette, est une des régions les plus spectaculaires du pays. La richesse, tant du point de vue écologique, que du point de vue historique et culturel est immense. Ce paysage pittoresque - avec ses forêts étendues à longue continuité historique, ses falaises et éperons rocheux de grès, ses vallons encaissés et ses haut-plateaux à caractère rural - attire par sa beauté une foule innombrable de visiteurs. Or, plus les milieux sont spectaculaires et hors pairs, plus ils sont fragiles.

Il est d'autant plus étonnant que cette région ne possède jusqu'à présent d'aucun statut de protection. Une partie de la «Petite Suisse Luxembourgeoise» fait partie du Parc Naturel germano-luxembourgeois, créé en 1964 et à l'époque le premier parc naturel transfrontalier en Europe. Du point de vue conservation de la nature et du patrimoine historique et culturel, l'impact de ce «Parc naturel» fut cependant fort faible. D'un autre côté, la déclaration d'intention générale du Gouvernement luxembourgeois de 1981 a prévu une série de réserves naturelles dans la région; jusqu'à présent, toutefois, aucune de ces réserves n'a vu le jour. De nombreuses études ont montré l'impact néfaste de visiteurs trop nombreux, concentrés sur des sites extrêmement sensibles. Or, du point de vue canali-

sation et sensibilisation des touristes, les démarches sont fort traînantes. Des premières actions ont cependant déjà été réalisées et le fait de supprimer l'accès à une gorge étroite abritant une colonie importante d'*Hymenophyllum tunbrigense* a même donné des résultats très encourageants. La nouvelle réglementation de la pratique d'escalade devrait en principe également porter ses fruits à long terme.

Dans le cadre de la récente directive communautaire «Natura 2000», deux sites «Habitat» sont prévus dans la région: LU0001011 - Vallée de l'Ernz noire / Beaufort / Berdorf (42 km²) et LU0001015 - Vallée de l'Ernz blanche (20 km²). Espérons que les plans de gestion respectifs ne tarderont pas à être élaborés et surtout exécutés.

Le patrimoine naturel et culturel de la région ne peut être conservé que si des mesures de gestion concrètes sont mises en œuvre afin de protéger les espèces et/ou sites sensibles ou de valeur importante, ceci en parallèle avec une information et une sensibilisation des visiteurs. Enfin la région doit viser à long terme le développement d'un tourisme doux et de qualité afin de préserver le caractère exceptionnel de la région. La création d'un Parc naturel «Mëllerdall» ou «Petite Suisse», dont les premières discussions sont enfin entamées, est peut-être un pas décisif dans la bonne direction.

Posters

Overview of the geology of the Luxembourg Sandstone(s)

Robert COLBACH

Service géologique du Luxembourg
43, bd G.-D. Charlotte, L-1331 Luxembourg
robert.colbach@pch.etat.lu

In the northeastern tip of the Paris Basin ("Luxembourg-Trier Gulf") the Lower Liassic, otherwise formed by blueish grey limestone-shale alternations ("Blue Liassic") also called "Lorraine facies", shows lenticular insertions of arenaceous sediments referred to as the Luxembourg Sandstone(s) Formation. This unit includes, from SE to NW, the local denominations of Hettange, Ernzen, Metzert, Virton, Orval or Florenville sandstones (Fig. 1).

Palaeogeography

The lower mesozoic history of the considered area was strongly influenced by the "Eifel Depression",

a N-S striking subsidence zone separating the Ardennes from the Rhenish Shield through which the northern german sea progressively reached the "Lorraine depression". On its western border, N-S oriented triassic shorelines gradually turned to NE-SW directions as the liassic sedimentary series advanced upon the Ardennian continent. Sands and silts were carried southwards through the Eifel Depression into this flat marine area. This marine channel was limited to the south by the Sierck Sill, the western tip of the hercynian heights of the Hunsrück, thus limiting the depositional area of the sandstone to the south (Fig. 1).

Sources: Berners 1983, 1985; Guérin-Franiatte *et al.* 1991.



Fig. 1: Extension of the Luxembourg Sandstone(s) Formation.

Petrography

Due to a bimodal distribution of the calcium carbonate content, the Luxembourg Sandstone appears in the outcrop as an alternation of yellowish ochre, poorly cemented sandstones (10-20 % carbonate) and grey to whitish, cement-rich sandy limestones (30-60 % carbonate) (Fig. 2; 3). But extreme terms with less than 1 or up to 90 % of carbonate also occur.

Under the cover of younger sediments and in permanently water saturated zones, where it is protected from a deep weathering, the sandstone appears in a blueish grey, due to the presence of pyrite.



Fig. 2: Outcrop showing an alternation of carbonate rich, whitish, sandy limestone and carbonate poor, yellowish sandstone, Luxembourg.

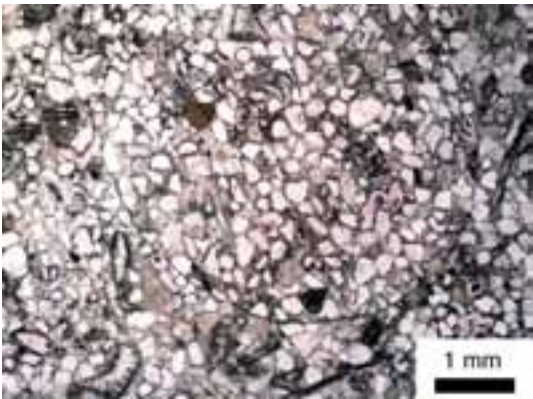


Fig. 3: Well cemented sandstone, optical microscope image (natural light).

The changing carbonate content has a primary syndepositional, bioclastic origin, but was influenced by secondary diagenetic redistribution processes. The proportion of high-carbonate layers rises from the east towards the west.

Grain sizes are dominated by well-sorted, fine to medium sands; in the east, proximal facies show mostly fine and very fine sands, associated to medium sands, whereas western, distal facies show more very fine sands and silts.

Very well rounded quartzitic pebbles, intraformational sandstone pebbles, fossil debris-rich sandy limestones ("lumachelle") and thin recurrences of limestone-shale alternations also occur.

Sources: Berners 1983, 1985; Guérin-Franiatte *et al.* 1991; Bock 1989.

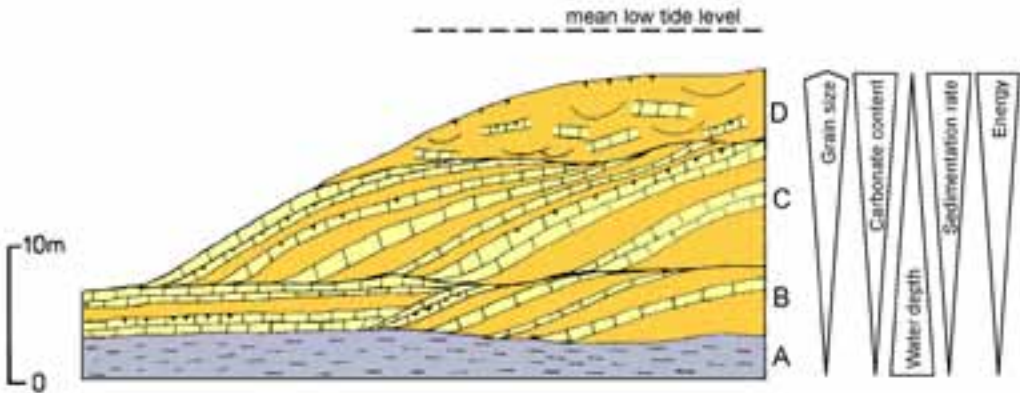


Fig. 4: Structure of the sandwaves in the Luxembourg Sandstone(s) (Bock & Muller 1989, modified). A. Lorraine facies. B. Initial Sandwave subfacies. C. Sandbar subfacies. D. Sandbank subfacies.

Table 1: Sedimentological subdivisions of the Luxembourg Sandstone(s) sandwaves.

Evolution stage	Subfacies
Individualization phase	- inter sandwave subfacies: bioturbated silts and silty sandstones, bioclastic sandy limestones ("sheet sands") - initial sandwave subfacies: fine to medium grained sandstones with rare pebbles and low-angle cross bedding
Accumulation phase	- sandbar subfacies: fine to medium grained sandstones with large-scale cross bedding ("sandwaves") and internal erosional surfaces
Stabilization phase	- sandbank subfacies: wave and storm-influenced, bioclast rich, fine to medium sandstones with frequent erosion channels and hardgrounds

Sedimentology

The sedimentary analysis shows that the Luxembourg Sandstone formed on a flat, shallow marine shelf as offshore sandwaves. These subtidal, shore-parallel deposits are organized into 10 to 20 meters thick sequences of different subfacies, related to different evolution stages (Tab. 1; Fig. 4).
Sources: Berners 1983, 1985; Guérin-Franiatte *et al.* 1991; Bock & Muller 1989.

Stratigraphy

Ammonite content proved the Luxembourg Sandstone formation to be diachronic: the first sand deposits appear during the lower Hettangian

in central Luxembourg. The depositional area extended towards southeastern and western Luxembourg during the middle and upper Hettangian and reached its westernmost extent only during the Sinemurian (Fig. 5).

The lower boundary of the sandstone consists in a gradual "sanding-up" of the Lorraine facies, whereas its upper limit is often sharp and marked by a hardground, equivalent to the Hettangian-Sinemurian contact in the southeast, but getting progressively younger towards the west. The duration of the sand sedimentation events is evaluated to 9 Ma.

The outcrops near Hettange-Grande (Moselle, F) were proposed as a stratotype for the Hettangian stage in 1864 by Renevier.

Sources: Guérin-Franiatte *et al.* 1991; Bock 1989.

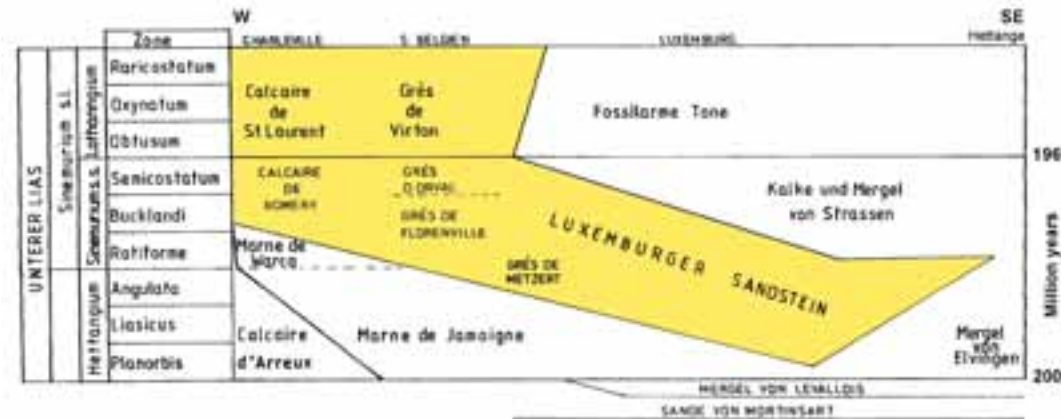


Fig. 5: Stratigraphic position of the Luxembourg Sandstone(s) Formation (Bock 1989, modified).

Structural setting

Formation thicknesses reach 100 meters in central Luxembourg and stay more or less constant in the SW-NE direction, whereas they are subjected to changes in the NW-SE direction, thus suggesting that hercynian tectonic features must have been active already during sedimentation (Berners 1985).

Structurally, the Mesozoic sediments of Luxembourg are characterized by mainly SW-NE striking horsts and grabens, associated to large undulations like the Weilerbach syncline. Associated to a general SW dip towards the centre of the basin, they explain the outcropping of the Luxembourg Sandstone over a wide area. This setting is thought to be essentially due to the reactivation of hercynian structures.

Its slight dip ($<10^\circ$) and its resistance to erosion make the Luxembourg Sandstone form a cuesta, which, in Luxembourg alone, has a length of more than 200 km.

A network of mainly NW and NE striking fractures affects the sandstone body; they can be divided into two types:

- vertically discontinuous, relatively short fractures, often limited to one bed with a decimetric spacing. The fracture density increases with the carbonate content (Fig. 6).
- fractured zones, generally cutting through the whole formation with a spacing of several meters. These zones can be formed by intensely weathered, friable and closely fractured sandstone, but also by one main, wide open fracture having up to one meter in width, thus causing occasional geological hazards (Fig. 8). By offering a locally higher erosion potential, they are important factors in the process of landscape formation.

Hydrogeology

The Luxembourg Sandstone forms an important aquifer generally limited on its bottom and top by the limestone-shale alternations of the Lorraine facies, although interactions with these exist. Water storage takes place mainly in the pores of the sandstone, whose porosities are closely related to its carbonate content: from 5 % in the sandy limestones to over 35 % in the poorly cemented sandstones. Water flow is primarily due to the important network of fractures and fractured zones. Mean formation active porosities are around 10 %, roughly 9 % being thought to be due to pore volume and 1 % to fracture volume. Mean formation permeabilities are around $5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, but tracer tests show flow velocities up to 100 m/hour in fractured zones.



Fig. 6: Closely fractured carbonate-rich bed; fresh roadcut near Mondorf.

In large parts of the country, the sandstone's base lies above the valley floors and flow directions are normally oriented according to the topography of this impervious base. Consequently, the structural setting is of major importance: water tends to accumulate in the syncline axis, where lots of large springs are situated, providing about 60 % of the country's drinking water.

The Luxembourg Sandstone shows an important, pluriannual buffer capacity of the water stock: with an annual rainfall close to 800 mm, annual stock changes vary from -225 to +225 mm.

Due to the high filtering capacity of the sandstone and especially its sandy weathered zone, the water generally has a good quality. It is of the HCO_3^- (mean cation mval: 72%) – $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (mean anion mval: 92%) type.



Fig. 7: Carbonate dissolution around less permeable limestone nodules and alveoli formed by reprecipitation; natural outcrop near Lorentzweiler.



Fig. 8: Wide open fracture with stalactites; roadcut near Altwies.

Calcium carbonate redistribution by ground-water is also a key process in the shaping of the sandstone cliffs: holes are created by dissolution of the carbonate cement, which in turn can reprecipitate on the cliff's walls, giving it a smooth aspect and creating characteristic alveoli (Fig. 7).

Sources: Struffert 1994; Gronemeier 1976; von Hoyer 1971.

Natural resources

The Luxembourg Sandstone Formation provides different building materials (Wies & Wertz 2004): in Luxembourg alone, over 150 old quarries are known and 11 extraction sites are still active today. Besides sands and different granulates, especially the whitish carbonate-rich sandy limestone has been appreciated as building stone and freestone for several centuries beyond the countries borders. Its main characteristics are: density 2.06-2.24, water absorption 3-7 mass %, compressive strength 44-57 Mpa, elastic modulus 6500 Mpa.

Bibliography

- Berners H.-P. 1983. - A lower liassic offshore bar environment. Contribution to the sedimentology of the Luxemburg Sandstone. *Annales de la Société Géologique de Belgique* 106: 87-102.
- Berners H.-P. 1985. - Der Einfluss der Siercker Schwelle auf die Faziesverteilungen mesokänozoischer Sedimente im NE des Pariser Beckens: ein Sedimentationsmodell zum Luxemburger Sandstein (Lias), spezielle Aspekte zur strukturellen Änderung der Beckenkonfiguration und zum naturräumlichen Potential, Dissertation RWTH Aachen, 320 p., 100 fig., 24 tab.
- Bock H. 1989. - Ein Modell zur Beckenausdehnung und Fazieszonierung am Westrand der Eifeler Nord-Süd-Zone während der Trias und zur Transgression des Unteren Lias am Ardennensüdrand, Dissertation RWTH Aachen, 417 p., 114 fig., 48 tab.
- Bock H. & Muller A. 1989. - Environnements sédimentaires et écologiques dans le Quart NE du Bassin parisien au Trias terminal et au Lias inférieur, Atti 3° Simposio di Ecologia e Paleontologia delle Comunità Bentoniche: 157-178, 8 fig., 2 tab.
- Gronemeier K.-U. 1976. - Das Grundwasser im Luxemburger Sandstein: Geologie, Wasserhaushalt und Umweltbelastung am Beispiel von

- drei Grosstestflächen, Doktorat der Naturwissenschaft, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, 195 p.
- Guérin-Franiatte S., Armand H. & Muller A. 1991. - La formation des Grès du Luxembourg, au Lias inférieur: reconstitution dynamique du paléoenvironnement. Bulletin de la Société Géologique de France 162 [4]: 763-773.
- Owenier F. 2001. - Beiträge zur Charakterisierung des südöstlichen Sedimentationsareals - Gandertal - der Sandsteine von Luxemburg (Unterer Lias) im Rahmen des Sedimentationsmodells von BERNERS (1985) unter Berücksichtigung der Erkenntnisse beim Ausbau der Autobahn Luxemburg-Saarland, Dissertation RWTH Aachen, 136 p., non publié.
- Struffert F.-J. 1994. - Hydrogeologische Detailuntersuchungen im Rahmen der «Solution de rechange» (Ersatzlösung) in Luxemburg : eine Synthese aus Methoden der Hydraulik, Isotopenhydrologie und Hydrochemie. Publications du Service Géologique du Luxembourg, Volume 28, 194 p.
- von Hoyer M. 1971. - Hydrogeologische und hydrochemische Untersuchungen im Luxemburger Sandstein, Publications du Service Géologique du Luxembourg, Volume 21, 61 p.
- Wies P. & Wertz P. 2004. - Les carrières de Grès d'Ernzen (Larochette). Guide d'excursion Geologica Belgica du 30.09.2004. 13 p., non publié.

Résumé de la présentation

Aperçu de la géologie des Grès de Luxembourg

Mots-clés: Lias; Grès de Luxembourg; Dépression Eifélienne; ridins sableux

Dans le Nord-Est du Bassin de Paris, des sédiments arénacés s'intercalent dans l'alternance de marnes et calcaires liasiques du « faciès lorrain ». Connus, suivant les régions, sous les noms de Grès de Florenville, d'Orval, de Virton, de Metzert ou de Hettange, cette formation « des Grès de Luxembourg » se répartit sur 4 pays: de la région de Bitburg (D) dans l'Est par la Gaume (B) jusqu'à la région de Sedan-Charleville (F) à l'Ouest et jusqu'à Thionville (F) au Sud.

Ce grand corps sableux a été déposé durant l'Hettangien et le Sinémurien sur une plate-forme marine peu profonde sous forme d'un ensemble de barres et de ridins sableux parallèles à la côte du continent hercynien (ardennais) par des courants marins en provenance du chenal de la Dépression Eifélienne. En allant du SE vers le NW l'âge de cette formation varie de l'Hettangien inférieur au Sinémurien. Son épaisseur atteint 100 mètres au centre du Luxembourg.

Partant d'une distribution bimodale du ciment carbonaté d'origine bioclastique, deux types principaux de roches peuvent être distingués : du grès jaune ocre avec moins de 20 % de CaCO_3 , alternant avec du calcaire gréseux blanchâtre présentant 50 à 80 % de CaCO_3 . La granulométrie est dominée par des sables fins à très fins, mais

des sables moyens et des silts existent également dans les faciès proximaux, respectivement distaux. Des galets de quartz très bien roulés, des grès lumachelliques et des récurrences de l'alternance marno-calcaire existent également.

Du point de vue structural, le Mésozoïque luxembourgeois se caractérise par un système en horsts et grabens, associés à des plis à grand rayon de courbure, d'orientations SW-NE. Ensemble avec le pendage général des couches vers le centre du bassin, ces structures expliquent la présence de la cuesta du Grès de Luxembourg sur une grande région géographique. Des zones de fractures, principalement de direction NE et NW, affectent la formation et favorisent localement une érosion plus importante.

Grâce à sa perméabilité double de pores et de fractures, le Grès de Luxembourg est le plus important aquifère du pays, fournissant $\frac{2}{3}$ de l'eau potable. La dissolution et la réprécipitation du ciment calcitique par les eaux souterraines sont les processus-clé de la création d'épaisses couches de produits d'altération et du façonnage des falaises de grès et sont, ensemble avec sa disposition structurale, à l'origine de paysages caractéristiques.

Le Grès de Luxembourg: intérêt scientifique et patrimonial de ses sites fossilifères

Alain FABER & Robert WEIS

Musée national d'histoire naturelle – Section Paléontologie
25, rue Münster L-2160 Luxembourg
afaber@mnhn.lu, rweis@mnhn.lu

Abstract

The Luxembourg Sandstone constitutes a particular facies within the marls and limestones of the Lower Lias. As a diachronic formation, the sandstone is of Hettangian age in the Grand Duchy, passing on into the Sinemurian at the Belgian border. Fossils are mostly concentrated in conglomeratic layers. Biostratigraphically, the index fossils are ammonites ranging from the

Planorbis- to the Angulata-Zone. The sequences can be followed in the quarry "Reckingerwald" near Brouch/Mersch, which has yielded a rich fossil fauna, and more particularly a well-preserved and diversified gastropod fauna. The geological trail in the Pétrusse-valley, in the heart of Luxembourg-City, presents the lithology and genesis of the sandstone.

Le Grès de Luxembourg: une formation géologique particulière

Le Grès de Luxembourg (Fig. 1) constitue un faciès régional atypique au sein des marnes et calcaires du Lias inférieur (faciès lorrain) qui l'encadrent tant stratigraphiquement par la Formation d'Elvange et la Formation de Strassen que géographiquement avec les Calcaires à gryphées de Lorraine. Cette formation gréseuse est diachronique: elle est d'âge hettangien au grand-duché de Luxembourg, mais les parties supérieures deviennent d'âge sinémurien vers la frontière belge. Les fossiles, plutôt rares sur la totalité de la puissance du grès, se retrouvent concentrés dans des niveaux lumachelliques. Ces niveaux coïncident souvent avec le faciès terminal des séquences gréseuses décrites par H. P. Berners (1983) et correspondent à un environnement de plus haute énergie. Pouvant atteindre 110m d'épaisseur, le grès se termine souvent par une surface taraudée avec incrustations d'huîtres et des perforations de mollusques lithophages.

Un patrimoine naturel de renommée mondiale

Au 19^{ème} siècle, la formation des grès de Luxembourg et d'Hettange a été le sujet de recherches de nombreux pionniers en paléontologie, tels Terquem et Chapuis & Dewalque. Sa richesse en



Fig. 1: Affleurement du Grès de Luxembourg dans la Vallée de la Pétrusse, Luxembourg-Ville. Photo: R. Weis.

fossiles incita en 1864 le géologue suisse Eugène Renevier à y établir la référence du premier étage du Jurassique, l'Hettangien, nommé d'après le village de Hettange-Grande en Lorraine.

La collection paléontologique du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg (MnhnL) donne un aperçu assez complet de cette faune et flore fossile (Fig. 2). Biostratigraphiquement les fossiles indexes du grès sont les ammonites des zones à *Planorbis*, *Liasicus* et *Angulata*. Les paléoenvironnements, décrits par le biais des traces ichnofossiles, correspondent au faciès à *Cruziana*. Les mollusques y sont abondants avec les gastéropodes,

les lamellibranches et les ammonites, ces dernières furent étudiées par P.L. Maubeuge, S. Guérin-Franiatte et G. Bloos. Les échinodermes, les coelentérés et les vertébrés (ichthyosaure) sont plus rares. La flore a été étudiée par A. Carpentier et par P. L. Maubeuge. Plus récemment, des recherches sur les vertébrés, bélemnites et ophiures ont été menées par Delsate (2005), Weis & Delsate (2005) et Thuy (2005).



Fig.2: Patrimoine paléontologique: exemples de fossiles du Grès de Luxembourg.

a. Ammonite, *Caloceras luxembourgense* Guérin-Franiatte & Muller. Hettangien, zone à *Planorbis*; Kopstal. Photo: Collection MnhnL GL110.

b. Ophiure, *Ophiocoma* sp. Hettangien; Côte d'Eich, Ville de Luxembourg. Photo: Collection MnhnL GL122.

c. Plante, *Dictyophyllum* cf. *muensteri* (Goeppert). Hettangien; Goeblange. Photo: Collection MnhnL GL105.

d. Corail ramifié, indéterminé. Hettangien, zone à *Angulata*; Brouch/Mersch. Photo: Collection MnhnL BR800.

La carrière de Brouch - un site paléontologique de premier ordre

Le site de la carrière «Reckingerwald» près de Brouch/Mersch permet de retracer les séquences lithologiques du grès et de les dater par des ammonites relevées à plusieurs niveaux (Fig. 3). Deux lumachelles, situées respectivement dans les zones à *Planorbis* et *Angulata*, y livrent une riche faune bien conservée d'invertébrés marins tels ammonites, gastéropodes, lamellibranches et coraux. La faune de gastéropodes, qui comprend plus de 30 espèces, est particulièrement intéressante (Fig. 4; 5). Après une première étude menée par Meier & Meiers (1988), elle fait actuellement l'objet d'une révision dans le cadre d'un projet de recherche entre le Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg et l'Université de Rome.

Des mesures de valorisation à développer

Le stratotype de l'Hettangien, la carrière Gries à Hettange/Grande, est déjà protégée par la loi française sur les réserves naturelles et géologiques. Le site est valorisé par des sentiers balisés, un centre de documentation et un programme pédagogique. Le site de la vallée de la Pétrusse à Luxembourg-Ville profite d'initiatives parallèles. Pour la Petite Suisse luxembourgeoise il n'existe pas encore de site protégé mais, vu l'intérêt de ce paysage gréseux, certains affleurements mériteraient une attention particulière.



Fig. 3: Vue de la partie supérieure (zone à *Angulata*) de la carrière «Reckingerwald», Brouch/Mersch. Photo: K. Meiers.



Fig. 4: Gastropode, *Pleurotomaria hettangiensis* Terquem. Hettangien, zone à *Angulata*; Brouch/Mersch. Photo: Collection MnhnL BR375.



Fig. 5: Gastropode, *Microschiza clathrata* (Deshayes). Hettangien, zone à *Angulata*; Brouch/Mersch. Photo: Collection MnhnL BR340.

Références

- Berners H.-P. 1983. - A lower liassic offshore bar environment, contribution to the sedimentology of the Luxembourg Sandstone. *Annales de la Société Géologique de Belgique* 106: 87-102, Liège.
- Delsate D. 2005. - Vertébrés de l'Hettangien inférieur du Grand-Duché et de la Province belge de Luxembourg, in Delsate D. (éd.) 2005, *Biostratigraphie et Paléontologie de l'Hettangien en Belgique et au Grand-Duché de Luxembourg*. Royal Institute of Natural Sciences, *Memoirs of the Geological survey of Belgium* 51: 59-93.
- Meier H. & Meiers K. 1988. - Die Gastropoden-fauna der "Angulata-Zone" des Steinbruchs "Reckingerwald" bei Brouch. *Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg* 13, 88pp.
- Weis R. & Delsate D. 2005. - Présence de bélemnites précoces dans l'Hettangien de Belgique, in Delsate D. (éd.) *Biostratigraphie et Paléontologie de l'Hettangien en Belgique et au Grand-Duché de Luxembourg*. Royal Institute of Natural Sciences, *Memoirs of the Geological survey of Belgium* 51: 27-31.
- Thuy B. 2005. - Les Ophiures de l'Hettangien inférieur de Vance (B), Béréldange/Bridel et Bourglinster (L), in Delsate D. (éd.) *Biostratigraphie et Paléontologie de l'Hettangien en Belgique et au Grand-Duché de Luxembourg*. Royal Institute of Natural Sciences, *Memoirs of the Geological survey of Belgium* 51: 33-57.

Abstract of the presentation

The Luxembourg Sandstone: scientific and patrimonial importance of its fossiliferous sites

The Luxembourg Sandstone constitutes a particular facies within the marls and limestones of the lower Lias (Lorraine facies): underlying we find the Formation d'Elvange and overlying the Formation de Strassen. To the south, the sandstone passes into the 'Calcaire à Gryphées' of Lorraine. As a diachronic formation, the Luxembourg sandstone is of Hettangian age in the Grand Duchy, and attains a Sinemurian age at the Belgian border. The fossils are rare on the whole thickness of the sandstone and are mostly concentrated in conglomeratic layers. These layers generally correspond to the final, higher-energy facies of the sandstone sequences described by Berners (1983).

Biostratigraphically, the index fossils are ammonites of the *Planorbis*- to *Angulata*-Zone. The fossil environments are indicated by ichnofossils (*Cruziana*-facies) and by paleo-surfaces showing incrustations of oysters and mollusk perforations.

The quarry "Reckingerwald" near Brouch allows to follow the lithological sequences of the sandstone and to correlate them to the biostratigraphic scale by the ammonites collected on several levels. The site is particularly interesting as almost the total thickness of the sandstone is outcropping. A "Lumachelle" within the *Angulata*-Zone, *Complanata*-Subzone, yielded an abundant and well-preserved fauna including ammonites, gastropods, bivalves and corals etc. which are currently reviewed. The stratotype of the Hettangian stage, the Gries quarry in Hettange/Grande, has been protected by the French law on the natural and geological reserves. The site is valorized by a geological and a nature trail, an exhibition centre and a pedagogic program. The site of the Pétrusse valley in Luxembourg-City benefits from similar initiatives. In the Petite Suisse luxembourgeoise (Müllerthal region) there are no protected site although certain outcrops would deserve an accurate attention.

Cretaceous-Tertiary weathering in sandstones of the Southwest Spessart/Germany

Jürgen JUNG

Research Station for Highlands, Research Institute Senckenberg
Lochmühle 2, D-63599 Biebergemünd/Bieber
juergen.jung@senckenberg.de

Keywords: Spessart; Germany; Triassic; Sandstone; Sandstone-Saprolite; Gray-loam; Tertiary; Pleistocene

The Spessart is classified as a sandstone-dominated highland region in the center of Germany, which is regional defined by the rivers Main, Sinn and Kinzig. The geology is dominated by sandstones of the lower triassic periode (Buntsandstein). Sandy sediments deposited after a fluvial transport in a wide bassin 250-245 Ma ago, which is known as "Germanisches Becken" (Mader 1985). Typical is the pink to reddish colour, which results from iron-oxids. They build up a thin patina on the silica based components. All in all the different layers of Buntsandstein have a thickness more than 500 m in the Spessart region (Geyer 2002). In the northern part of the investigation area mainly sandstones of the lower units are located. The Sand- and Siltstones of the middle and upper units are spread over the southern part in orographic lower positions, which are connected with a rift-structure (Schwarzmeier & Weinelt 1993). It results from palaeogen activities at the Oberrhein-graben-system (Upper Rheinian Rift) and contains the well known "Klingenger Tone" (Dobner *et al.* 1987). The high quality of the clays allows special applications, for example as additional components for leads in pencils. The rift-system close to the investigation area leads to a mosaic structure of Triassic sandstones in the underground and to an interesting geomorphological situation. A study already deals with aspects of geomorphology, geology and pedology of this area (Jung 1996). The investigation area covers the hills westerly of Kleinwallstadt a. Main, which belongs to the Southwest-Spessart (Fig. 1). The scientific interests have been concentrated on the younger Mesozoic and Neozoic periode, where mainly continental conditions exists in that area. The history of landscape, which is connected with weathering and erosion of sedimentary rocks, especially the Buntsandstein, starts at this point.

The Cretaceous and Tertiary is characterized by a para-tropic climate (Schwarzbach 1993). Especially the sequences of climatic optima are dominated by higher temperatures and a

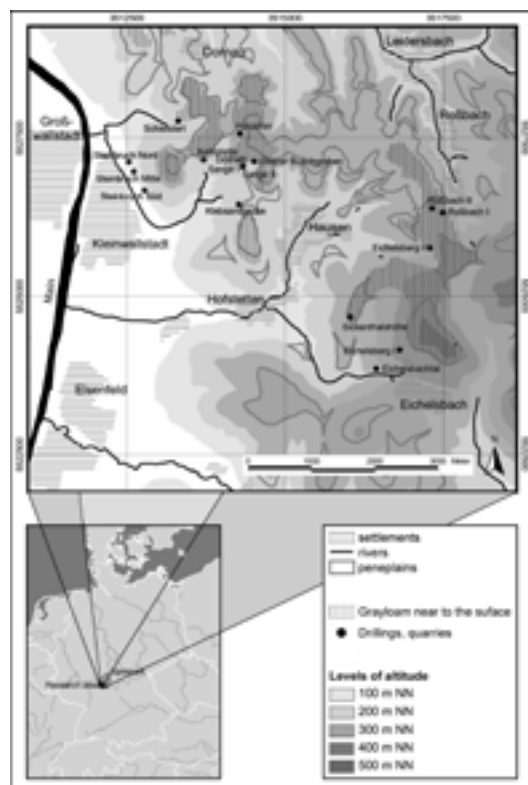


Fig. 1: Research area in the Southwest-Spessart and extension of Grayloam near to the surface. Modified from Jung (1996).

extreme wet environment. The climatic palaeoenvironment leads to weathering activities, which are dominated by chemical processes. In the underground of the Cretaceous and Tertiary flat surface is a deeply grounded weathering mantle



Fig. 2: Gray Loam modified by recent soil processes in the profile "Harzofen", Plattenberg/Kleinwallstadt a. Main, Southwest-Spessart. Photo: J. Jung.

developed. Relicts can be found in the highland region in autochthonous positions or as transported material. In iron-rich, reddish sandstones, like in the investigation area, chemical weathering processes reduce iron-oxides and create a pallid zone of a deep grounded weathering mantle. The result is so called Sandstone-Saprolite, according to Felix-Henningsen (1990).

In exposed highland regions like the Spessart, documents from Tertiary periode are rare. Still existing Tertiary documents are located in the Southwest-Spessart. Sandstone-Saprolites as relicts of the Tertiary weathering mantle are spread over this area. They build up the underground of hills next to Kleinwallstadt a. Main in a level of 250-300 m above the sea. Furthermore Saprolites are found north of Eichelsbach at 400 m above sea-level. There are no big quarries in that terrain, so it is necessary to analyse findings of Sandstones on the recent surface. Relicts of peneplains represents morphological documents of the Tertiary landscape and corresponds with the Saprolites below. Saprolites in the underground can be identified by white-coloured Soils on the

recent surface. This soils results from a solifluidal dynamic concerning the pallid zone of Sandstone-Saprolites. The material can be defined as Gray Loam (Felix-Henningsen 1990). Very typical are hydromorphic processes, which can be recognised on spots of orange-coloured iron-oxides. The Profile Harzofen represents an hydromorphic soil type, which is developed in a Gray Loam-substrate on the Plattenberg-plateau (Jung 1996). The layer structure, with different contents of clay-granularity, affects hydromorphic processes in the soils. A clay-rich horizon in the lower profile (Ha6, Fig. 3) depends a slack flow and a reduction of iron-components. Aerobic processes during dry-seasons leads to an oxidative environment and a blotched concentration on iron-oxides. The layer structure promoted the origin of hydromorphic soil types especially on plateaus. With two different overlapping sections shown, it could be assured that the soil development is found in the composition of periglacial slope deposits, which are divided according to Semmel (1964) into the basal layer (Gray loam) and upper layer as a deposit of the Younger Tundra Age.

The different layers of the Profile "Harzofen" can be characterized by grain-sizes, pH-value, carbonates (nearly free) and organic components. Aeolian particles in the upper horizon (Ha2, Fig. 3) can be realised as a dislocation of loess in the early Holocene. The clay-substrate in horizon Ha6 results from a vertical differentiation in a parent clay-rich Gray Loam. With methods of x-ray-diffraction the clay minerals could be identified as mainly caolinites. These are a solid indicator for a tropic-like climate of the Tertiary. A few smectites in the spectrum of clay minerals shows the influence of the ice-age periode. Sandstone fragments, which are completely bleached are involved especially in the lower layers. It helps, to identify the Gray Loam, which is displayed in the profile "Harzofen" as a solifluction layer of the younger Pleistocene periode.

The morphodynamic processes especially in depressions and in lower orographic positions are much more complex as it was shown in the profile "Harzofen". In connection with loess deposits grain-size and colour helps to recognise different layers and to reconstruct morphodynamic processes in that area. The "Buschgraben"-profile (Fig. 4) displays very impressive a succession of Saprolite, fluvial deposits, Gray loam and loessial loam. The sediments were mined by a series of some drillings. The raw material is represented by the Sandstone-Saprolite in the underground. Erosion processes and fluvial activities mainly in the Pliocene-periode are demonstrated by clay horizons as slack water-deposits. The Pleistocene part contents solifluidal products from the Sandstone-Saprolite an fluvial sediments. They changes with loess deposits as raw material for further solifluction processes. All layers were cutting by a Gray Loam, which results from a

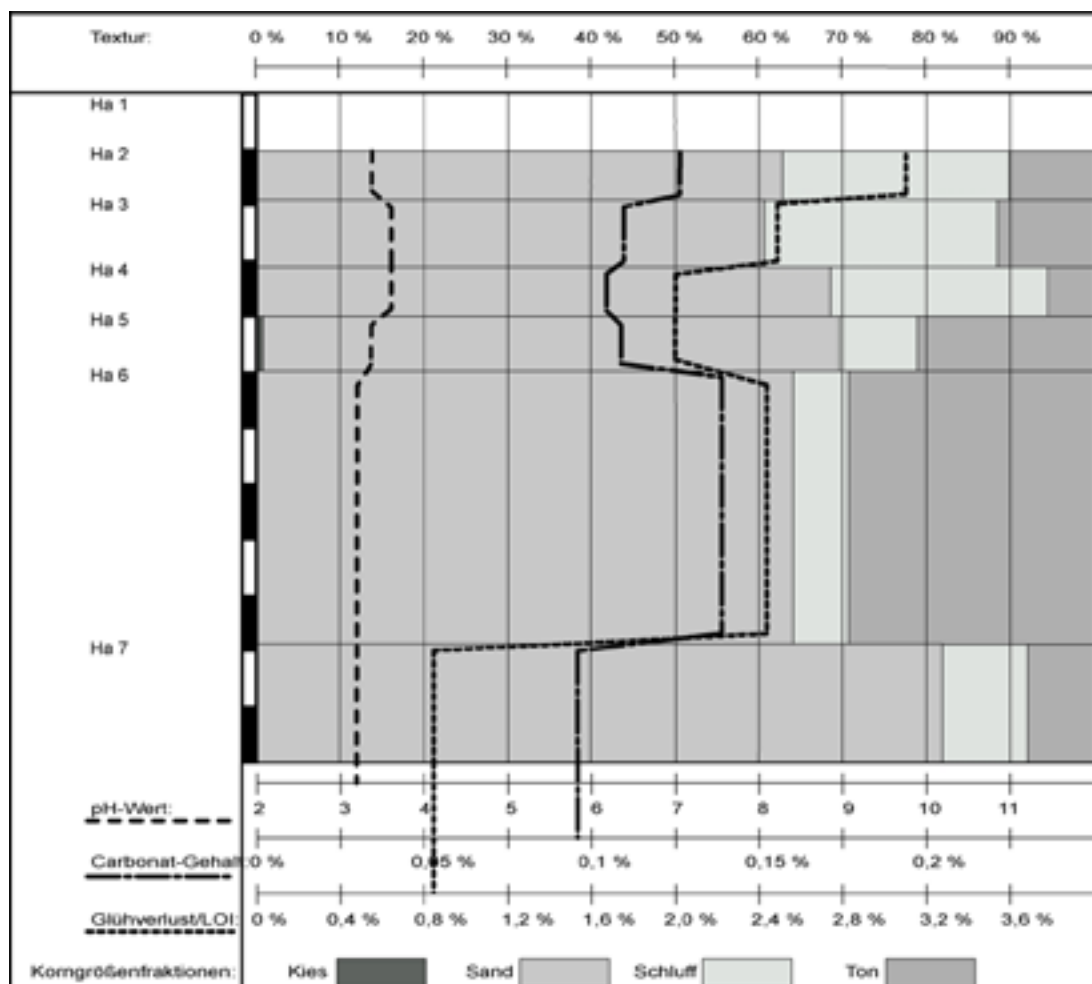


Fig. 3: Texture and chemical parameters of the Gray Loam in the profile "Harzofen", Plattenberg/Kleinwallstadt a. Main, Southwest-Spessart. Modified from Jung (1996).

Sandstone-Saprolite on a higher position and which was modified by hydromorphic processes.

The introduced profiles displays Sandstone-Saprolites as a typical weathering product of the cretaceous and Tertiary periode in a Sandstone dominated landscape (Jung in prep.). The palaeoenvironment was characterized by a paratropic climate which changes at the end of Tertiary to the ice age periode in the Pleistocene. The Gray Loam, which still exists in the Southwest-Spessart, represents the solifluidal modified Sandstone-Saprolit. It stands for solifluction and cryoturbation processes during the hole Pleistocene Sandstone-Saprolites and Gray Loam advance to an important indicator for the landscaping in sandstone-regions like the Spessart (Boldt *et al.* 2001).

References

- Boldt K.-W., Busche D. & Jung J. 2001. - Verwitterung und Sedimente als Indikatoren der tertiären Landschaftsgeschichte - vergleichende Studien im Spessart und im nordöstlichen Mainfranken. Trierer Geogr. Arb., Heft 25, AK Geomorphologie 2000 in Trier, Beitr. der 26. Jahrestagung: 91-114., Trier.
- Dobner A. *et al.* 1987. - Der Bergbau in Bayern. Geol. Bavarica, 91, 216 S., München.
- Felix-Henningsen P. 1990. - Die mesozoisch-tertiäre Verwitterungsdecke (MTV) im Rheinischen Schiefergebirge. Relief, Boden, Paläoklima 6, 192 S., Berlin, Stuttgart.

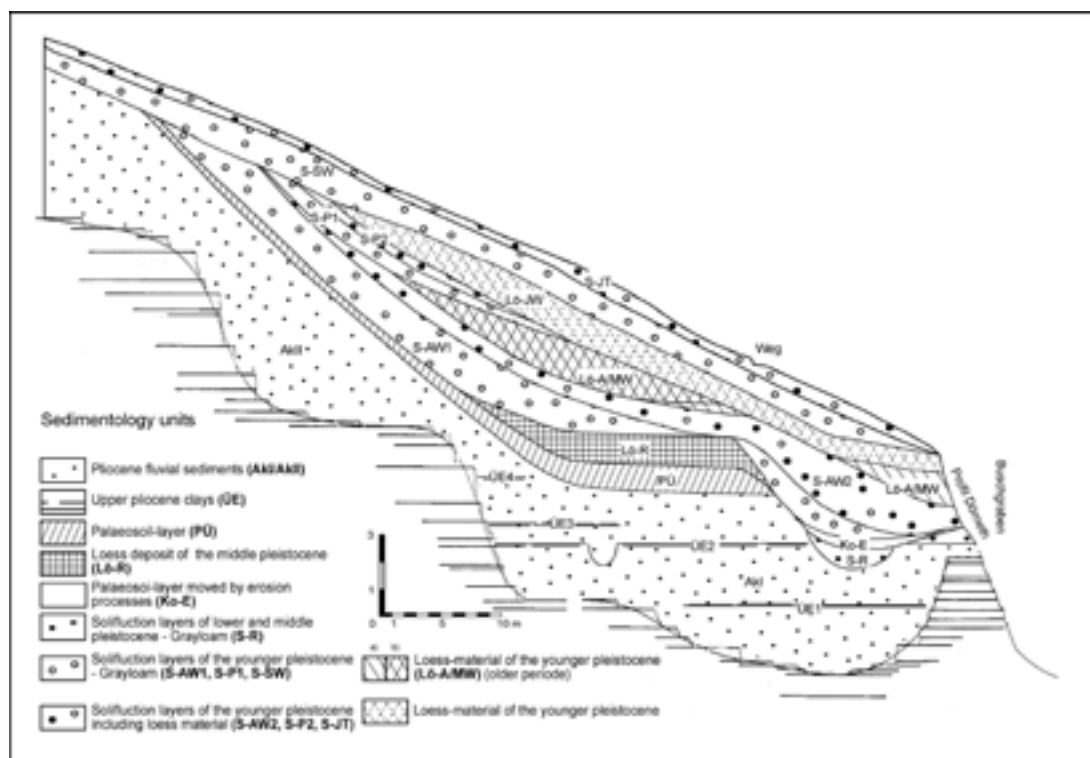


Fig. 4: Sedimentology of Grayloam and Loess close to the Buschgraben/Kleinwallstadt a. Main, Southwest-Spessart. Modified from Jung (1996).

Geyer G. 2002. - Geologie von Unterfranken und angrenzenden Regionen. Busche, D. [Hrsg.], Fränkische Landschaft - Arbeiten zur Geographie von Franken. 2, 588 S., Gotha.

Jung J. 1996. - Die quartäre Aufbereitung der kretazo-tertiären Verwitterungsdecke im süd-westlichen Buntsandstein-Spessart – dargestellt anhand einiger Hangprofile bei Kleinwallstadt am Main. - Unveröff. Dipl.-Arb., Geogr. Inst. Univ. Würzburg, 129 S., Würzburg.

Jung J. (in prep.). - Reliefgeschichte des Spessarts und angrenzender Mittelgebirgsregionen mit Beispielen einer GIS-gestützten Reliefanalyse. Diss. In prep. Univ. Würzburg.

Mader D. 1985. - Entstehung des germanischen Buntsandsteins. Carolinea 43: 5-60, Karlsruhe.

Schwarzbach M. 1993. - Das Klima der Vorzeit. Eine Einführung in die Paläoklimatologie. 380 S., Stuttgart.

Schwarzmeier J. & Weinelt W. 1993. - Geologische Karte 1:100 000 Naturpark Spessart. – Bayer. Geol. L.-Amt München [Hrsg.], München.

Semmel A. 1964. - Junge Schuttdecken in hessischen Mittelgebirgen. – Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch. 92: 275-285, Wiesbaden.

Résumé de la présentation

Désagrégation crétacé-tertiaire de grès du sud-ouest du massif du Spessart, Allemagne

Le Spessart est classifié comme une région montagneuse de grès au centre de l'Allemagne, qui est délimitée par les fleuves Main, Sinn et Kinzig. Une structure de rift au sud-ouest du Spessart est liée aux activités de l'Ober-rheingraben (fossé du Haut Rhin) durant le Paléogène. Ceci mène à une structure en mosaïque des grès triasiques dans le sous-sol et à une situation géomorphologique intéressante. Une autre étude traite déjà des aspects géomorphologiques, géologiques et pédologiques de ce secteur (Jung 1996).

Le terrain étudié couvre les collines à l'ouest de Kleinwallstadt à côté du fleuve Main. Y existe un manteau d'altération profonde autochtone («saprolite», Felix-Henningsen 1990) dans le sous-sol, qui correspond aux optimums climatiques du Crétacé et du Tertiaire. Les recherches ne se sont pas concentrées sur le manteau d'altération mais plutôt sur ses produits d'érosion. Ceux-ci ont été déposés dans l'arrière-pays (hinterland), par exemple après un transport sur une courte distance en tant que sédiments fluviaux. Une série de quelques forages ont extrait ces sédiments. Une recherche stratigraphique a été systématiquement effectuée avant d'employer des méthodes d'analyse de laboratoire, particulièrement ceux d'identification des argiles par

diffraction aux rayons X. Le spectre des minéraux argileux est dominé par des Kaolinites. Ceux-ci constituent un solide indicateur d'un climat du type tropicale et des processus d'altération correspondants. En outre les processus morphodynamiques fluviaux ont été mis en relation avec la genèse de la vallée du Main, qui commence vers la fin du Tertiaire, à plus de 120 m au-dessus de la position orographique récente, sur une partie de la pénéplaine tertiaire.

Un autre but de cette étude est de démontrer quelques processus morphodynamiques pendant le Pléistocène avec ses périodes chaudes et froides. Cryoturbation et solifluxion ont conduit à une remobilisation du saprolite de grès et des sédiments fluviaux comme «terre glaise grise» (Graulehm). Le profil du «Buschgraben» montre une succession de terre glaise grise et de loess, qui résultent de dépôts de loess au Pléistocène récent. Comme les deux sections présentées se recouvrent, on peut être sûr que le développement du sol se trouve dans la composition des dépôts de pente périglaciaires, qui sont divisés en couche basale (terre glaise grise) et en couche supérieure comme un dépôt d'âge Dryas plus récent (Jung 1996). Ceci a favorisé l'origine des types de sol hydromorphes, particulièrement sur des plateaux.

Some significant geomorphic features of the Klokočí Cuesta, Czech Republic

Jan MERTLÍK

Tisovka 2, CZ-511 01 Turnov
j.m.had@wo.cz

Jiří ADAMOVIČ

Institute of Geology, Academy of Sciences of the Czech Republic
Rozvojová 135, CZ-165 02 Praha 6
adamovic@gli.cas.cz

Keywords: Sandstone landforms; Klokočí Cuesta; Deformation bands; Karren; Caves; Siliceous cement

Introduction

Sandstones of the Klokočí Cuesta in NE Bohemia are some of the geomorphologically most diverse rocks in Europe. This is generally caused by their proximity to the Lusatian Fault, one of the prominent tectonic structures of the Elbe Fault System (Scheck *et al.* 2002), traversing much of the present northern and central Europe. The processes immediately contributing to the relief complexity include tectonic tilting, faulting and jointing, shear deformations with grain cataclasis, silica mobilization and precipitation, and ferruginization. Mesoforms and microforms traditionally formed due to grain-size variations and differential cementation coupled with atmospheric influence (Rubín & Balatka 1986; Young & Young 1992) show their specific character in the studied area and bear clear imprints of tectonic influence. In the last few years, landforms of all sizes on the Klokočí Cuesta have been thoroughly documented.

Geological setting

The overall geometry of the Klokočí Cuesta is controlled by the gentle tectonic tilting of blocks within the Bohemian Cretaceous Basin near its northern tectonic margin, represented by the Lusatian Fault (1–4 km to the NE), see Fig. 1. The cuesta surface can be divided into two sandstone areas: Klokočské skály Cliffs (southern and central part) and Betlémské skály Cliffs (northern part). The sandstones are ranked within the Teplice Formation of Upper Turonian to Coniacian age.



Fig. 1: A relief contour map (interval 5 m) of the northern edge of the Bohemian Cretaceous Basin near Turnov, NE Bohemia. The Klokočí Cuesta formed by the Teplice Formation sandstones lies in the centre.

The package of medium-grained quartzose sandstones is ca. 140 m thick. Most of the package is represented by a body of a shallow marine delta prograding into the basin with >80 m water column. The topmost ca. 20 m are arranged into upwards-coarsening cycles due to periodical changes in relative sea level. Bedding planes of delta foresets now dip towards the SSW at an angle of 12–15°, and their original dip angle can be calculated by subtracting 5° of tectonic dip (towards SW) of the whole sandstone block. Sets of cross-bedding up to several metres thick document the migration of subaquatic dunes towards N and S.

The Lusatian Fault is a major reverse fault with vertical displacement magnitude of ~1000 m.

Tectonic movements on this fault zone controlled not only the depositional setting but also subsequent tectonic deformations. It is a representative of NW-striking set of thrust faults stretching across the whole northern–central Europe. Peak displacements connected with thrusting of NE (N) blocks over SW (S) blocks and block rotations about horizontal axes can be dated to the Subhercynian phase (ca. 87–72 Ma) and Laramide phase (ca. 63–55 Ma) in the Late Cretaceous and Paleogene, with vertical displacement magnitudes generally exceeding 1000 m (Coubal 1990). Post-Paleogene deformations are evidenced by normal faulting, which can be paralleled to that in the Ohře Rift, and later oblique dextral reverse faulting under N–S compression (Oligocene–Miocene). Post-Miocene movements on the Lusatian Fault are suggested by young effusions of basaltic rocks (6.6–3.9 Ma) on the northern rim of the Klokočí Cuesta pertaining to the Kozákov volcano, by the drainage pattern development and prominent fault-scarps, by the concentration of seismic microevents and by faulted Quaternary sediments.

Faults, joints and deformation bands

Minor faults strike almost parallel to the main Lusatian Fault structure (NW–SE) and show pressure solution of quartz grains and newly formed silica cement. Ferruginous impregnations in sandstone have the form of tubes and joint fillings elongated parallel to the cuesta edge.

Very common are series of deformation bands, produced by shearing. Deformation bands (or, shear bands) are tabular zones 1–10 cm broad, occasionally branching or braided, in which stress is released by mere grain rearrangement and crushing (Main *et al.* 2001). No discontinuity corresponding to a plane of displacement develops, and the displacement magnitude is mostly less than several grain diameters. Porosity in the shear bands is reduced, and positive relief (ribs) or negative relief (grooves) develop depending on the amount of quartz cement present. Subvertical deformation bands striking NW–SE to NNW–SSE, parallel to the Lusatian Fault zone, are the most common, occasionally intersecting with denser, moderately dipping series of deformation bands striking WSW–ENE. Bands of the latter orientation may thin out after a few metres in the whole series, forming a kind of a “fringe”, and reappear some distance away with the same orientation. At the “Pod Pětichlappkou” locality (Fig. 2), about 30 bands are present on several square metres of rock surface (their spacings are several centimetres to tens of centimetres).



Fig. 2: Two intersecting series of deformation bands at Pod Pětichlappkou locality, Klokočské skály Cliffs. Steeper bands strike NW–SE, moderately inclined bands strike ENE–WSW. View towards ENE. Photo: J. Adamovič.

Mesorelief and microrelief controlled by faults, joints and deformation bands

Silicified fault planes give rise to ribs reaching out from rock walls; this also applies to isolated examples of deformation bands. Jointing parallel to the cuesta edge is responsible for the formation of narrow and deep passages, occasionally bridged by fallen blocks, and for the alignment of sinkholes on the cuesta surface (Vítek 1987). Joints lined with iron oxyhydroxides show a very specific microrelief (Adamovič 2002).



Fig. 3: Cylindrical fault planes on a rock wall near Rožnov, axes of the planes dip 4° WNW. Surfaces inside the caves above this wall bear fine, dense striae (tectonic mirrors). Photo: J. Adamovič.



Fig. 4: A rock wall in the Rozumov quarry with morphologically accentuated coarse tectonic striae, forming oblique karren. Deformation bands are present but form no prominent relief. Photo: J. Mertlík.

Rarely, cylindrical fault planes with subhorizontal axes orientated WNW–ESE, over 1 m in diameter and 10 m in length, were encountered on rock walls (Fig. 3). Kinematic indicators on these planes suggest a strike-slip tectonic movement. Oblique dip-slip movement on some fault planes is documented by coarse striae accentuated by erosion to produce oblique karren on rock walls (Fig. 4).

Besides perfectly developed pitted surfaces on vertical walls, many phenomena reflect the specific tectonic deformations of the Klokočí Cuesta sandstones. Deformation bands mostly show negative relief on horizontal as well as vertical surfaces, giving rise to rillenkarren and wandkarren usually several centimetres deep but occasionally >20 cm deep on vertical walls (Fig. 5). On inclined surfaces beneath rock-shelters, they show additional influence of dripping water. Bottoms of the grooves are flat, and the final shape resembles a miniature of a deeply incised farm-track path. At other sites, often only tens of centimetres apart, the deformation bands are impreg-



Fig. 5: A series of deformation bands forming deeply incised wandkarren near the Koník Cliff, Betlémské skály Cliffs. A view towards SSE. Photo: J. Adamovič.

nated with secondary quartz cement and form prominent ribs.

Pit karren several centimetres broad and ca. 10 cm long were discovered in the proximity of the deformation bands, over 10 cm deep. Long axes of the karren run oblique to the strike of the deformation bands, and are probably controlled by incipient Riedel shears to the deformation band planes (Fig. 6).

Spherical cavities

Some of the typical landforms in the Klokočské skály Cliffs are spherical or ellipsoidal cavities. Their sizes range from several centimetres to first metres in diameter. They are often filled with weakly lithified sandstone to loose sand (Fig. 7). They probably represent solutional cavities after siliceous concretions. These cavities are locally interconnected and give rise to large caves.



Fig. 6: Pit karren on a horizontal surface, Betlémské skály Cliffs. Long axes of the karren run oblique to the course of the deformation bands (strike NNW-SSE) in their proximity, which suggests that their origin is controlled by incipient Riedel shears to the deformation bands. Photo: J. Mertlík.



Fig. 7: Spherical cavities of various sizes are sometimes filled with less resistant sandstone. Betlémské skály Cliffs, Koník Cliff area. Photo: J. Mertlík.

Caves

About 300 caves are developed in the Klokočí Cuesta, in an area of only ca. 3 km². These include fissure caves, crevasse caves and talus caves. The most prominent are strata-bound rock-shelters and caves, some of which are tens of metres long. Strata-bound caves commonly occur in groups but do not follow a specific bedding plane (cf. Fig. 8). Instead, cave entrances cluster into certain altitude levels. As indicated by the presence of tectonic mirrors (slickensides) in these caves and other kinematic indicators, their formation is rather controlled by rock deformation along subhorizontal fault planes, and not by weathering of less resistant strata.

The research was conducted within Project A3013302 of the Grant Agency of the Academy of Sciences of the Czech Republic.



Fig. 8: Cave entrances in the Rozumov area cluster to the same altitude some 15 m below the cuesta top surface. Polished fault planes in cave interiors suggest that their origin is controlled by rock deformation during movements on subhorizontal fault planes. Photo: J. Adamovič.

References

- Adamovič J. 2002. - Shrnutí nových poznatků: co nám říkají o genezi železiveců v české křídě, in Katalog vybraných významných geologických lokalit pískovcových oblastí. Železivce české křídové pánve. Knihovna ČSS 38: 146-151. Praha.
- Coubal M. 1990. - Compression along faults: example from Bohemian Cretaceous Basin. Mineralia Slovaca 22: 139-144.

- Main I., Mair K., Kwon O., Elphick S. & Ngwenya B. 2001. - Experimental constraints on the mechanical and hydraulic properties of deformation bands in porous sandstone: a review, in Holdsworth R. E. *et al.* (eds), *The nature and tectonic significance of fault zone weakening*. Geol. Soc. London Spec. Publ. 186: 43-63. London.
- Rubín J. & Balatka B. (eds) 1986. - *Atlas skalních, zemních a půdních tvarů*. Academia, Praha, 388 p.
- Scheck M., Bayer U., Otto V., Lamarche J., Banka D. & Pharaoh T. 2002. - The Elbe Fault System in North Central Europe – a basement controlled zone of crustal weakness. *Tectonophysics* 360: 281-299.
- Vítek J. 1987. - Pseudokrasové tvary v pískovcích Klokočských skal. *Československý Kras* 38: 71-85.
- Young R. & Young A. 1992. - *Sandstone Landforms*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 163 p.

Résumé de la présentation

Quelques aspects géomorphiques significatifs de la Cuesta de Klokočí, République Tchèque

Les falaises de Klokočské skály sont situées dans le bassin crétacé de Bohème et représentent une cuesta découpée selon un pendage SSO. Elles sont constituées par des grès quartzueux de granulométrie moyenne d'âge Turonien supérieur à Coniacien. La proximité de la faille Lusacienne (1-4 kilomètres au NE), une faille inverse majeure avec un rejet vertical de l'ordre de 1000 m, contrôle non seulement les conditions de dépôt mais également les déformations tectoniques associées.

La Cuesta de Klokočí montre un certain nombre de formes de relief conditionnées par des structures tectoniques spécifiques. Les joints (diaclasses) parallèles au bord de cuesta sont responsables des passages étroits et profonds et de l'alignement des effondrements. Un autre fait très commun est une série des bandes de déformation, de 1 à 10 centimètre de large, à pendage raide, produite par le cisaillement. Elles forment généralement un système orthogonal oblique à la direction de la faille Lusacienne. Elles montrent la plupart du temps un relief négatif bien que quelques zones avec un ciment secondaire de quartz forment des éperons en relief. Tout récemment, des trous de plusieurs centimètres de larges et de 10 centimètres

de long ont été découverts à proximité. La profondeur des trous karren est de 10 centimètres. Les axes allongés des trous karren sont obliques à la direction des bandes de déformation, et sont probablement commandées par les cisaillements naissants de Riedel aux plans de bande de déformation.

Certaines des formes de relief typiques dans les falaises de Klokočské skály sont les cavités sphériques ou elliptiques. Leur taille s'étend de plusieurs centimètres au mètre. Elles sont souvent remplies de grès faiblement lithifié ou de sable libre. Ces cavités sont localement reliées entre elles et peuvent donner de plus grandes cavités.

La Cuesta Klokočí est spécifique par sa large distribution de cavités inter-stratifiées, dont certaines atteignent une dizaine de mètres de longs. Les entrées des cavités sont groupées de manière typique à certains niveaux d'altitude. Comme marquées par la présence des miroirs de faille (slickensides) dans ces cavernes, elles se sont développées majoritairement sur les plans de faille horizontaux, et pas sous l'effet de l'altération préférentielle des couches moins résistantes.

New investigations on the salt weathering of Cretaceous sandstones, Czech Republic

Jana SCHWEIGSTILLOVÁ

Institute of Rock Structure and Mechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic
V Holešovičkách 41, CZ-182 09 Prague 8
finy@seznam.cz

Veronika ŠÍMOVÁ & David HRADIL

Institute of Inorganic Chemistry, Academy of Sciences of the Czech Republic
CZ-250 68 Řež
hradil@iic.cas.cz

Keywords: Aluminium; rainwater; sandstone; salt crust

Introduction

The results discussed previously show that the presence of calcium-rich salts in crusts from sandstone of Bohemian Cretaceous Basin does not necessarily indicate the reaction of water with calcite or lime; extra inputs of K^+ and NH_4^+ are not critically needful to form e.g. syngenite, boussingaultite or alums, found also in weathering crusts. The only element, concentration of that is principally insufficient in the pure rainwater, is aluminium (Soukupová *et al.* 2002).

Because the matrix of North Bohemian sandstones is fairly kaolinitic, we discuss clay minerals as a probable source of aluminium. Within this work, we focus on the distribution of elements in the salt crust to demonstrate the reaction of the penetrating solution with the low pH values in the sandstone matrix, especially with clay minerals (kaolinite).

Crust stratigraphy and morphology

Selected samples of salt crusts were cast in a polyester resin and polished cross-sections were created. They were observed in a normal optical microscope and in a scanning electron microscope (SEM) with Energy Dispersive X-Ray Microanalysis (EDX).

SEM/EDX analyses confirmed the presence of gypsum and alums in the salt crusts. They showed

that gypsum crystals appears homogenously in free pores as both efflorescence and subflorescence but alums crystallize only locally in pores as subflorescence (Fig. 1). It could indicate the local reaction of acid-sulphate solutions with Al-rich phases in the sandstone. Similarly to previous XRD results some amounts of Mg-sulphate (e.g. boussingaultite) were observed. Contrarily to XRD analyses, SEM/EDX analyses indicated the high content of P-rich phases in some cases together with aluminium abundance. Amorphous clay mineral P-alophane is also expected by Čílek *et al.* (1998), aluminium phosphates of the crandallite group are described from North Bohemian sandstones of the Cenom-



Fig. 1: Crystals of *potassium alum* $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ in the pore space of the sandstone from Bohemian Switzerland, cross-section, normal visible light. Photo: J. Schweigstillová.

anian age (e.g. Hradil & Hostomský 1999). Because of their reactivity, amorphous or poorly crystalline Al-rich phases could be locally very important source of aluminium to form alums, instead of clay minerals.

Several distinct layers in the sample of opaline crust from Bohemian Paradise are visible in normal and UV light in the figures 2a and 2b, respectively. Each layer is finished by a thin cover of atmospheric impurities (dust). "Young" solutions migrate from the pores of the stone through the "old" compact layers causing their ruptures. More difficult migration caused by the previous impregnation of stone leads to the effect of different thickness of layers – "younger" (upper) layers are thinner. The places of infiltration and evaporation are different. The migration of solutions through the sandstone before their evaporation is evident.

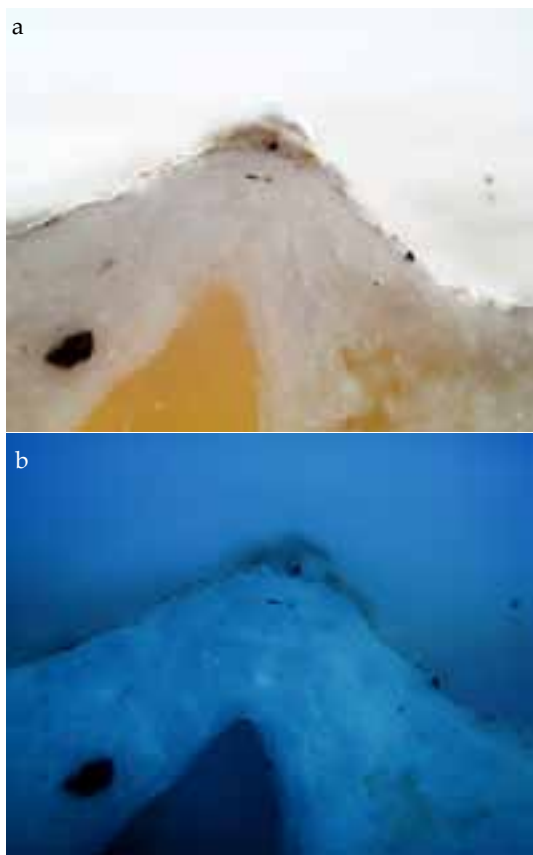


Fig. 2: Opaline ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) crust from on the sandstone from Bohemian Paradise with many layers covered by atmospheric dust. **a.** Under normal visible light (magnification 250 $\times$). **b.** Under UV light (magnification 250 $\times$). Photo: J. Hradilová.

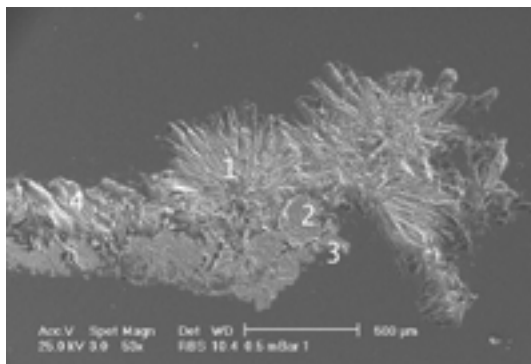


Fig. 3: Sulphate crust on the sandstone from Bohemian Paradise with two different sulphate layers, cross-section, SEM image, back-scattered electrons. **1,4.** Syngenite $\text{K}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. **2,3.** Gypsum $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Photo: V. Šimová.

Layered profile of the salt crust on the sandstone is clearly visible in figure 3 where the layer of gypsum (Fig. 3: 2, 3) is overlapped by younger layer of syngenite (Fig. 3: 1, 4).

Conclusions

Scanning electron microscopy with EDX helped to answer the question of aluminium origin. The reaction of penetrating low pH acid-sulphate solutions with Al-phosphates or even clay minerals in the sandstone matrix is leading to a local formation of alums seems to be evident from the elemental composition in the salt cross-section. It confirms our previous assumption that aluminium derives from local source, based on theoretical reaction model (Schweigstillová and Hradil, in press). The stratigraphy of neo-formed layers of salt crusts clearly indicates the penetration of "younger" solutions through the older generation of salts.

Acknowledgments

This work was supported by the research plan of the Institute of Rocks Structures and Mechanics AS CR (A VOZ3046908). Janka Hradilová from the Academy of Fine Arts in Prague is acknowledged for her help with photos.

References

- Hradil D. & Hostomský J. 1999. - Dissolution kinetics of natural kaolinites at low pH sulfuric acid solutions – an example from Stráž pod Ralskem mineral deposit. *Acta Universitatis Carolinae, Geologica* 43: 537–543.
- Soukupová J., Hradil D. & Přikryl R. 2002. - Chemical weathering of clay – rich sandstone matrix: controls and case studies, in Přikryl R. & Viles H. A. (eds.), *Understanding and Managing Stone Decay. Proceeding of the International Conference Stone Weathering and Atmospheric Pollution Network (SWAPNET 2001)*, pp. 263–271. Karolinum Press.
- Schweigstillová J., Hradil D. (in press). - Salt formation on the Cretaceous sandstones in the North and Northwest Bohemia.

Résumé de la présentation

Nouvelles études sur la désagrégation de sel du Crétacé de Bohême, République Tchèque

Les résultats établis précédemment montrent que la présence de sels riches en calcium en croûtes dans le grès du bassin crétacé de Bohême n'indique pas nécessairement la réaction de l'eau avec la calcite ou la chaux. Des additions supplémentaires de K⁺ et de NH₄⁺ ne sont pas strictement nécessaires pour former par exemple la syngenite, la boussingaultite ou les aluns - l'eau de pluie est suffisante. Le seul élément, dont la concentration est en principe insuffisante pour former des aluns très abondants, est l'aluminium. Nous avons évoqué des minéraux des argiles dans la matrice du grès comme source locale potentiel de cet élément.

Un exemple, nous nous sommes concentrés sur la distribution des éléments dans la croûte de sel pour démontrer la réaction de la solution pénétrante dans la matrice du grès à valeur de pH plus basique, particulièrement avec de la kaolinite. Des échantillons choisis de croûtes de sel ont été moulés dans une résine de polyester et des sections polies transversales ont été créées. On les a observés au microscope optique et au microscope d'élec-

trons à balayage (SEM) avec microanalyse au rayon X (EDX).

L'analyse EDX a confirmé la présence de gypse et d'aluns dans les croûtes de sel, mais également a indiqué une teneur élevée de phosphore dans certains cas ainsi que l'abondance d'aluminium. Des phosphates d'aluminium n'ont jamais été identifiés auparavant par diffraction de rayon X sur poudre. Basé sur la distribution des éléments dans les pores observé par l'intermédiaire de SEM/EDX, une substitution directe de minéraux argileux par des aluns semble possible. Ceci confirme des hypothèses postulées antérieurement par des modèles théoriques de cette réaction. Le gypse cristallise à la surface ou dans les pores vides. Plusieurs couches distinctes ont été trouvées sur l'échantillon de la croûte d'opale, chacune d'elles se termine par un film mince d'impuretés atmosphériques (poussières). La stratigraphie des couches d'opale néoformées indique clairement une pénétration d'une solution «plus jeune» à travers les sels de génération antérieur.

Pseudokarst caves as an evidence of sandstone forms evolution - a case study of Niekłań, the Świętokrzyskie Mts., central Poland

Jan URBAN

Institute of Nature Conservation, Polish Academy of Sciences
al. A. Mickiewicza 33, PL-31-120 Kraków
urban@iop.krakow.pl

Introduction

Non-karst caves develop due to various processes in different rocks and in almost every region. Some of them reflect the processes responsible for their development and thus they are suitable for geological and geomorphologic studies. In mountains of the Central Europe especially caves of crevice and talus types (according to classification of Vitek 1983) have been used for analyses of the gravitational evolution of mountain slopes. But strict determination of factors controlling development of fissure type caves (genetically connected with erosion and weathering) is usually not so easy. The presented paper is aimed

at description and genetic interpretation of two fissure type caves occurring in the sandstone crags and tors situated in the region belonging to the Central European uplands. This interpretation gives arguments for analyse of an evolution of the sandstone forms.

Geomorphological settings

The group of crags and tors near Niekłań village (called "Piekło pod Niekłaniem") is situated in the marginal zone of the Świętokrzyskie (Holy Cross) Mts, which represent upland (300-400 m a.s.l.)

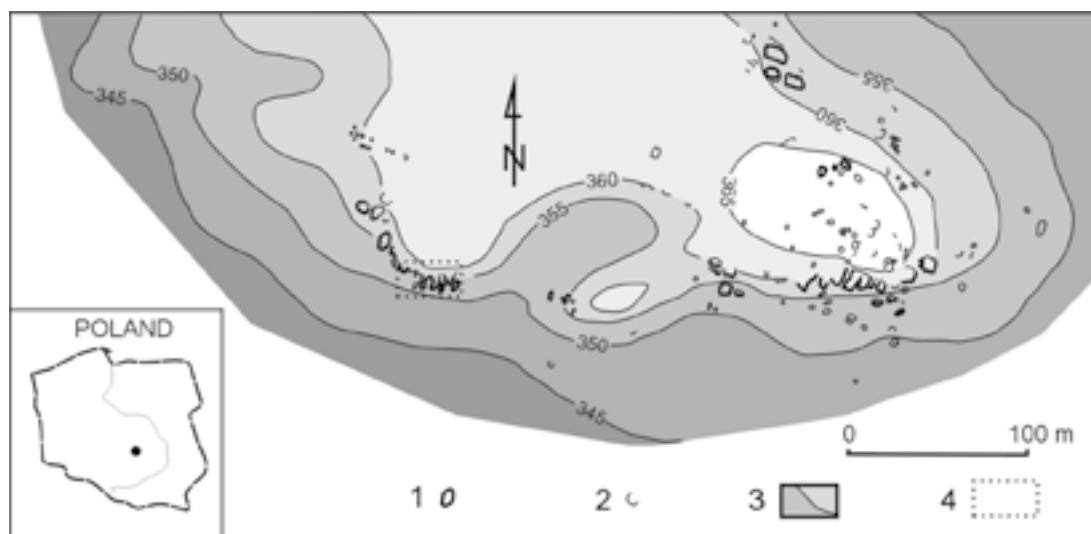


Fig. 1: Map of the sandstone forms in Niekłań. Explanations of signatures: 1 - large sandstone form (higher than 2 m), 2 - small sandstone form, 3 - contour line, 4 - fragment of the crags' group shown on fig. 2.

in this part. The rocks are formed of the Lower Jurassic sandstones of the Ostrowiec Beds (Cieřla, Lindner & Semik 1999). The group of sandstone forms is located in the marginal part of extensive hill (plateau) and composed of three subgroups: two located on the south-western and north-eastern margins of the hill and third, which covers south-eastern and eastern fragments of the hill (Fig. 1). Crags and tors of the south-western subgroup represent the most picturesque side-ridge forms in the region, 5-8 m high (Lindner 1972; Alexandrowicz 1990). Two fissure type caves (according to Vitek, 1983 classification) have been registered there (Urban 1996 a). The characteristic microforms of rock relief are: caverns, pockets, honeycomb forms (aeroxysts), ledges and furrows.

Methods

Study of the sandstone forms and caves in Niekłań consisted in observations of shape and microrelief of the rock forms of the south-western subgroup.

Special attention was devoted to signs of water circulation in the massif (structures on cave floors, wet surfaces of cave walls, ice covers and icicles), traces of weathering, gravitational processes and transport of loose material. The sandstone forms and caves were mapped.

Observations

The general shape of the south-western subgroup of crags and tors is controlled by not dense, but apparent vertical joints of NE-SW to NNE-SSW direction. Position of the joints determines outlines of the individual rock forms and their elements (Fig. 2).

The entrances of the caves are situated in the rock cliff. Each cave is totally 8 m long. The western one, called Jama Agi (Urban 1996 a, b) represents single passage formed on several joints and having three entrances. The passage, high near the entrances,

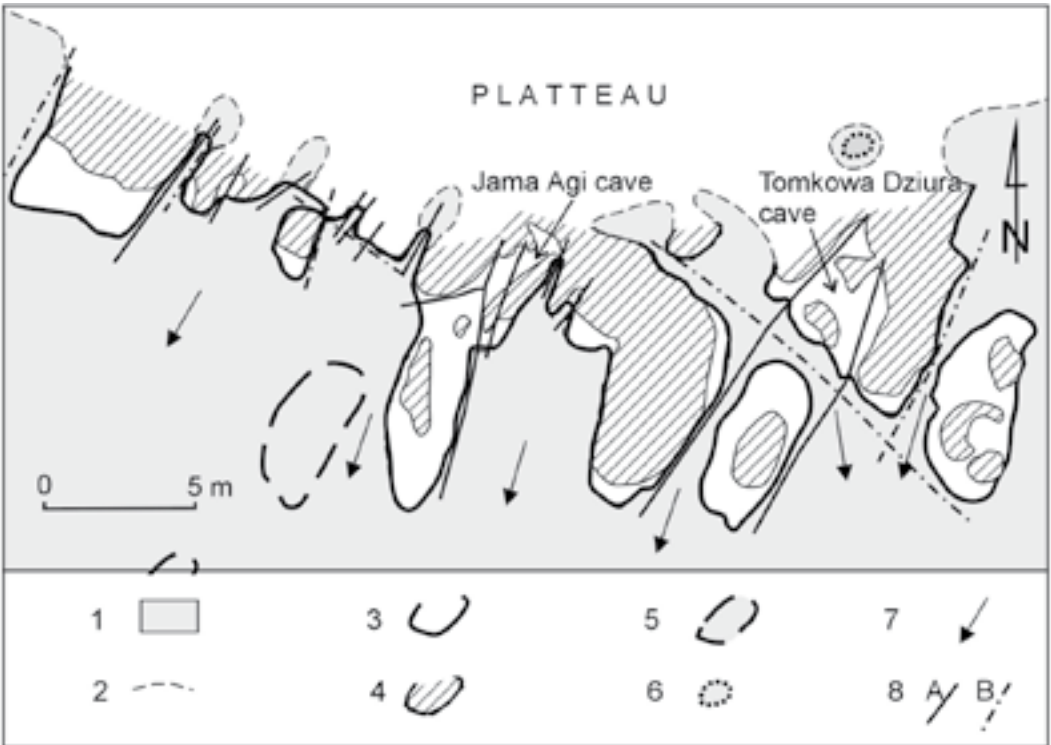


Fig. 2: Fragment of the south-western subgroup of the crags in Niekłań. Explanations of signatures: 1 - slope and other inclined ground surface, 2 - boundary between inclined and horizontal surfaces, 3 - maximum outline of rock form (in the upper part of crag), 4 - minimum outline of rock form (in the lower part of crag), 5 - rock block (ex situ), 6 - pseudokarst sinkhole, 7 - direction of slope dipping, 8 - joints observed (A) and probable (B).

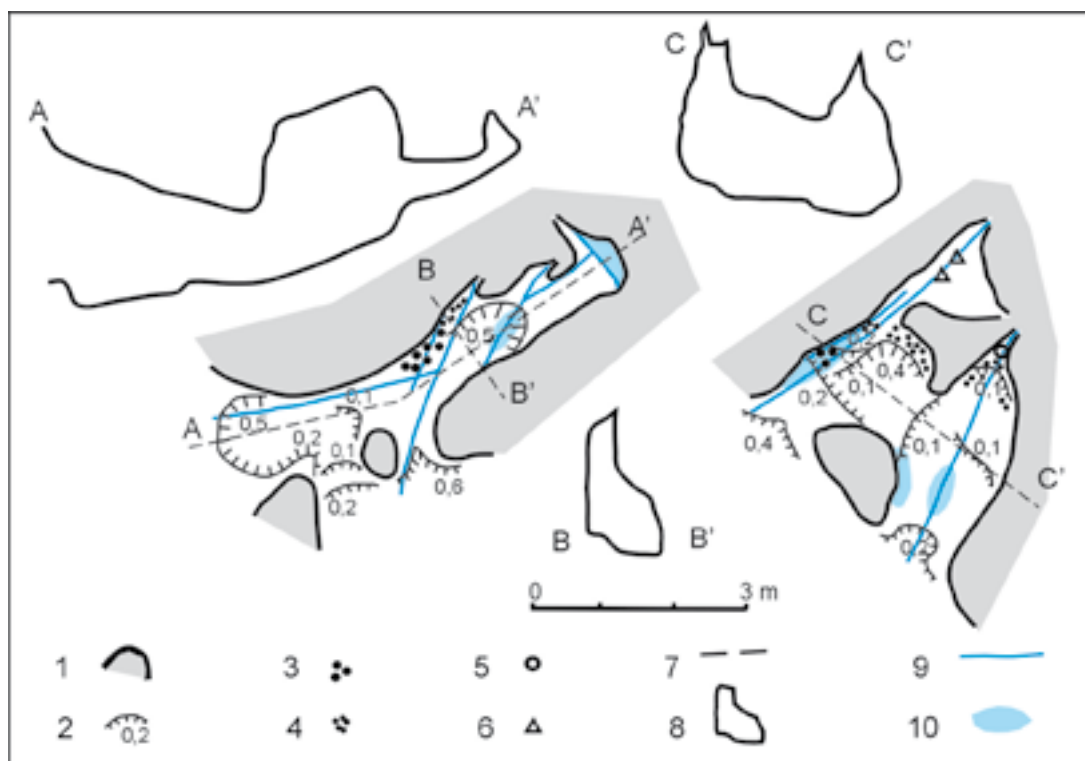


Fig. 3: Maps and cross-sections of the pseudokarst caves in Nieklań. Explanations of signatures: 1 - cave outline, 2 - micro-scarp on the floor of a cave (height in metres), 3 - holes after water drips in the floor of a cave, 4 - other traces of water dripping on a cave floor, 5 - pothole in a cave floor, 6 - rock clasts on a cave floor, 7 - line of cross-section (on the map), 8 - cross-section of a cave (vertical scale is the same as the horizontal scale), 9 - furrow marking joint on a cave wall or ceiling, 10 - area of water percolation or precipitation on a cave wall (ceiling) marked by ice or water drops.

becomes narrow in the short distance and it is ended with small chamber developed on the transversal joint (Figs 2, 3). The walls of the cave are smooth, with furrows formed only in places of joints outlets. There are no microforms and only little signs of rock surface cementation (developed out of the cave) on the walls. The floor of the passage is partly covered with sand blankets and steeply dips toward the entrances. Its inclination makes possible flow of ephemeral stream from the passage head to one of the entrance (Figs 2, 3).

The second cave – Tomkowa Dziura (Urban 1996 a, b) – is composed of three chambers. Two ones are opened outside and interconnected, whereas the third chamber is situated deeper and joins one of the chamber with short, narrow passage. The position and shape of the chambers are controlled by joints (Figs 2, 3). The shape of the walls is similar to Jama Agi cave. The floor is covered with

sand blankets. It is slightly inclined displaying several micro-escarpments. Similarly to the first cave, the dipping of the floor enables formation of the ephemeral streams linking the head parts of the chambers with one of the entrances (although the stream channel is usually destroyed by people trampling the floor).

Also other signs of water occurrence and circulation in the rock massif were observed in the caves (Fig. 3): (1) ice covers and icicles on the ceiling and walls below the joints and bedding planes, (2) water drops on the walls of the head chamber of Jama Agi cave, (3) traces of water dripping on the floors, (4) small pothole formed in the water channel. The wet surfaces can form due to water precipitation from the air, but ice covers and icicles prove water circulation in the rock. The different state of water in the same time indicates different microclimate in the cave in such a short distance.

In the Tomkowa Dziura cave and its vicinity phenomena documenting gravitational processes are also observed (Figs 2, 3): (1) sandstone clasts fallen down from the ceiling of the third chamber, (2) pseudokarst sinkhole ca 1 m deep developed on the surface of the plateau above the cliff. Location of the sinkhole indicates occurrence of subsurface caverns connected with the third chamber but not accessible for people, yet.

Discussion

The sandstone forms near Niekłań must have been stripped after the South-Polish (Mindel) Glacials, during which the region was covered by ice-sheet. According to L. Lindner (1972) the natural sandstone outcrops of the western part of the Świętokrzyskie Mts. were stripped and sculptured during the last Pleistocene glacial (Vistulian, Würm) by western winds. In that time this part of the region "was some kind of deflation basin", from which the quartz dust was blown out and deposited in the central part of the region as a loess (Lindner 1972; Chlebowski & Lindner 1991). Frost weathering was essential factor disintegrating the rocks on the ground surface and preparing them to aeolian transport (Lindner 1996). Hypothesis of the aeolian genesis of the sandstone tors in the region was stated by Lindner (1972) on the basis of a study in Niekłań. This author argued his opinion with: (1) south-western exposition of the most diverse crags and tors (the south-western subgroup), (2) shape of these forms, especially the concave (narrowed) lower section of the morphological profile of the crags, (3) microrelief of the sandstone surfaces, (4) occurrence of blankets of the fine-grained sand to the east of the sandstone forms.

According to current state of knowledge on sandstone forms evolution three arguments of Lindner (1972) have lost their importance. It has been proved that morphological profile of these forms is generally controlled by microclimatic conditions and capillary water diffusion in the rock massif. Both these interrelated factors are also responsible for development of microrelief and this process is too fast so as to preserve microforms developed during last glacial (see e.g. Alexandrowicz & Pawlikowski 1982; Alexandrowicz & Brzeźniak 1989; Čilek 1998). Also the first argument of L. Lindner should be regarded only as a supposition, because south-western exposition of the crags could have been controlled by slope processes related to insolation and temperature changes.

Study in the caves documents significant role of subsurface water erosion in the shaping of the cliff. In the inner parts of the caves activity of typical egzogonic denudational factors

is excluded (insolation, eolian erosion, rain erosion) or restricted (freezing and temperature changes). Subsurface water erosion, gravitational movements and weathering (rather chemical than physical) represent the most efficient denudational processes active in the caves. Water seeping along the joints and bedding planes and subsequent water flow down the cave passages is evidenced by observations described above. Capillary water circulating in the sandstone stimulates its local weakening, whereas water flows along the joints and bedding planes cause disintegration of the slackened rock into sand grains and walls' retreat especially near the fissure outlets. During the heavy rains or snow thaws the flows pass into ephemeral streams energetic enough to transport sand and finer grains down the cave floors. In the widened fissures and other caverns gravitational destruction and transport of sand grains or sandstone clasts contribute to denudation (as it is manifested in the third chamber of Tomkowa Dziura cave and the sinkhole).

The caves in the Niekłań rock forms have originated and existed because subsurface water erosion along the joints has been more effective (faster) than superficial denudational retreat of the rock cliff. Assuming, that climatic, topographic and environmental conditions have not changed significantly since the Early Holocene, one can suppose that the caves have developed for several thousands years and have been permanently moved toward the rock massif (backward). It means that the "corridors" separated the particular tors (Fig. 2), could have been cave passages in the past. In this case the subsurface water erosion has been the most efficient process shaping the cliff, even if the sandstone forms had been formerly stripped due to aeolian erosion, as it was stated by Lindner (1972).

Conclusions

Study of the rock forms and pseudokarst caves located in the south-western subgroup proved that the subsurface water erosion is one of the most efficient factor of morphological evolution of the sandstone cliff, which has controlled its main morphological features. The morphological profile and relief of the crags have been governed by interrelations between external microclimatic conditions and internal water diffusion in a porous rock. In consequence, if even the sandstone forms in Niekłań were stripped due to aeolian erosion, the morphological relics of this process should not be observed in their relief now.

References

- Alexandrowicz Z. 1990. – The optimum system of tors protection in Poland. *Ochrona Przyrody* 47: 277-308.
- Alexandrowicz Z. & Brzeźniak E. 1989. – Dependences of weathering processes on surface sandstone rocks as a result of thermo-humidity changes in the Flysch Carpathians (English sum.). *Folia Geographica, Series Geographica Physica* 21, 17-36.
- Alexandrowicz Z. & Pawlikowski M. 1982. – Mineral crusts of the surface weathering zone of sandstone tors in the Polish Carpathians. *Mineralogica Polonica* 13, 2: 41-56.
- Chlebowski R. & Lindner L. 1991. – Sources of sediments and sedimentary environment of younger loesses in the Małopolska Upland (English sum.). *Biuletyn Geologiczny Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego* 32: 15-50.
- Cieśla E., Lindner L. & Semik J 1999. – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, arkusz Niekłan. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Čilek V. 1998. – The physical and chemical processes of sandstone pseudokarst formation. In: *Das Sandsteinphänomen: Klima, Leben und Georelief*. Library of the Czech Speleological Society 32: 134-153.
- Lindner L. 1972. – Origin and age of the sandstone rocklets of Mt. Piekło near Niekłan (Holy Cross Mts) (English sum.). *Acta Geologica Polonica* 22, 1: 168-180.
- Lindner L. 1996. – Frost weathering of the pre-Quaternary rocks and its influence on landscape evolution in the northwestern margin of the Holy Cross Mts (English sum.). *Acta Geographica Lodzensia* 71: 149-161.
- Urban J. (ed.) 1996 a. – Jaskinie regionu świętokrzyskiego (in Polish). *Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi*, Warszawa, pp. 322.
- Urban J. 1996 b. – Pseudokarst caves in the Lias sandstones „Piekło pod Niekłaniem” (English sum.). *Kras i Speleologia* 8: 113-123.
- Vitek J. 1983. – Classification of pseudokarst forms in Czechoslovakia. *International Journal of Speleology*, 13: 1-18.

Résumé de la présentation

Cavernes pseudokarstiques comme évidence de l'évolution de massifs gréseux - une étude de cas de Nieklan, monts Swietokrzyskie, Pologne centrale

Mots-clés: grès; morphologie du paysage; relief rocheux; cavernes pseudokarstiques; Pologne

Le groupe de formes rocheuses dans le Nieklan est situé sur la bordure nord des Monts Swietokrzyskie (Holy Cross) et il est constitué de grès du Jurassique inférieur. Les roches sont caractérisées par la variété exceptionnelle de formes et de microformes, conséquence de la diversité lithologique et des conditions de genèse. Elles sont situées dans la partie supérieure du bas-plateau. Le groupe de roches se compose de trois sous-groupes situés respectivement sur les bords SO et NE et (la troisième) - sur les fragments SE, E et NE du plateau. Les roches du sous-groupe sud-ouest présentent les formes les plus pittoresques de la région : des «chaires», des «barres» et des «champignons» etc. hauts de 5 à 8 m. Les microformes caractéristiques du relief rocheux sont des cavernes, des poches, des structures alvéolaires aussi bien que des rebords et des sillons.

Les roches de Nieklan, et particulièrement leur sous-groupe sud-ouest, ont été décrites comme exemple typique de reliefs formés par des processus éoliens. Selon Lindner (1972), Chlebowski et Lindner (1991), les vents occidentaux soufflant durant la dernière glaciation, dans la période de sédimentation du loess, ont joué un rôle essentiel en découpant et modelant les formes rocheuses. Cette opinion se base sur l'observation de l'exposition et du relief des roches et des couches de sable éolien à proximité.

L'observation actuel du relief et l'étude de deux petites cavernes de pseudokarst (chacune longue de 8 m) situées dans le sous-groupe sud-ouest prouvent que l'évolution morphologique des formes a été relativement rapide: l'érosion de l'eau étant un des facteurs les plus efficaces de cette évolution (Urban 1996). Les deux cavernes sont formées le long des joints dus à l'érosion d'eau souterraine. Ce qui est documenté par : l'inclinaison du plancher de la caverne, les dépressions de pseudokarst à la surface du plateau au-dessus des rochers, etc.. Les formes situées près des cavernes a suggéré une formation due à un retrait par érosion des entrées des cavernes. D'ailleurs, comme il a été démontré dans les autres formes (par exemple Alexandrowicz, Brzezniak 1989, Cilek 1998), la morphologie de leur profil et de leur relief n'a pas été régie par des facteurs strictement externes, mais plutôt par des interdépendances entre des conditions microclimatiques externes et la diffusion interne de l'eau dans la roche poreuse.

En conséquence, même si les formes rocheuses de Nieklan ont été érodées par un processus éolien, les reliques morphologiques de ce processus ne devraient plus être observées dans le relief. L'érosion par l'eau, par contre a été le processus le plus efficace commandant les dispositifs morphologiques principaux au passé et au présent.

Grès de Luxembourg et Art rupestre: L'œuvre du Dr. E. Schneider et la correspondance inédite (1937-1949) avec l'abbé H. Breuil

Foni LE BRUN-RICALES

Section Préhistoire du Musée national d'histoire et d'art de Luxembourg
241, rue de Luxembourg, L-8077 Bertrange
foni.le-brun@mnha.etat.lu

Mots-clés: Bassin de la moyenne Moselle; Grand-Duché de Luxembourg; Gutland; Grès de Luxembourg; patrimoine archéologique; art rupestre; pétroglyphes; archives; correspondances

Introduction

En 2002, le Musée national d'Histoire et d'Art de Luxembourg (MNHA) a acquis l'important fonds d'archives archéologiques du Dr. Ernest Schneider. Conservé désormais par la section Préhistoire du MNHA, ce fonds est constitué, d'une part, par près de 300 négatifs argentiques et 250 plaques photographiques en verre essentiellement de format 18 x 13 cm en bon état de conservation, et d'autre part, d'environ 250 lettres de correspondances scientifiques et 500 variés (notes, fiches plans, coupures de presse, etc.). Cette collection, inventoriée sous le n° d'inventaire 2002-13, a été acquise grâce à la bienveillance de Nico Schroeder, collaborateur des Musées de l'Etat.

Le Dr. E. Schneider: un pionnier méconnu de l'archéologie luxembourgeoise

Pendant une vingtaine d'années entre les deux grandes guerres, le Dr. E. Schneider (1885-1954), médecin-dentiste de profession à Luxembourg-ville au 24 avenue Marie-Thérèse, recherche, inventorie, photographie et étudie lors de ses loisirs les nombreux «pétroglyphes» qui ornent les rochers gréseux du territoire luxembourgeois. Il publie le résultat de ses longues investigations en 1939 dans une synthèse intitulée «Material zu einer Archäologischen Felskunde des Luxemburger Landes». Malgré la grande qualité de son travail scientifique et la quantité de signes recensés, le Dr. E. Schneider reste encore méconnu des archéologues et du public.

Le Dr. E. Schneider est plus connu pour son mécénat avec notamment le soutien de jeunes artistes du mouvement «sécessionniste» dès les années 20' - comme l'expressionniste avant-gardiste Joseph Kutter (1894-1941) - ainsi que pour son activité dans les milieux intellectuels et son engagement dans la vie culturelle luxembourgeoise comme en témoigne les nombreuses personnalités qu'il compte parmi ses amis (J. Bech, P. Stein, J. Tockert, J. Vannérus, M. Lucius, etc.). Or, la riche correspondance du Dr. E. Schneider entretenue avec de nombreux préhistoriens et savants internationaux de l'époque (H. Obermaier, D. Peyrony, E. Vogt, etc.), ainsi que des instituts de renom (Musée des Antiquités Nationales de St Germain-en-Laye, British Museum à Londres, Musée Curtius à Liège, jusqu'à l'université de Honolulu à Hawaï, etc.) témoigne qu'il était également un scientifique apprécié de tout premier ordre. Parmi ces écrits, plusieurs feuillets, lettres et cartes postales sont de la main du célèbre préhistorien français de l'Entre-Deux guerres: l'abbé Henri Breuil (1877-1961), de 8 ans son aîné.

Rencontres épistolaires entre hommes de sciences et de foi

Le Dr. E. Schneider, homme de sciences de formation naturaliste, était également un esthète et un grand humaniste. Ses intérêts pour l'Art et la Préhistoire, science humaine par excellence, semble lui avoir permis d'aborder diverses interrogations d'ordre métaphysique relative à la place de l'Homme dans l'univers. En témoigne quelques clichés-autoprotraits, où il s'est mis en scène avec une pose de méditation accompagné d'un crâne et d'une horloge pour évoquer le temps qui passe



Fig. 1: Dr. Ernest Schneider (1885-1954). Photo: MNHN.



Fig. 2: Abbé Henri Breuil (1877-1961). Source: Sonnevill-Bordes 1967.

et la destinée humaine... Ces investigations et aspirations étaient en harmonie avec les interrogations de l'homme d'église. Leurs préoccupations métaphysiques respectives communes n'ont pu que favoriser leurs rencontres épistolaires.

Correspondances avec l'abbé Henri Breuil: le «Pape» de la Préhistoire

D'après les documents conservés, le Dr. E. Schneider et l'abbé H. Breuil ont correspondu entre 1937 et 1949 au minimum à douze reprises, probablement treize (une enveloppe malheureusement vide qui porte une adresse manuscrite de la main de l'abbé H. Breuil étant datée du 22 décembre 1938 selon le cachet de la poste), pour partager leurs points de vue sur l'interprétation des gravures relevées sur les rochers gréseux luxembourgeois.

Echanges entre deux scientifiques

Hormis les enveloppes, la documentation est constituée de 7 correspondances sur feuillets (papier de format 13 x 20 cm) dont 2 écrites sur papier à en-tête de l'Institut de Paléontologie Humaine (IPH) de Paris et, d'autre part, de 5 cartes (format 14 x 10 cm) dont 1 à en-tête de l'IPH, de 2 cartes vierges genre carte-réponse à dos neutre et de 2 cartes postales illustrées, figurant en l'occurrence les photographies des mégalithes de Locmariaquer (dolmen des pierres plates et intérieur du Mané Lud). Tous ces documents sont écrits à l'encre de chine noire et signés par l'abbé

H. Breuil. Ces missives débutées en 1937 ont été écrites par l'ecclésiaste presque exclusivement depuis Paris, sauf deux; lorsqu'il reprend des fouilles à Abbeville (juillet 1939) et lors de cours qu'il donne à Bordeaux (janvier 1940). Ces écrits ont été réalisés essentiellement avant la seconde guerre mondiale pendant laquelle l'abbé H. Breuil se rendra en Afrique du Sud. Leurs correspondances ne reprendra alors qu'en 1945. "Nous avons «avant le déluge» correspondu à diverses reprises sur vos gravures rupestres..." (extrait de la correspondance du 28 juillet 1945).

Commentaires préliminaires

Les réponses manuscrites et «illustrées» de la main de l'abbé H. Breuil montrent son intérêt pour toutes les formes d'art pré-et protohistoriques et son souci de divulguer et partager son savoir (hypothèses d'interprétation, références bibliographiques, etc.). Elles offrent également un éclairage particulier sur les activités de recherches pratiquées sur les formations gréseuses dans la première moitié du XX^{ème} siècle. A partir des années cinquante et jusqu'à la disparition de l'abbé H. Breuil en 1961, les relations entre l'Institut de Paléontologie Humaine de Paris et le Luxembourg demeureront entretenues avec les contacts étroits établis par l'assistant de l'abbé H. Breuil: son élève James-Louis Baudet. Ce dernier, d'origine belge, viendra sur les conseils de son Maître après qu'il l'ait recommandé dans sa dernière lettre de 1949 (voir infra) à plusieurs reprises au Grand-Duché donner des conférences, étudier des collections publiques et privées, entre-

prendre des fouilles en collaboration avec Marcel Heuertz (1904-1981) sous les auspices du Musée d'histoire naturelle, et réaliser des publications scientifiques, parmi les premières après guerre, pour valoriser le patrimoine préhistorique luxembourgeois (Heuertz 1969).

Extrait de la dernière lettre en date du 24 décembre 1949 de l'abbé H. Breuil adressée au Dr. E. Schneider qui mourra 5 ans plus tard. Dans cette missive, l'homme de science et de foi est toujours aussi pragmatique, il recommande un de ses jeunes élèves J.-L. Baudet qui travaille sur des sites de la forêt de Fontainebleau et effectue des relations entre artefacts découverts aux pieds et à proximité des rochers gravés.

«Il y a là un pas sérieux dans l'étude et la datation de telles roches, qu'il serait intéressant de constater aussi ailleurs. Et ceci est l'objet de cette lettre que de vous en informer.»...«Je tiens maintenant à la retraite du Collège de France et j'en profite pour voyager, tant j'en ai la force: j'ai 73 ans. Je vous prie d'agréer, avec mon bon souvenir, tous mes vœux de Noël et de l'an.»

Avec humilité, ce n'est que dans cette dernière lettre, qui sera la dernière entre les deux protagonistes, qu'il signe: «Prof(esseur) l'Abbé H. Breuil de l'Institut», alors qu'il a été nommé depuis 1938.

Le Dr. E. Schneider décèdera en 1954 à l'âge de 69 ans, soit sept années avant l'abbé H. Breuil. Contrairement à J.-L. Baudet, qui succédera ensuite au prêtre à l'IPH, ils semblent qu'ils ne se soient, à notre connaissance, jamais physiquement rencontrés. Pourtant, les archives du MNHA recèlent des ouvrages de H. Breuil qui portent une dédicace pour le Dr. E. Schneider; lui a-t-il remis ceux-ci en main propre ou par un intermédiaire ?

Perspectives

Le destin ayant permis à ces précieux documents d'échapper aux malheurs de la guerre et aux affres du temps, afin de garantir leur pérennité pour les générations futures, il est heureux que ce patrimoine ait pu rejoindre le domaine public. Dans la perspective de permettre leur consultation et étude, il est désormais nécessaire de trouver les moyens pour en assurer la conservation dans de bonnes conditions. L'important fonds que constitue les archives du Dr. E. Schneider est un précieux héritage qu'il faut en premier lieu restaurer, inventorier, archiver, copier pour pouvoir être accessible aux chercheurs travaillant tant sur l'Art rupestre luxembourgeois, que sur l'historiographie des préhistoriens du XX^{ème} siècle. La réalisation d'une telle initiative a pour but de

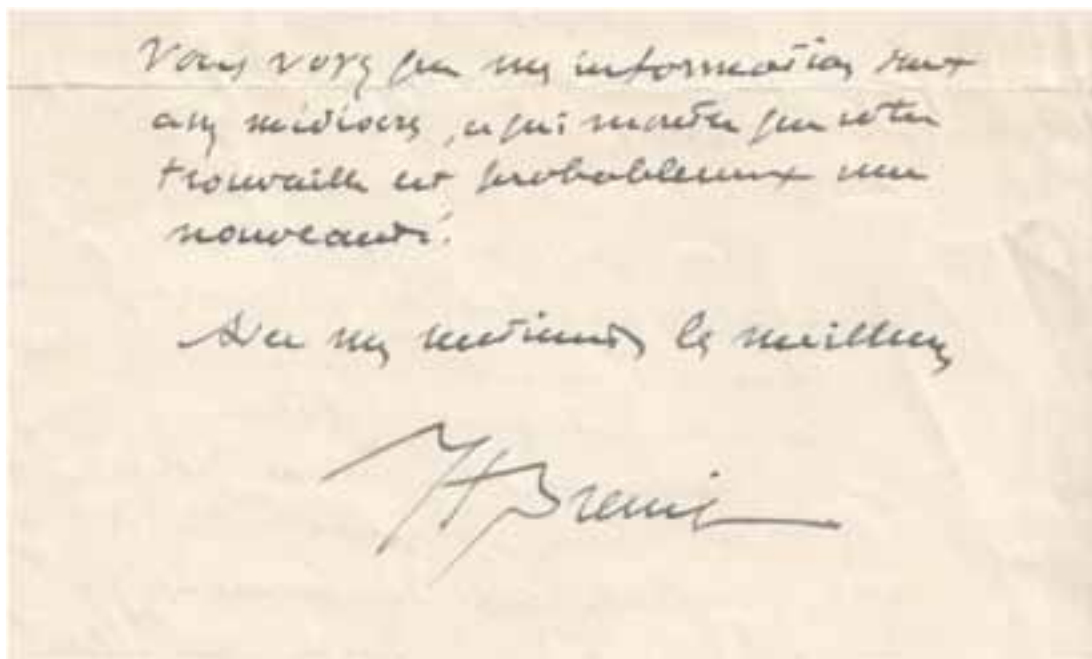


Fig. 3: Extrait d'une correspondance du 1er septembre 1937 avec signature autographe de Henri Breuil.

convenablement géré et analysé ce patrimoine et de le valoriser.

Les personnes intéressées peuvent contacter l'auteur à l'adresse électronique suivante: fonl.le-brun@mnh.a.etat.lu. Pour en savoir plus sur l'abbé H. Breuil, l'adresse électronique suivante peut être consultée: http://www.mmsh.univ-aix.fr/iea/d_fichiers/ACIfauvelle.html

Remerciements

J'exprime ma cordiale gratitude à Nico Schroeder pour avoir assuré la conservation provisoire des archives du Dr. E. Schneider, ainsi que mes chaleureux remerciements à Laura Welter pour avoir patiemment déchiffré les documents autographes de l'abbé H. Breuil et en avoir assuré leur transcription informatique. Je remercie également Lorraine Campbell pour avoir effectué la traduction anglaise du résumé et Laurent Brou pour son aide à la préparation des documents.

Bibliographie

- Anonyme 1966. - Henri Breuil (1877-1961), Catalogue d'exposition organisée par les soins de la Fondation Singer-Polignac (29 oct. 1966-31 mars 1967), 72 p.
- Baudet J.-L. 1955. - L'Abbé Breuil et son œuvre. *Revue d'Anthropologie* 1955: 124-127.
- Breuil H. 1956. - Science et religion: sont-elles incompatibles? *La Table Ronde* 107: 168-177.
- Ewers M. & Arensdorff G. 2003. - Kulturelles Erbe in Gefahr. Alarmierender Zustand archäologischer Felsbilder. *Bulletin de la Société préhistorique luxembourgeoise* 23-24 (2001-2002): 13-19.
- Gaucher G. 1993. - Henri Breuil, Abbé. *Bulletin de la Société préhistorique française*, tome XC: 104-112.
- Heuertz M. 1953. - Survivance de signes préhistoriques, in *Association pour l'Avancement des Sciences, Actes du Congrès de Luxembourg*: 423-425.
- Heuertz M. 1969. - Documents préhistoriques du territoire luxembourgeois. Fasc. 1. Le milieu naturel. *L'Homme et son œuvre*. Publication du Musée d'Histoire Naturelle et de la Société des Naturalistes luxembourgeois, 292 p.
- Hurel A. 2003. - Aux origines de l'Homme. Un prêtre, un savant dans la marche vers l'institutionnalisation de la Préhistoire. *L'Abbé Henri Breuil (1877-1961)*, in *La revue pour l'Histoire du CNRS* n° 8.
- Le Brun-Ricalens F. 2002. - «Mullerthal graffiti». Patrimoine archéologique en danger: une situation alarmante. *Bulletin du Musée national d'histoire et d'art, Luxembourg, Musée info* 15: 17-19.
- Le Brun-Ricalens F. 2003. - Acquisition des archives du Dr. Ernest Schneider (1885-1954). Découverte d'un pionnier de l'Archéologie luxembourgeoise. *Bulletin du Musée national d'histoire et d'art, Luxembourg, Musée info* 16: 28-31.
- Muller J.-J. 1996. - Marcel Heuertz - Gravures rupestres. Textes établis par J.-J. Muller-Schneider d'après le manuscrit dactylographié de M. Heuertz. *Bulletin de la Société préhistorique luxembourgeoise* 18 (1996): 14-21.
- Schneider E. 1939. - Material zu einer Archäologischen Felskunde des Luxemburger Landes. Imprimerie Victor Bück, Luxembourg, 324 p.
- Schneider E. 1952. - Archäologische Spuren im Raume von Burglinster. An der Burg. Eine heimatkundliche Monographie von Burglinster. Das Erste aus der Reihe der Kompass-Bücher der Luxemburger Jugendherbergzentrale. Imprimerie J. Befort, Luxembourg, 16-20.
- Schneider E. 1968. - Vingt-sept camps retranchés du territoire luxembourgeois levés par G. Lemmer. Documents édités et présentés par Marcel Heuertz. Imprimerie Victor Bück. *Les Amis des Musées*.
- Skrotzky N. 1964. - L'Abbé Breuil et la Préhistoire. Paris, Seghers, 192 p.
- Sonneville-Bordes (de) D. 1967. - La Préhistoire moderne. Editions Pierre Fanlac, Périgueux.

Abstract of the presentation**Luxembourg sandstone and rock art: The work of Dr. E. Schneider and his unpublished correspondence (1937-1949) with Abbot H. Breuil**

Keywords: Middle Mosel Basin; Grand Duchy of Luxembourg; Gutland; Luxembourg sandstone; archaeological heritage; rock art; petroglyphs; archives; correspondence

In 2002, the 'Musée national d'histoire et d'art du Luxembourg' (Luxembourg National Museum of History and Art) has acquired the extensive archaeological archives depot of Dr. Ernest Schneider. Preserved by the Prehistory Section at the MNHAL, these resource comprise almost 300 negatives and 250 glass photographic plates, plus approximately 250 letters of scientific correspondence and 500 various literary works (notes, cards, sketches, press clippings, etc.).

Dr. E. Schneider: an unknown pioneer of Luxembourg archaeology

In his free time over approximately twenty years during the interwar period (WW I and WW II), Dr. E. Schneider (1885–1954), a dentist practising in Luxembourg City, searched for, made an inventory of and studied the numerous 'petroglyphs' that adorn the sandstone cliffs of the Luxemburg territory. He published his results in 1939 in a synthesis work entitled 'Material zu einer Archäologischen Felskunde des Luxemburger Landes'. Despite the high standard of his work and the large number of findings documented, he remains relatively unknown among archaeologists and the general public. Dr. E. Schneider is more well known for his patronage, with the particular support of young artists, of the 'Secessionist' Movement as early as the 1920s, and also for his work in academic circles and his commitment to

the cultural life of Luxembourg, as witnessed by several individuals whom he considered his friends (J. Bech, P. Stein, J. Tockert, etc.). However, the tremendous amount of correspondence sent by Dr. E. Schneider to numerous prehistorians and international scholars of the time show that he was also rated as a first-class scientist. Among these writings are several pages, letters and post cards written by the famous French prehistorian of the interwar period, Abbot Henri Breuil (1877–1961).

Correspondence with Abbot Henri Breuil: the 'Pope' of Prehistory

According to preserved documents, Dr. E. Schneider and Abbot H. Breuil corresponded with each other at least a dozen written exchanges between 1937 and 1949 in order to share their points of view on the interpretation of engravings found on Luxembourg sandstone cliffs. This paper presents two main themes: firstly, a general overview of the outstanding reference material compiled by Dr. Schneider on the 'petroglyphs'; and, secondly, extracts from the correspondence that took place between the two scientists. The handwritten and 'illustrated' replies from Abbot H. Breuil show his interest in all forms of pre- and protohistoric Art. These documents give a new light on the research work conducted on sandstone formations in the first half of the 20th century.

Le projet FNR «Espace et Patrimoine Culturel» : un outil de gestion informatisé au service du patrimoine luxembourgeois.

L'exemple de la zone-pilote du Müllerthal

Foni LE BRUN-RICALES, Jean-Noël ANSLIJN, Frank BRONIEWSKI & Susanne RICK

Section Préhistoire et Cellule EPC du Musée national d'histoire et d'art de Luxembourg
241, rue de Luxembourg, L-8077 Bertrange
foni.le-brun@mnha.etat.lu

Mots-clés: Grand Duché de Luxembourg; Bassin de la moyenne Moselle; Gutland; Müllerthal; Grès de Luxembourg; gestion du patrimoine archéologique; potentiel historique et culturel; archéoprognose; modèle prédictif

Introduction: Projet FNR «Espace & Patrimoine Culturel»

Cette contribution présente l'état d'avancement du projet «Espace et Patrimoine Culturel» (EPC) soutenu par le Fonds National de la Recherche luxembourgeois (FNR) en prenant l'exemple des données en cours d'acquisition pour la région située au centre-est du Grand-Duché appelée «Müllerthal». Dans le cadre du programme «Vivre demain au Luxembourg» proposé par le FNR, la section Préhistoire du Musée national d'Histoire et d'Art de Luxembourg (MNHA) développe ce projet sur 5 ans (2003-2008) grâce à un partenariat avec d'autres administrations nationales, en particulier l'Administration du Cadastre et de la Topographie (ACT), le Service des Sites et Monuments Nationaux (SSMN), le Musée national d'Histoire Naturelle (MNHN), le Service Archéologique et le Service Géologique des Ponts et Chaussées (SGL), l'Administration des Eaux et Forêts (ADEF), la Direction de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme (DATUR), ainsi que diverses Administrations communales et le concours d'instituts étrangers. Ce projet a pour objectif d'élaborer une banque de données cartographiques géoréférencées couplée à un Système d'Information Géographique figurant les servitudes culturelles à respecter lors des travaux de construction. Cet instrument informatisé d'éva-

luation et de suivi administratif et scientifique est destiné à servir d'outil d'aide à la décision, de gestion et de système de consultation des ressources culturelles (archéologiques, architecturales, historiques, etc.) à l'échelle du Luxembourg pour les différents acteurs de l'aménagement du territoire, tant publics (ministères, administrations et municipalités) que privés (maîtres d'ouvrage, bureaux d'études et particuliers).

Modélisation prédictive selon des standards internationaux

Les grands projets d'aménagement du territoire, et en particulier les travaux impliquant des interventions en profondeur dans le sous-sol, comptent parmi les facteurs de risque les plus problématiques qui conduisent à la destruction de l'héritage historique et culturel. De nos jours, dans l'ensemble, seul peu de sites du patrimoine culturel sont visibles en surface, si l'on considère toutes les occupations humaines depuis les origines jusqu'à nos jours. Malgré les informations et données contenues dans les réserves et collections, les cartes archéologiques et historiques, les prospections ponctuelles menées dans le cadre des projets de construction et malgré l'engagement, sur le terrain, des chercheurs amateurs, moins de 10% du patrimoine culturel national est connu, documenté ou simplement examiné.



Fig. 1: Exemples d'applications interactives en cours d'élaboration dans le cadre du projet EPC.

Un Patrimoine culturel en danger

Au Grand-Duché de Luxembourg, rien qu'au cours de la dernière décennie (1990 à 2000), il y a eu autant de surfaces aménagées qu'en 20 siècles. Malheureusement, les fouilles d'urgence ou de sauvetage ne permettent actuellement d'examiner qu'à peine 1 à 2 % des surfaces concernées. Compte tenu des projets de construction prévus dans le pays, nous pouvons considérer que dans l'intervalle d'une seule génération, près d'un quart de notre Patrimoine culturel sera irrémédiablement détruit, sans qu'une documentation appropriée ne puisse être récoltée. En réponse à cette problématique, une équipe composée d'une archéologue, d'un archéologue-informaticien et d'un géographe élabore un Système d'Information Géographique orienté Patrimoine depuis le mois d'avril 2003, sous l'égide du Musée national d'Histoire et d'Art, Section Préhistoire. Ce système, constitué d'un SIG permettant de gérer les bases de données du patrimoine national, inclut également une approche proactive via l'établissement d'une modélisation prédictive (predictive modelling) du sous-sol, destinée à établir une cartographie des potentiels archéologiques du Grand-Duché de Luxembourg.

Le projet "Espace et Patrimoine Culturel" (FNR 02/05/24 - EPC) est soutenu financièrement par le Fonds National de la Recherche, dans le cadre du programme "Vivre demain au Luxembourg" - Axe 5 "l'organisation de l'espace". Développé dans un premier temps autour de zones pilotes spécifiques, le projet sera ensuite étendu à l'ensemble du territoire national, de manière à assembler et fusionner les données patrimoniales historiques, archéologiques, architecturales, géospatiales et culturelles.

La Culture au service de l'Aménagement du Territoire

Le projet EPC offrira la possibilité d'intégrer dès la phase de planification et/ou dans les études préalables les sites culturels, qu'ils s'agissent de sites existants ou de zones à fort potentiel culturel (modèles prédictifs). Dans cette perspective, les cartes en cours d'élaboration sont réalisées de manière à mettre en évidence les zones patrimoniales sensibles, avec leurs différents degrés de potentiel culturel. A terme, ce système permettra de visualiser et de distinguer la valeur culturelle des sites existants, des secteurs potentiels, et de

définir des zones de construction avec ou sans servitudes culturelles. En ce sens, le Projet EPC prend en considération la notion de développement durable et de la protection permanente.

Protection du patrimoine et archéoprognose: nécessité d'élaborer des modèles prédictifs

Le modèle actuellement en cours d'élaboration s'articule sur deux axes de travail : le développement (structuration et saisie) d'une métabase de données patrimoniales et la réalisation d'un serveur de cartes. Le «serveur de cartes» permet un accès aux «cartes-couches thématiques» fournies par les administrations nationales partenaires ou élaborées par les services du MNHA au travers d'un simple navigateur internet (web Browser). Le serveur de carte EPC (Map server - Carte interactive du Patrimoine luxembourgeois) utilise des solutions logicielles opensource, afin de garantir tant l'interopérabilité des systèmes qu'un accès et une utilisation libre de droits. Cette démarche parallèle a pour objectif d'interroger in fine les modules «cartes» et «bases de données» dans un même processus de consultation.

Méthodes pour l'élaboration d'une cartographie prédictive des sites du patrimoine culturel

Les résultats des fouilles (fouilles programmées, fouilles préventives, fouilles de sauvetage...), des prospections systématiques et des découvertes signalées par des chercheurs associés enregistrés ces 15 dernières années dans les zones pilotes (zones artisanales, industrielles et de loisir, constructions urbaines et périurbaines, assainissement de la vieille ville de Luxembourg, exploitations de gravières dans la vallée de la Moselle, Autoroute de la Sarre, Müllerthal, Bassin minier...) ont permis de déterminer des paramètres et des critères d'implantation préférentielle des sites et de cerner des zones privilégiées pour la découverte de sites archéologiques. Cette analyse multicritères sert de base pour la détermination du potentiel archéologique d'une zone donnée. La modélisation prédictive repose sur l'hypothèse que nos prédécesseurs ont sélectionné leurs sites d'implantations sur la base de critères rationnels

et qu'il est possible de modéliser les facteurs topographiques et environnementaux cruciaux liés à une zone afin de transposer cette analyse dans d'autres zones. Dans cette perspective, l'approche SIG occupe une place prépondérante au regard des possibilités qu'elle offre en matières de production de cartographies, mais aussi et surtout au travers des capacités d'analyse, de modélisation et de calculs qui permettent l'analyse des facteurs d'implantation propres à chaque sites et la reconstruction des environnements passés avec leur potentiel d'implantation, selon l'époque et le lieu. A cet effet, outre les cartes topographiques et les photographies aériennes, il est important de pouvoir disposer de cartes thématiques concernant la qualité et l'évolution des sols (pédologie), la géologie, la géomorphologie, le couvert végétal, l'hydrographie... Ainsi par exemple, la distance des points d'eau, le pendage et la courbure des terrains, la visibilité des sites, la direction des vents, l'ensoleillement, ainsi que l'altitude et la géomorphologie absolue sont des paramètres pris en considération lors du choix d'un site d'installation (campement, village, agglomération...). Les différentes données existantes sont évaluées au travers d'un ensemble de modèles de calcul statistiques comme la régression logistique, l'analyse des clusters, l'analyse des réseaux neuronaux, afin de calculer la valeur du potentiel archéologique d'une zone.

Le Müllerthal: «région pilote» pour le Grès de Luxembourg

La prochaine étape consiste à analyser et encoder des informations patrimoniales provenant de zones pilotes présélectionnées en fonction de leur représentativité pour le territoire luxembourgeois (vallée de la Moselle, Bassin minier, Gutland, Oesling). Pour représenter les formations du Grès de Luxembourg du Gutland, la région du Müllerthal a été choisie en raison de sa richesse et diversité en données. Les premiers inventaires et cartographies réalisés montrent l'extrême densité culturelle de la région (occupations archéologiques, sites historiques et paysagers, monuments...). Ces informations sont en cours d'examen selon divers paramètres et critères pertinents préalablement définis. Au delà d'un simple inventaire des ressources connues, l'analyse critique des données a pour but de réaliser pour la région de la «petite suisse luxembourgeoise» une modélisation prédictive, l'objectif étant, à terme, de proposer avec un «système de monitoring spatial» des cartes des potentialités archéologiques indiquant des zones avec différents degrés de sensibilité.

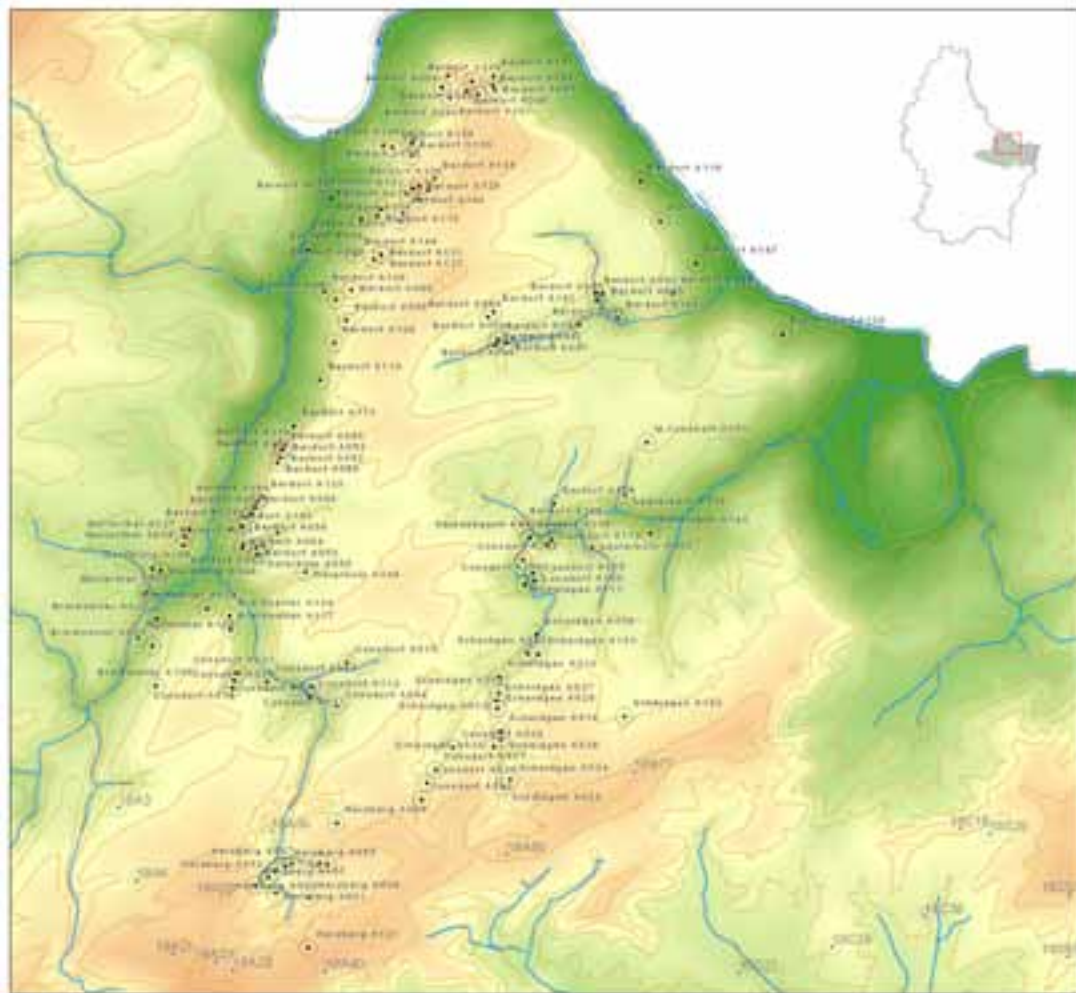


Fig. 2: Aperçu de la densité en sites culturels pour la région du Müllerthal. Carte géoréférencée avec indications des Ressources culturelles en cours de saisie et d'analyse (D'après Schwenninger et cartes archéologiques du MNHA).

Agir avant qu'il ne soit trop tard: un projet responsable pour répondre à un problème de société

Dans les pays limitrophes, au cours des 10 dernières années, de bons résultats ont été obtenus avec l'élaboration de modèles prédictifs appliqués à la recherche archéologique. Les projections théoriques ont résisté à un examen approfondi sur le terrain et ont encouragé la coopération avec les maîtres d'ouvrage.

Soutenu par le Ministère de la Culture et le Fonds National de la Recherche, le projet EPC occupe une position de précurseur au Luxembourg, prenant en compte, pour la première fois, la protection du Patrimoine culturel menacé par des projets d'aménagement du territoire et ce conformément aux principales directives nationales et européennes. Le système sera en outre exploité comme module d'administration et base d'évaluation pour le calcul des coûts utiles.

En raison de sa conception innovatrice et conviviale, couplant gestion et recherche, ce projet s'adressera non seulement aux organismes publics (ministères, administrations, communes) mais

aussi à des personnes privées (aménageurs, entrepreneurs, associations et grand public), ainsi qu'aux scientifiques, comme instrument de recherche.

La préservation durable de notre passé et de la diversité de notre identité culturelle se joue dès aujourd'hui.

Remerciements

Nous remercions vivement toutes les institutions et personnes qui contribuent et soutiennent la réalisation du projet EPC.

Nous adressons nos chaleureux remerciements à Lorraine Campbell pour la traduction en anglais du résumé.

Bibliographie

- Dalla – Bona L. 1994. - Volume 3 - methodological considerations in: Archaeological predictive modelling in ontarios forests. Centre for Archaeological Resource Prediction MNR Report Series, URL: <http://modelling.pictographics.com/pdfs/carpvol3.pdf>.
- Duncan R. B. & Beckman K. A. 2000. - The application of GIS predictive site location models within pennsylvania and west virginia. In: Westcott K. L. & Brandon R. J., eds. - Practical Applications of GIS for Archaeologists - A Predictive Modelling Kit. Taylor and Francis, London.
- Ebert J. L. 2000. - The state of the art in inductive predictive modelling. In: Westcott K. L. & Brandon R. J. (eds.), Practical Applications of GIS for Archaeologists - A Predictive Modelling Kit. Taylor and Francis, London.
- Hosmer D. & Lemeshow S. 2000. - Applied Logistic Regression. Wiley, New York.
- Kuiper J. A. & Westcott K. L. 1999. - A GIS approach for predicting prehistoric site locations. GIS Cafe, GIS – Portal on the web, URL: http://www01.giscave.com/technical_papers/Papers/paper057/.
- Kvamme K. 1995. - A view from across the water: The north american experience in archaeological GIS. In: Lock G. & Stancic Z. eds. - Archaeology and GIS: A European Perspective. Taylor and Francis, London.
- Le Brun-Ricalens F., Rippert J. & Schoelle A. 2003. - Archéologie et Grande Voirie. Le "projet pilote" de Liaison avec la Sarre : un exemple à suivre de politique de gestion du Patrimoine archéologique luxembourgeois. Bulletin de la Société préhistorique luxemb. 23-24 (2001-2002): 131-143.
- Minnesota Department of Transportation 2002. - A predictive model of precontact archaeological site location for the state of minnesota. Minnesota Department of Transportation: Final Report, URL: <http://www.mnmodel.dot.state.mn.us/TOC.html>.
- Posluschny A. 2002. - Die hallstattzeitliche Besiedlung im Maindreieck – GIS-gestützte Fundstellenanalysen. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde des Fachbereiches 6 (Geschichte und Kulturwissenschaften) der Philipps Universität Marburg.
- Stancic Z. & Kvamme K. L. 1999. - Settlement patterns modelling through boolean overlays of social and environmental variables. Centre for Spatial Studies Scientific Research Centre of the Slovene Academy of Sciences and Arts, URL: <http://www.zrc-sazu.si/pic/pub/predictive/predictive.htm>.
- Warren R. E. & Asch D. L. 2000. - A predictive model of archaeological site location in the eastern prairie peninsula, in Westcott K. L. & Brandon R. J. (eds), Practical Applications of GIS for Archaeologists - A Predictive Modelling Kit. Taylor and Francis, London.

Abstract of the presentation

The FNR 'Espace et Patrimoine Culturel' Project: A computer aided Cultural Heritage management tool* for the Great-Duchy of Luxembourg

Keywords: Grand Duchy of Luxembourg; Middle Mosel Basin; Gutland; Müllerthal; Luxembourg sandstone; management of archaeological heritage; historical and cultural potential; 'archäoprognose'; predictive model

Example of the Müllerthal pilot area

This paper presents the progress of the 'Espace et Patrimoine Culturel' (EPC) project, backed by the Luxembourg National Research Fund (FNR), through the example of the data currently being acquired and digitised for the region located in the east-center of the Grand Duchy, known as the 'Müllerthal'. As part of the FNR's 'Vivre demain au Luxembourg' program, the Prehistory department of the 'Musée National d'Histoire et d'Art' of Luxembourg (MNHA) is working on this five-year project (2003–2008) in partnership with other Luxembourg national Administration, e.g. the 'Administration of Cadaster and Topography' (Administration du Cadastre et de la Topographie- ACT), 'Service des Sites et Monuments Nationaux' (Department of National Sites and Monuments - SSMN), the 'Musée National d'Histoire Naturelle' (National Museum of Natural History - MNHN), the 'Services Archéologiques et Géologiques des Ponts et Chaussées - Archaeological and Geological Departments of the Highways Administration - SGL), the 'Administration des Eaux et Forêts' (Forestry Commission - ADEF), the 'Administration de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme' (Administration of Land Planning and Urbanism - DATUR), and with the cooperation of various local authorities and foreign institutions. The aim of this project is to create a georeferenced Cultural Heritage database interfaced with a Geographic Information System (GIS) including the cultural obligations to be observed when carrying out any construction and land planning work. This IT Application for evaluation and monitoring application is designed to be used as a support tool for decision-making and to enable the various public and private actors involved in spatial planning to manage and consult cultural (archaeological, architectural, historical, etc.) resources regarding Luxembourg.

Protecting the Cultural Heritage and 'archäoprognose'**: the need to develop predictive models

The Application currently under development focuses on two main subject areas: the development (planning and processing) of a meta database for managing the Cultural Heritage data and the creation of a map server. The map server allows access to map layers provided by partners (national administrations and private cabinets) or produced by departments of the MNHA, and the SSMN, simply by using a Web browser. The EPC map server (Interactive Map of the Luxembourg Heritage) is being developed as an open-source software solution in order to ensure system interoperability and copyright-free access and use. The objective of this parallel approach is ultimately to allow both the 'map' and 'database' modules to be searched as part of the same consultation process.

Müllerthal: 'pilot region' for Luxembourg sandstone

The next stage is to analyse and encode heritage information derived from pilot areas, preselected on the basis of how well they represent Luxembourg (Mosel Valley, coal basin, Gutland, Oesling, etc.). The 'Müllerthal' region was chosen to represent the Luxembourg sandstone formations of the Gutland regarding the critical mass and the variety of its information resources. This information is currently being examined according to various guidelines and relevant criteria laid down in advance. Beyond a simple inventory of known resources, the aim of the critical data analysis is to conduct predictive modeling by region, produce the map of the archaeological and Cultural heritage Potentialities and, with the help this 'spatial monitoring system', to specify areas with different degrees of sensitivity.

* i.e. Cultural Heritage oriented GIS

** German Term: predictive modeling

Grès de Luxembourg et Mégalithisme: bilan après 5 années de recherche

François VALOTTEAU et Foni LE BRUN-RICALES

Section Préhistoire du Musée national d'histoire et d'art
241, rue de Luxembourg, L-8077 Bertrange
francois.valotteau@mnha.etat.lu, foni.le-brun@mnha.etat.lu

Mots-clés: Grand-Duché de Luxembourg; Bassin de la moyenne Moselle; Gutland; Grès de Luxembourg; Néolithique; mégalithisme; menhir; rite funéraire; sépulture

Dans le cadre de la mise en oeuvre récente d'un programme de recherche par la section Préhistoire du Musée national d'histoire et d'art du Luxembourg (MNHA) visant à dresser un état de la question sur le mégalithisme au Luxembourg, différents sites ont été sélectionnés et analysés avec un examen critique de la documentation disponible (Le Brun-Ricalens 1995) précédant des investigations de terrain. Dans cette perspective, des recherches ont été entreprises entre 2000 et 2004 à Berdorf-«Schnellert», sur le menhir de Reckangeles-Mersch- «Béisenerbiërg», sur un bloc isolé lors des fouilles de Nommern-«Auf den Leyen» et sur le site du «Deiwelselter» à Diekirch (Fig. 2).

Berdorf-«Schnellert»

Considéré comme un dolmen depuis la fouille de Nicolas van Werveke de 1908, le pseudo-dolmen du «Schnellert» à Berdorf a fait l'objet de nouvelles investigations en septembre 2000. Ces recherches ont permis de compléter la série d'ossements humains préhistoriques ainsi que de démontrer le caractère entièrement naturel de la sépulture (chaos de blocs de Grès de Luxembourg). Cependant, sa forte ressemblance avec un dolmen a incité une population de la fin du Néolithique à y inhumér un homme d'environ 40 ans et un enfant d'une douzaine d'années, aux alentours de 2700 ans avant J.-C. (Fig. 1) (Valotteau *et al.* 2000; Le Brun-Ricalens *et al.* 2003).



Fig. 1: Berdorf-«Schnellert», vue du site à la fin des fouilles. Ce chaos naturel évoquant l'aspect d'un dolmen simple a abrité une sépulture de la fin du Néolithique. Photo: C. Weber.

symétrique, obtenue volontairement par l'enlèvement de nombreux gros éclats périphériques alternés, évoque une silhouette humaine suggérée par un rétrécissement à la taille et par deux épaulements dégageant une tête (Fig. 3) (Le Brun-Ricalens & Valotteau 2003). Cette pierre dressée anthropomorphe est le premier mégalithe attesté au Luxembourg. Il constitue l'un des plus vieux monuments connus au Grand-Duché (Valotteau 2002).

Mersch-«Béisenerbiërg»

En 2001, à l'emplacement d'une imposante pierre allongée, la fouille d'une fosse de calage a permis d'affirmer l'ancienneté du monument mégalithique du «Beisenerbiërg» à Reckange-les-Mersch. Ce menhir a près de 3 m de hauteur. Sa forme

Nommern-«Auf den Leyen»

En 2002, lors des sondages de l'ensemble de rochers gravés de Nommern-«Auf den Leyen», un rocher isolé situé au sud-ouest du plateau de 2 m de haut et de forme un peu pyramidale aux



Fig. 2: Localisation des sites présentés. Pointillés: Grès de Luxembourg (F. Tessier & F. Valotteau).



Fig. 3: Pierre dressée de Mersch-«Béisenerbiërg», face dorsale présentant des stigmates de taille.
Photo: T. Lucas.

bords arrondis avait retenu l'attention, évoquant par sa morphologie un monument néolithique de type pierre dressée (menhir). Ne semblant pas être en place géologiquement, possédant de plus un fort réseau d'érosion à son sommet (Fig. 4), ce bloc isolé présentait suffisamment d'indices pertinents pour motiver un sondage de contrôle. Suite aux recherches pratiquées, on a pu prouver que ce rocher «Solitaire» s'est mis en place naturellement par glissement ou roulement à une date ancienne indéterminée. Le secteur a été fréquenté au Mésolithique ancien ou moyen, peut-être comme poste d'observation des vallées situées au sud et à l'ouest. Par ailleurs, un glissement de terrain s'est produit à une date plus récente, peut-être à l'Âge du Fer. Il a entraîné un amas pierreux qui s'est bloqué contre le rocher et a scellé le niveau mésolithique. Enfin, des indices de fréquentation



Fig. 4: Nommern-«Auf den Leyen», rocher «Solitaire». Menhir potentiel, il est en fait un bloc isolé déplacé lors d'un glissement naturel. Photo: F. Valotteau.

de l'Âge du Fer (groupe de Laufeld et La Tène ancienne) ont été également recueillis (Valotteau à paraître).

Diekirch-«Deiwelselter»

En 2004 s'est déroulée une fouille programmée visant à renseigner sur l'état d'origine du monument de Diekirch-«Deiwelselter» considéré comme un dolmen détruit et reconstitué de manière fantaisiste (Fig. 5). La fouille permit de constater que toutes les éventuelles structures résiduelles avaient été oblitérées par la reconstitution de 1892 et aucun artefact n'a été mis au jour. Cependant, l'existence d'un squelette humain découvert lors de la «reconstitution» de 1892 a été récemment



Fig. 5: Vue des fouilles de Diekirch- «Deiwelselter». L'aspect fantaisiste du monument est du à une reconstitution «romantique» malheureuse en 1892.
Photo: F. Valotteau.

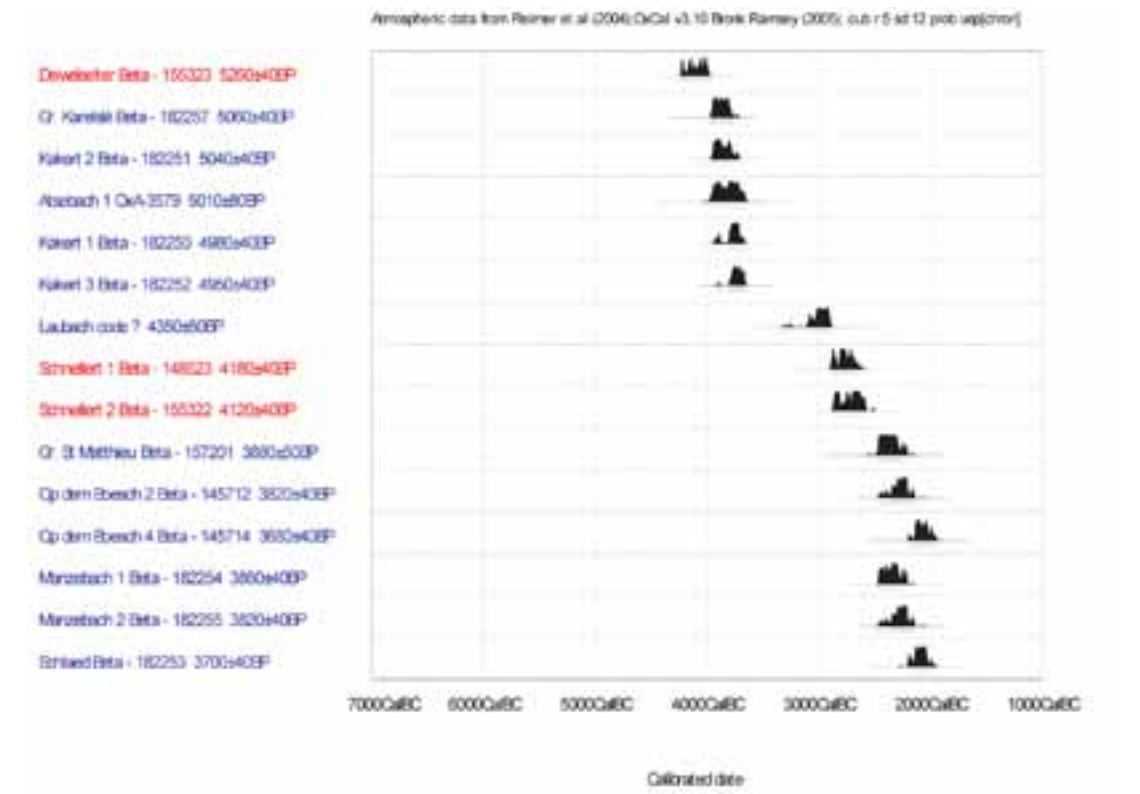


Fig. 6: Tableau synoptique des datations réalisées sur ossements humains au Luxembourg. En rouge : sites présentés dans le texte.

daté de la fin du Vème millénaire avant J.-C. Il atteste l’existence d’une sépulture néolithique. Si le caractère mégalithique ne peut être prouvé, on peut néanmoins proposer de voir dans le Deiwelselt un chaos naturel ou un monument inédit ayant abrité une sépulture (Valotteau 2005).

Bilan et perspectives

A l’issue de 5 années de recherche programmée sur le «mégalthisme au Grand-Duché de Luxembourg», on constate la difficulté de ce type d’investigations. Chaque site doit être critiqué, afin d’établir le caractère mégalithique ou non, sur la base de critères définis (Toussaint *et al.* 2005). Parfois un simple examen suffit, le plus souvent une fouille est nécessaire. En cinq ans, si plusieurs mégalithes potentiels ont pu être déclassés (rocher «Solitaire» de Nommern, pierres erratiques de Beckerich, faux menhir d’Oberpallen, bornes historiques diverses...) et que quelques ensembles demeurent

à vérifier (comme la Pierre du Diable sur le Grauenstein à Manternach), l’existence sur le territoire luxembourgeois de ce type de monument a pu être mis en évidence avec le menhir de Mersch. Par ailleurs, cette problématique a permis d’étudier quelques sépultures préhistoriques sous chaos naturel, évoquant par leur forme des mégalithes. Parallèlement, un autre projet de recherche de la section Préhistoire concernant les rites funéraires préhistoriques consiste à inventorier, étudier, dater, restaurer, conserver et publier tous les restes humains anciens (Fig. 6) mis au jour au Grand-Duché notamment dans des cavités naturelles (Le Brun-Ricalens 2004). Ces découvertes attestent des excellentes conditions de conservation des ossements, conservation rendue possible grâce à la matrice calcaire présente dans le grès hettangien. Ces diverses observations corroborent l’important potentiel archéologique de la région du Grès de Luxembourg (Fig. 2).

Bibliographie

- Le Brun-Ricalens F. 1995. - Le Néolithique du Grand-Duché de Luxembourg - Essai de synthèse. Bulletin de la Société préhistorique luxembourgeoise 16 (1994): 99-124.
- Le Brun-Ricalens F. 2004. - Ossements préhistoriques : les collections de Marcel Heuertz, in 150 Joer Musée national d'histoire naturelle, Luxembourg: 146-153.
- Le Brun-Ricalens F., Hauzeur A., Toussaint M., Jost C. & Valotteau F. 2003. - Les deux sépultures campaniformes d'Altwies- «Op dem Boesch» (Grand-Duché de Luxembourg) : matériel archéologique et contexte régional. Bulletin de la Société Préhistorique Luxembourgeoise 23-24 (2001-2002): 285-300.
- Le Brun-Ricalens F. & Valotteau F. (à paraître). - Mégalithe et tailleur de pierre : l'exemple du menhir taillé du «Béisenerbiert» à Reckange-lès-Mersch (G.-D. de Luxembourg). 26ème colloque interrégional sur le Néolithique, Luxembourg, 2003.
- Toussaint M., Pirson S., Frébutte C. & Valotteau F. 2005. - Critères d'identification des menhirs dans la préhistoire belgo-luxembourgeoise. Bulletin de la Société Préhistorique Française 102/3: 597-611.
- Valotteau F. & Toussaint M. 2000. - Dolmen du Schnellert Commune de Berdorf (G.-D. de Luxembourg). Rapport d'Archéologie programmée n°2, Fouilles programmées, archives internes de la section Préhistoire du MNHAL.
- Valotteau F. 2001. - Pierre dressée du «Béisenerbiert», commune de Mersch. Rapport d'Archéologie programmée n°3, Fouilles programmées, archives internes de la section Préhistoire du MNHAL.
- Valotteau F. 2002. - La pierre dressée du «Béisenerbiert» à Reckange-lès-Mersch : premier menhir attesté au Grand-Duché de Luxembourg. Archaeologia Mosellana 4 (2002): 19-35.
- Valotteau F. 2002. - Le menhir du «Béisenerbiert» à Reckange-lès-Mersch : un des premiers «monuments» luxembourgeois. Musée Info 15: 22-23.
- Valotteau F. 2003. - Ensemble de rochers gravés de Nommern- «Auf den Leyen» Commune de Nommern (G.-D. de Luxembourg). Rapport d'Archéologie programmée n°5, Fouilles programmées, archives internes de la section Préhistoire du MNHAL.
- Valotteau F. 2004. - Monument mégalithique (?) de Diekirch- «Deiweleselter». Rapport d'Archéologie programmée n°6, Fouilles programmées, archives internes de la section Préhistoire du MNHAL.
- Valotteau F. (à paraître). - Ensemble de rochers gravés de Nommern- «Auf den Leyen», bilan des connaissances à l'issue de la campagne de fouille 2002. Bulletin de la Société Préhistorique Luxembourgeoise 25/2003.
- Valotteau F., Le Brun-Ricalens F. & Toussaint M. 2001. - Fouilles du «dolmen» du Schnellert dans le Müllerthal - Redécouverte d'une sépulture collective néolithique vieille de près de 4750 ans. Musée Info 14 : 30-31.
- Valotteau F., Toussaint M. & Le Brun-Ricalens F. 2002. - Le pseudo-dolmen du Schnellert, commune de Berdorf (Grand-Duché de Luxembourg) : état de la question à l'issue de la campagne de fouille 2000. Bulletin de la Société Préhistorique Luxembourgeoise 22 (2000): 131-161.
- Valotteau F., Le Brun-Ricalens F. & Arensdorff G. 2003. - Fouilles archéologiques à Nommern- «Auf den Leyen». Musée Info 16: 22-25.

Abstract of the presentation**Luxembourg sandstone and megalithism: A five years of research review**

Keywords: Grand Duchy of Luxembourg; Middle Mosel Basin; Gutland; Luxembourg sandstone; Neolithic; megalithism; menhir; funerary rites; graves

Following the implementation of a research program by the Prehistory Section of the 'Musée national d'histoire et d'art' reporting on megalithism in Luxembourg, various sites have been selected and analysed, on the basis of a critical examination of the reference material available, prior to conducting investigations on the ground. To that end, research was carried out at the 'Schnellert' site in Berdorf in 2000, on the 'Béisenerbiérg' menhir in Reckange-lès-Mersch in 2001, on an isolated stone during excavations at the 'Auf den Leyen' site in Nommern in 2002, and at the 'Deiwielselter' site in Diekirch in 2004. The main findings of this research will be presented on a poster.

The research program on 'megalithism in the Grand Duchy of Luxembourg' has revealed the difficulties and issues in the conduct such an investigation. Each site must be analysed in order to establish the presence or absence of megalithic structures, on the basis of specific criteria. Sometimes a very basic examination is sufficient, but, more often, excavation work proves necessary. Over

the five years of research, despite several suspected megaliths having been dismissed as such ('Solitaire' rock in Nommern, erratic stones in Beckerich, pseudo-menhir in Oberpalen, various historical boundary stones, etc.), the existence of this type of prehistoric monument has nevertheless been revealed for the first time in Luxembourg in the form of the Mersch menhir. Furthermore, this issue made it possible to study several Neolithic graves beneath natural boulder fields whose appearance was suggestive of megaliths. Alongside this programme, a second complementary research project currently being developed by the Prehistory Section concerns prehistoric funerary rites and consists in making an inventory of, studying, dating, restoring, preserving and publishing all human remains recovered from natural hollows in the Grand Duchy. These discoveries are evidence of the excellent conditions for the preservation of bones, made possible thanks to the limestone matrix present in Hettangien sandstone. All the observations corroborate the tremendous archaeological potential of the Luxembourg sandstone region.

Microclimatic conditions in a sandstone gorge with *Hymenophyllum tunbrigense*

Guy COLLING, Thierry HELMINGER & Jim MEISCH

Musée national d'histoire naturelle
25 rue Münster, L-2160 Luxembourg
guy.colling@mnhn.lu, thelminger@mnhn.lu, jmeisch@mnhn.lu

Introduction

We studied the microclimatic conditions of a sandstone gorge with a large population of *Hymenophyllum tunbrigense* in Luxembourg near

Berdorf (Fig. 1; 2). Data on temperature and relative humidity (RH) were hourly registered with automatic data loggers from November 2001 to March 2003. One data logger (T1) had been placed at two m height above ground on the rock face with the main Luxembourg population of *H. tunbrigense*. The second data logger (T2) had been placed at the upper limit of the same population at ten m above ground. The third data logger (T3) had been placed outside the sandstone gorge at three m height on the trunk of a tree growing on the plateau at ten meters distance from the gorge.



Fig. 1: Population of *Hymenophyllum tunbrigense* in a sandstone gorge. Photo: Jim Meisch 2003.



Fig. 2: *Hymenophyllum tunbrigense*. Photo: Oliver Schneider 2002.

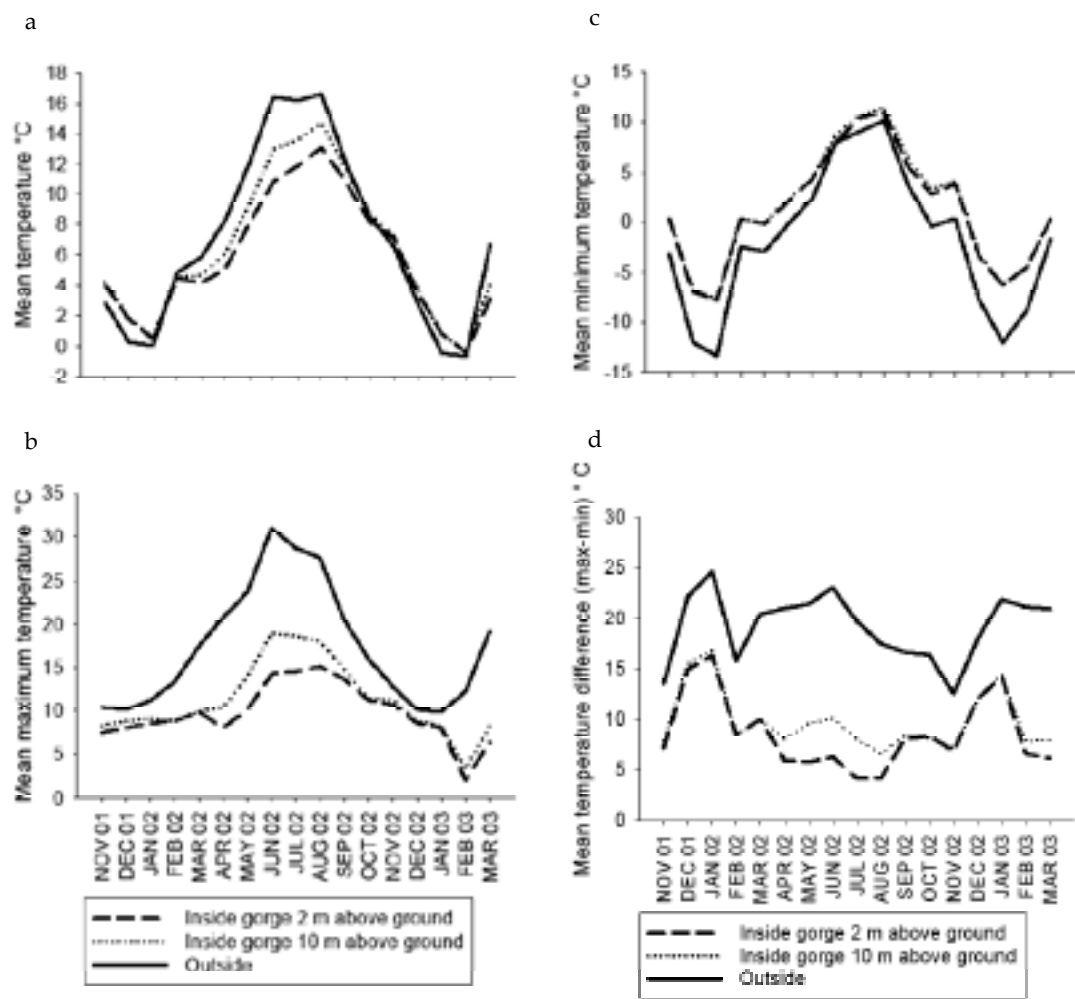


Fig. 3: Mean values of a) temperature b) maximum temperature c) minimum temperature and d) temperature difference (max-min) inside and outside a sandstone gorge with *Hymenophyllum tunbrigense*.

Temperature and RH

Temperatures were buffered in the sandstone gorge i.e. the summers were less hot and winters less cold (Figs 3a, b, c). Temperature ranges (max-min) were also less important (Fig. 3d). However, mean RH was more variable inside the gorge (Fig. 4). Mean relative humidity over the whole measurement period did not differ significantly in and outside the gorge but the frequency of hourly measures with RH=100% was much higher inside

the gorge (T1 = 42.7%, T2 = 35.5%) than outside (T3 = 25%). One possible explanation for this difference is a higher frequency of dew formation inside the gorge. As air temperature inside the gorge during the vegetation period is much lower than in the surrounding forests, warm humid air from the surrounding forests is cooled down in the gorge until the dew point is reached. Furthermore *H. tunbrigense* only occurs on the slightly inclined rock face (Fig. 1), which receives additional water from surface runoff during precipitations.

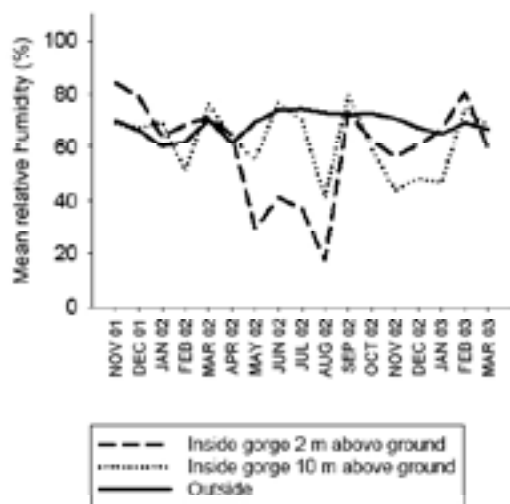


Fig. 4: Mean values of relative humidity inside and outside a sandstone gorge with *Hymenophyllum tunbrigense*.

Conclusions

H. tunbrigense is not dependent on water uptake through the vascular system and can absorb water through its leaves (Härtel 1940). Therefore we conclude that it is the combination of increased dew formation, rain runoff and buffered temperatures that maintains a favourable Atlantic microclimate for the populations of *H. tunbrigense* inside the Luxembourg sandstone gorges.

Reference

Härtel O. 1940. - Physiologische Studien an Hymenophyllaceen. II Wasserhaushalt und Resistenz. Protoplasma 34: 489-514.

Résumé de la présentation

Conditions microclimatiques dans une gorge de grès abritant *Hymenophyllum tunbrigense*

Nous avons étudié les conditions microclimatiques au sein d'une gorge de grès abritant une grande population d'*Hymenophyllum tunbrigense*, près de Berdorf au Luxembourg. Les données de température et d'humidité relative (RH) ont été mesurées toutes les heures grâce à des enregistreurs automatiques, et ce de novembre 2001 à mars 2003. Un enregistreur (T1) a été placé à deux mètres au-dessus du sol sur la face rocheuse où se trouve la principale population d'*H. tunbrigense* au Luxembourg. Un autre enregistreur (T2) a été installé à la limite supérieure de cette même population, à dix mètres au-dessus du sol. Enfin, le troisième enregistreur (T3) a été mis à l'extérieur de la gorge de grès, à trois mètres de haut, sur le tronc d'un arbre poussant sur le plateau à une distance de dix mètres de la gorge.

Ces enregistreurs ont montré que les températures subissaient un effet tampon dans la gorge de grès, c'est-à-dire que les étés y étaient moins chauds et les hivers moins froids. Les écarts de température (maximum) étaient également moins importants. Néanmoins, l'humidité relative moyenne était plus variable à l'intérieur de la gorge. La RH moyenne durant l'ensemble de

la période de mesure ne différait pas significativement à l'intérieur et à l'extérieur de la gorge mais la fréquence des mesures horaires avec 100% d'humidité relative était bien plus élevée à l'intérieur de la gorge (T1 = 42.7%, T2 = 35.5% et T3 = 25%). Pour expliquer cette différence, on peut émettre l'hypothèse d'une plus grande fréquence de formation de rosée dans la gorge. Comme la température de l'air à l'intérieur de la gorge pendant la période de végétation est très inférieure à celle des forêts alentours, l'air humide et chaud de ces forêts est refroidi dans la gorge jusqu'à ce que le point de rosée soit atteint. De plus, *H. tunbrigense* est présent seulement sur la face rocheuse légèrement inclinée qui reçoit en supplément l'eau de ruissellement pendant les pluies. *H. tunbrigense* ne dépend pas de l'assimilation d'eau par le système vasculaire et peut absorber de l'eau par les feuilles. Ainsi, nous pouvons conclure que c'est la combinaison d'une formation accrue de rosée, de l'écoulement de la pluie et des températures subissant un effet tampon qui maintient un microclimat de type Atlantique favorable aux populations d'*H. tunbrigense* à l'intérieur des gorges de grès luxembourgeoises.

The Hymenophyllaceae (Pteridophyta) in Luxembourg. Past, present and future

Yves KRIPPEL

Research associate of the Luxembourg National Museum of Natural History
18A, rue de Rollingen, L-7475 Schoos
yves.krippel@mnhn.lu

Keywords: *Hymenophyllum tunbrigense*, *Trichomanes speciosum*, Luxembourg, Petite Suisse

Introduction

Luxembourg, and in particular the 'Petite Suisse' sandstone region, is one of the few continental areas ever known for *Hymenophyllum tunbrigense* (L.) Smith, a species that generally occurs in a more Atlantic range (Jalas & Suominen 1972). The Tunbridge filmy-fern was first discovered in this continental island in 1823, but the location of the major colonies remained uncertain until the early 20th century following its re-discovery in 1873. In 1993 the gametophytes of another filmy-fern, the Killarney fern (*Trichomanes speciosum* Willd.), were first discovered for continental Europe in the same region. Investigations showed however, that unlike *Hymenophyllum tunbrigense*, the gametophytes of *Trichomanes speciosum* are quite common in the 'Petite Suisse' area, as well as on Devonian schist in the Luxembourg Ardennes region.

Tunbridge Filmy-fern (*Hymenophyllum tunbrigense*)

History of its discovery

Hymenophyllum tunbrigense (Fig. 1) was first discovered in Luxembourg - and so within continental Europe - by the Belgium Botanist B.C. Du Mortier on a botanical trip with his friend P. Michel in 1823 [1821 as often mentioned in literature is not correct (Reichling 2005)]. At that time however nobody seemed very impressed by the discovery of that Atlantic species in this continental island. Half a century passed, and it was in 1873, that J.-P. J. Koltz rediscovered the plant near Berdorf in the valley of the Roitzbach (Koltz 1873). After the first discoveries in Luxembourg, numerous investigations were made in the region and several



Fig. 1: Patch of *Hymenophyllum tunbrigense* (Tunbridge Filmy-fern) with leaves in good condition, near Berdorf (Luxembourg). Photo: Y. Krippel.

sites were found in the 'Petite Suisse', but the long-awaited discovery in the German part of the Luxembourg sandstone area was only made in 1963 (Nieschalk 1964). Within continental Europe the Tunbridge Filmy-fern was also found in the Elbsandsteingebirge (sites unfortunately extinct) and in the French Vosges (Jalas & Suominen 1972). Nowadays the populations of *Hymenophyllum tunbrigense* have seriously suffered and many sites are extinct in the region, as well as in other parts of Europe.

Distribution and status

The 'Petite Suisse' area in Luxembourg is one of the few continental areas ever known for *Hymenophyllum tunbrigense*. Due to environmental changes and external pressures (specimen collections, tourism and outdoor activities, ...) a certain amount of sites have disappeared in the last decades (Fig. 2). Recent surveys have now shown a certain population increase.

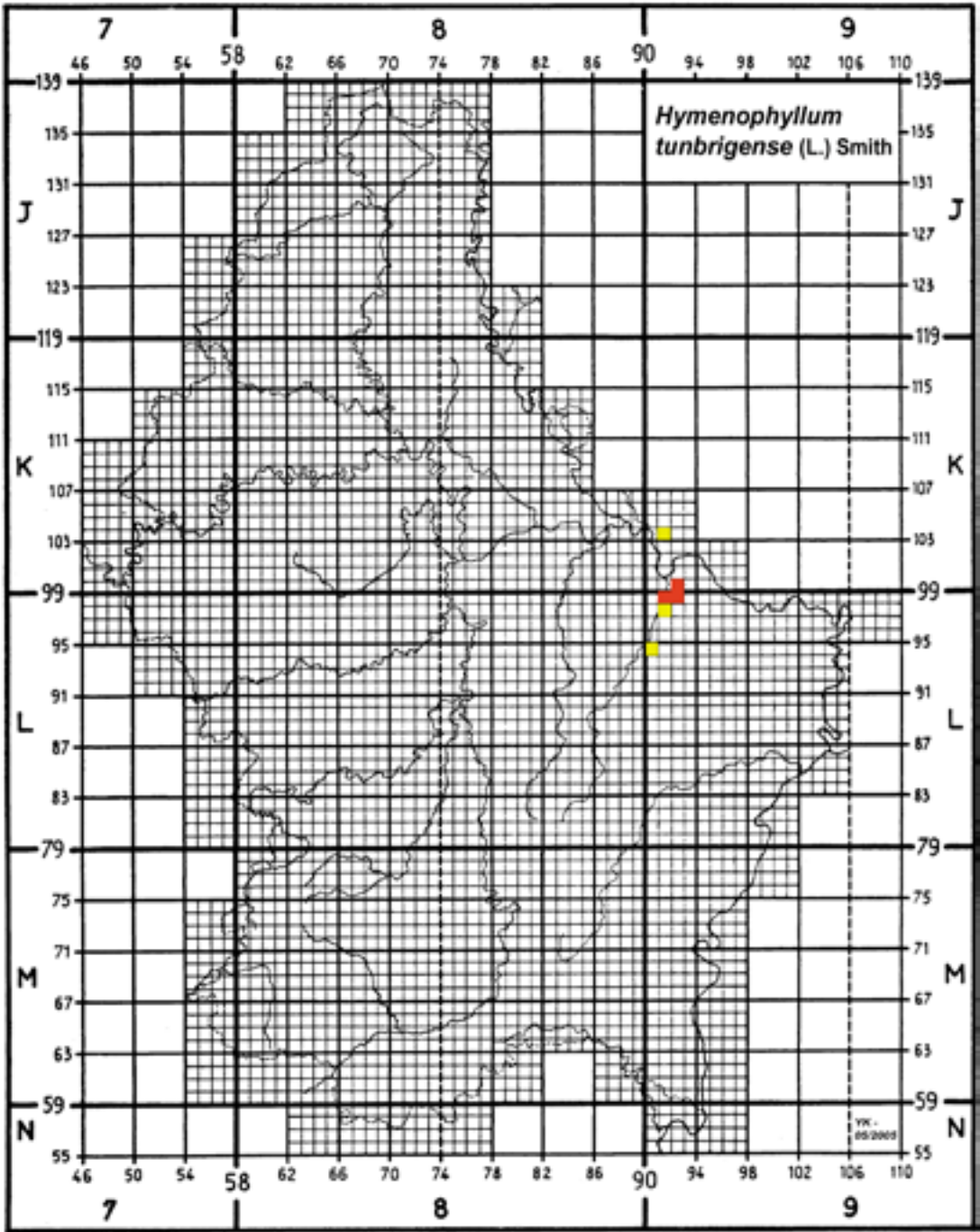


Fig. 2: Distribution map of *Hymenophyllum tunbrigense* (yellow squares: extinct sites, red squares: still existing sites). Grid: Gauss-Luxembourg, square kilometres.

An initial survey, realised in 1988, revealed the existence of 240 patches of filmy-fern which are scattered amongst 27 sites. Their distribution shows a cluster of 5 major rock complexes which are situated circa one kilometre apart. A total of 20849 leaves covering a surface area estimated at 11.88 m² were identified. Of these, only 40% were considered to be in good conditions and the majority of the population comprised either dead or dying leaves, with only one of the colonies containing a few fertile leaves. (Schwenninger 1988).

A new survey carried out in 2000 has shown that the number of filmy-fern patches has increased to 360 and the entire population now spreads over a surface area estimated at 12.38 m², consisting of some 74700 leaves of which 74% are considered to be in good condition. Fertile leaves totalled 212 and were encountered in most sites. For the first time, filmy-fern gametophytes and young sporophytes were identified, thereby confirming that it is capable of reproducing both by vegetative spread and spores in its continental refuge. (Schwenninger 2001). Although the majority of sites generally reflect this population increase, the remarkable recovery is due largely to the contribution of the two sites from which the public has been excluded since 1993. On a global level however, the number of sites is continuing to dwindle. Those sites where the fern was considered to be in danger of becoming extinct in 1988 have now disappeared and the total number of individual sites which are physically separated from each other appears to have gradually decreased throughout the 20th century.

Prospects and conservation

The collection of botanical specimens, undesirable silvicultural interventions in the past, activities related to tourism as well as rock climbing, represent the major threats for the *Hymenophyllum* sites. Not surprising that the drastic measures to remove the massive human presence at some sites - by setting up gates in 1993 - have well contributed to the expansion of some populations. It is however possible that overall climatic conditions may have been particularly beneficial to the growth rates of the filmy-fern colonies in recent years, perhaps as a consequence of global warming or that we may be dealing with long-term fluctuations in population cycles.

Besides the mentioned gates, some other minor measures and a new set of local bylaws governing the legal conditions under which rock climbing is permitted were carried out. But attempts to enhance the legal protection of filmy-fern sites and boost conservation initiatives in the area by officially designating the entire forest as a national nature reserve failed so far.

Killarney Fern (*Trichomanes speciosum*)

History of its discovery

Although primarily a species of the UK, Ireland, Brittany and the Atlantic Islands (Canaries, Madeira and Azores), the filmy-fern *Trichomanes speciosum* (Killarney fern) is also found in Europe at scattered locations in other parts of France, Spain, Portugal and Italy (Jalas & Suominen 1972). The gametophytic generation of *Trichomanes speciosum* can however be found independently of the sporophyte and seems to be widespread in Europe, in contrast to the sporophyte (Rumsey et al. 1999). It appears however to exist in a state of arrested development, unable to produce the mature form under present conditions. In Luxembourg the independent gametophyte of *Trichomanes speciosum* was first discovered in 1993 (Jermy pers. comm., Rasbach, Rasbach & Jérôme 1993). And again this was the first observation of this - even more Atlantic - species inside the continent! After the first discoveries in the "Petite Suisse" in Luxembourg, the gametophytes of *T. speciosum* were found in many places on the continent (France, Germany, Belgium, Czech Republic and more recently in Poland (Krukowski & Świerkosz 2004)). In Luxembourg, systematic investigations revealed a great number of populations, not only in the Luxembourg Sandstone region, but also on Devonian Schist in the Ardennes region (Krippel 2001).



Fig. 3: Gametophytes of *Trichomanes speciosum* (Killarney fern) on Luxembourg sandstone. Photo: Y. Krippel.

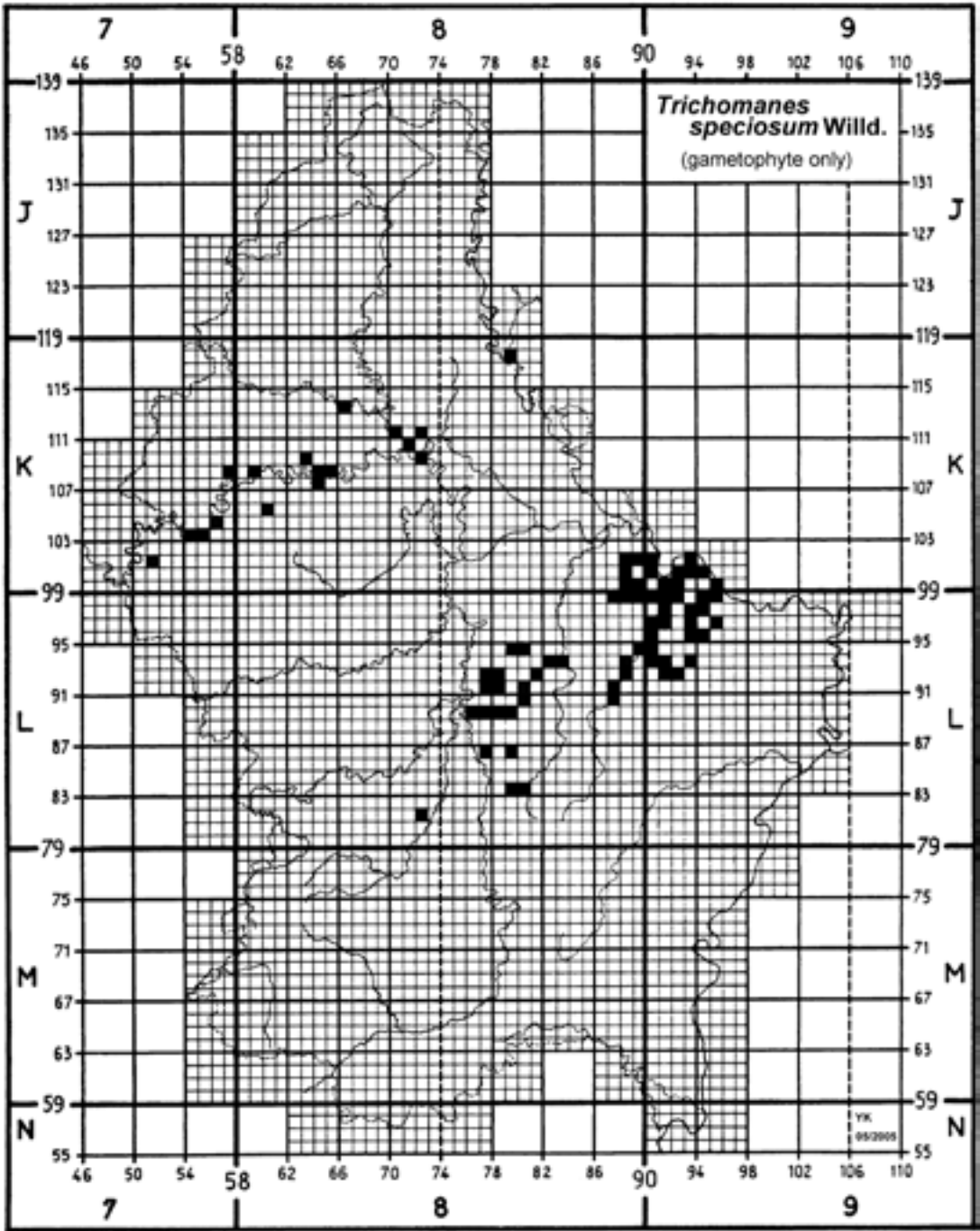


Fig. 4: Distribution map of *Trichomanes speciosum*. Grid: Gauss-Luxembourg, square kilometres.

Distribution and status

Trichomanes speciosum is growing in Luxembourg as an 'independent gametophyte' with vegetative reproduction and dispersion by the way of gemmae (Fig. 3). Different studies and systematic investigations over the last 5 years showed that the gametophytes of *Trichomanes speciosum* are relatively well distributed throughout the 'Petite Suisse' sandstone area with nevertheless 2 major distribution spots. The first one is situated on both sides of the 'Ernz noire' between Echternach, Berdorf, Beaufort, Waldbillig, Christnach and Consdorf, the second one between the 'Ernz blanche' and the Valley of the Alzette. A third major distribution area is situated in the Ardennes region, especially in the valley of the Upper-Sûre. At present date, more than 120 sites are known in 80 different square kilometres (Fig. 4). Even if the species is quite widespread in Luxembourg, the populations occurring in the 'Petite Suisse' are the most luxuriant ones. The status of the independent *Trichomanes speciosum* gametophyte populations in Luxembourg is - as far as no major site alterations, resulting in drastic climatic changes, occur - considered as not threatened.

Conclusion

Luxembourg, and in particular the 'Petite Suisse' sandstone area, is one of the few regions in continental Europe where two species of the Hymenophyllaceae family occur. *Hymenophyllum tunbrigense* is - no doubt about that - the greatest treasure. Despite the recent increase in the overall *Hymenophyllum* population and the apparent success at securing the protection of the most 'valuable' sites, the further loss of small sites is regrettable. The survival of the species isn't guaranteed, as the most important group of sites are all restricted to a single crevasse, currently holding 74% of the overall population. A global conservation management plan, integrating the recent microclimatic and genetic studies is therefore imperative in order to maintain the species. Concerning *Trichomanes speciosum*, only the gametophytic stage is to be found in Luxembourg. The gametophytes are quite widespread in Luxembourg and the species is considered as not threatened. However, pteridologists don't give up, and perhaps one day the sporophytic generation will also be found in the region.

References

- Jalas J. & Suominen J. (eds.) 1972. - Atlas Florae Europae. Distribution of vascular plants in Europe. Vol.1: Pteridophyta (Psilotaceae to Azollaceae). - The Committee for Mapping the Flora of Europe and Societas Biologica Fennica Venamo, Helsinki, 121 p.
- Koltz J.-P. J. 1873. - *Hymenophyllum tunbridgense* Sm. - Bull. Soc. roy. Bot. Belg. XII : 449-453.
- Krippel Y. 2001. - Aire de répartition et statut de *Trichomanes speciosum* Willd. (Hymenophyllaceae) au Grand-Duché de Luxembourg. - Bull. Soc. Nat. luxemb. 102: 3-13.
- Krukowski M. & Świerkosz K. 2004. - Discovery of the gametophytes of *Trichomanes speciosum* (Hymenophyllaceae: Pteridophyta) in Poland and its biogeographical importance. Fern Gaz. 17(2): 79-84.
- Nieschalk A. et C., 1964. - *Hymenophyllum tunbrigense* (L.) Sm. (Englischer Hautfarn) im westlichen Deutschland. - Decheniana 117, 1/2: 151-152. 2 pl h.t.
- Rasbach H., Rasbach K. & Jérôme C. 1993. - Über das Vorkommen des Hautfarns *Trichomanes speciosum* (Hymenophyllaceae) in den Vogesen (Frankreich) und dem benachbarten Deutschland. Carlinea 51: 51-52.
- Reichling L. (coll. Y. Krippel) 2005. - Die Farnpflanzen (Pteridophyta) des Müllerthalgebietes. - In: Y. Krippel (ed.). - Die Kleine Luxemburger Schweiz. Geheimnisvolle Felsenlandschaft im Wandel der Zeit, 251 p.
- Rumsey F.J., Vogel J.C., Russel S.J., Barret J.A. & Gibby M. 1999. - Population structure and conservation biology of the endangered fern *Trichomanes speciosum* Willd. (Hymenophyllaceae) at its northern distributional limit. - Biological Journal of the Linnean Society 66: 333-344.
- Schwenninger J.-L. 1988. - *Hymenophyllum tunbrigense* (L.) Sm. - Rapport d'étude sur l'écologie et la conservation de l'espèce. - Ministère de l'Environnement. Administration des Eaux et Forêts, 107 p. (unpublished).
- Schwenninger J.-L. 2001. Inventaire phytosanitaire et conservation des populations relic-tuelles de *Hymenophyllum tunbrigense* (L.) Smith (Hymenophyllaceae : Pteridophyta) au Grand-Duché de Luxembourg. - Ministère de l'Environnement, Administration des Eaux et Forêts, 153 p. (unpublished).

Résumé de la présentation

Les Hymenophyllaceae (Pteridophyta) au Luxembourg. Passé, présent et futur

Mots-clés: *Hymenophyllum tunbrigense*; *Trichomanes speciosum*; Luxembourg; Petite Suisse

Le Grand-Duché de Luxembourg et en particulier la région gréseuse de la Petite-Suisse luxembourgeoise sont une des rares régions continentales renommées pour leurs populations rélictuelles d'Hyménophylle de Tunbridge (*Hymenophyllum tunbrigense*), espèce qui en général pousse dans des zones à caractère plus atlantique. *Hymenophyllum tunbrigense* fut découvert pour la première fois dans ce refuge continental en 1823, mais la localisation de la majeure partie des colonies restait incertaine jusqu'au début du 20^{ème} siècle, suite à la redécouverte de l'espèce en 1873. En 1993, les gamétophytes d'une autre fougère de la famille des Hyménophyllacées, à savoir *Trichomanes speciosum* Willd. ont été découverts pour la première fois en Europe continentale dans la même région. Des investigations ont cependant montré que contrairement à *Hymenophyllum tunbrigense*, les gamétophytes de *Trichomanes speciosum* sont assez communs dans la Petite Suisse luxembourgeoise, de même que sur les schistes dévoniens en Ardenne luxembourgeoises.

En ce qui concerne le statut d'*Hymenophyllum tunbrigense* au Luxembourg, un certain nombre de sites ont malheu-

reusement disparus au cours des dernières décennies, suite à des changements environnementaux ou des pressions externes (tourisme, escalade, ...). D'un autre côté, des études récentes ont montré une nette augmentation de la taille des populations, ceci particulièrement à cause de deux sites, dont l'accès du public a été interdit depuis 1993. La survie d'*Hymenophyllum tunbrigense* n'est toutefois pas garantie, car les plus belles stations - comprenant 74% de la totalité des populations - sont restreintes à une seule crevasse. Un plan de gestion et de conservation global, intégrant les récentes études micro-climatiques et génétiques est donc impératif, en vue de maintenir l'espèce.

En ce qui concerne *Trichomanes speciosum*, seul le stade gamétophytique est connu au Luxembourg. Actuellement plus de 120 sites sont connus dans 80 kilomètres carrés différents. Même si l'espèce est assez bien répandue au Luxembourg, les populations les plus luxuriantes sont cependant trouvées dans la région gréseuse de la Petite Suisse. Hormis des aménagements majeurs entraînant des changements climatiques drastiques, l'espèce peut être considérée comme non menacée au Luxembourg.

Peaty micro-zones on the sandstone ridges of the Fontainebleau Massif (France): hydrology and vegetation biodiversity

Marie Nieves LIRON

Académie de Créteil, Réserve de Biosphère de Fontainebleau, Programme MAB
7, Impasse Musidora, F-77590 Bois-le-Roi
mn.liron@wanadoo.fr

Médard THIRY

Ecole des Mines de Paris
CNRS-UMR 7619 Sisyphe «Structure et fonctionnement des systèmes hydriques continentaux»
35, rue St. Honoré, F-77305 Fontainebleau
medard.thiry@ensmp.fr

Keywords: sandstone; moorland; hydrology; ecology; Paris Basin; France

Introduction

The sandstone ridges of the Fontainebleau Forest are formed of near impermeable quartzite that sustains permanent and temporary ponds. The hummocky shape of these sandstone ridges sets up wet micro-zones that form networks of variable geometry and are solely supplied by rainwater. Dry and peaty moors interweave in a complex patchwork depending on the local, even metric scale, topography. The wet micro-zones are characterized by significant spatial and temporal changes. The temporary ponds, with strong ecological constraints, shelter numerous rare species pledged to these oligotrophic and generally acidic biotopes.

Hydrology

The detailed study of the 39 ha wide Platière des Coulevreux allowed to show that the pond network consists of independent hydrographic compartments. The water stocks of the ponds are highly variable in surface, level and length of drying up periods. The modeling shows that these behaviours are mainly controlled by seepage rates through the sandstone pan (Fig. 1; Thiry & Liron 2003).

The Platière des Coulevreux has a slight westward dip of about 6 m/1 km, corresponding to successive steps separated by bare sandstone ridges. Neighbouring ponds may have different

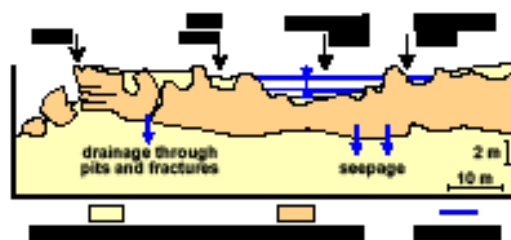


Fig. 1: Sketch showing the hydrologic behaviour of the sandstone ridges. The sandstone pan is almost impermeable and retains a perched water table within the sand of the sandstone depressions. The high level of the ponds is set by outflows at the edge of the ridge and/or through fractures and pits that cross the pan.

levels and independent hydrologic regimes, pointing out that there is no connection through the sandstone substratum.

The ponds have stable high levels corresponding to outflow thresholds. Indeed, when the ponds are at their high level the ridge is entirely water-logged and outflows occur at the edge of the ridge along small talwegs where the sandstone pan is downthrown. Some ponds discharge in each other and form local networks. Outflows may last for weeks during the wet season, particularly in the western area of the ridge.

Most ponds are relatively independant to each over. The hydrologic behaviour of the Platière des Coulevreux corresponds to a mozaic of juxtaposed wet zones separated by thresholds of bare

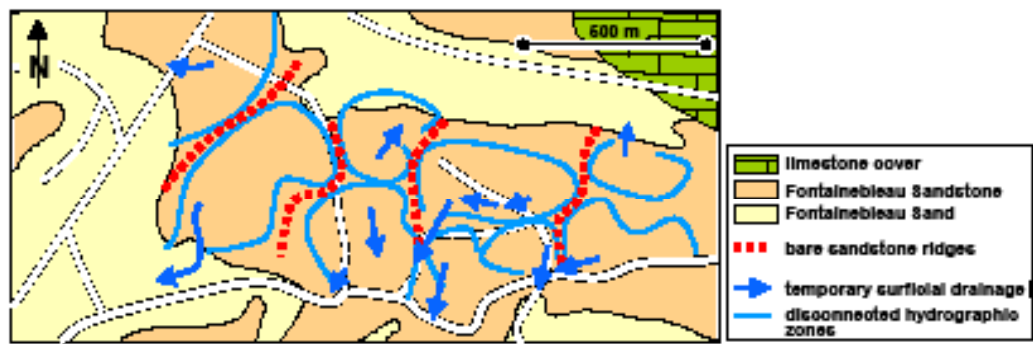


Fig. 2: Boundaries of the main hydrographic zones of the Platière des Coulevreux. The hydrographic zones are separated by thresholds of bare sandstones.

sandstones (Fig. 2). The low areas, where water flows out, have generally a healthy plant cover with pine and birch trees, due to thicker sand cover.

The ponds have distinct behaviour, with very different water level variation regims (Thiry *et al.* 2001). Some ponds have only weak level variation, especially in the western area caracterized by only sparse bare sandstones, development of *Calluna* and *Molinia*, and a dense *Sphagnum* cover, with locally peat accumulation. The deep ponds dry up only exeptionnally during summer and are surrounded by willows and rushes. Temporary ponds have high amplitude water level variations and rapidly dry up during rain shortage. Temporary ponds are often devoid of vegetation, nevertheless some shallow temporary pounds shelter a very specialized vegetation with a *Ranunculus nodiflorus* biotope (Liron 1997).

Hydrochemistry

The ponds waters have a relatively homogeneous chemical composition and are acidic, weakly mineralized and organic-rich (Tab. 1). Nevertheless, more mineralized waters with neutral pH are related to sandstone with calcareous nodules. This brings up an East-West gradient of acidity. There is a strong relationship between the hydrology of the sandstone ridge and the development and the diversity of the *Sphagnum* peaty zones. The development of peaty zones in the western area relates to: (1) the presence of more impermeable sandstones which lead to positive annual hydric balance; (2) the lack of carbonate nodules in the sandstones which brings up more acidic waters.

Table 1: Chemical composition in the waters of the ponds of the Platière des Coulevreux. A clear chemical gradient develops from East to West.

physico-chemistry				main elements										balance - méq/L		
Temp °C	pH	Eh mV	Cond. µS/cm	mg/L										anions	cations	écart
				HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	SiO ₂	Fe			
11 - shallow occidental pond with <i>Sphagnum</i>																
1.5	3.50	528	177	0	5.18	0.16	9.18	3.69	0.33	0.13	1.29	2.90	1.24	0.34	0.30	-0.04
4 - deep central pond																
3.4	4.07	490	120	0	7.19	0.14	10.46	4.82	1.13	0.69	7.18	2.10	1.51	0.42	0.73	0.30
2 - deep oriental pond																
1.5	5.86	394	148	24	5.84	0.17	26.37	3.04	0.63	0.66	18.39	2.10	0.56	1.12	1.20	0.08
14 - shallow temporary pond with <i>Ranunculus nodiflorus</i>																
2.0	6.70	470	178	131	5.60	0.74	13.64	2.92	0.62	0.53	26.21	3.00	0.15	2.60	1.54	-1.06

Biodiversity

The main biodiversity components of the site are the *Sphagnum* peaty zones. The particular dispositions of these peaty zones are related to the morphologies of the sandstone ridges (Fig. 3). Each *Sphagnum* species holds an optimal site which fulfills ecological requirements, but is also ruled by micro-climatic conditions. The different species form vertical series mostly governed by hygrometry, but may vary due to particular local conditions (shading, kind of soil, etc.).

Sphagnum species wealth

A total of 12 sphagnum species have been recognized on the Platière des Couleuvreux (Liron & Royaud 2001), that means 35% of the French species and 30% of the European species (Tab. 2).

Sphagnum magellanicum is a boreal species, living mainly in mountains, very rare in plains where it is relictual of the post-glacial period. In this regard, Fontainebleau sandstone ridges remain a sanctuary for this species.

Table 2: Inventory of the *Sphagnum* species of the 108 stations on the Platière des Couleuvreux (during spring 2001).

species	number of stations
<i>Sphagnum capillifolium</i>	42
<i>Sphagnum compactum</i>	28
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	86
<i>Sphagnum denticulatum</i>	20
<i>Sphagnum fallax</i>	13
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	42
<i>Sphagnum magellanicum</i>	1
<i>Sphagnum palustre</i>	73
<i>Sphagnum papillosum</i>	
<i>Sphagnum rubellum</i>	4
<i>Sphagnum subnitens</i>	25
<i>Sphagnum subsecundum</i>	9

Sphagnum species distribution

The *Sphagnum* associations have been mapped at the 1/2000 scale. A total of 108 ecological stations have been individualized. The *Sphagnum* communities zoning depends on the ponds morphology and is directly "plated" on the hydrology and hydrochemistry of the ponds.

The aquatic and semi-aquatic species of the site are *Sphagnum cuspidatum* and *Sphagnum denticulatum*. These are pioneer species, nevertheless sensitive to water mineralization. *Sphagnum cuspidatum* is very common on the site and develops

everywhere, even in acidic temporary ponds. *Sphagnum denticulatum* is rather mesotrophic and tolerates less acidic pH, it develops in the central area where deeper ponds exist and water is partly buffered by carbonates. (Fig. 4). Besides, *Sphagnum capillifolium*, which is an ombrotrophe species characteristic of peaty moors that undergo drying up, develops in the western area where ponds are shallow and the water acidic (Fig. 4).

On the other hand, *Sphagnum fallax*, also a semi-aquatic species, shows no East-West distribution, because it colonizes densely the edges of the permanent ponds structured by bulrush and *Molinia*, which help it to hold erected. It testifies

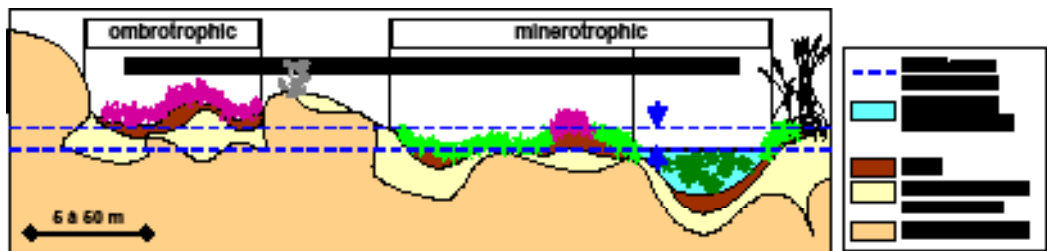


Fig. 3: Sketch showing the disposition of the *Sphagnum* biotic associations in relation to hygrometry of the wet zones.

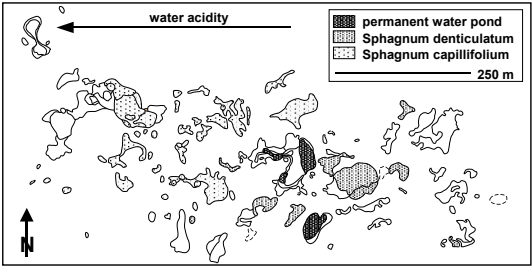


Fig. 4: Distribution of *Sphagnum denticulatum* and *Sphagnum capillifolium* is mainly governed by water chemistry.

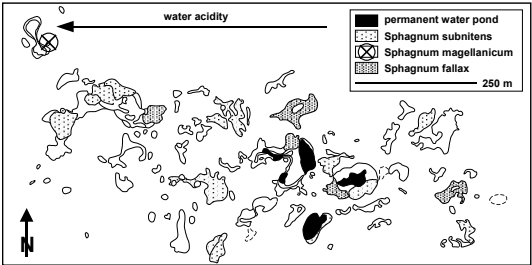


Fig. 5: *Sphagnum subnitens* and *Sphagnum magellanicum* are ombrotrophic species located in acidic ponds with weak water level variation. *Sphagnum fallax* is a semi-aquatic species which colonizes the edges of the permanent ponds.

the sufficient annual persistence of the water and is lacking in most of the temporary ponds (Fig. 5). *Sphagnum subnitens* and *Sphagnum magellanicum* are peat-forming species located in acidic ponds where the water level variation is the weakest (Fig. 5).

Hydrology - hydrochemistry - biodiversity

The analysis of the hydrologic behaviour of the ponds crossed with the results of the wet zone vegetation study shows that the zoning of the *Sphagnum* species at the Platière des Couleuvreux is directly bound with hydrological and physico-chemical characteristics of the sandstone ridge (Fig. 6), which are:

- more stable hydrologic conditions in the western and central area of the site;
- weaker water level variation in the southern downstream compartments;
- an increasing acidity from East to West;
- more mineralized waters in the East;
- a more mature evolution stage of the peaty moorland in the West.

The behaviour of the ponds is mainly controlled by the sandstone substratum through water seepage, with less porous sandstones in the West which favour development of *Sphagnum* and acidic ponds. The water chemistry also results directly from the sandstone substratum, including calcareous nodules in the East.

The wet zones with *Sphagnum* of the Platière des Couleuvreux are ruled by very weak water level variations. In particular the western area, where true *Sphagnum* peaty zones develop, records water level variation less than 20 cm during the year.

Conclusions

The study has shown the high patrimonial value of the Platière des Couleuvreux. Some questions remain. What are the factors that allowed the

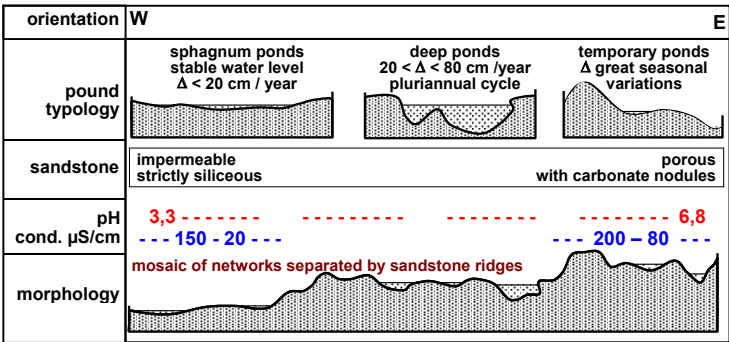


Fig. 6: Sketch showing the relationships between sandstone properties and hydrological and chemical characteristics of the ponds.

Sphagnum to establish and to diversify like this in Fontainebleau ? What is the present day dynamic of these associations ? What are the past and present day human impacts on the environment like pasture renunciation, fire control, *Molinia* exploitation, introduction of pine trees, etc. ?

The study also highlights the sensitivity of the *Sphagnum* species towards their micro-environmental conditions. Management of these sensitive biotopes is complex, it needs careful interventions, considered case by case; pine trees invasion has to be fought, but shadow of scattered pine trees is beneficial during dryness. Engine tracks may be sufficient to disrupt the fragile hydrologic equilibrium, even riding horse droppings have to be avoided regarding nitrate supply, etc.

Some of the sandstone ridges are included in the area of the biosphere reserve 'Réserve de Biosphère du Pays de Fontainebleau et du Gâtinais français' part of the programme "Man and Biosphere" (MAB) from UNESCO. Some are also part of the Regional Nature Park of the 'Gâtinais français'. The Fontainebleau forest is much visited due to its proximity to Paris (17 million of people per year). Thus, some of the sandstone ridges undergo hard ecological pressure.

Acknowledgments

This work was financially supported by the Pays de Fontainebleau Biosphere Reserve, part of the Program Man and Biosphere (MaB) from UNESCO.

References

- Liron M. N. 1997. - Les mares des platîères gréseuses du Massif de Fontainebleau. Mém. DESS, Génie Ecologique, Univ. Paris Sud, 102 p.
- Liron M.N. & Royaud A. 2001. - Réseaux des mares du Massif de Fontainebleau. II - Etude des zones humides tourbeuses de la platîère des Coulevreux. Rapport Armines/Ecole des Mines de Paris, LHM/RD/01/58, 101 p.
- Thiry M. & Liron M.N. 2003. - Micro-zones humides tourbeuses des platîères gréseuses du Massif de Fontainebleau (77) : hydrologie et biodiversité floristique. in : C. Lécuse & J. Yvon (eds.), Le fil de l'Eau, Ass. Scientifique pour la Géologie et ses Applications, Vandœuvre-les-Nancy: 157-167.
- Thiry M., Liron M.N., Huet-Taillanter S. 2001. - Réseaux des mares du Massif de Fontainebleau. III - Hydrologie des zones humides de la platîère des Coulevreux. Rapport Armines/Ecole des Mines, LHM/RD/2001/59, 31 p.
- Liron web: www.biosphere-fontainebleau-iedd.org/Patrim/nature/milieux_remarq/C_platiere.html

Résumé de la présentation

Micro-zones tourbeuses des platières gréseuses du Massif de Fontainebleau (France): hydrologie et biodiversité végétale

Mots-clés: grès; lande; hydrologie; écologie; Bassin de Paris; France

Les platières gréseuses de la forêt de Fontainebleau sont sous-tendues par des quartzites quasi imperméables qui retiennent des mares temporaires et permanentes. Les morphologies irrégulières de ces dalles sont à l'origine de micro-zones humides qui forment des réseaux dont l'alimentation est exclusivement pluviale. Des landes sèches et tourbeuses s'interpénètrent en fonction de la topographie locale, même à l'échelle métrique. Certaines mares temporaires à phanérogames, aux fortes contraintes écologiques, abritent de nombreuses espèces rares inféodées à ces biotopes oligotrophes et acides.

L'étude hydrologique de la Platière des Couleuvreux (d'une superficie de 39 ha) a permis de montrer que le réseau de mares est formé de compartiments hydrologiques indépendants. Les stocks d'eau des mares sont très variables en surface et en durée d'assèchement. La modélisation montre que ce comportement est principalement contrôlé par les pertes par infiltration au travers de la dalle gréseuse. Les eaux des mares présentent des compositions chimiques relativement homogènes et sont acides, faiblement minéralisées riches en acides organiques. On note ponctuellement et à l'Est, des eaux plus minéralisées, à pH neutre, qui sont liées à des grès à nodules calcaires. Ceci conduit à un gradient croissant d'acidité d'Est en Ouest.

Les sphaignes sont une des principales composantes de la biodiversité de ce site. Douze espèces ont été inventoriées, soit environ 35% de la flore sphagnale française et 30% de celle d'Europe. Les différents groupements sphagnaux ont été cartographiés à l'échelle du 1/2000. Au total 108 stations écologiques ont été individualisées. La répartition des différentes espèces de sphaignes dépend de la morphologie des mares et est directement corrélée avec les caractéristiques hydrologiques et hydrochimiques de la station. Par exemple : *Sphagnum capillifolium*, qui est une espèce ombrotrophe des landes tourbeuses qui s'assèchent, se développe dans la zone occidentale là où les mares sont peu profondes et acides ; alors que *Sphagnum denticulatum*, qui est une espèce semi-aquatique mésotrophes, se développe dans la zone centrale où les mares sont plus profondes et en partie tamponnées par des carbonates.

L'étude met en exergue la sensibilité des sphaignes vis-à-vis des conditions micro-environnementales. La gestion de ces biotopes est complexe, elle nécessite des interventions attentives, considérées cas par cas. Elle exige le respect des paramètres écologiques de la station (acidité, oligotrophie, ombrage) et la non-altération du fonctionnement hydrologique (ornières, piétinement...) des mares.

Bryophyte diversity of Bohemian Switzerland in relation to microclimatic conditions.

Ivana MARKOVÁ

Bohemian Switzerland National Park Administration
Pražská 52, CZ-407 46 Krásná Lípa
i.markova@npcs.cz

Keywords: Bryophyta; Hepaticae; Musci; Biodiversity; Red List; Sandstone; Bohemia Switzerland; Czech Republic.

Bohemian Switzerland National Park was established in January 1, 2000 as the fourth national park in the Czech Republic and has territory of 80 km². It is situated on the north of the Czech Republic, where is bordered on German Saxon Switzerland National Park. Both national parks



Fig. 1: Křínice river in Kyjovské údolí ravine, the Bohemian Switzerland National Park. Photo: V. Sojka.

are parts of an extensive sandstone area – Elbe Sandstones geomorphological unit, which covers an area of about 700 km².

There were found about 300 taxons of bryophyte (30% Liverworts, 70% Mosses) in the Bohemian Switzerland, and 71 taxons of them are included in The Red List of Bryophytes of the Czech Republic (Kučera & Váňa 2003). Species *Bryum uliginosum*, *Campylostelium saxicola* and *Rhynchostegiella teneriffae* are included in Red Data Book of European Bryophytes (ECCB 1995). From the national point of view the most important bryophytes are critically endangered liverworts *Hygrobiella laxifolia* and *Harpanthus scutatus*, endangered liverworts *Anastrophyllum michauxii* and *Geocalyx graveolens* and vulnerable liverwort *Lophozia grandiretis* and moss *Tetradontium brownianum*.

Sandstone formations with their typical erosion features are known for special microclimatic conditions. There were found 27% of boreal

and boreal-montane species, 17% of subboreal and subboreal-montane species, about 3% of subarctic-subalpine species and about 11 % of oceanic-suboceanic species. As a consequence, among other things, cold air flows to the bottom of the deep ravines and gorges. This temperature inversion enable the occurrence of many mountain species of bryophytes at a height around only 150 m above sea level.

The most important and rare bryophytes occur in this environment e.g.: relictual subarctic-subalpine liverwort *Hygrobiella laxifolia*, subarctic-alpine liverwort *Lophozia grandiretis*, subalpine liverwort *Anastrophyllum michauxii*, northern suboceanic-montane liverwort *Harpanthus scutatus*, subboreal-montane liverwort *Geocalyx graveolens*, suboceanic-montane moss *Tetradontium brownianum*, subarctic-subalpine moss *Tetradontium repandum*, and oceanic-montane moss *Campylostelium saxicola*.



Fig. 2: Liverwort *Hygrobiella laxifolia*, locality Unterwalden Grund, the Saxon Switzerland National Park. Photo: H. Riebe.



Fig. 3: Moss *Tetrodontium brownianum*, locality Kriepenbachtal, the Saxon Switzerland National Park. Photo: H. Riebe.

Except those rare species grow there a lot of common mountain species in the bottom of inversion ravin and gorges too. We can find there e.g.: subarctic-subalpine species *Polytrichastrum alpinum* and *Oligotrichum hercynicum*, suboceanic-montane moss *Schistostega pennata* and liverworts *Mylia taylori* and *Kurzia sylvatica*, subboreal-montane liverworts *Conocephalum conicum*, *Calypogeia azurea*, boreal mosses *Dicranum polysetum*, *Sphagnum magellanicum*, *Sphagnum fimbriatum* and oceanic-montane moss *Heterocladium heteropterum*. There occur many boreo-montane species too, mosses *Dicranella cerviculata*, *Dicranodontium denudatum*, *Rhabdoweisia fugax* are common on the sandstone rocks, species *Dichodontium pellucidum*, *Hygrohypnum ochraceum* are often found on the stones in the brooks and *Sphagnum girgensohnii*, *Sphagnum quinquefarium* and *Pogonatum urnigerum* are common in the woods.

Occasionally we can find *Paraleucobryum longifolium*, *Calliergonella lindbergii* and *Rhytidiadelphus*

subpinnatus. Liverworts *Pellia neesiana*, *Calypogeia neesiana* and *Anastrophyllum minutum* belong to common boreo-montane species too.

There were found some important and rare bryophyte species during the Spring Meeting of Bryological and Lichenological Section in Krásná Lípa (Bohemian Switzerland). Some of them were mentioned above. *Hygrobriella laxifolia* – relictual subarctic-subalpine liverwort was found in the area of Elbe Sandstones as a new species of bryophyte in the Czech Republic, but it was already known from the Saxon Switzerland. This species typically occurs in the subalpine - alpine elevations (1500 - 2500 m a.s.l.) in the Middle Europe. But in Bohemian and Saxon Switzerland grows it in the elevation of 140 - 290 m above sea level! It grows in the bottom of inversion gorges on the sandstone boulders in the bed of periodically drying brooks.

Harpanthusscutatus—northernsuboceanic-montane liverwort was found in the Czech Republic after several tens of years in the Bohemian Switzerland. It grows in the bottom of inversion gorges on moderately shaded damp sandstone rocks and boulders.

There occur also other interesting bryophyte species in the bottom of inversion ravines and gorges in the Bohemian Switzerland e.g.: subboreal-montane liverwort *Geocalyx graveolens* and subalpine liverwort *Anastrophyllum michauxii* occur on damp moderately shaded sandstone rocks, suboceanic-mountain moss *Tetradontium brownianum* grows in the vertical rock clefts and under shaded ledges of sandstone rocks, subarctic-alpine liverwort *Lophozia grandiretis* occurs on clay or clay-loam soil at the banks of the roads or brooks, on base-rich boulders along the brooks were found oceanic-submediterranean-montane moss *Rhynchostegiella teneriffae* and oceanic-montane moss *Campylostelium saxicola*.

References

- Dierßen K. 2001. - Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterization of European bryophytes. 289 p., Bryophytorum Bibliotheca, Band 56, Berlin, Stuttgart.
- Duell R. *et al.* 1983. - Distribution of the European and Macaronesian liverworts (*Hepaticophytina*). Bryol. Beitrage 2: 1-114, Rheurdt.
- Duell R. *et al.* 1984. - Distribution of the European and Macaronesian mosses (*Bryophytina*). Part I. Bryol. Beitrage 4: 1-113, Rheurdt.
- Duell R. *et al.* 1985. - Distribution of the European and Macaronesian mosses (*Bryophytina*). Part II. Bryol. Beitrage 5: 140-232, Rheurdt.
- ECCB 1995. - Red Data Book of European Bryophytes. Trondheim, 291 p.
- Hubáčková J. 1987. - Mechorosty Jetřichovických stěn. 126 p., Ms. [Dipl. práce: depon. in: Knihovna kat. bot., PřF UK, Praha].
- Hubáčková J. 1990. - Bryophytes of the Jetřichovické stěny rocks. Novit. Bot. Univ. Carol. 6: 47-59, Praha.
- Kučera J. & Váňa J. 2003. - Check- and Red List of the bryophytes of the Czech Republic (2003). Preslia 75: 193-222, Praha.
- Kučera J., Müller F., Buryová B. & Voříšková L. 2003. - Mechorosty zaznamenané během 10. jarního setkání bryologicko-lichenologické sekce v Krásné Lípě (NP České Švýcarsko a CHKO Labské pískovce) [Bryophytes recorded during the 10th Spring Meeting of the Bryological and Lichenological Section in Krásná Lípa (NP Bohemian Switzerland and PLA Labské pískovce)]. Bryonora 31: 13-23, Praha.
- Müller F. 2003. - *Hygrobella laxifolia* (Hook.) Spruce – eine neue Lebermoosart für die Tschechische Republik. Bryonora 31: 10-12, Praha.
- Němcová-Pujmanová L. 1995. - Floristische Kartierung der Moose in der böhmisch-sächsischen Krinitzsch, in Härtel *et al.*, Schlußbericht zum Projekt „Biologisch/naturschutzfachliche Untersuchungen an der böhmisch-sächsischen Krinitzsch“. Ms. [Depon. in: Bioservis s r. o., Praha].
- Novotný I., Pospíšil V. & Pospíšilová L. 1986. - Bryofloristický příspěvek k širšímu okolí Děčína. Severočes. Přír. Litoměřice, příl. 1986, p. 77-85.
- Zittová-Kurková J. 1984. - Bryophyte communities of sandstone rocks in Bohemia. Preslia 56: 125-152, Praha.
- Zmrhalová M. 1995. - Rod *Tetradontium* Schwaegr. v České republice a Slovenské republice [The Genus *Tetradontium* Schwaeger. in the Czech Republic and the Slovak Republic]. Čas. Slez. Muz. Opava (A) 44: 203-216.

Résumé de la présentation

Diversité des bryophytes de la Suisse de Bohême par rapport aux conditions microclimatiques

Mots-clés: Bryophyta; Hepaticae; Musci; Biodiversité; Liste Rouge; Grès; Suisse de Bohême; République Tchéque

Environ 300 espèces des bryophytes ont été enregistrées dans la Suisse de Bohême (30% d'hépatiques, 70% de mousses). 24 % de ces espèces figurent dans la liste rouge des bryophytes de la République Tchéque (Kučera & Váňa 2003).

Les formations de grès avec leurs formes typiques d'érosion sont connues pour leurs conditions microclimatiques spéciales. Il y a un étroit rapport entre les conditions microclimatiques et la diversité des bryophytes en Suisse de Bohême. L'inversion de la température en est le facteur principal, responsable de la grande diversité des bryophytes.

On y trouve environ 3 % d'espèces de bryophytes subarctiques à subalpines, 27% d'espèces boréales et boréales à montagnardes, 17% d'espèces subboréales et subboréales à montagnardes.

Les espèces les plus importantes sont les hépatiques subarctiques – subalpines (-alpines) *Hygrobrella laxifolia*, *Anastrophyllum michauxii*, *Lophozia grandiretis*, l'hépatique subocéanique à montagnarde *Harpanthus scutatus* et l'hépatique subboréale à montagnarde *Geocalyx graveolens*. *Hygrobrella laxifolia* fut découvert en avril 2003 en tant que nouvelle espèce pour la République Tchéque

Some remarkable species of Collembola (Insecta, Apterygota) of the Luxembourg sandstone area

Norbert STOMP

Collaborateur scientifique du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg
25, rue Münster L-2160 Luxembourg

Wanda M. WEINER

Institute of Systematics and Evolution of Animals
Polish Academy of Sciences - Stawkowska 17, PL-31 016 Kraków
weiner@isez.pan.krakow.pl

Keywords: soil; sandstone valley; geomorphology; Luxembourg; Collembola.

Most Collembola live in the soil and in ecological niches related directly or indirectly to the soil (caves, springs, litter, stones, rocks, moss, trees ...). Collembola seem to be the only group of apterygota insects that have developed during evolution quite a lot of morphological and sensorial adaptations.

The geomorphology of the Luxembourg sandstone region (Lias Hettangien) is characterized by various structures that have been described by several authors (Heuertz 1969; Molitor 1961). Related to their geographical orientation and other ecological parameters, the slopes and the bottoms of sandstone valleys in Luxembourg shelter highly diversified populations of Collembola. These populations have not yet been studied in detail.

In this paper we present a choice of thirteen Collembola species that were collected in thirteen different ecological niches of typical sandstone valleys. Most of the records are from the Müllertal (Ernz Noire valley). Four species have been collected exclusively in the Luxembourg sandstone area :

Superodontella euro Weiner et Stomp, 2003

Hymenaphorura arantiana Weiner et Stomp, 2001

Orchesella erpeldingae Stomp, 1968

Orchesella hoffmanni Stomp, 1968

The two species belonging to the genus *Orchesella* seem to be endemic to sandstone rocks. One species, *Protaphorura eichhorni* (Gisin, 1954) is only



Fig. 1: Diagram of a typical sandstone valley in Luxembourg (after Heuertz 1969; Molitor 1961; Werner 1985).

found in Luxembourg and seems endemic to beech groves. Two species, *Tetracanthella luxemburgensis* Stomp, 1968 and *Pseudosinella hütheri* Stomp, 1971 have been discovered in the Luxembourg sandstone area but have also been found in Germany (Pfalz), in Switzerland and in Austria. Six species occur not only in sandstone areas but are spread in several localities in Luxembourg and other European countries: *Arrhopalites pygmaeus* (Wankel, 1860); *Bilobella braunerae* Deharveng, 1981; *Hypogastrura* cf. *tullbergi* (Schaeffer, 1900); *Plutomurus unidentatus* (Börner, 1901); *Schaefferia willemi* (Bonet, 1931); *Sminthurinus concolor* (Meinert, 1896).



Fig. 2: *Orchesella hoffmanni* Stomp, 1968

List of ecological niches

1. Rock walls and excavations in rocks, half shade, in deciduous forests
2. Shady rock walls and excavations in rocks, in deciduous forests
3. Blocks of sandstone in half shade, covered with moss
4. Walls of diaclasses, in half shade
5. Caves with or without calcarous concretions
6. Litter and alluvial soil near brook
7. Barks of decaying tree trunks on alluvial soil
8. Overhanging rocks in shade
9. Decaying wood at the bottom of diacalse ravine
10. Springs, moss and stones surrounded by dripping water
11. Litter and decaying wood in deciduous forest near the rocks, with underwood of *Ilex aquifolium*
12. Soil under blocks and stones with microcaves on slopes of shaded scree
13. Litter in beech groves

and unpublished records). Mamer: Thillsmillen. Haller: Halerbaach. Simmern: Aarlergronn. (Reiffers & Arendt 1995). According to Reiffers & Arendt (1995) *O. hoffmanni* is not rare in moss and litter under the rocks.

Orchesella erpeldingae Stomp, 1968

Length: 3,5-4 mm

Distribution: only in Luxembourg. Berdorf: Zickzackschlöff, type locality; Aesbech. Schoenfels-Mersch: Mamerlayen. Müllertal: Schnellert, Dousteschbaach. Nommern: Noumerlayen. Rollingen/Mersch: Kauschelterlayen. Beaufort: Haupeschaach. (Stomp 1968; Reiffers & Arendt 1995)

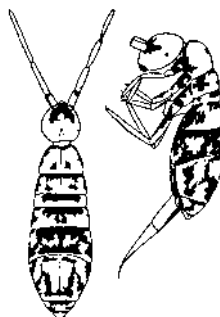


Fig. 3: *Orchesella erpeldingae* Stomp, 1968

Orchesella hoffmanni Stomp, 1968

Length: 5-5,5 mm

Distribution: this species is only known from Luxembourg. Schoenfels-Mersch: Mamerlayen (Huella), type locality. Nommern: Noumerlayen (Eilelay). Rollingen/Mersch: Kauschelterlayen. Mullerthal: Dousteschbaach. (Stomp 1968



Fig. 4: *Tetracanthella luxenburgensis* Stomp, 1968

Tetracanthella luxenburgensis Stomp, 1968

Length: 1-1,3 mm

Distribution: Luxembourg: Mersch: Tinneslach. Schoenfels: Mamerlayen. Berdorf: Wanterbaach. Mullerthal: Dousteschbaach. (Stomp 1968). Germany: Pfalz (Deharveng 1987; Potapov 2001).

Sminthurinus concolor (Meinert, 1896)

Length: 1,5 mm

Distribution: Luxembourg. Berdorf, near Zickzackschlöf, on humid rock walls covered with algae and lichens, sometimes aggregations of hundreds of individuals (April, May, immature specimens in litter beneath the rocks) (Stomp 1969 and unpublished observations). «In the Palearctic, from N Norway to S Norway and England. Isolated records from Luxembourg, N Austria, S Italy (Lipari Isles), Spain (Balearic Isles, Minorca). In Luxembourg, Austria and Italy it has been collected in humid habitats sheltered from the warmer environment, in Spain under *Phragmites* near sea shore.» (Bretfeld 1999).



Fig. 5: *Sminthurinus concolor* (Meinert, 1896)

Arrhopalites pygmaeus (Wankel, 1860)

Length: 1,2 mm

Distribution: Luxembourg: cave near Müllerthal (Schnellert), grotte Sainte-Barbe; cave near Kopstal / Direndall, Däiwelslach. (Stomp, unpublished observations) According to Bretfeld (1999) *A. pygmaeus* is a holarctic species that lives in caves in moister climates of Europe (Sweden, Ireland, Germany, France). It can also be found in damp moss and soil of open habitats, thus it is troglophile. In Switzerland it was found up to 2400 m, in France (Pyrenees) up to 1800 m (Cassagnau 1961). We detected the species in several caves of Belgium (Stomp, unpublished records).

Hymenaphorura arantiana Weiner et Stomp, 2001

Length: 0,7-1,18 mm

Distribution: only known from Luxembourg. Müllertal: near Christnach-Breidweiler and Blumenthal-Müllerthal junction, litter with alluvial soil in deciduous forest near the bank of the Ernz Noire river, undergrowth with *Vinca minor* (Weiner & Stomp 2001).

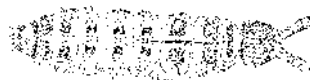


Fig. 6: *Hymenaphorura arantiana* Weiner & Stomp, 2001

Bilobella braunerae Deharveng, 1981

Length: 3,5-4 mm

Distribution: Luxembourg, near Christnach-Breidweiler and Blumenthal-Müllerthal junction, along the Ernz Noire river under the bark of lying trunk (Weiner & Stomp, unpublished records). This is the most northern location of this species and genus. *B. braunerae* is also known from Austria (Deharveng 1981), Italy (Dallai *et al.* 1986) and Hungary (Traser 2002).



Fig. 7: *Bilobella braunerae* Deharveng, 1981

Hypogastrura cf. tullbergi (Schaeffer, 1900)

Length: up to 1,5 mm

Taxonomy: The taxonomic status of this species is not clearly established. According to Fjellberg and Babenko *Hypogastrura tullbergi* is a «circumpolar» species and all records from continental Europe refer to other species of *Hypogastrura* (Thibaud *et al.* in Dunger 2004).

Distribution in Luxembourg : This is a winter species and extremely frequent from December to April on shady rock walls of the whole sandstone area where large aggregations of hundreds of individuals could be observed. (Stomp, unpublished records).

Pseudosinella hütheri Stomp, 1971

Length: 1,2-1,5 mm

Distribution: known from Luxembourg. Berdorf (Zickzackschlöf) (Stomp 1971), Germany, Switzerland and Austria (Stomp 1986) and Hüther (in litt.).

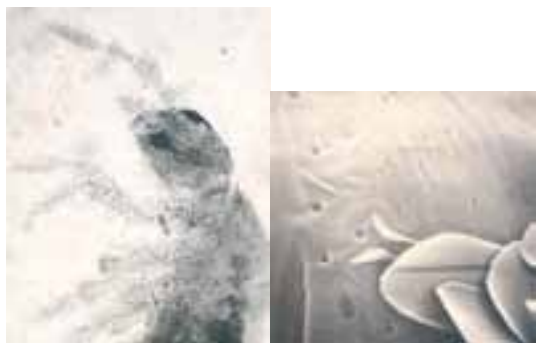


Fig. 8: *Pseudosinella hütheri* Stomp, 1971

Plutomurus unidentatus (Börner, 1901)

Length: 3 mm

Distribution: Luxembourg: This species is bound to very moist habitats and can be found in many localities all over the country: Rollingen/Mersch (Dräibueren), moss close to a brook; Kopstal (Direndall), moss near spring and in scree along the road; Berdorf (Roitzbaach) under wet stones; Vianden : along the road to «Maison de Santé», under schist with dripping water without moss; Obereisenbach (Holzbichbaach), soil with moss; Lieler (Buch), soil with moss under schistous rock. *Pl. unidentatus* is reported from caves of Europe (Gisin 1960), especially Westfalen (Germany). We examined specimens from caves of Fränkische Alb (Germany) (Dobat 1979) and from Belgium (leg. F. Delhez) (Stomp, unpublished records) but we could not find it in Luxembourg caves (Stomp & Weiner 1994).



Fig. 9: *Plutomurus unidentatus* (Börner, 1901)

Superodontella euro Weiner et Stomp, 2003

Length: 0,67-0,8 mm

Distribution: This species is only known from Luxembourg: Berdorf (Schnellert), litter near the rocks and dead beech, under *Ilex aquifolium* (Weiner & Stomp 2003).



Fig. 10: *Superodontella euro* Weiner & Stomp, 2003

Schaefferia willemi (Bonet, 1931)

Length: 1-1,9 mm

Distribution: Luxembourg: In caves: Mullerthal (Schnellert), grotte Sainte-Barbe; Kopstal (Direndall), Däiwelslach. In the soil: Müllertal near the bank of the Ernzt Noire river; under sandstone blocks in shaded scree (Schnellert), near Berdorf (Stomp & Weiner, unpublished records). Described from a cave in Belgium (grotte de Han et de Rochefort). *Sch. willemi* is spread in Belgium, France, Germany (caves), England (caves and soil), Ireland (soil and under barks), Norway (rotten stumps of wood), Poland (a gravel bed of the river Kamienna), Spain (caves and on snow). (Thibaud *et al.* in Dunger 2004). According to Cassagnau (1961) this species might be a relict of the glaciations that survived in the postglacial period in caves and in soil habitats with subcavernous microclimate.

Protaphorura eichhorni (Gisin, 1954)

Length: 1,49-1,73 mm

Distribution: only known from Luxembourg. Type locality : Strassen (Kleepesch). Numerous localities in the Müllertal (Berdorf: Zickzack-schlöf, Schnellert), litter and soil near sandstone rocks. (Weiner & Stomp 1995, and unpublished records).



Fig. 11: *Protaphorura eichhorni* (Gisin, 1954)

References

- Bretfeld G. 1999. - Symphypleona, in Dunger W. (ed.), Synopses on Palearctic Collembola. Staatl. Mus. Naturkunde Görlitz 1-318.
- Cassagnau P. 1961. - Ecologie du sol dans les Pyrénées Centrales. Les biocénoses de Collembolés. Hermann. Paris.
- Dallai R., Fanciulli P. P., Petrucci R. 1986. - Enzyme diversity in the genus *Bilobella* (Insecta, Collembola). Rev. Ecol. Biol. Sol 23: 333-348.
- Deharveng L. 1981. - Nouvelles espèces de Neanurinae européens appartenant aux genres *Bilobella* et *Monobella*. Bull. Soc. Hist.Nat. Toulouse 117: 95-102.
- Deharveng L. 1987. - Révision taxonomique du genre *Tetracanthella* Schött, 1891. Trav. Lab. Écobiol. Arthrop. Edaph. 5: 1-151, Toulouse.
- Dobat K. 1979. - Die Höhlenfauna der Fränkischen Alb. Ber. der Naturwiss. ges. Bayreuth 16: 11-240.
- Gisin H. 1954. - Description de cinq espèces inédites de Collembolés. Mitt. Schweiz. ent. Ges. 27: 49-52.
- Gisin H. 1960. - Collembolenfauna Europas. Mus. Hist. Nat. Genève, 312 p.
- Heuertz M. 1969. - Documents préhistoriques du territoire luxembourgeois. Le milieu naturel. L'homme et son oeuvre. Publ. Musée d'Histoire Naturelle Luxembourg et Soc. Naturalistes Luxembourgeois, fasc. 1, 295 p., 190 fig.
- Molitor J. 1961. - Quelques aspects de la géomorphologie du Grès de Luxembourg. Bull. Soc. nat. luxemb. 66: 13-94.
- Potapov M. 2001. - Isotomidae, in Dunger W. (ed.), Synopses on Palearctic Collembola. Vol. 3. Staatl. Mus. Naturkunde Görlitz 1-603.
- Reiffers J. & Arendt A. 1995. - Contribution à la connaissance de la faune des Collembolés du genre *Orchesella* au Luxembourg (Insecta, Collembola). Bull. Soc. nat. luxemb. 96: 117-120.
- Stomp N. 1967. - Les populations de Collembolés des hêtraies du grès de Luxembourg. Mémoire scientifique, unpublished.
- Stomp N. 1968. - Deux nouvelles espèces d'*Orchesella* de la région du grès de Luxembourg. (Insecta, Collembola, Entomobryidae). Arch. Inst. G.-D. Sciences 33 (1967): 259-273.
- Stomp N. 1968. - *Tetracanthella hygropetrica luxemburgensis* n. sp. de la région du grès de Luxembourg. Bull. Mus. Nat. Hist. Nat. Paris 40: 734-741.
- Stomp N. 1969. - *Sminthurinus concolor* (Meinert, 1896) au Grand-Duché de Luxembourg (Insecta, Collembola). Bull. Soc. nat. luxemb. 70 (1965): 175-184.
- Stomp N. 1971. - Contribution à l'étude des *Pseudosinella* endogés. Espèces européennes de *Pseudosinella* à 5+5 yeux. Rev. Ecol. Biol. Sol 8: 173-184.
- Stomp N. 1986. - Le groupe de *Pseudosinella vandeli* (Insectes, Collembolés) dans les Alpes orientales, in Dallai R. (ed.), 2nd International Seminar on Apterygota. University Siena. p. 82-91.

- Stomp N., Weiner W.M. 1994. - Redescription of *Plutomurus unidentatus* (Börner, 1901) (Collembola, Tomoceridae). Bull. Soc. nat. luxemb. 95: 359-364.
- Stomp N. & Biel C. 2001. - Luxembourg, in Juberthie C. (ed.), Encyclopedia Biospeologica. T. III, P. 1439-1443. Société internationale de Biospéologie. Moulis-Bucarest.
- Thibaud J.-M., Schulz H.-J., da Gama Assalino M. M. 2004. - Hypogastruridae, in Dunger W. (ed.), Synopses on Palearctic Collembola. Staatl. Mus. Naturkunde Görlitz, Vol. 4:1-287.
- Traser G. 2002. - The Collembola of the Fertö-Hansag National Park. The Fauna of the Fertö-Hansag National Park: 259-270.
- Weiner W.M. & Stomp N. 1995. - Redescription of *Protaphorura eichhorni* (Gisin, 1954) (Collembola, Onychiurinae). Bull. Soc. nat. luxemb. 96: 121-126.
- Weiner W.M. & Stomp N. 2001. - New species of *Hymenaphorura* Bagnall, 1949.- (Collembola, Onychiuridae) from Luxembourg. Bull. Soc. nat. luxemb. 101: 179-182.
- Weiner W.M. & Stomp N. 2003. - *Superodontella euro* sp.n. (Collembola, Odontellidae) from Luxembourg. Bull. Soc. nat. luxemb. 103: 69-72.

Acknowledgements

We are most grateful to Simone Backes and Karin Scholtes, Service muséologique technique of MnhnL, Marc Meyer, head of department of Invertebrates of MnhnL and Jean-Marc Thibaud of Museum national d'histoire naturelle de Paris.

Résumé de la présentation

Quelques espèces de collembolles (Insecta, Apterygota) remarquables de la région du Grès de Luxembourg

Mots-clés: sol; vallée de grès; géomorphologie; Luxembourg; Collembola; Insecta; Apterygota

La plupart des Collembolles vivent dans le sol et ses annexes directes ou indirectes (grottes, pierres, blocs, rochers, litière, mousses, arbres, ...). Les Collembolles semblent être le seul groupe parmi les insectes aptérygotes à avoir développé de nombreuses adaptations morphologiques et sensorielles.

La géomorphologie de la région du grès de Luxembourg (Lias Hettangien) est caractérisée par de nombreuses structures qui ont été décrites par plusieurs auteurs (Heuertz 1969; Molitor 1961). En relation avec leur orientation géographique et d'autres paramètres écologiques les pentes et les fonds des vallées de grès abritent des populations de Collembolles hautement diversifiées. Les populations n'ont pas encore été étudiées en détail.

Dans ce travail nous présentons un choix de treize espèces de Collembolles qui ont été trouvées dans treize niches écologiques différentes de vallées typiques du grès de Luxembourg. La plupart des relevés proviennent du Mullerthal (vallée de l'Ernz Noire). Quatre espèces

ont été trouvées exclusivement dans la région du grès de Luxembourg :

- *Superodontella euro* Weiner et Stomp, 2003
- *Hymenaphorura arantiana* Weiner et Stomp, 2001
- *Orchesella erpeldingae* Stomp, 1968
- *Orchesella hoffmanni* Stomp, 1968

Les deux espèces appartenant au genre *Orchesella* semblent être endémiques sur les rochers de grès. Une espèce, *Protaphorura eichhorni* (Gisin, 1954) a été trouvée uniquement au Luxembourg et semble être endémique dans les hêtraies. Deux espèces, *Tetracanthella luxemburgensis* Stomp, 1968, et *Pseudosinella hütheri* Stomp, 1971, ont été découvertes dans la région du Grès de Luxembourg mais ont été également signalées en Allemagne et en Suisse. Six espèces ne se rencontrent pas seulement dans la région du grès mais sont réparties sur plusieurs localités au Luxembourg et dans d'autres pays européens.

Mapping and monitoring of Killarney Fern (*Trichomanes speciosum*) in the Czech Republic

Dana TUROŇOVÁ

Agency for Nature Conservation and Landscape Protection of the Czech Republic
Kalisnicka 4-6, CZ-130 23 Praha 3
dana_turonova@nature.cz

Keywords: Sandstone; *Trichomanes speciosum*; monitoring

The Killarney Fern (*Trichomanes speciosum* Willd.) displays an obscure way of life in a part of its global distribution range. In Central Europe, the fern occurs only as a filamentous gametophyte (sexual phase of development). Its colonies of a rounded, oval or irregular shape, and of a size from a few to hundreds of millimetres cover the surface of rocks in specific habitats. The gametophyte looks like a species of green algae. In the Czech Republic, the gametophyte of *Trichomanes speciosum* has, up to now, been found only in the areas of castellated blocky sandstone in the



Fig. 2: Gametophyte of *Trichomanes speciosum*, Kokořinsko (Czech Republic). Photo: D. Turoňová.



Fig. 1: Sporophyte of *Trichomanes speciosum*, Serravezza (Italy). Photo: P. Alger.

Bohemian Cretaceous Basin. It prefers deeper and narrow small rock niches and crevices with their special microclimate: a high humidity and a balanced temperature. The openings of the cavities



Fig. 3: In the Czech Republic the gametophyte of *Trichomanes speciosum* has been found only in caves and crevices of castellated blocky sandstone. Photo: D. Turoňová.



Fig. 4: Distribution of *Trichomanes speciosum* - Czech Vascular Plant Red Data Book 1999.

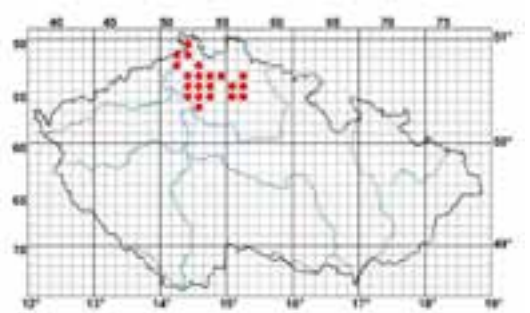


Fig. 6: Distribution of *Trichomanes speciosum* in the Czech Republic in 2005.

are covered by mosses and algae; the colonies of the Killarney Fern gametophytes grow deeper in dusk. The Killarney Fern was first recorded in the Czech Republic quite recently in the Ceske Svycarsko – Bohemian Switzerland (Vogel *et al.* 1993) and it was subsequently included in the Czech Vascular Plant Red Data Book (Cеровsky *et al.* 1999). The Agency for Nature Conservation

and Landscape Protection of the Czech Republic (AOPK CR) in its capacity of the coordinator of the NATURA 2000 Network has been, with the assistance of Czech and also foreign botanists, studying the plant and surveying its distribution since the year 2000. At present, about 200 localities of *Trichomanes speciosum* are recorded in Bohemia and registered in the database. The Kokorinsko



Fig. 5: *Trichomanes speciosum*. Harasov 9/2001. Photo: D. Turoňová.



Fig. 7: *Trichomanes speciosum*. Harasov 10/2004. Photo: D. Turoňová.

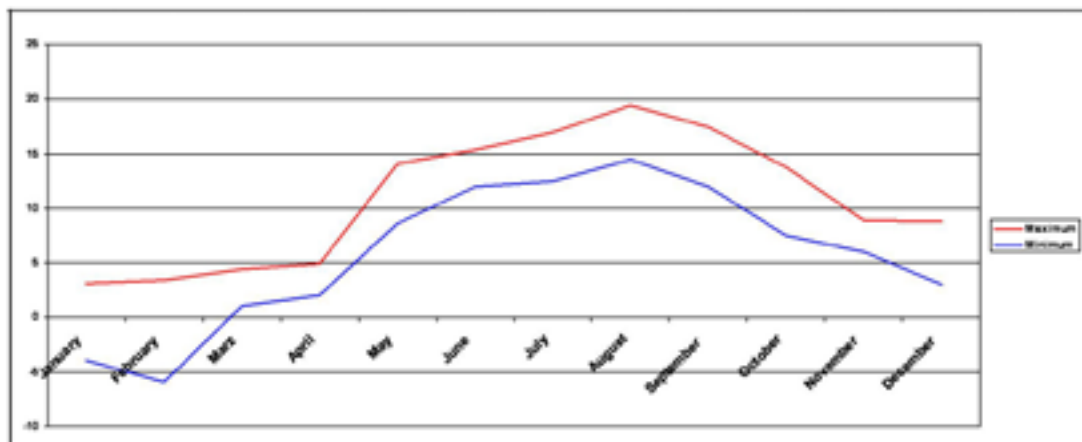


Fig. 8: Maximum and minimum temperature in a colony of *Trichomanes speciosum* in the year 2003. Miýnský hill near Doksy (Turoňová & Alger 2004).

Protected Landscape Area (Central Bohemia) has the greatest richness in the species' populations, the number of sites now already exceeding 100. In the Kokorinsko PLA two largest colonies of *Trichomanes speciosum* have been recorded: each of them covering more than 1 square metre. Other sites are scattered – more or less densely – over the sandstone areas in North Bohemia, the occurrences being less frequent in East Bohemia. In the NE-Bohemian sandstone areas "Adršpase - Teplické skaly" and "Broumovské steny" the species most probably does not occur because of cold climate and lack of suitable deep rock cavities. The site in the lowest altitude is in the Kamenice River gorge, Ceske Svycarsko, about 130 m a.s.l. (Jessen 2001), the highest locality is situated in the Kokorinsko PLA lies 440 m a.s.l. (Alger & Turoňová 2002).

Since 2004 a monitoring of the species' colonies has been carried out in 10 selected sites in context

of the EU requirement to report every 6 years on the status of species in Annexes II, IV and V of the Council Directive 92/43/EEC. The monitoring includes an annual digital photography of the selected and exactly defined plots followed by analysis of changes.

At two sites, minimum and maximum temperatures are recorded every month in order to investigate ecological demands of the species. The gametophyte of the Killarney Fern tolerates even relatively low temperatures below zero centigrade, which – compared with the sporophyte – allows the species to survive in a much wider range of distribution.



Fig. 9: Monitoring plots with fixed marks. Photo: D. Turoňová.



Fig. 10: Colonies of *Trichomanes speciosum* with rime (Kokorinsko). Photo: D. Turoňová.

References

- Alger P. & Turoňová D. 2002. - Dotazník AOPK ČR pro mapování ohrožených druhů rostlin – NATURA 2000, *Trichomanes speciosum*, Skalka. Ms. Depon. in AOPK ČR, Praha.
- Čerovský J., Feraková V., Holub J., Maglocký S. & Procházka F. 1999. - Červená kniha vzácných a ohrožených druhů rostlin a živočichů ČR a SR, vol. 5 (Vyssi rostliny), 453 p., Příroda, Bratislava.
- Jessen S. 2001. - Dotazník AOPK ČR pro mapování ohrožených druhů rostlin – NATURA 2000, *Trichomanes speciosum*, Hrensko, Ms. Depon. in AOPK ČR, Praha.
- Turoňová D. 2002. - Vlaskatec tajemný – zajímavý příběh nové kapradiny. Ochrana přírody 57:48-50.
- Turoňová D. & Alger P. 2004. - Výsledky monitoringu vlaskatce tajemného (*Trichomanes speciosum*) za rok 2004. Ms. Depon. in AOPK ČR, Praha.
- Vogel J. C., Jessen S., Gibby M., Jermy A. C. & Ellis L. 1993. - Gametophytes of *Trichomanes speciosum* Willd. (Hymenophyllaceae, Pteridophyta) in Central Europe. Fern Gazette 14: 227-232.

Résumé de la présentation

Cartographie et monitoring de la Thrichomane remarquable (*Trichomanes speciosum*) en République Tchèque

Mots-clés: Grès; *Trichomanes speciosum*

Le Thrichomane remarquable (*Trichomanes speciosum*) mène une vie plutôt discrète dans une partie de son aire de distribution globale. En Europe centrale, la fougère est présente uniquement sous forme de gamétophyte filamenteux (phase sexuelle du développement). Ses colonies d'une forme arrondie, ovale ou irrégulière, et d'une taille variant de quelques millimètres à plusieurs centaines de millimètres couvrent la surface des roches dans des habitats spécifiques. Le gamétophyte ressemble à une espèce d'algue verte.

En République Tchèque, le gamétophyte de *Trichomanes speciosum* a été découvert, jusqu'ici, uniquement dans les régions de grès crénelé dans le bassin crétacé de Bohême. Il préfère les petites niches et les crevasses étroites et profondes dans la roche avec leur microclimat spécial à humidité élevée et température équilibrée. Les bords des cavités sont recouvertes par des mousses et des algues : les colonies des gamétophytes de la Thrichomane remarquable aiment se développer en profondeur crépusculaire.

C'est assez récemment que l'on a découvert pour la première fois la Thrichomane remarquable en République Tchèque : dans le Ceske Svycarsko, la Suisse de Bohême (Vogel *et al.* 1993). L'espèce fut ensuite introduite dans la liste rouge tchèque des plantes vasculaires (Čerovský *et al.* 1999). Depuis 2000, l'agence pour la conservation de la nature et la protection du paysage de la République Tchèque (AOPK ČR), ayant dans ses attributions la coordination du réseau NATURA 2000, étudie l'espèce et surveille sa distribution en collaboration avec des botanistes tchèques et étrangers.

Actuellement, environ 200 localités de *Trichomanes speciosum* ont été signalées en Bohême et enregistrées dans

la base de données. Le paysage protégé de Kokorinsko (Bohême centrale) héberge la plus grande densité de stations : on y dénombre désormais plus de 100 sites pour l'espèce. C'est également dans cette région que se situent les colonies les plus étendues de *Trichomanes speciosum*, chacune d'elles couvrant une surface excédant le mètre carré. D'autres stations sont dispersées – à plus ou moins forte densité – à travers les régions gréseuses en Bohême du nord, elles sont moins fréquentes dans la partie Est de la Bohême. Dans les régions gréseuses du nord-ouest de la Bohême, Adrspassko - Teplické skaly et Broumovské steny, l'espèce est absente probablement en raison du climat froid et du manque de cavités profondes appropriées dans les roches. La station la plus basse se situe dans la gorge du fleuve Kamenice, Ceske Svycarsko, à environ 130 m (Jessen 2001), la station la plus élevée se trouvant à 440 m dans le paysage protégé de Kokorinsko (Alger & Turoňová 2002).

Depuis 2004 un monitoring des colonies de l'espèce est effectué sur une sélection de 10 stations dans le cadre des attentes communautaires de faire tous les 6 ans rapport sur le statut des espèces reprises aux annexes II, IV, V de la directive du Conseil 92/43/EEC. Le monitoring inclut une photographie annuelle des surfaces exactement délimitées avec un appareil numérique ainsi qu'une évaluation continue des changements. Dans deux stations, un enregistrement mensuel de la température minimale et maximale permet d'étudier les exigences écologiques de l'espèce. Le gamétophyte de la Thrichomane remarquable tolère même des températures relativement basses inférieures à 0°C, ce qui, - comparé au sporophyte – lui permet de survivre dans une aire de distribution beaucoup plus large.

Kokořínsko Protected Landscape area. Rare species, protection and conservation

Hana Urbanová & Jan Procházka

Administration of the Kokořínsko Protected Landscape area
Česka 149, CZ-27601 Mělník
jan.prochazka@schkocr.cz

Abstract of the presentation:

The Kokořínsko Protected Landscape Area is situated between towns Mělník and Česká Lípa in Central and Northern Bohemia and was established in 1976 on an area of 272 km². The sandstone has given rise to a characteristic relief with a network of tableaux, valleys and "rock cities" rich of various rock formations including towers surmounted by capstones (so-called "lids").

High variability of habitats is caused especially by landscape's geomorphology, on the top of sandstone rocks thermophilic species occurred, on base of the valley species typical for mountain area live, e. g. *Huperzia selago*. The most interesting and valuable habitats except wetlands mentioned later are large pine forests including rocks covered with heather and lichens. Due to these specific conditions we can occur Killarney Fern (*Trichomanes speciosum*) on most of the area. Rare spiders *Alopecosa fabrilis* or *Diplocephalus* live there and rocks are used for nesting many birds as Raven (*Corvus corax*) or Peregrine (*Falco peregrinus*). Edges of sandstone rocks covered with loess soil inhabit e. g. populations of Leafless Iris (*Iris aphylla*), Burning Bush (*Dictamnus albus*), spiders *Atypus affinis*, *A. piceus*. Dry grasslands (pastures or meadows in the past) inhabit rare thermophilic plants and animals as Cross Gentian (*Gentiana cruciata*), Pasque Flower (*Pulsatilla pratensis*),

Mountain Alcon Blue (*Maculinea rebeli*) or Smooth Snake (*Coronella austriaca*).

The bed of lime sandstone laying lower, enrich water with calcium compounds and this process has also given rise of large and calcareous wetlands in valleys of two brooks (Liběchovka, Pšovka) and their tributaries. Unique plant and animal communities with many relic and endangered species, e. g. Water Lily (*Nymphaea candida*), March Helleborine (*Epipactis palustris*), Greater Spearwort (*Ranunculus lingua*), Desmoulin's Whorl Snail (*Vertigo moulinsiana*), bivalve *Pisidium teunilneatum*, spider *Hygrolycosa rubrofasciata* or caddisflies *Tinodes maculachlan*, *Erotesis baltica* inhabit these wetlands. Cool climate (microclimate) in deep and narrow valleys and on the other hand a connection with the Elbe River Lowland cause that mountain and lowland species occur there together. The status of wetlands of international importance according to the Ramsar Convention were granted to these wetlands.

The most interesting and valuable parts of the PLA* are protected in 5 nature reserves and 16 nature monuments. The whole area is administered by Kokořínsko PLA Administration.

* PLA = Protected Landscape Area

Résumé de la présentation

Paysage protégé du Kokořínsko - espèces rares, protection et conservation

Située entre les villes de Mělník et de Česká Lípa situées au centre et au nord de la Bohême, la région PLA* de Kokořínsko a été placée sous statut de protection en 1976 sur une aire de 272 km². Le grès a engendré un relief caractéristique avec un réseau de plateaux, de vallées et de « cités rocheuses » riches en formations rocheuses variées comprenant également des cheminées de fée avec leur chapeau caractéristique (« lids** » en anglais). Le grès mésozoïque est le type de roche le plus commun dans ce secteur et présente des types de ciment variés.

La variabilité élevée des habitats est surtout due à la géomorphologie du paysage, les espèces thermophiles se trouvant au sommet des blocs de grès alors que les espèces montagnardes se retrouvent au fond des vallons et des gorges, à l'exemple de *Huperzia selago*. Mis à part les zones humides mentionnées plus loin, les habitats les plus intéressants et les plus précieux sont les pinèdes étendues comprenant des rochers couverts de bruyère et de lichens. En raison de ces conditions spécifiques nous pouvons constater le Thrichomane remarquable (*Trichomanes speciosum*) dans la majeure partie du secteur. Des espèces rares d'araignées telles que *Alopecosa fabrilis* ou *Diplocephalus* vivent et beaucoup d'espèces d'oiseaux telles que le grand corbeau (*Corvus corax*) ou le faucon pèlerin (*Falco peregrinus*) nichent dans les rochers. On trouve sur les abords de rochers de grès couverts de loess l'Iris sans feuilles (*Iris aphylla*), la Fraxinelle (*Dictamnus albus*), les araignées *Atypus affinis* et *A. piceus*. Les pelouses sèches (pâturages ou prés dans le passé) hébergent une flore et faune thermophile rare avec la Gentiane croisette (*Gentiana cruciata*), la Pulsatille des

prés (*Pulsatilla pratensis*), le papillon montagnard Azuré de la croisette (*Maculinea rebeli*) ou la Coronelle lisse (*Coronella austriaca*).

Les couches de grès argileux s'étendant plus bas enrichissent l'eau avec des composés de calcium et ce processus a également engendré de grandes zones humides calcaires dans les vallées de deux ruisseaux (Liběchovka, Pšovka) et de leurs affluents. Des communautés uniques de la flore et de la faune comptant beaucoup d'espèces rélictuelles et menacées habitent ces zones humides : par exemple le Nénuphar blanc boréal (*Nymphaea candida*), l'Helleborine des marais (*Epipactis palustris*), la Grande Douve (*Ranunculus lingua*), le gastéropode *Vertigo moulinsiana*, le mollusque *Pisidium tenuilineatum*, l'araignée *Hygrolycosa rubrofasciata* ou les trichoptères *Tinodes maclachlan* et *Erotesis baltica*.

Le climat frais (microclimat) des vallons étroits et profonds et la connexion d'autre part avec la plaine de l'Elbe en contrebas sont la raison du mélange d'espèces montagnardes et alluviales. On a accordé à ces parties le statut de zones humides d'importance internationale selon la Convention de Ramsar.

Les parties les plus intéressantes et les plus précieuses du PLA* sont protégées moyennant 5 réserves naturelles et 16 monuments naturels. La région entière est administrée par l'administration du PLA* de Kokořínsko.

* PLA = Protected Landscape Area = Paysage protégé

** lids = couvercles

Photos of the conference

Photos de la conférence



Photo 1: Pre-conference excursion in the Mullerthal area, May 25 2005. Photo: Dana Turoňová.



Photo 2: Pre-conference excursion in the Mullerthal area, May 25 2005. Photo: Anne Hauzeur.



Photo 3: Pre-conference excursion in the Mullerthal area, May 25 2005. Photo: Dana Turoňová.



Photo 4: Pre-conference excursion in the Mullerthal area, lunch at Beaufort castle, May 25 2005. Photo: Milkuláš Radek.



Photo 5: Pre-conference excursion in the Mullerthal area, May 25 2005. Photo: Jiří Adamovič.



Photo 6: Pre-conference excursion in the Mullerthal area, May 25 2005. Photo: Milkuláš Radek.

On behalf of the participants

The participants of the 2nd Symposium on Sandstone Landscapes in Vianden, Luxembourg, wish to express their thanks to all who were involved in the preparation of this successful Sandstone Symposium.

This symposium was indeed an important milestone in the research and conservation of sandstone landscapes since it proved a growing interest in sandstone studies across Europe.

Our warm thanks are directed especially to Christian Ries and Yves Krippel for their very hard work before and during this conference. Thanks to their effort the symposium was not only an excellently organized and scientifically outstanding event: it was also a meeting pervaded by friendly spirit, framed with delicious meal, brilliant piano concert and excellent wine.

During the excursions the participants were impressed by the uniqueness of the Luxembourg Sandstone area (in Luxembourg as well as in Germany), by the research activities conducted here, as well as by the efforts of Luxembourg scientists and conservationists to preserve this beautiful area for future generations.

Many thanks!

August 2nd 2005

Handrij Härtel, Jiří Adamovič & Radek Mikuláš.

List of participants - Liste des participants

- ABRAHAM Vojtěch. - Charles University in Prague, Department of Botany. Benátská 2, CZ-12000 Prague. vojtech.abraham@quick.cz
- ADAMOVIČ Jiří (Dr.). - Institute of Geology, Academy of Sciences of the Czech Republic, Rozvojova 135, CZ-165 02 Praha 6. adamovic@gli.cas.cz
- AUFFRET Jean-Pierre. - GERSAR, Groupe d'Études de Recherches et de Sauvegarde de l'Art Rupestre. 303 Quai aux fleurs, F-91000 Evry. jean-pierre.auffret5@wanadoo.fr
- AUFFRET Marie-Claude. - GERSAR, Groupe d'Études de Recherches et de Sauvegarde de l'Art Rupestre. 303 Quai aux fleurs, F-91000 Evry. jean-pierre.auffret5@wanadoo.fr
- BECHET Georges (Dr.). - Musée national d'histoire naturelle. 25, rue Münster, L-2160 Luxembourg. georges.bechet@mnhn.lu
- BROU Laurent (Master). - Section Préhistoire du Musée national d'histoire et d'art du Luxembourg, 241, rue de Luxembourg, L-8077 Bertrange. laurent.brou@mnha.etat.lu
- BÉNARD Alain. - GERSAR, Groupe d'Études de Recherches et de Sauvegarde de l'Art Rupestre. Square Georges Guynemer, 59, F-91070 Bondoufle. alain.benard.gersar@wanadoo.fr
- CELLINA Sandra. - 26, rue du Parc, L-3542 Dudelange. cecellina@yahoo.com
- ČEŘOVSKÝ Jan (RNDr. CSc.). - IUCN, Planta Europa. Pernerova 50, CZ-186 00 Praha 8 - Karlín. jan@cerovsky.net
- COLBACH Robert. - Service Géologique du Luxembourg. 43, bd G.-D. Charlotte, L-6880 Luxembourg. robert.colbach@pch.etat.lu
- COLLING Guy (Dr.). - Musée national d'histoire naturelle. 25, rue Münster, L-2160 Luxembourg. gcolling@mnhn.lu
- DELLEA Pascal. - Musée national d'histoire naturelle. 25, rue Münster, L-2160 Luxembourg.
- DIMITRIADIS George (Dr.). - HERAC, Dept. Archivistics University of Lecce. Via Golgi, 24, I-25038 Rovato (Bs). giorgio.dimitriadis@cheapnet.it
- DUCHAMP Loïc. - SYCOPARC. Maison du Parc - Château, B.P. 24, F-67290 La Petite Pierre. l.duchamp@parc-vosges-nord.fr
- ENGEL Edmée. - Musée national d'histoire naturelle, 25, rue Münster, L-2160 Luxembourg. eengel@mnhn.lu
- ERVYN Olivier. - E.G.E. Stienon. 37 Bv. Barthélémylaan, B-1000 Bruxelles.
- FABER Alain. - Musée national d'histoire naturelle. 25 rue Münster, L-2160 Luxembourg. afaber@mnhn.lu
- FRANTZEN-HEGER Gaby. - Administration communale de la ville de Vianden. B.P. 10, L-9401 Vianden.
- FRISING Arno. - Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et du Développement Rural, Service du développement rural. 7, Boulevard Royal, L-2449 Luxembourg. arno.frising@ma.etat.lu
- GRISELIN Sylvain. - 13/25, rue de Stalingrad, Appt. A004, F-93310 Le Pré Saint Gervais. sylvain.griselin@libertysurf.fr
- HARBUSCH Christine (Dr.). - Musée national d'histoire naturelle du Luxembourg. Orscholzer Str. 15, D-66706 Perl-Kesslingen. ProChirop@aol.com
- HAUZEUR Anne (Dr.). - Royal Belgian Institute of Natural Sciences. RBINS / Prehistory, 29, rue Vautier, B-1000 Brussels. anne.hauzeur@naturalsciences.be
- HEIDT Claude. - Musée national d'histoire naturelle. 25, rue Münster, L-2160 Luxembourg. claud.heidt@mnhn.lu
- HELMINGER Thierry (Dipl. Biol.). - Musée national d'histoire naturelle, 25, rue Münster, L-2160 Luxembourg. thelminger@mnhn.lu
- HENKINET Laurence. - E.G.E. Stienon. 37 Bv. Barthélémylaan, B-1000 Bruxelles.
- HOFFMANN Lucien (Prof. Dr.). - Centre de Recherche Public - Gabriel Lippmann. 41, rue du Brill, L-4422 Belvaux. hoffmann@crp.gl.lu
- HOLEŠINSKÝ Oldřich (Mgr.). - Bohemian Switzerland National Park Administration. Pražská 52, CZ-40746 Krásná Lípa. o.holesinsky@npcs.cz
- HÄRTEL Handrij (Ph.D.). - Bohemian Switzerland National Park Administration. Pražská 52, CZ-40746 Krasna Lipa. h.hartel@npcs.cz
- INGLESE Gianni. - E.G.E. Stienon. 37 Bv. Barthélémylaan, B-1000 Bruxelles.
- JUILLERET Jérôme (Ingénieur DEA Géosciences). - Centre de Recherche Public Gabriel-Lippmann. 49, rue principale, F-57330 Zoufftgen. juillere@crp.gl.lu
- JUNG Jürgen (Dipl.-Geogr.). - Research Institute Senckenberg and Archaeological Spessart-Project. Research Station for Highlands,

- Lochmühle 2, D-63599 Biebergemünd/Bieber.
juergen.jung@senckenberg.de
- KIEFFER Jean-Claude. - EFOR ingénieur-conseils
Luxembourg. rue Renert 7, L-2422 Luxem-
bourg. efor@efor.lu
- KOCH-HARF Danielle. - Ministère de l'agri-
culture, de la viticulture et du dévelop-
pement rural, Service du développement
rural. 7, bd Royal, L-2449 Luxembourg.
danielle.koch@ma.etat.lu
- KREMER Marie-Paule. - Ministère de l'environ-
nement. 18, Montée de la Pétrusse, L-2918
Luxembourg. marie-paule.kremer@mev.etat.lu
- KRIPPEL Yves (Ing.agr.dipl.). - Rue de Rollingen,
18A, L-7475 Schoos. yves.krippel@mnhn.lu
- KRUKOWSKI Marek (Dr.). - Institute of Environ-
mental Management & Conservation, Agricul-
tural University, pl. Grunwaldzki 24, PL-50-363
Wroclaw. mkruk@miks.ar.wroc.pl
- LE BRUN-RICALES Foni. - Section Préhis-
toire du Musée national d'histoire et d'art du
Luxembourg. 241, rue de Luxembourg, L-8077
Bertrange. foni.le-brun@mnha.etat.lu
- LIRON Marie Nieves. - Man and Biology -
UNESCO. 7, Impasse Musidora, F-77590 Bois-
le-Roi. mn.liron@wanadoo.fr
- MARKOVÁ Ivana (Mgr.). - Bohemian Switzerland
National Park Administration. Správa
Národního parku České Švýcarsko, Pražská 52,
CZ-407 46 Krásná Lípa. i.markova@npcs.cz
- MASSARD Jos (Dr.). - Musée national d'his-
toire naturelle. Rue des Romains 1A, L-6478
Echternach. jmassard@pt.lu
- MEISCH Jim (Dr.). - Musée national d'histoire
naturelle. 25 rue Münster, L-2160 Luxembourg.
jmeisch@mnhn.lu
- MERTLÍK Jan (Ing.). - Tisovka 2, CZ-511 01 Turnov.
j.m.had@wo.cz
- MIKULÁŠ Radek (Dr.). - Institute of Geology,
Academy of Sciences of the Czech Republic,
Rozvojová 135, CZ-165 02 Praha 6.
mikulas@gli.cas.cz
- MONNIER Olivier (Dr.). - Centre de recherche
public Gabriel-Lippmann, Cellule de recherche
en environnement et biotechnologies. 41, rue
du Brill, L-4422 Belvaux. monnier@crp.gl.lu
- MULLER Frantz-Charles (Ing. des eaux et
forêts). - NATURA, Fondation 'Hëllef fir
d'Natur'. 7, beim Fuussebu, L-5364 Schrassig.
frantz-charles.muller@email.lu
- MULLER Serge (Prof. Dr.). - Laboratoire Biodi-
versité & Fonctionnement des Ecosystèmes.
Labo B.F.E, UFR Sci.F.A, Campus Bridoux, 2
avenue du Général Delestraint, F-57070 Metz.
muller@sciences.univ-metz.fr
- MURAT Danièle. - Administration des eaux et
forêts. 16, rue Eugène Ruppert, L-2453 Luxem-
bourg. Daniele.Murat@ef.etat.lu
- NATON Henri-Georges. - Section Préhistoire du
Musée national d'histoire et d'art du Luxem-
bourg. 241, rue de Luxembourg, L-8077
Bertrange. henri-georges.naton@mnha.etat.lu
- POKORNÝ Petr (Dr.). - Institute of Archaeology,
Academy of Sciences. Institute of
Archaeology, Academy of Sciences of the
Czech Republic, Letenska 4, CZ-118 01 Praha.
pokorny@arup.cas.cz
- PROCHÁZKA Jan (Ing.). - Administration
for Nature Conservation. Administration
of the Kokorinsko Protected Landscape
area, Ceska 149, CZ-27601 Melnik.
jan.prochazka@schkocr.cz
- RICK Susanne. - Section Préhistoire du Musée
national d'histoire et d'art du Luxembourg.
241, rue de Luxembourg, L-8077 Bertrange.
susanne.rick@mnha.etat.lu
- RIES Christian (Dr.). - Musée national d'histoire
naturelle. 25, rue Münster, L-2160 Luxem-
bourg. cries@mnhn.lu
- ROBINSON David A. (Dr.). - Department of
Geography, University of Sussex, UK-BN1 9SJ
Brighton. d.a.robinson@sussex.ac.uk
- ROUAULT Daniel. - 33, avenue des
Huguenots, F-94420 Le Plessis Tréville.
danielrouault@wanadoo.fr
- ROUAULT Florence. - 34 rue de Strassen, L-2555
Luxembourg. danielrouault@wanadoo.fr
- RUTHSATZ Barbara (Prof. Dr.). - Universität Trier
FB VI / Geobotanik, Universitätsrings 15, D-
54296 Trier. ruthsatz@uni-trier.de
- SCHNEIDER Simone. - Mühlenweg
24, D-54675 Roth an der Our.
schneider.simone.roth@t-online.de
- SCHWEIGSTILLOVÁ Jana. - Institute of Rocks
Structure and Mechanics, Academy of Sciences
of the Czech Republic. ÚSMH, AV ČR, Oddělení
geofaktorů, V Holešovičkách 94/41, CZ-182 00
Prague 8. finy@seznam.cz
- SCHWENNINGER Jean-Luc (Dr.). - University
of Oxford. Research Laboratory for
Archaeology and the History of Art,
6, Keble Road, UK-OX1 3QJ Oxford.
jean-luc.schwenninger@rlaha.ox.ac.uk
- SIGNORET Jonathan (Dr.). - FloraGIS. 3, rue
Saint Louis, F-57950 Montigny-lès-Metz.
j_signoret@yahoo.fr

- SINNER Carole. - Administration des eaux et forêts. 16, rue Eugène Ruppert, L-2453 Luxembourg. carole.sinner@ef.etat.lu
- SINNER Jean-Marie. - Administration des eaux et forêts. Cantonnement forestier de Diekirch, 10, rue de l'Hôpital, L-9244 Diekirch. jean-marie.sinner@ef.etat.lu
- SPIER Fernand. - Société Préhistorique Luxembourgeoise. 35, rue du Cimetière, L-1338 Luxembourg. wmariep@pt.lu
- STEAD Alan. - Administration des ponts et chaussées, Luxembourg. 14, rue de Mersch, L-9155 Grosbous.
- STEAD-BIVER Véronique. - Musée national d'histoire et d'art. 14, rue de Mersch, L-9155 Grosbous. veronique.biver@mnha.etat.lu
- STEIN Jean-Paul. - Société préhistorique luxembourgeoise. B.P. 79, L-7201 Walferdange.
- THIRY Médard (Dr.). - Ecole des Mines de Paris. Rue St Honoré 35, F-77305 Fontainebleau. medard.thiry@ensmp.fr
- THREINEN Vincent. - 34 rue de Strassen, L-2550 Luxembourg.
- TUROŇOVÁ Dana (Dr.). - Agency for Nature Conservation and Landscape Protection of the Czech Republic. Kalisnicka 4-6, CZ-130 23 Praha 3. dana_turonova@nature.cz
- URBAN Jan (Dr.). - Institute of Nature Conservation, Polish Academy of Sciences. A. Mickiewicza 33, PL-31-120 Krakow. urban@iop.krakow.pl
- VALENTINI Mara. - Musée national d'histoire naturelle. 12, rue Van Werveke, L-2725 Luxembourg.
- VALOTTEAU François. - Section Préhistoire du Musée national d'histoire et d'art du Luxembourg. 241, rue de Luxembourg, L-8077 Bertrange. francois.valotteau@mnha.etat.lu
- VARILOVÁ Zuzana (Mgr.). - BohemianSwitzerland National Park Administration, Czech Republic. Prazska 52, CZ-407 46 Krasna Lipa. z.varilova@npcs.cz
- WAGENER Marie-Paule. - Société préhistorique luxembourgeoise. Batzent, 21, L-8551 Noerdange. wmariep@pt.lu
- WAGNER Elke (M.A.). - Naturerkundungsstation Teufelsschlucht, D-54668 Ernzen. Talstr. 15, D-54666 Irrel. e-wagner@gmx.net
- WALISCH Tania. - Musée national d'histoire naturelle. 25, rue Münster, L-2160 Luxembourg. twalisch@mnhn.lu
- WEBER Holger (Dipl.-Geograph). - Naturerkundungsstation Teufelsschlucht, D-54668 Ernzen. Birkenweg 11, D-54636 Biersdorf. holger.weber@teufelsschlucht.de
- WEBER Peter. - Naturerkundungsstation Teufelsschlucht, D-54668 Ernzen. Ferschweiler Str. 14, D-54668 Holsthum. piet-weber@web.de
- WEIS Jean-Marc. - Administration des eaux & forêts, cantonnement de Diekirch, triage de Berdorf. 27, um Biirkelt, L-6552 Berdorf. jean-marc.weis@ef.etat.lu
- WEIS Robert. - Musée national d'histoire naturelle. 25, rue Münster, L-2160 Luxembourg. rweis@mnhn.lu
- WERNER Jean. - Groupe d'études ayant pour objet la conservation du patrimoine naturel de la Petite-Suisse luxembourgeoise. 32, rue Michel Rodange, L-7248 Bereldange. jean.werner@mnhn.lu
- WERNER-BRAUN Marie-Louise. - 32, rue Michel Rodange, L-7248 Bereldange.
- WERTZ Paul (Ing. Explor.). - Carrières Feidt SA, Ernzenberg, L-7636 Ernzen. paul.wertz@carrieresfeidt.lu
- WILLIAMS Rendel B. G. (Dr.). - University of Sussex. Chichester 2, UK-BN1 9QJ Brighton. R.B.G.Williams@sussex.ac.uk
- ZIESAIRE Pierre (Dr. phil.). - Société Préhistorique Luxembourgeoise. 41, rue des Genêts, L-8131 Bridel. pziesair@pt.lu
- ZVELEBIL Jiří (Dr.). - Czech Geological Survey. Klárov 3, CZ-118 21 Prague 1. zvelebil@cgu.cz
- ZWANK Bruno. - Naturerkundungsstation Teufelsschlucht. Ferschweilerstraße, D-54668 Ernzen. bruno.zwank@teufelsschlucht.de
- ŚWIERKOSZ Krzysztof (Dr.). - Museum of Natural History, Wrocław University. Sienkiewicza 21, PL-50-335 Wrocław. krissw@biol.uni.wroc.pl

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

Please check our internet site <http://www.mnhn.lu> for the latest version of these instructions!

Scope

FERRANTIA is a series of monographic works (20-250 pages in final layout) dealing with life and earth sciences, preferably related in some way or other to the Grand-Duchy of Luxembourg.

It publishes original results of botanical, zoological, ecological, geological, mineralogical, paleontological, geophysical and astrophysical research and related fields.

A complete issue of FERRANTIA may be devoted to several papers on a single topic as the responsibility of an invited editor.

Copyright

The submission of a manuscript to FERRANTIA implies that the paper must not have been accepted for publication or be under consideration elsewhere.

Copyright of a published paper, including illustrations, becomes the property of the publisher. Requests to reproduce material from FERRANTIA should be addressed to the editor.

Reviewing

Articles submitted for publication are reviewed by the editorial board and by one or two referees. The final decision on acceptance or rejection of the manuscript is taken by the editorial board. Manuscripts not prepared according to the following instructions to authors will be returned for correction prior to review.

Nomenclature

Papers with a systematic content should strictly follow the International Codes of Nomenclature.

Specimens

We recommend that the authors should deposit at least a part of the type material in the MNHN collections.

Publication dates

FERRANTIA pays special attention to publication dates, which are always specified to the day of publication.

Manuscripts

Manuscripts, without limitation of the number of pages, must conform strictly to the instructions to authors, and should be sent to the Editor:

FERRANTIA

Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg

25, rue Munster

L-2160 Luxembourg

Format

Manuscripts must be submitted as paper copy in triplicate in A4 format, preferably double-spaced, with margins of at least 3 cm and all pages numbered.

If possible, an electronic version of the text may also be sent as unformatted Word document (PC or MAC) (font Times New Roman, 10 pt). Tables (Word, Excel) and figures (300 dpi in the page size of the journal) may also be sent electronically.

Structure

Papers are to be written in simple, correct and concise French, German or English. They should be organized as follows:

- a brief title (should not include the name of new taxa);
- a suggested running head (no more than 50 characters);
- name(s) and first name(s) of author(s), followed by their full address(es) and, if possible, e-mail or fax number;
- abstracts in English, French and German, each 200-800 words long; new taxa names should be included in the abstract; the abstract should be precise and descriptive, in order to be reproduced as such in data bases; avoid vague sentences such as "three new species are described" or "species are compared to species already known"; include precise differential characters;
- text of the article, in the following order: Introduction, Abbreviations used, Material and methods, Results and/or Observations, Discussion, Acknowledgements, References. The arrangement of the parts "Results/Observations" and "Discussion" may be modulated according to the length and subject of the article; very long papers may include a table of contents;
- for systematic descriptions, each description should follow the order: name of taxon with author and date, synonymy, type material, etymology, material examined, distribution, diagnosis and/or description, remarks.
- description of geological features should include type level, type horizon, type locality. This order may be

adapted according to the concerned groups: consult a recent issue of FERRANTIA;

- taxon names must be stated with author (and publication date, separated by a comma, where appropriate) at least once at the first mention. At subsequent mentions of the same taxon, or other taxa of the same genus, the genus name may be abbreviated (*Rosa canina* L. to *R. canina*).
- use n. sp., n. gen., n. fam., etc. for new taxa;
- use italicized words only for taxa of generic and sub-generic ranks;
- use lowercase characters for authority names
- references to illustrations and tables should be indicated as follows: (Fig. 1), (Fig. a, d), (Fig. 2a-d), (Figs 3; 6), (Figs 3-5; Tab. 2); (Tab. 1); for German texts use Abb. instead of Fig.
- footnotes should not be used.

Tables and figures

Copies of all figures and tables should be included with the manuscript. They can be either included in the text at the correct locations with their legends or referenced in the text and included as annexes.

The editorial board will pay special attention to the quality and relevance of illustrations. Colored illustrations are accepted where appropriate and necessary.

Line drawings must be in Indian ink or high quality laser printouts; high contrast Photographs are required,

Illustrations can be grouped into composite plates the elements of which are identified by letters (a, b, c...). Plates are not placed at the end of the article: they will be considered as figures and numbered as such. Arrange figures to fit in one (70 x 200 mm) or two columns (144 x 200 mm) or one half page (144 x 100 mm). Letters, numbers, etc., for each figure, are to be indicated on an accompanying overlay, not on the original figure. They will be inserted by the printer. A scale bar is required for each figure, when appropriate. No diagram or table is to exceed one page; longer tables should be divided.

References

In main text, references to authors, in lower case, should be presented without comma before year, as follows: Smith (2001), Smith (2001, 2002), (Smith 2001), (Smith 2001; Jones 2002), (Smith & Jones 2003, 2005), (Smith, Jones & Johnson 2003), Smith (2001: 1; 2003: 5), Smith (2001: fig. 2).

References should be presented as follows, in alphabetical order. Do not abbreviate journal names:

Høeg J. T. & Lützen J. 1985. - Comparative morphology and phylogeny of the family Thompsoniidae (Cirripedia: Rhizocephala: Akentrogonida) with description of three new genera and seven new species. *Zoologica Scripta* 22: 363-386.

Marshall C. R. 1987. - Lungfish: phylogeny and parsimony, in Bernis W. E., Burggren W. W. & Kemp N. E. (eds), *The Biology and Evolution of Lungfishes*, *Journal of Morphology* 1: 151-152.

Röckel D., Korn W. & Kohn A. J. 1995. - *Manual of the Living Conidae. Volume 1: Indo-Pacific Region*. Christa Hemmen, Wiesbaden, 517 p.

Schwaner T. D. 1985. - Population structure of black tiger snakes, *Notechis ater niger*, on off-shore islands of South Australia: 35-46, in Grigg G., Shine R. & Ehmann H. (eds), *Biology of Australasian Frogs and Reptiles*. Surrey Beatty and Sons, Sydney.

Proofs and reprints

Proofs will be sent to the author (or the first author) for correction and must be returned within two weeks by priority air mail. Authors will receive twenty-five reprints free of charge; further reprints can be ordered at a charge indicated on a form supplied with the proofs.

Page layout of final publication

paper size	170 x 240 mm
page size	144 x 200 mm
number of columns	2
column width	70 mm
space between columns	4 mm
top margin	22 mm
bottom margin	18 mm
inside margin	15 mm
outside margin	11 mm

Fonts

Body text: Palatino linotype (serif), 9pt

Titles, legends, headers, footers: Trebuchet (sans-serif)

LISTE DES NUMÉROS PARUS À CETTE DATE:

Les volumes de la série «FERRANTIA» paraissent à intervalles non réguliers.

Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle (1981-1999)

- I Atlas provisoire des Insectes du Grand-Duché de Luxembourg. Lepidoptera. 1^{ère} partie (Rhopalocera, Hesperidae). Marc Meyer et Alphonse Pelles, 1981.
- II Nouvelles études paléontologiques et biostratigraphiques sur les Ammonites du Grand-Duché de Luxembourg, de la Province du Luxembourg et de la région Lorraine attenante. Pierre L. Maubeuge, 1984.
- III Revision of the recent Western Europe species of genus *Potamocypris* (Crustacea, Ostracoda). Part 1: Species with short swimming setae on the second antennae. Claude Meisch, 1984.
- IV Hétéroptères du Grand-Duché de Luxembourg
1. *Psallus (Hylopsallus) pseudoplatani* n. sp. (Miridae, Phylinae) et espèces apparentées. Léopold Reichling, 1984.
2. Quelques espèces peu connues, rares ou inattendues. Léopold Reichling, 1985.
- V La bryoflore du Grand-Duché de Luxembourg: taxons nouveaux, rares ou méconnus. Ph. De Zuttere, J. Werner et R. Schumacker, 1985.
- VI Revision of the recent Western Europe species of genus *Potamocypris* (Crustacea, Ostracoda). Part 2: Species with long swimming setae on the second antennae. Claude Meisch, 1985.
- VII Les Bryozoaires du Grand-Duché de Luxembourg et des régions limitrophes. Gaby Geimer et Jos. Massard, 1986.
- VIII Répartition et écologie des macrolichens épiphytiques dans le Grand-Duché de Luxembourg. Elisabeth Wagner-Schaber, 1987.
- IX La limite nord-orientale de l'aire de *Conopodium majus* (Gouan) Loret en Europe occidentale. Régine Fabri, 1987.
- X Epifaune et endofaune de *Liogryphaea arcuata* (Lamarck). Contribution à l'écologie des populations de *Liogryphaea arcuata* (Lamarck) dans le Sinémurien au NE du Bassin de Paris. Armand Hary, 1987.
- XI Liste rouge des Bryophytes du Grand-Duché de Luxembourg. Jean Werner, 1987.
- XII Relic stratified scress occurrences in the Oesling (Grand-Duchy of Luxembourg), approximate age and some fabric properties. Peter A. Riezebos, 1987.
- XIII Die Gastropodenfauna der «angulata-Zone» des Steinbruchs «Reckingerwald» bei Brouch. Hellmut Meier et Kurt Meiers, 1988.
- XIV Les lichens épiphytiques et leurs champignons lichénicoles (macrolichens exceptés) du Luxembourg. Paul Diederich, 1989.
- XV Liste annotée des Ostracodes actuels non-marins trouvés en France (Crustacea, Ostracoda). Claude Meisch, Karel Wouters et Koen Martens, 1989.
- XVI Atlas des lichens épiphytiques et de leurs champignons lichénicoles (macrolichens exceptés) du Luxembourg. Paul Diederich, 1990.
- XVII Beitrag zur Faunistik und Ökologie der Schmetterlinge im ehemaligen Erzabbaugebiet "Haardt" bei Düldeingen. Jos. Cungs, 1991.
- XVIII Moosflora und -Vegetation der Mesobrometen über Steinmergelkeuper im Luxemburger und im Bitburger Gutland. Jean Werner, 1992.
- 19 Ostracoda. Nico W. Broodbakker, Koen Martens, Claude Meisch, Trajan K. Petkovski and Karel Wouters, 1993.
- 20 Les haies au Grand-Duché de Luxembourg. Konjev Desender, Didier Drugmand, Marc Moes, Claudio Walzberg, 1993.
- 21 Ecology and Vegetation of Mt Trikora, New Guinea (Irian Jaya / Indonesia). Jean-Marie Mangen, 1993.
- 22 A checklist of the recent non-marine ostracods (Crustacea, Ostracoda) from the inland waters of South America and adjacent islands. Koen Martens & Francis Behen, 1993.
- 23 Ostracoda. Claude Meisch, Roland Fuhrmann, Karel Wouters, Gabriele Beyer and Trajan Petrovski, 1996.
- 24 Die Moosflora des Luxemburger Oeslings. Jean Werner, 1996.
- 25 Atlas des ptéridophytes des régions lorraines et vosgiennes, avec les territoires adjacents, Georges Henri Parent, 1997.
- 26 Evaluation de la qualité des cours d'eau au Luxembourg en tant qu'habitat pour la loutre. Groupe Loutre Luxembourg, 1997.
- 27 Notes Paléontologiques et Biostratigraphiques sur le Grand Duché de Luxembourg et les régions voisines. Pierre Louis Maubeuge & Dominique Delsate, 1997.
- 28 Die Moosflora der Kleinen Luxemburger Schweiz (Müllertal). Florian Hans, 1998.
-

-
- 29 Etude sur les genres *Globorilusopsis* Maubeuge, 1994 et *Simoniceras* n. gen. du Lias Supérieur du Grand-Duché de Luxembourg (Calyptop-tomati-da). Pierre Louis Maubeuge, 1998.
- 30 L'Ichthyofaune du Toarcien luxembour-geois. Cadre général et catalogue statistique. Dominique Delsate, 1999.
- 31 Proceedings of the 3rd European Batdetector Workshop. 16-20 August 1996 Larochette (Lux.). Christine Harbusch & Jacques Pir (eds.), 1999.
- 32 Les collections paléontologiques du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg. Fossiles du Trias et du Jurassique. Dominique Delsate, Chris Duffin & Robi Weis, 1999.
- FERRANTIA (2002-)**
- 33 Die Fledermäuse Luxemburgs (Mammalia : Chiroptera). Christine Harbusch, Edmée Engel, Jacques Pir, 2002.
- 34 The Protura of Luxembourg. Andrzej Szeptycki, Norbert Stomp, Wanda M. Weiner, 2003.
- 35 Liste rouge des bryophytes du Luxembourg. Jean Werner, 2003.
- 36 Paléontologie au Luxembourg. Simone Guérin-Franiatte (éd.), 2003.
- 37 Verbreitungsatlas der Amphibien des Großherzogtums Luxemburg. Roland Proess (éd.), 2003.
- 38 Trois études sur la Zone Rouge de Verdun. I. Herpétofaune. II. La diversité floristique. III. Les sites d'intérêt botanique et zoologique. Georges H. Parent, 2004.
- 39 Verbreitungsatlas der Heuschrecken des Großherzogtums Luxemburg. Roland Proess, 2004.
- 40 Les macrolichens de Belgique, du Luxem-bourg et du nord de la France - Clés de détermination. E. Sérusiaux, P. Diederich & J. Lambinon, 2004.
- 41 Die Fauna der Quellen und des hyporhe-ischen Interstitials in Luxemburg unter besonderer Berücksichtigung der Milben(Acari), Muschekrebse (Ostracoda) und Ruderfusskrebse (Copepoda). Reinhard Gerecke, Fabio Storch, Claude Meisch, Isabel Schrankel, 2005.
- 42 Red List of the Vascular Plants of Luxem-bourg. Guy Colling. 2005.
- 43 Contribution à la climatologie du Luxem-bourg. Analyses historiques, scénarios futurs. Christian Ries (éd.), 2005
- 44 Sandstone Landscapes in Europe - Past, Present and Future. Proceedings of the 2nd International Conference on Sandstone Landscapes. Vianden (Luxembourg) 25-28.05.2005. Christian Ries & Yves Krippel (Editors), 2005.

Envoyez votre commande aux adresses indiquées
à la page 2 de la couverture.
