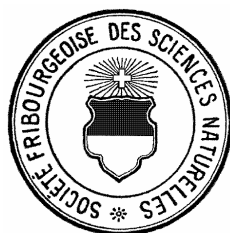


**BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ  
FRIBOURGEOISE  
DES SCIENCES NATURELLES**

**BULLETIN DER NATURFORSCHENDEN  
GESELLSCHAFT FREIBURG**



**Contenu / Inhalt Vol. 101 (2012)**

THIERRY WANNIER et HANSRUEDI VÖLKLE: Rapport annuel de la présidence pour l'année 2011 et Programme des conférences .....	5
Les Présidents de la SFSN – Die Präsidenten der FNG .....	12
ANDRÉ FASEL: Le Musée d'histoire naturelle de Fribourg en 2011 .....	13
JACQUES ESCHMANN: Pro Natura Fribourg: Rapport annuel 2011 .....	17
JACQUES ESCHMANN: Pro Natura Freiburg: Jahresbericht 2011: .....	23
JEAN RHIME: La Vérité sur l'Affaire Paul Cantonneau .....	29
HUBERT SCHNEUWLY: Mes trouvailles (Meine Geistesblitze) .....	37
MARINO MAGGETTI, MAURIZIO MAGGETTI, JESSICA CHIAVERINI und VINCENT SERNEELS: Hartsandsteinbrüche für Pflastersteine des Kantons Freiburg .....	67
JESSICA CHIAVERINI et MARINO MAGGETTI: Le pavement du centre historique de la ville de Fribourg : Résultats du relevé pétrographique .....	97
MICHAEL ALLAN, PETER BELSER, CHRISTIAN BOCHET, CLAUDE DAUL, ALKE FINK, KATHARINA FROMM, TITUS JENNY, et al.: 2011: Das Internationale Jahr der Chemie – 2011: L'Année internationale de la chimie .....	121
En mémoire de JEAN-CLAUDE MONNEY (25.07.1958 – 29.12.2012) .....	140
Nécrologies publiées dans le Bulletin – Im Bulletin veröffentlichte Nachrufe ...	146

**Comité de rédaction:** Dr. THIERRY WANNIER Prof. Dr. HANSRUEDI VÖLKLE.

Les **manuscripts** sont à adresser au Prof. HANSRUEDI VÖLKLE, Département de physique de l'Université de Fribourg, Faculté des sciences, Ch. du Musée 3, 1700 Fribourg (e-mail : [hansruedi.voelkle@unifr.ch](mailto:hansruedi.voelkle@unifr.ch)).

Le **Bulletin** se compose de un à deux fascicules par année, unis en un volume, ou d'un fascicule pour deux ans. Il est remis gratuitement aux membres de la Société. Il est consacré aux rapports du/de la président(e) de la SFSN, du directeur du Musée d'histoire naturelle et de la fondation Pro-Natura-Fribourg, ainsi qu'aux manuscrits des conférences et à d'autres travaux scientifiques. Sont surtout publiés des travaux qui concernent le Canton de Fribourg ou d'autres travaux qui sont rédigés par des membres de la Société ou des collaborateurs de l'Université de Fribourg (voir aussi : <http://www.unifr.ch/sfsn>).

Les opinions exprimées dans les articles ou reproductions n'engagent que les auteurs. Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, nécessite le consentement de l'auteur.

Les personnes qui ne sont pas membres de la Société peuvent commander le Bulletin à Academic Press Fribourg, Pérolles 42, 1700 Fribourg.

\* \* \*

**Redaktionskomitee:** Dr. THIERRY WANNIER und Prof. Dr. HANSRUEDI VÖLKLE.

**Manuskripte** sind zu senden an Prof. HANSRUEDI VÖLKLE, Physikdepartement der Universität Freiburg, Naturwissenschaftliche Fakultät, Ch. du Musée 3, 1700 Fribourg (e-mail: [hansruedi.voelkle@unifr.ch](mailto:hansruedi.voelkle@unifr.ch)).

Das **Bulletin** besteht pro Jahr aus ein bis zwei zu einem Band vereinigten Heften (oder ein Heft für zwei Jahre) und wird den Mitgliedern der Gesellschaft gratis zugestellt. Das Heft enthält die Jahresberichte der/des Präsident(in) der Gesellschaft, des Direktors des Naturhistorischen Museum und der Stiftung Pro-Natura-Freiburg sowie Vortragsmanuskripte und weitere wissenschaftliche Originalarbeiten. Veröffentlicht werden in erster Linie Arbeiten, die den Kanton Freiburg betreffen, oder solche die von Mitgliedern der Gesellschaft oder der Universität Freiburg verfasst worden sind (Siehe auch: <http://www.unifr.ch/sfsn>).

Für die in den Artikeln geäußerten Meinungen sind allein die Autoren verantwortlich. Veröffentlichungen, auch auszugsweise, erfordern die ausdrückliche Zustimmung der Autoren. Nichtmitglieder der Gesellschaft können das Bulletin bei Academic Press Fribourg, Pérolles 42, 1700 Freiburg beziehen.

\* \* \*

Le Bulletin est publié avec des subsides de l'**Académie Suisse des Sciences Naturelles** (ScNat) et du **Conseil de l'Université**.

Das Bulletin wird mit Hilfe von Beiträgen der **Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften** (ScNat) und des **Hochschulrates** der Universität Freiburg veröffentlicht.

## Recommandations aux auteurs

- 1) Le *Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles* accepte des travaux originaux couvrant tous les domaines des sciences naturelles. La préférence sera donnée aux travaux de membres de la Société. Sont particulièrement bienvenus des articles ayant trait par un aspect ou l'autre au canton de Fribourg. Les Comptes rendus de conférences données dans le cadre de la Société sont également publiés dans le Bulletin. Les textes seront rédigés en français ou en allemand, sur demande spéciale aussi en anglais (voir aussi : <http://www.unifr.ch/sfsn/>).
- 2) En règle général, le volume des travaux ne doit pas dépasser 16 pages imprimées, à l'exception des thèses et des travaux à caractère monographique. Les manuscrits seront rédigés sur traitement de texte (Format Word pour PC ou pour Mac).
- 3) Les travaux seront accompagnés de résumés en français, allemand et anglais, de au maximum 20 lignes chacun.
- 4) Les noms d'auteurs cités dans le texte seront imprimés en petites capitales. Les noms de genre et d'espèce seront imprimés en italique.
- 5) La liste bibliographique sera dressée par ordre alphabétique des auteurs et rédigée en tenant compte des règles d'abréviation en usage sur le plan international. Exemple : CHERIX, D., WERNER, P. et CATZEFLIS, F. : Organisation spatiale d'un système polycalique chez *Formica (Coptoformica) exsecta* NYL. (*Hymenoptera : Formicidae*), Bull. Soc. Entomol. Suisse 53, 163-171 (1980).
- 6) Les figures ou photos (en noir et blanc ou en couleur) dont le nombre sera maintenu à un minimum, seront présentées séparément en qualité convenable pour l'impression. Indiquer l'échelle de réduction et l'emplacement dans le fichier texte. Si les figures ou graphiques sont déjà numérisés, enregistrez les séparément dans un fichier de type suivant : Postscript (\*.eps), Bitmap (\*.tif), CorelDraw (\*.edr), Illustrator (\*.ai) ou Windows Metafile (\*.wmf).
- 7) Il est recommandé de composer les tableaux en vue de leur reproduction directe sur format 15.5 x 22.8 cm ou de les enregistrer dans un fichier séparé.
- 8) En règle générale, pour des thèses jusqu'à concurrence de 50 pages, l'auteur prend à sa charge la moitié des frais d'impression. Pour des thèses dépassants 50 pages, les frais supplémentaires incombent entièrement à l'auteur.
- 9) Des travaux jugés inadaptés, ou qui ne répondent pas aux prescriptions, peuvent être refusés.
- 10) Les manuscrits (de préférence sous forme électronique en format Word) sont à adresser au Prof. HANSRUEDI VÖLKLE, Département de physique de l'Université de Fribourg, Faculté des sciences, Ch. du Musée 3, 1700 Fribourg (e-mail : [hansruedi.voelkle@unifr.ch](mailto:hansruedi.voelkle@unifr.ch)).
- 11) Sauf entente préalable, les tirés à part (25) seront livrés par l'imprimeur sans couverture, au prix de revient. Les auteurs peuvent aussi demander un fichier PDF de leur texte.
- 12) Les bulletins de la Société ainsi que les Mémoires de la Société sont disponible en version PDF sur la page WEB de la Société : [www.unifr.ch/sfsn](http://www.unifr.ch/sfsn) sous la rubrique: Anciens bulletins.

# Layout and Text Structure

## Titel: 18, Bold, Centered

AUTHORS: 14 pt, SMALL CAPS, Centered

Text: 12 pt, Times New Roman, Justified ; Introduction: 12 pt, *Italic*

Latin name: *Italic*

Proper name: SMALL CAPS

Margins:       Top = 2 cm; Bottom = 2 cm  
                  Left = 2 cm; Right = 2 cm

Paper:   Width = 21cm; Height = 29.7 cm (A4)  
Reduction by print to: 15.5 x 22.8 cm (Reduction factor 0.77)

Header = 1.27 cm

Footer = 1 cm

Paragraph separated by one line

References 10pt; Proper name: SMALL CAPS

Subtitles: separated by one line (before) and one line (after)

# Rapport du président de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles pour l'année 2011

THIERRY WANNIER (Président) et HANSRUEDI VÖLKLE  
Fribourg, en novembre 2012

En utilisant la métaphore d'un organisme vivant, je voudrais me risquer à poser un regard « en biais » sur notre Société, la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles (SFSN). Cette métaphore n'a en soi rien de bien original, mais en l'occurrence, elle a l'avantage d'assez bien mouler son modèle. La SFSN sera donc pour quelques instants perçue comme une forme d'organisme dont chaque membre serait une cellule. En biologie, les êtres pluricellulaires ont développé des formes de collaboration entre cellules qui maintiennent l'organisme en état de fonctionner normalement. Pour cela, l'organisme doit renouveler ses tissus afin de contrer leur usure, incorporer de la matière afin de remplacer celle qui a été perdue et accéder à de l'énergie pour assurer les moyens de son fonctionnement. Si elle veut perdurer, une Société telle que la SFSN devrait aussi y parvenir. Par l'adhésion régulière de nouveaux membres, elle devrait maintenir sa structure. Grâce à la volonté de scientifiques de communiquer leur passion à la population fribourgeoise elle devrait se nourrir de débats informatifs, ouverts et constructifs. En particulier, elle devrait offrir une coupole à des débats touchant à des thèmes d'actualité, qu'ils soient directement de nature scientifique ou positionnés à l'interface entre science et société. Finalement, elle devrait disposer de moyens financiers suffisants pour nourrir son activité et pour soutenir des projets de recherche locaux. Malheureusement, la réalité de la SFSN s'éloigne de plus en plus de cet idéal. En effet, l'intérêt pour la Société décroît, la volonté de communiquer manque de spontanéité et les fonds ne permettent ni d'apporter un soutien efficace à des projets locaux, ni de développer de nouvelles activités. Pourtant, malgré cette situation, la SFSN continue son travail. Cette année encore, nous avons récompensé les meilleurs élèves ayant passé la maturité dans les différents collèges du canton, nous avons publié un bulletin attrayant et proposé un programme de conférences intéressant. Parmi ces conférences 2011-2012, cinq portaient sur le thème des énergies renouvelables et sur leur potentiel dans la région fribourgeoise. Ce thème a été choisi par son actualité dans le contexte de l'après-Fukushima et de l'annonce de la nouvelle politique énergétique envisagée par la Confédération. L'intérêt de la population fribourgeoise pour ces conférences s'est exprimé par une participation honorable. Elle avait été invitée à y participé non seulement par affiches et annonces internet et également par voie de presse, *La Liberté* ayant souvent proposé des articles dédiés à ces conférences un jour avant la conférence.

Vous l'aurez compris, l'intérêt que la SFSN peut présenter comme organe d'information à la croisée entre science et société, son avenir est incertain. Il y a déjà quelques années que la sonnette d'alarme est activée, mais peu a été atteint. Des contacts ont récemment été pris avec la Faculté des Sciences de l'Université, car c'est elle qui est le plus à même de nourrir la SFSN. On peut espérer qu'un nouveau président issu de la Faculté reprendra prochainement la tête de la SFSN et que son intégration à la Faculté permettra de mettre en place une dynamique communication qu'il est actuellement difficile d'envisager. C'est seulement dans ces conditions que je peux concevoir un avenir à cette Société. L'avenir tranchera.

## **Participations aux conférences**

Le nombre de participants variait, comme par le passé, entre 10 et 150 (par exemple pour les conférences du prof. Schneuwly et cette du Cycle «Paul Rhyner»).

## **Excursion 2011**

Par manque d'inscription nous n'avons pas organisé d'excursion en 2012.

## **Les Membres de la Société**

La Société comptait fin 2011 270 membres.

## **Cotisations des membres**

La cotisation annuelle est de Fr. 45.– pour les membres ordinaires et de Fr. 20.– pour étudiants ou apprentis; pour les membres à vie elle est de Fr. 550.–. Les membres honoraires sont exempts de cotisation.

## **Prix pour les collégiens/collégiennes**

Comme par le passé, aussi en 2011 des collégiens/collégiennes furent distingués par le prix LOUIS WANTZ de notre société. Depuis 1993 ce prix – en l'honneur de son initiateur et ancien membre du comité – récompense des élèves des classes terminales pour des disciplines à caractère scientifique et ce pour des branches enseignées dans le cadres des options. 8 Collégiens/Collégiennes des collèges de la Ville de Fribourg (*Ste-Croix, St-Michel* et *Gambach*), du *Collège du Sud* à Bulle et du *Gymnase Intercantonal de la Broye* (GIB) à Payerne ont reçu cette distinction lors de la remise officielle des diplômes de maturité.

Les meilleurs travaux de maturité sont honorés par le prix de la Faculté des sciences de l'Université de Fribourg.

## **Le Bulletin de la Société et Numérisation des Anciens Bulletins ainsi que des Mémoires**

Le Bulletin no. 100 (2011) est paru en début 2012. Il comptait 176 pages.

Grace à un projet du Consortium des Bibliothèques Universitaires Suisse (et pour une bonne partie financé par ce dernier), en Cooperation avec l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich (pour la partie technique) tous les anciens *Bulletins* de la Société, c'est-à-dire du volume 1 (1878-80) au volume 99 (2010) et les *Mémoires de la Société* (*Botanique*: 1901-44, *Chimie*: 1900-44, *Géologie et Géographie*: 1900-47, *Mathématiques et Physique*: 1904-48, *Physiologie, Hygiène et Bactériologie*: 1908-23 et *Zoologie*: 1907-41) ont été numérisés en 2012 et sont maintenant accessibles sur Internet en PDF (avec une grande série d'autres publications Suisses) sur le site [www.retro.seals.ch](http://www.retro.seals.ch) ou également sur le site de la Société ([www.unifr.ch/sfsn](http://www.unifr.ch/sfsn)) sous la rubrique: *Anciens bulletins*.

## **Site WEB de la Société ([www.unifr.ch/sfsn](http://www.unifr.ch/sfsn))**

Le Site WEB de la Société a été mise à jour: il contient non seulement le programme des conférences de notre société mais également celui de la Société Fribourgeoise d'Astronomie. Il a un plus été complété par une série d'articles sur le Professeur ALBERT GOCKEL, qui – il y a plus qu'un siècle – contribué à la découverte du rayonnement cosmique (*dont on a commémoré la découverte en 2012. Officiellement cette découverte est attribuée au physicien autrichien VIKTOR FRANZ HESS qui a été honoré pour cette découverte par le Prix Nobel en 1936*). – D'autres textes accessibles sur la page WEB de la Société concernent l'histoire de cette dernière, l'histoire de la Faculté des Sciences de l'Université de Fribourg ainsi que le Professeur OTTO HUBER et ses travaux, et ceux de ses collaborateurs, sur la radioactivité et l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl en 1986.

## Secrétariat de la Société

Le secrétariat de la société est assuré par Mme. Doriana Pedrioli, secrétaire au Département de physique de l'Université de Fribourg ([doriana.pedrioli@unifr.ch](mailto:doriana.pedrioli@unifr.ch)).

## Avant-propos des conférences 2011-12

Comme chaque année, la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles invite ces membre et toute personne intéressée à une série de conférences qu'elle organise.

Les thèmes abordés sont comme toujours divers et actuels. Non seulement vous pourrez vous familiariser avec la dimension du proton ou embrasser l'histoire de la supraconductivité, mais vous pourrez aussi mesurer les risques que le radon et les nanoparticules génèrent tant pour la santé que pour l'environnement, découvrir l'état préoccupant de la biodiversité en Suisse et même vous évader vers l'espace interplanétaire lors de la conférence dans le cadre de la Fondation Paul Rhyner.

\* \* \*

*Wie jedes Jahr organisiert die Freiburger Naturforschende Gesellschaft eine Reihe von Vorträgen.*

*Die behandelten Themen sind, wie immer, sehr verschieden aber aktuell. So wird Ihnen die neuesten Messungen - an denen die Universität Freiburg beteiligt war – des Protonenradius' vorgestellt, dann die Geschichte der Supraleitung aber auch die Gefahren, die vom Radon in Wohnräumen oder von Nanopartikeln für Mensch und Umwelt ausgehen, und schliesslich ein Bericht über den beunruhigende Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Der Vortrag im Rahmen der Paul-Rhyner-Stiftung befasst sich mit der Menschheit auf dem Weg zur Drei-Welten-Zivilisation.*

## Comité - Vorstand 2010 - 2012

*Président* – Präsident: Dr. Thierry WANNIER, Collège du Sud, Bulle  
*Secrétaire* – Schriftführer : M. Marius ACHERMANN, Administration Cantonale Fribourg  
*Trésorier* – Kassier: Dr. Pierre MARCHON, Rte de la Côte 2, Chenens  
*Secrétariat* – Sekretariat: Mme. Doriana PEDRIOLI, Département de physique de l'Université  
*Membres* – Mitglieder: Prof. Dr. Joëlle GOYETTE-PERNOT, EIF Fribourg  
Herr Malte JELINSKI, Kollegium St. Michael, Freiburg  
PD Dr. Gregor KOZLOWSKI, Jardin Botanique de l'Université, Fribourg  
Herr René SCHNEUWLY, Kollegium Heilig Kreuz, Freiburg  
Prof. Dr. Hansruedi VÖLKLE, Département de Physique, Université, Fribourg

\* \* \*

## Programme des Conférences / Vortragsprogramm 2011

10. März 2011: Prof. ALKE FINK  
Departement für Chemie, Universität Fribourg)  
**Anwendungen und potentielle Risiken von Nanopartikeln**

24 mars 2011: Prof. JOËLLE GOYETTE-PERNOT  
Ecole d'ingénieur et d'architectes de Fribourg  
**Problématique du radon dans l'habitat et risque pour la santé: Situation en Suisse et dans le canton de Fribourg**

7. April 2011: Dr. BRUNO STANEK  
*Vortrag im Rahmen der Paul Rhyner-Stiftung*  
**Die Menschheit auf dem Weg zur Drei-Welten-Zivilisation**

21. April 2011: Prof. DIONYS BAERISWYL  
Physikdepartement der Universität Freiburg  
**100 Jahre Supraleitung**  
*Anschliessend: Generalversammlung der FNG*  
*La conférence est suivie de l'Assemblée générale de la SFSN*

\* \* \*

## **Résumés des conférences 2011 - Kurzfassungen der Vorträge 2011**

*21. April 2011, 18h30 : Hörsaal für Pflanzenbiologie, Rue Albert Gockel 3*

### **DIONYS BAERISWYL: 100 JAHRE SUPRALEITUNG**



Die Supraleitung feiert 2011 ihren 100. Geburtstag, Grund genug, um die Geschichte nachzuzeichnen, von der ersten Entdeckung eines verschwindenden elektrischen Widerstands durch Kamerlingh Onnes über das jahrzehntelange Ringen um eine mikroskopische Theorie bis hin zur Front der aktuellen Forschung. Die Faszination Supraleitung ist ansteckend, etwas schwieriger ist es, das Wesen des Phänomens zu vermitteln. In diesem Vortrag soll versucht werden, anhand der hundertjährigen Geschichte ein kohärentes Bild zu präsentieren, gleichzeitig soll aufgezeigt werden, dass spektakuläre Fortschritte der letzten zwei Jahrzehnte neue Perspektiven eröffnen. Daher ist es nicht erstaunlich, dass die Forschung mit ungebrochenem Elan weitergeht, dies nicht nur in grundlegenden theoretischen Fragen und in der Entwicklung ausgeklügelter Experimente, sondern auch im Bereich technischer Anwendungen.

*Curriculum Vitae of Dionys Baeriswyl: born in Geneva, 23 June 1944.*

#### **Degrees:**

1969 *Diploma in theoretical nuclear physics, University of Basel*

1973 *Ph.D. degree at the University of Geneva, thesis on the theory of elementary excitations in superfluid helium (supervisor C. P. Enz)*

1985 *Venia legendi at the ETH in Zurich, thesis on theoretical aspects of conducting polymers*

1989 *Full professor of theoretical physics, University of Fribourg*

#### **Work experience:**

1973-1982 *Staff member, RCA Laboratories, Zurich*

1982-1989 *Free-lance physicist, extended visits at various institutions, the Max-Planck Institute in Stuttgart, the H. C. Ørsted Institute and NORDITA in Copenhagen, the research centers of Brown Boveri in Baden and of IBM in Rüschlikon, the University of Southern California in Los Angeles, the Center for Nonlinear Studies in Los Alamos, the ICTP in Trieste, the ETH in Zurich, the Institute for Scientific Interchange in Torino, among others.*

1989-2000 *Director of the Institute of Theoretical Physics*



2002-2004 *Dean of the Faculty of Sciences*  
2007-2009 *President of the Department of Physics*

\* \* \*

10. März 2011, 18h30: Hörsaal für Pflanzenbiologie, Rue Albert Gockel 3

### **ALKE FINK: Anwendungen und potentielle Risiken von Nanopartikeln**



„Nanotechnologie“ gilt als die Schlüsseltechnologie der Zukunft. Möglichkeiten der Nanotechnologie im Konsumbereich sind vielversprechend: kratzfeste Brillengläser, schlagfeste Beschichtungen, anti-Graffiti-Anstriche, selbstreinigende Fenstergläser, ultraleichte Velos, leistungsfähigere Batterien, transparente Sonnencremes, abriebfeste Textilien bis hin zu Lebensmittelverpackungen, die eine längere Haltbarkeit erlauben. Nanopartikel besitzen ganz andere Eigenschaften als größere Materialien der gleichen Zusammensetzung. Diese Besonderheit verdanken sie ihrer Kleinheit - sie messen weniger als der achthundertste Teil einer Haaresbreite. Mittlerweile sind über 500 Nanoprodukte auf dem Markt, und jede Woche kommen etwa drei

weitere hinzu. Bislang galt der Begriff „nano“ als sexy und innovativ; ein amerikanischer MP3-Player, ein indisches Auto und eine deutsche Fernsehsendung schmückten sich mit dem Begriff. Mit der zunehmenden Verbreitung von Nanoprodukten und Berichten über Zukunftsvisionen wachsen allerdings die Bedenken über mögliche negative Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt. Doch die Risiken sind bisher weitgehend unerforscht. Die Nanorisiken könnten eine der heißen Streitfragen der kommenden Jahre werden.

*Alke Fink studied Chemistry at the University of Ulm, Germany and the University of New South Wales, Sydney, Australia and received her Ph.D. in inorganic chemistry in 1999. After a post-doctoral visit at the Engineering Research Center for Particle Science and Technology, University of Florida, she joined the Laboratory for Powder Technology (LTP) at the Institute of Materials Science at the École Polytechnique Fédérale Lausanne (EPFL) in 2000. There she established nanomaterials as a new research field, initiated various national and international projects, fostered contacts to many industrial partners and supervised students at all levels of their education. Since 2003, she has been senior scientist and group leader in the Institute of Materials Science, since 2006 she has held a permanent position and was awarded a Fellowship for Advanced Researchers in the same year (Vanderbilt University, Nashville, USA). In 2009, she has been nominated SNF Professor.*

\* \* \*

24 Mars 2011, 18h30: Auditoire de Biologie végétale, Rue Albert Gockel 3

### **JOËLLE GOYETTE-PERNOT: Problématique du radon dans l'habitat et risques pour la santé: Situation en Suisse et dans le canton de Fribourg**

Imperceptible par nos sens, le radon, un gaz radioactif issu de la décomposition de l'uranium-238 dans les profondeurs de la terre a tendance, en remontant vers la surface, à s'accumuler dans les espaces clos, tels les sous sols de nos maisons si l'enveloppe de celles-ci n'est pas suffisamment



étanche. Naturellement présent et relativement inoffensif en moindres concentrations dans l'air ambiant extérieur que nous respirons, il peut s'avérer devenir un véritable danger pour la santé de quiconque qui y est exposé à long terme à des concentrations trop élevées. Principale cause du cancer du poumon après la cigarette, il emporte chaque année entre 200 et 300 personnes en Suisse. Le risque de développer un cancer du poumon augmente avec la concentration en radon contenue dans l'air ambiant. Toutefois, même si la situation est préoccupante, nous ne sommes pourtant pas sans ressource pour lutter contre lui. La Suisse, par l'entremise de l'OFSP dispose en effet d'un cadre légal qui vise à réduire le risque individuel en assainissant les bâtiments excédant la valeur limite fixée par l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP du 22 juin 1994) ainsi que de réduire d'un facteur 2

l'exposition de la population grâce à l'introduction de solutions opérationnelles dans le cadre d'assainissement ou de nouvelles constructions afin de ne pas dépasser la valeur directrice. Cependant ces valeurs aujourd'hui en vigueur ne semblent plus être en accord avec les connaissances épidémiologiques plus récentes qui ont conduit l'OMS en septembre 2009 à revoir ses recommandations à la baisse, ce qui a pour effet qu'en Suisse, le radon devient dès lors un fait connu de tous et ne se limite plus à quelques régions seulement. Finalement seule une planification raisonnable et une prise en compte effective de cette problématique environnementale lors de l'élaboration du projet de construction devrait permettre de limiter le problème et donc ses incidences.

*Joëlle Goyette-Pernot est née en France en 1967 où elle a entamé des études en géographie et aménagement du territoire à l'Université Lyon III. Elle les a poursuivies à l'Université de Montréal au Québec où elle s'est orientée plus précisément vers la climatologie urbaine à laquelle s'est alliée l'aérobiologie qui lui a valu de finalement compléter en 2006 un doctorat au département de géographie de l'Université de Fribourg au sein du groupe climat, portant sur l'analyse de la trajectoire aérobiologique de l'ambrosie à l'aide d'outils statistiques et numériques. Depuis janvier 2000 et parallèlement à la fin de ses études elle a joint l'Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg au sein de la filière d'architecture où elle a dans un premier temps collaboré à des projets de recherche en relation avec le confort bioclimatique dans les espaces publics extérieurs. Depuis 2005, elle y enseigne les questions touchant à l'environnement, le climat et le développement durable. Depuis 2009, elle collabore à la gestion académique de la filière architecture et est également déléguée radon pour la Suisse romande en vue de la mise sur pied dans le cadre du plan d'action radon de l'OFSP, d'un programme de formation des architectes et des futurs consultants radon à la problématique du radon dans le bâtiment ainsi que du suivi des consultants radon déjà formés.*

\* \* \*

7. April 2011, 20h15; Grosser Hörsaal der Chemie, Chemin du Musée 9

### **Dr. BRUNO STANEK: Die Menschheit auf dem Weg zur Drei-Welten-Zivilisation**

Seit 52 Jahren hat der Reifegrad einer Vielzahl von Technologien einen erstaunlich erfolgreichen Schritt in der Erforschung des Sonnensystems von Merkur bis Neptun und darüber hinaus ermöglicht. Bei genauerer Betrachtung hat sich aber die Logik der einzelnen Phasen als sehr eigenartig erwiesen. Im Vortrag wird versucht, anhand historischer Fehlentscheide zu erklären, warum vorübergehende Sackgassen in der Weltraumforschung mindestens dreimal seit 1956 von



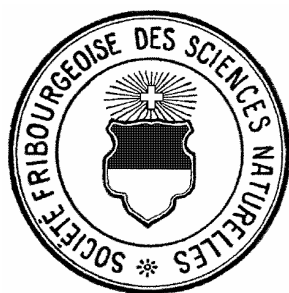
langer Hand vorgespurt worden sind. Auf der anderen Seite geht es darum, wie man die immer gleich bleibenden Grundlagen der Treibstoffchemie, der Hochtemperaturphysik systematisch angewendet hat. Seit 2004 wird wieder an einer Wiederaufnahme von Mondflügen gearbeitet. Auch die Überzeugung, dass die um einiges schwierigere Eroberung des Mars nur dann mit vernünftigen Risiken angegangen werden kann, wenn zuvor Flüge zum Mond die nötigen Erfahrungen geliefert haben, hat die NASA nach langen Evaluation zu diesem pragmatischen Vorgehen geführt. Der Vortrag zeigt, dass die gesamte Raumfahrt der kommenden Jahrzehnte bestimmt wird durch das Faktum, dass chemische Antriebe für das Überwinden des tiefsten Gravitationsloches bei der Erde, also das Erreichen von Erdumlaufbahnen, noch immer die einzige Möglichkeit darstellen. Zu allen diesen Aspekten werden Beispiele aus der aktuellen Raumfahrt genannt. Dazu gehören das Projekt Constellation für bemannte Flüge zum Mond und die laufende Marsforschung mit Orbitern und

Elektromobilen auf dem Roten Planeten, welche bereits viele, auch für bemannte Flüge wichtigen Landetechniken liefern. Die unterwegs befindliche Planetoidenmission «Dawn» zu Vesta, Ceres und ev. weiteren Kleinplaneten, die alle mit der gleichen Antriebsstufe, wenn auch vorläufig noch mit solarelektrischer Primärenergie gestartet sind, illustriert die einzig aussichtsreiche Technologie für «Marsschiffe».

*Geboren 1943 in Rorschach, studierte an der ETH in Zürich Mathematik, Promotion 1971. Bis 1970 war er Assistent am Institut für Angewandte Mathematik der ETH, Spezialgebiet Himmelsmechanik. Während knapp 10 Jahren wirkte er in der Industrie und unterrichtete. Seither ist Bruno Stanek als Mathematiker, Softwareautor, Schriftsteller und Verleger freiberuflich tätig. Ab 1995 fand er den Weg wieder zurück zu seiner Haupttätigkeit und programmierte seine interaktiven Weltraumlexika von Grund auf. Je vier CD- und zwei DVD-Auflagen erschienen unter dem Label «Astrosoftware Dr. B. L. Stanek». Seine DVD «Flugjahre zum Mond» ergänzt die Lexika mit einer Vorschau auf die kommende Wiederaufnahme bemannter Mondlandungen. Seit 2009 tritt er auch mit zwei abendfüllenden Kinofilmen an die Öffentlichkeit: «Geheimnisse des Universums» und «Flugjahre zum Mond». Bruno Stanek wurde einem weiteren Publikum vor allem bekannt durch seine Kommentare in Live-Sendungen des Schweizer Fernsehens bei Ereignissen in der Raumfahrt: von den Apollo-Mondflügen 1968 bis zu den Shuttle-Missionen. Er schuf 1975/76 eine eigene, 16teilige Fernsehserie mit dem Titel «Neues aus dem Weltraum. Seit 1969 publizierte Stanek etwa ein Dutzend Bücher und unzählige Zeitungs- und Zeitschriftenartikel zu den Themenbereichen Raumfahrt, Astronomie, Weltraumkunst sowie die Nutzung des Computers.*

**[www.Stanek.ch](http://www.Stanek.ch)**.

*(Der Vortragszyklus 2011-12 begann erst im März 2012)*



## Liste des présidents de la SFSN – Liste der Präsidenten der FNG

de Buman, Nicolas (1832-1833)	Nickel, Erwin (1967-1968)
Déglise, Antoine-Casimir (1840-18..) *)	Jaeger, Marc (1968-1969)
Thurler, Jean-Baptiste (1871-1872)	Kern, Jean (1969-1973)
de Buman, Charles (1872-1874)	Emmenegger, Franzpeter (1973-1976)
Thurler, Jean-Baptiste (1874-1877)	Musy, Jean-Pierre (1976-1979)
Castella, Félix (1877-1882)	Tobler, Heinz (1979-1981)
Cuony, Hippolyte (1882-1886)	Schneuwly, Hubert (1981-1983)
Musy, Maurice (1886-1911)	Maggetti, Marino (1983-1985)
Joye, Paul (1911-1915)	Jörg, Andrea (1985-1987)
Plancherel, Michel (1915-1920)	Sprumont, Pierre (1987-1989)
Joye, Paul (1920-1923)	Thöni, Erich (1989-1992)
Bays, Séverin (1923-1945)	Morel, Jacques (1992-1994)
Weber, Leonhard (1945-1947)	Celio, Marco (1994-1996)
Tercier, Jean (1947-1951)	Caron, Michèle (1996-1998)
Faller, Adolphe (1951-1955)	Beniston, Martin (1998-1999)
Chardonnens, Louis (1955-1957)	Kaup, Burchard (1999-2000)
Büchi, Othmar (1957-1961)	Müller-Schärer, (Heinz 2000-2002)
Pugin, Louis (1961-1963)	Strasser, Andreas (2002-2004)
Büchi, Othmar (1963-1965)	Belser, Peter (2004-2006)
Piveteau, Jean-Luc (1965-1967)	Völkle, Hansruedi (2006-2010)
	Wannier, Thierry (2010-..)

\*) *Après la présidence de M. ANTOINE-CASIMIR DÉGLISE la société a hiberné jusqu'à sa deuxième fondation en 1871. Il n'existe donc aucun document sur cette période.*

# Musée d'histoire naturelle Fribourg :

## Rapport Annuel 2011

ANDRÉ FASEL, Directeur du Musée

### Missions

Le Musée d'histoire naturelle de Fribourg (MHN) veille à la conservation, à l'entretien et à la valorisation de ses collections qui possèdent une valeur naturelle patrimoniale, scientifique et esthétique. Il s'adresse à un large public et à divers milieux intéressés en leur proposant une clé de compréhension rationnelle, positive et moderne de leur environnement naturel et en répondant à leurs attentes par des services adaptés.

### Activités

#### Commission

La Commission s'est réunie à deux reprises. Elle a approuvé les comptes 2010 et examiné le projet de budget 2012. Elle s'est préoccupée des problèmes de locaux et a été informée de l'avancement du projet de délocalisation du Musée.

#### Visiteurs

En 2011, 60 112 (59 342) personnes ont visité le Musée, dont 7129 (7083) élèves provenant de 457 (422) classes.

Le site internet du MHN a migré sur la plate-forme CONTENTS de l'Etat de Fribourg. Durant l'année, 131 491 visiteurs ont été recensés.

#### Service aux écoles

Le service du prêt a fourni 229 (227) objets les plus divers à 91 (101) personnes. Ce service s'est en outre enrichi d'une valise pédagogique sur le thème de l'ADN. Cette valise a été empruntée à 6 reprises par les établissements du secondaire II pour une durée totale de 5 mois.

4 (4) dossiers pédagogiques ont été proposés au corps enseignant: deux en lien avec les expositions permanentes «Vertébrés du Monde» et «Minéralogie» et deux élaborés dans le cadre des expositions temporaires «Taupe & Co» et «Chauds les marrons!».

En 2011, 4 (4) nouveaux ateliers ont été mis sur pied sous le label «Culture et Ecole»: deux sur des thématiques abordées dans les expositions permanentes (la migration des oiseaux et la géologie) et deux dans le cadre des expositions temporaires «Taupe & Co» et «Chauds les marrons!». Au total, le MHN a proposé 8 ateliers différents qui ont été suivis par 91 (65) classes, soit 1574 (1158) élèves.

Des visites guidées des expositions temporaires ont été organisées à l'intention du corps enseignant fribourgeois et un cours pour «Apprendre à reconnaître les oiseaux de chez nous» a été dispensé dans le cadre des activités de l'Université populaire.

Quant à la salle des «Vertébrés du Monde», elle a fait l'objet de plusieurs visites guidées pour les étudiants de biogéographie, de biologie et des sciences de l'environnement de l'Université de Fribourg.

## **Animations diverses**

23 (12) visites guidées, 36 (13) conférences, animations et films, et 3 (6) excursions ont été organisés, en particulier lors des expositions temporaires et de la troisième édition fribourgeoise de la Nuit des Musées.

Pour les plus jeunes, 8 (9) animations ont été proposées dans le cadre des Passeports-vacances: 3 (5) Parcours découverte, 2 (1) ateliers sur la «Faune régionale» et 3 «Sur les traces de la Cigogne Max». Au total, 110 enfants y ont pris part. Quant aux activités de «bricolage du mercredi», elles ont donné lieu à 33 (45) séances qui ont permis de sensibiliser 378 (469) enfants à 8 (8) thématiques des sciences naturelles.

## **Station de soins**

Le MHN est reconnu comme station de soins pour animaux sauvages. Durant l'année, 206 (232) animaux blessés ont été apportés; 74 (68) ont été soignés et relâchés; 130 (146) sont morts ou ont été endormis. Le 31 décembre, 2 (18) animaux étaient encore en soins.

## **Collaborations diverses**

Les représentants du MHN ont siégé au sein de plusieurs commissions: la Commission consultative pour la protection de la nature et du paysage, les Commissions des marais de Düdingen et de Rechthalten/St. Ursen et le Comité de Fribourg Tourisme.

Le MHN s'est aussi impliqué dans deux projets d'envergure internationale:

- Dans le cadre d'un projet de recherche international sur la diversité biogéographique et la conservation de la flore tertiaire, le MHN collabore avec l'Institut de botanique de Bakou (Azerbaïdjan) et le Jardin botanique de Berlin-Dahlem (Allemagne). Le directeur adjoint et le conservateur des collections botaniques du Musée se sont rendus en Azerbaïdjan afin de compléter la documentation en vue d'une exposition temporaire et de publications. En contrepartie, une délégation d'Azerbaïdjan a été accueillie à Fribourg par les représentants du MHN afin de coordonner et organiser la suite des travaux.
- En collaboration avec l'Union internationale de la conservation de la nature (IUCN), le MHN a participé à l'élaboration de la liste rouge des plantes vasculaires d'Europe.

Reconnu comme établissement d'affectation du service civil, le MHN a accueilli 3 (4) civilistes pour une durée totale de 10 mois et demi (14). Il a aussi collaboré avec la Fondation Intégration pour tous et l'Œuvre suisse d'entraide ouvrière en permettant à 3 (2) personnes d'effectuer un stage en entreprise, ainsi qu'avec les Offices régionaux de placement en accueillant 7 (7) stagiaires. Il a également accueilli 2 (3) stagiaires postuniversitaires pour une durée totale de 12 (24) mois.

L'inventaire de la bibliothèque du MHN s'est poursuivi en collaboration avec la Bibliothèque cantonale et universitaire.

## **Expositions temporaires**

- «Des sangliers et des hommes» (13.11.2010 - 13.02.2011)
- «Agate et Jaspe» (09.10.2010 - 08.05.2011)
- «Poussins» (26.03.2011 - 01.05.2011)
- «Chauds les marrons!» (18.06.2011 - 05.02.2012)
- «Taupe & Co» (02.07.2011 - 08.01.2012)

## Expositions permanentes

Depuis le mois de novembre, le squelette d'Ichthyosaure découvert en 1870 au pied ouest de Teysachaux, est présenté dans la salle d'exposition consacrée à la Géologie. Cette pièce a été prêtée au MHN par le Musée d'histoire naturelle de la Bourgeoisie de Berne pour une durée indéterminée. Avec le soutien de sa Société des Amis, le MHN a pu acquérir trois Léopards des neiges provenant de différents zoos. Naturalisés, ces trois spécimens sont exposés dans la salle d'exposition permanente des Vertébrés du Monde.

Dans la salle de la faune régionale, onze poissons naturalisés, deux Canards chipeaux, un Grèbe à cou noir et un Sanglier ont été remplacés par des pièces récentes. Plusieurs espèces d'animaux encore non représentées sont désormais aussi visibles dans cette salle, en particulier un Hibou des marais, un Busard des roseaux et une Perche soleil.

La salle des Amphibiens – Reptiles – Batraciens présente désormais une nouvelle espèce de requin: le Requin à pointe noire.

## Prêt d'expositions temporaires

L'exposition «Hermine & Belette» a été présentée au Musée d'histoire naturelle de La Chaux-de-Fonds du 19 septembre 2010 au 28 août 2011, tandis que l'exposition «Arctica» a été montrée au CO de la Gruyère à La Tour-de-Trême du 24 janvier au 21 février. Enfin, l'exposition «Des sangliers et des hommes» a été prêtée du 5 novembre 2011 au 22 avril 2014 au Naturmuseum d'Olten.

## Collections

273 (282) personnes ont fait don au MHN de 489 (1096) animaux ou objets. La donation par Muriel Cormier de l'importante collection de sciences naturelles de feu Christian Cormier de Fribourg, mérite tout particulièrement d'être relevée ici. Cette collection comprend des pièces relevant des sciences de la Terre, des échinodermes et des mollusques marins.

Tout au long de l'année, les inventaires des différentes collections du MHN se sont poursuivis.

Les collections de Géosciences se sont enrichies de 190 (73) échantillons, et en particulier des pièces suivantes:

- un squelette d'oiseau fossile (*Diomedoides brodkorbi*) de l'Oligocène provenant de Rheinweiler, Allemagne.
- 20 fragments de mâchoires de primates du Tertiaire provenant de France et d'Allemagne. Ces échantillons font l'objet d'une étude scientifique par le Département de Géosciences de l'Université de Fribourg.
- 5 cristaux de roche issus d'une fissure alpine et une cyanite taillée (qualité pierre précieuse) provenant de l'Himalaya népalais; un agrégat de plusieurs cristaux d'aigue-marine provenant de Namibie; un cristal de roche avec albite et tourmaline ainsi qu'un quartz fumé fenêtré du Brésil; un échantillon de quartz fumé avec spessartine de Chine; une milarite, une chabazite et une apatite des Alpes et, en donation de Walter Schäfer de Châtillon, un cristal d'améthyste namibien.
- un lot de 85 fossiles des Préalpes fribourgeoises qui documente le rapport de stage post-Master de Bertrand Yerly sur les sites fossilifères fribourgeois.
- 32 fossiles de plantes du Tertiaire provenant d'Allemagne et de Tchéquie.
- 3 plaques du Dévonien comprenant des fossiles de lys de mer, d'étoiles de mer et d'une plante (*Drepanophycus sp.*) provenant du massif schisteux de Rhénanie, en Allemagne.
- 30 fossiles, dont deux mésosauriens (*Mesosaurus brasiliensis*) du Brésil, ainsi que divers poissons, oursins, ammonites et trilobites. Ces pièces proviennent de la donation Cormier.

- 1 crâne de crocodile (*Elosuchus cherifiensis*) du Crétacé inférieur provenant du Maroc et offert au MHN par la Société des Amis du Musée d'histoire naturelle de Fribourg.
- 4 grandes agates des Etats-Unis et du Zimbabwe, remis en don par Carmen et feu Hansruedi Brun de Zoug suite à l'exposition temporaire «Agate et Jaspe».

La collection zoologique compte désormais 158 (729) pièces supplémentaires, dont 37 (662) provenant d'un don de l'Université de Fribourg «Ecologie et Evolution». Plusieurs pièces ne figuraient pas encore dans les collections du MHN, comme un Ibis rouge, un Cacatoès à rectrices blanches et un Amazone sasabé.

La collection de mollusque s'est enrichie de 158 lots de gastéropodes marins, 98 lots de bivalves et 379 lots de gastéropodes terrestres. Les oursins provenant de la donation Cormier n'ont pas encore été déterminés et inventoriés.

En botanique, l'intégration des herbiers du MHN à l'*Index herbariorum* géré par le Jardin botanique de New York mérite tout particulièrement d'être relevée ici. Cet index regroupe toutes les institutions d'une certaine importance et recense les herbiers publics les plus significatifs sur le plan international.

L'informatisation des inventaires des planches d'herbiers s'est poursuivi tout au long de l'année (continuation de la banque de données *Herbarium Friburgense*). Au 31 décembre, l'inventaire comprenait 22 560 (21 322) planches d'herbiers, ce qui correspond à plus de 30 % des collections botaniques du Musée.

L'inventaire sur le terrain et l'herborisation des plantes aquatiques et de marais du canton de Fribourg a continué. Cette collection compte désormais quelque 500 (200) planches d'herbiers.

Le Musée a aussi initié un nouvel herbier concernant les arbres reliques du Tertiaire. En 2011, 200 planches d'herbier ont été collectées par le MHN ou obtenus dans le cadre d'échanges avec des partenaires internationaux.

La collection mycologique s'est enrichi de 110 (184) nouveaux lots de champignons grâce à la collaboration de la société mycologique de Fribourg.

### **Projets scientifiques**

Les activités de suivi satellitaire de la Cigogne blanche Max et du Milan royal se sont poursuivies. Les déplacements des oiseaux ont été régulièrement mis à jour sur le site internet du MHN et 4610 (4226) abonnés ont reçu chaque semaine de leurs nouvelles par courrier électronique.

Le MHN a poursuivi le projet consacré aux milieux aquatiques. Dans le but de compléter la base de données iconographiques, les responsables de ce projet ont réalisé plus que 3000 clichés de plantes aquatiques et de plantes des marais, dont 2160 macrophotographies sur le terrain et 940 prises de vue dans le laboratoire photo du MHN.

### **Bâtiment**

Plusieurs séances ont eu lieu avec le Service des bâtiments dans le cadre des travaux d'aménagement et d'entretien du MHN, et en particulier pour la transformation de locaux techniques en salle de réunion.

### **Projet de délocalisation du Musée**

Le groupe de travail pour la délocalisation du Musée a poursuivi sa réflexion. Suite aux propositions formulées par la DICS, il a retravaillé et complété le programme des locaux qui a ensuite été approuvé par celle-ci.





Jacques Eschmann,  
Président de  
Pro Natura Fribourg

## Editorial

### 50 ans de Pro Natura Fribourg

Pro Natura Suisse a célébré ses cent ans en 2009. Trois ans plus tard, notre section fête son demi-siècle d'existence<sup>1</sup>. Pourquoi a-t-il fallu attendre 1962 pour que se crée une section fribourgeoise de la Ligue Suisse pour la Protection de la Nature (LSPN, devenue ensuite Pro Natura)? Les Dzodzets de la première moitié du 20<sup>e</sup> siècle étaient-ils moins sensibles à la protection de l'environnement? La nature a-t-elle été davantage préservée dans notre canton? Son caractère longtemps rural a-t-il ralenti la prise de conscience?

Les raisons de ce retard tiennent à une combinaison de facteurs. L'industrialisation et l'urbanisation tardives de Fribourg ont certes préservé le canton de nombreuses sources de pollution et d'enlaidissement du paysage jusque vers les années 1960. Mais au 19<sup>e</sup> siècle, les forêts des

Préalpes étaient surexploitées et saccagées. Elles ont heureusement pu être sauvées grâce à la promulgation, en 1850, de la première loi forestière cantonale, permettant de lutter contre les coupes rases et les défrichements.

La section fribourgeoise de la LSPN a été fondée alors que commençait le décollage économique du canton. Pas vraiment un hasard! Le boom économique des Trente Glorieuses y a commencé autour de 1960, sans qu'il y ait de planification territoriale, ce qui permettait tout et n'importe quoi.

Et aujourd'hui, même avec une loi sur l'aménagement du territoire, Fribourg n'a

#### Glossaire

- 1 Editorial
- 2 Rapport d'activités 2011
- 5 Jeunes + Nature et Jubilé
- 6 Agenda



# Rapport d'activité 2011

pas vraiment pu profiter de son développement économique plus tardif pour éviter les erreurs commises ailleurs: le mitage du paysage a progressé de manière fulgurante et le surdimensionnement des zones à bâtir peut nous réserver encore bien des verrues. Le développement foudroyant des constructions autour de Bulle n'est, hélas! pas un cas isolé. Il suffit de se promener dans la campagne fribourgeoise ou de la contempler depuis les sommets qui bordent le Plateau fribourgeois pour constater les dégâts. Et le Plateau n'a pas le monopole des atteintes à la nature et au paysage. Les Préalpes sont de plus en plus sillonnées de routes d'alpages qui induisent un trafic motorisé parasite. A l'heure où l'on doit parfois renoncer à des projets sociaux et environnementaux faute de financement, l'argent coule toujours à flot lorsqu'il s'agit de subventionner ce genre de projets routiers. Heureusement, tout n'est pas noir dans notre canton. Les réseaux écologiques gagnent du terrain et permettent de ralentir (mais pas de stopper) l'érosion de la biodiversité. Récemment, le gouvernement cantonal s'est prononcé pour une société moins gourmande en énergie. 2012, l'année de nos 50 ans, a vu l'arrivée de Marie Garnier à la tête d'une Direction, celle des institutions, de l'agriculture et des forêts, où des décisions favorables à la nature peuvent être prises. Ce serait un beau cadeau d'anniversaire!

<sup>1</sup> Voir le programme en p. 5 et 6 du présent dépliant

## Vanil Noir

Chaque année, nous mettons sur pied un programme de trois excursions dans la réserve: deux en français dans les vallons de Bounavaux et Morteys et une en allemand aux Morteys. Comme 2011 marquait les cent ans de la réintroduction du bouquetin en Suisse, nous avons célébré l'événement le 24 septembre par une sortie intitulée "Sur les traces des bouquetins au Vallon des Morteys". Cette randonnée fut un tel succès que nous avons dû dédoubler les groupes et même refuser des inscriptions. Vu l'engouement que rencontre le bouquetin, nous envisageons de rééditer ce type de balade cette année.



Bouquetin

Ayant trouvé un terrain d'entente avec son locataire des Morteys-Dessous, M. Bruno Gachet, Pro Natura mettait fin en 2005 à la polémique suscitée par sa volonté d'abandonner la pâture aux Morteys en renouvelant le bail à ferme. Six ans ont passé durant lesquels des représentants de la société d'économie alpestre et de Pro Natura ont visité régulièrement le locataire sur l'alpage durant la belle saison dans le but d'apprécier l'application du contrat. Une collaboration franche et fructueuse s'est instaurée, collaboration qui a permis de renouveler le contrat de M. Bruno Gachet pour une nouvelle période de 6 ans, soit jusqu'en 2018.

## Auried

En sus des travaux ordinaires d'entretien (soins aux haies, prairies et sentiers), des gouilles ont été créées pour les sonneurs à ventre jaune. Ces derniers, que l'on peut

rencontrer au pied du barrage de Schiffenen, n'ayant plus été observés dans la réserve depuis quelques années, nous espérons qu'ils recoloniseront les lieux assez rapidement.



Sonneurs à ventre jaune

Les excursions organisées pour les classes ont à nouveau rencontré un grand succès. Sous la houlette de moniteurs expérimentés, 564 élèves ont découvert l'Auried, ses amphibiens et ses insectes d'eau, malgré l'assèchement de certains étangs lié au manque de précipitations. Les commentaires très positifs des enseignants soulignent la qualité des excursions et leur utilité dans le cadre de l'éducation à l'environnement. Car c'est bien connu, on ne peut apprécier et protéger que ce que l'on connaît. Les premières classes sont déjà inscrites pour 2012. Ecouter le concert des grenouilles amoureuses est inoubliable! Si vous souhaitez l'entendre vous aussi, inscrivez-vous à l'une des excursions du 50ème anniversaire de Pro Natura Fribourg qui se dérouleront en avril prochain. Informations et inscription sur: [www.pronatura-fr.ch](http://www.pronatura-fr.ch)



Nursery idéale pour les sonneurs





### Agriculture et protection de la nature

Pas toujours facile de concilier production agricole et protection de la nature. Si, dans la majorité des cas, tout se passe plutôt bien, certains comportements et décisions peuvent être particulièrement néfastes. La tourbière de la Mosse d'en Bas, site d'importance nationale, en est un exemple patent: depuis des années, un agriculteur ne respecte pas les conditions d'exploitation de la zone tampon, notamment l'interdiction de puriner, avec pour effet de mettre en danger l'équilibre précaire de ce milieu sensible. Membre de la Commission de gestion de cette réserve, Pro Natura s'engage pour une protection stricte de la tourbière, mais les autorités tardent à prendre les mesures nécessaires.

Les pollutions récurrentes de cours d'eau sont aussi à dénoncer. Cette année, les accidents se sont succédé avec des conséquences plus ou moins graves. Dénoncer, collaborer avec les Services de l'Etat, intervenir par le biais du politique, les moyens existent, mais sont limités pour une association. Si les amendes étaient plus salées, les cas de pollution seraient certainement moins nombreux.

Parfois les décisions des autorités sont un danger pour la nature. En janvier 2011, les deux Conseillers d'Etat concernés (DIAF et DAEC) ont décidé d'alléger l'interdiction

d'épandage d'engrais de ferme en hiver, certains agriculteurs s'étant plaints en décembre déjà de ne pas pouvoir vider leur fosse à lisier. Les gardes-faune (habilités à dénoncer le purinage inopportun) ont été "priés" d'intervenir uniquement en cas de pollution ou danger de pollution dès la mi-janvier. C'est comme dire à un policier de fermer les yeux lors de conduite en état d'ébriété, sauf en cas d'accident ou de risque d'accident... Une intervention par le biais du Grand conseil a seulement mis en évidence que les Conseillers d'Etat concernés roulaient avant tout pour les agriculteurs!

### Les routes forestières de la discordie

La Loi fédérale sur les forêts, ou plutôt son volet limitant la circulation sur les routes forestières, est difficile à appliquer en Haute-Singine. En 2008, la mise à l'enquête des fermetures de routes au trafic motorisé a suscité oppositions et recours. En dernière instance, le Tribunal fédéral a balayé le dernier recours, l'application de la loi ayant la priorité sur les intérêts particuliers. Si la plupart des mécontents se sont fait une raison, une commune a encore fait de la résistance. A tel point que la Direction des institutions, de l'agriculture et des forêts a plié. Par la voix du Service des forêts, une dispense très particulière a

été accordée à Plasselb: 50 autorisations de circuler au porteur, concernant trois axes forestiers menant à la crête, que la commune peut distribuer arbitrairement et à l'envi à n'importe qui. Jolie manière de contourner la Loi fédérale sur les forêts et la décision du Tribunal fédéral.

Limiter la circulation en forêt est primordial pour diminuer la pression sur la faune sauvage, c'est pourquoi Pro Natura, avec le soutien du WWF et du Deutschfreiburger Heimatkundeverein, a recouru contre ce traitement de faveur tout à fait original.

### Hôtel Tissiniva: notre recours est admis

Pour mémoire, cet hôtel-restaurant se trouve sur la commune de Charmey, lieu-dit « Tissiniva ». Nous avons recouru contre ce projet hôtelier, situé en zone agricole et donc hors zone à bâtir, auprès du Tribunal cantonal. Ce dernier devait répondre à la question de fond: un hôtel-restaurant est-il légal à cet endroit?

Le 27 juin, le Tribunal nous fait savoir qu'il admet notre recours. Il annule l'autorisation spéciale accordée par la Direction de l'aménagement et des constructions (DAEC) au promoteur ainsi que le permis de construire délivré par le préfet de la Gruyère. Le dossier est renvoyé à la DAEC qui doit plus sérieusement fonder sa décision d'autorisation spéciale, la



clause du besoin n'étant pas démontrée. En effet, compte tenu de l'offre existant dans le proche et moyen voisinage, la nécessité d'une telle infrastructure doit être établie. C'est une condition sine qua non pour implanter une auberge dans un lieu hors zone à bâtir. En novembre 2011, le promoteur soumet une étude censée prouver ce besoin à la DAEC qui, le 9 décembre, prend la position qui suit: le rapport soumis ne démontre en rien que l'établissement de Tissineva est nécessaire et répond à un besoin objectif. Notre recours est donc entièrement fondé.

### Recours Brecca-Recardets

L'itinéraire "Höhenweg" autour du Lac Noir a été conçu afin d'offrir une alternative supplémentaire aux randonneurs. Intégrant dans la plupart des cas des sentiers déjà existants, ce parcours a nécessité un aménagement ad hoc entre la Brecca et les Recardets, dans une zone difficile d'accès et d'estivage des chamois. Ces travaux ont été mis à l'enquête à posteriori, sur dénonciation de Pro Natura. Cette année, une autorisation spéciale a été délivrée par le canton pour construction hors zone à bâtir, légalisant ainsi l'aménagement. Pro Natura, estimant que les conditions d'une telle autorisation ne sont pas réunies, a recouru auprès du Tribunal cantonal.



Un sentier pédestre discutable

### Petite Sarine

Du barrage de Rossens au Lac de Pérolles, la Sarine est inscrite aux inventaires, d'importance nationale, des zones alluviales et des sites de reproduction des batraciens. Une zone alluviale est caractérisée par une dynamique fluviale importante, permettant de la régénérer régulièrement, de la remodeler, de nettoyer le lit du cours d'eau... Or, depuis 2007, le régime de la Petite Sarine est aussi stable qu'un électrocardiogramme plat. Seul

le débit minimum légal alimente toute cette zone. Les conséquences sont lourdes: ensablement et asphyxie du lit, emprise plus grande de la végétation, bras morts inexistants (indispensables aux batraciens). La survie de la zone alluviale est menacée. WWF, la Fédération fribourgeoise des sociétés de pêche, La Frayère et Pro Natura tentent de persuader le groupe e de maintenir en vie ce précieux milieu grâce à des crues artificielles régulières. Hélas, le producteur fait actuellement la sourde oreille. Le canton, garant de la santé des zones protégées, devrait imposer ces mesures à l'électricien. Il s'agit de le convaincre, ce que nous nous employons à faire.

### Fête de la nature

Les 25 et 26 mai, la première Fête de la Nature a eu lieu en Romandie sous l'égide de la Salamandre. Pro Natura et WWF y ont participé en organisant un concert. Quatre groupes de jeunes artistes fribourgeois et romands se sont produits sur la scène du Quai à Fribourg. L'ambiance forestière créée par le Service des forêts et de la faune a permis de rendre attentifs les spectateurs à l'année internationale de la forêt.

### Cinéma en plein air à Charmey

La météo s'est montrée particulièrement favorable cette année: pas de pluie et un temps doux pour la saison. Les 4 soirées ont été très fréquentées: 1324 entrées en tout dont 498 pour le film « Rien à déclarer ». C'est le meilleur résultat enregistré depuis les débuts de l'open air en 2004 et c'est peut-être aussi le dernier. En effet, notre principal sponsor COOP a décidé de ne plus soutenir cette manifestation de Pro Natura. A l'heure où nous écrivons ces lignes, nous sommes dans l'expectative et ne savons pas si un autre sponsor prendra le relais.

### Semaine de la mobilité

Du 17 au 22 septembre, un riche programme a permis aux habitants de l'agglomération de Fribourg de découvrir de nombreux aspects de la mobilité, notamment son impact sur la faune et la flore. L'événement a été annoncé par une conférence de presse singulière le 12 septembre: l'occupation de places de parc. Ainsi, Pro Na-

tura a transformé une surface dévolue à la voiture en un jardin citadin. L'Arche de la biodiversité a quant à elle jeté l'ancre sur la Place Python du samedi au jeudi. Petits et grands, familles et classes ont eu ainsi l'occasion de visiter l'exposition dédiée à la perte de la biodiversité et aux causes de cette évolution.



Arche de la biodiversité de Pro Natura

### Biodiversité en milieu bâti

Faisant suite au projet "papillons", ce nouveau projet a démarré lentement cette année. Avec pour objectif de favoriser la biodiversité dans les localités, nous nous engageons pour des espaces verts privés et publics plus naturels. Pro Natura a approché les jardiniers de la ville de Fribourg afin de les encourager à pratiquer un entretien plus extensif des surfaces dont ils ont la charge. Suite aux différents entretiens et visions locales, quelques améliorations et changements de pratiques sont en vue, mais le travail sera de longue haleine. Les vieilles habitudes ont la peau dure... Pro Natura a également donné un cours sur l'importance de la flore indigène pour la faune aux apprentis horticulteurs lors de leur formation à Grangeneuve. Déjà effectué en 2010, ce cours sera reconduit en 2012. Les certifications "commune à Papillons" se poursuivent elles aussi.



Petite Tortue



# Le groupe en 2011

L'année 2011 a commencé sous le signe de l'aide aux animaux sauvages: les participants à la sortie de janvier ont appris quelques astuces pour les aider à passer la saison d'hiver. Ils ont aussi confectionné des boules de graisse pour les oiseaux. En février, c'est d'un thème tout différent dont nous avons parlé: l'orange. Les enfants ont abordé la fabrication du jus d'orange avant de passer à la pratique: la confection de sirop d'orange. En mars, rendez-vous avec l'animal de l'année à Champ-Pittet: l'exposition sur le ver de terre a dévoilé les secrets de cette bestiole! L'observation des oiseaux migrateurs du Fanel a soulevé peu d'enthousiasme: l'excursion d'avril a dû être annulée, faute de participants.

En mai et juin, les forêts puis les marais ont rencontré plus de succès. Des jeux et des histoires ont permis aux enfants de découvrir d'un autre oeil ces milieux naturels. La rentrée d'automne a été difficile: la découverte des coins de nature de la ville n'a pas attiré beaucoup d'enfants et n'a pas eu lieu, tout comme la sortie d'octobre dédiée une nouvelle fois aux oiseaux migrateurs! Heureusement, 2 belles excursions se sont déroulées en novembre: une première au bord du Doubs, où le groupe J + N de Neuchâtel nous a accueilli et montré les beautés de cette région, et une deuxième en Gruyère sur les traces des cerfs, en compagnie de nos amis du panda club WWF. Notre traditionnel Noël sous les étoiles est malheureusement tombé à l'eau pour cause de mauvais temps. Dommage, mais ce n'est que partie remise!

## Excursions 1er semestre 2012

10 mars

### Et si l'abeille allait à l'hôtel?

Avec des matériaux divers et variés, confectionne un hôtel apprécié par les abeilles sauvages et d'autres insectes! Tu pourras le déposer sur ton balcon ou dans ton jardin et observer qui arrivera le premier. Et n'aie pas peur, les abeilles sauvages ne piquent pas.

28 avril

### La rainette, reine de l'Auried

19h00 - 21h30

Le printemps, c'est aussi le temps des amours pour ces petites grenouilles vertes. Et pour déclarer leur flamme à leur dulcinée, elles chantent... très fort. Viens les observer, peut-être devras-tu te boucher les oreilles tellement elles sont nombreuses à coasser!

12 mai

### Cuisinons avec des herbes

La nature s'éveille et se pare de ses plus beaux atours. Le moment idéal pour une balade à la découverte des végétaux sauvages. Apprends à faire un herbier, à reconnaître les plantes et laisse-toi surprendre par leur couleur, leur odeur et, pour certaines, leur saveur!

16 juin

### Où sont passés les glaciers?

Mais si, des glaciers ont visité Fribourg. Oh, il y a fort longtemps, mais ils nous ont laissé quelques souvenirs qu'il te faudra découvrir.

Programme détaillé et inscriptions:  
[www.pronatura-fr.ch](http://www.pronatura-fr.ch) -> jeunesse

## 50 ans de protection de la nature!

Le 28 mai 1962 était fondée la Ligue fribourgeoise pour la protection de la nature, aujourd'hui Pro Natura Fribourg.

Afin de marquer cet anniversaire, l'association a mis sur pied, en collaboration avec le Musée d'histoire naturelle de Fribourg, une exposition ludique et surprenante qui, au fil de 50 boîtes à surprise, vous fera découvrir quelques facettes de la nature et de sa protection dans notre canton. En page 6, vous trouverez également un programme d'excursions riche et varié.

Ne manquez pas de fêter avec nous ce demi-siècle en participant à l'une ou l'autre de nos manifestations.



[www.pronatura-fr.ch](http://www.pronatura-fr.ch)



## Programme Sorties du cinquantenaire

5 et 27 avril 2012

**Crapauds et grenouilles à l'Auried**  
(remplacement 26 avril, resp. 4 mai)

5 mai 2012

**Les oiseaux de la ville**

En collaboration avec le Cercle ornithologique de Fribourg

12 mai 2012

**Réseau écologique Auried-Bibera**

15 juin 2012

**A la découverte des chauves-souris**

Une excursion animée par FRlbat-CCO Fribourg

24 juin 2012

**A la découverte de la Vipère aspic**

Avec Jean-Claude Monney

7 juillet 2012

**Fleurs et papillons**

Avec Jérôme Gremaud et Gregor Kozlowski

22 septembre 2012

**Les bouquetins du Vallon des**

**Morteys**

Toutes les excursions sont gratuites

**Renseignements et inscriptions:**

[www.pronatura-fr.ch](http://www.pronatura-fr.ch)

026 422 22 06

### Impressum

Encart de Pro Natura Fribourg

### Rédaction

Pro Natura Fribourg

Rte de la Fonderie 8C, CP 183, 1700 Fribourg

026 422 22 06

[pronatura-fr@pronatura.ch](mailto:pronatura-fr@pronatura.ch)

[www.pronatura-fr.ch](http://www.pronatura-fr.ch)

### Textes

José Collaud, Emanuel Egger, Jacques Eschmann,

Yolande Peisl, Catherine Pfister

### Mise en page

Jacques Studer, Delphine Kolly

### Impression & distribution

Vogt-Schild Druck

Tirage: 3000 exemplaires

## Invitation à tous les membres

# Assemblée générale 2012

Le vendredi 30 mars à 19h15

Auditoire de biologie végétale 0.110, rue Albert-Gockel, Université de Fribourg

### Ordre du jour

1. Approbation de l'ordre du jour et du procès-verbal de l'AG 2011 (disponible sur place dès 18h30 ou sur [www.pronatura.ch/fr](http://www.pronatura.ch/fr))
2. Rapport d'activité du Président et des chargés d'affaires
3. Rapport du groupe Jeunes + Nature
4. Approbation des comptes et rapport des vérificateurs
5. Démissions et élections
6. Divers



© Anne et Erik Lapied

L'assemblée sera suivie à 20h30 par la projection publique du film documentaire

### "Survivre, animaux des Alpes en hiver"

En présence des réalisateurs Anne et Erik Lapied!

Production et diffusion: Salamandre Films 2011

Qu'est-ce que la nature a donné au chamois, au lagopède et au lièvre pour qu'ils puissent résister tout l'hiver au froid, à la neige et au blizzard? À partir de quand ces animaux parfaitement adaptés passent-ils de la vie à la survie?

Des images poignantes pour un documentaire inédit et insolite.

On sent le froid, la neige et le blizzard..."

Anne et Erik Lapied se définissent depuis plus de vingt ans comme des cinéastes de montagne. Leur quotidien se passe dans les Alpes, au-delà des derniers arbres. Dans le vent, dans le froid. C'est donc en toute connaissance de cause qu'ils ont préparé ce film sur la survie des animaux en hiver...

**Apéritif du cinquantenaire offert au terme de la manifestation!**



Foto: Pro Natura Freiburg



Jacques Eschmann,  
Präsident von  
Pro Natura Freiburg

## Editorial

### 50 Jahre Pro Natura Freiburg!

Pro Natura Schweiz hat im Jahr 2009 sein hundertjähriges Jubiläum gefeiert. Drei Jahre später ist es an unserer Sektion ihr fünfzigjähriges<sup>1</sup> Bestehen zu feiern. Weshalb aber musste man bis 1962 auf eine eigene Sektion des Schweizerischen Bund für Naturschutz (SBN, später Pro Natura) in Freiburg warten? Waren die Dszdzets der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts weniger umweltbewusst? Oder wurde die Natur in unserem Kanton besser geschützt? Hatte die bäuerliche Prägung einen hemmenden Einfluss?

Vielschichtige Gründe waren ausschlaggebend für diesen Rückstand. Die spät einsetzende Industrialisierung sowie Urbanisierung haben die Freiburger Landschaft bis in die sechziger Jahre sicherlich vor zahlreichen Verschmutzungen und Verunzierungen bewahrt. Im 19. Jahr-

hundert allerdings wurden die Wälder der Voralpen ausgebeutet und verunstaltet. Dank des ersten kantonalen Forstgesetzes von 1850 konnten sie glücklicherweise dennoch gerettet werden, denn nun wurde dem Kahlschlag und der Rodung der Kampf angesagt.

Gleichzeitig mit dem Aufblühen der Freiburger Wirtschaft wurde auch unsere Sektion der SBN gegründet. Kein Zufall, konnte doch dem Wirtschaftsboom der glorreichen Dreissiger - der bei uns ab 1960 einsetzte - infolge mangelhafter Raumplanung keine Grenzen gesetzt werden.

Und bis heute, trotz Raumplanungsgesetz, konnte Freiburg nicht wirklichen Nutzen

#### Glossar

- 1 Editorial
- 2 Jahresbericht 2011
- 5 Jugend + Natur und Jubiläum
- 6 Agenda



# Jahresbericht 2011

aus dem verspäteten Wirtschaftswachstum ziehen, indem aus den Fehlern anderer gelernt worden wäre um Ungereimtheiten zu vermeiden: die Zersiedlung der Landschaft ist unkontrolliert rasant fortgeschritten und die Ausscheidung überdimensionierter Bauzonen wird uns wohl noch einige Überraschungen beschern. Die blitzartige Ausdehnung der Siedlung Bulle ist leider kein Einzelfall. Sei es bei einem Spaziergang durch das Freiburger Land oder aus der Höhe eines unserer Gipfel: dem Wanderer fallen die Schäden sofort auf.

Die Schändung von Natur und Landschaft ist nicht ausschliesslich das Merkmal des Flachlandes: Die Voralpen werden mehr und mehr durch Alpenstrassen erschlossen, die den motorisierten Verkehr zusätzlich anregen. Für soziale oder ökologische Projekte fehlt meistens das Geld; Subventionen und andere Gelder fliessen jedoch fast unbegrenzt in der(ab) artige Strassenprojekte.

Glücklicherweise gibt es nicht nur negative Punkte für unseren Kanton. Ökologische Netzwerke verbreiten sich laufend und verzögern somit (ohne sie jedoch aufzuhalten) die Erosion der Biodiversität. Die Kantonsregierung setzt sich seit kurzem für eine Gesellschaft ein, die weniger energieverbrauchend ist. 2012, das Jahr unseres 50. Jubiläums ist auch das Jahr in dem Marie Garnier die Direktion für Institutionen, Land- und Forstwirtschaft, übernimmt. Dort können Entscheide zu Gunsten der Natur und der Umwelt gefällt werden.

Welch schönes Geburtstagsgeschenk!

<sup>1</sup> Siehe das Programm in den beiliegenden Falblättern (S. 5 und 6)

## Vanil Noir

Jedes Jahr organisieren wir drei Ausflüge: Zwei auf Französisch in den Vallon de Bounavaux und nach Les Morteys sowie einen auf Deutsch nach Les Morteys. Da 2011 das hundertjährige Jubiläum der Wiedereinführung des Steinbocks in der Schweiz war, haben wir dies am 24. September mit dem Ausflug „Auf den Spuren der Steinböcke im Vallon des Morteys“ gefeiert. Die Exkursion war ein solcher Erfolg, dass die Anzahl Gruppen sogar verdoppelt und einige Anmeldungen leider abgelehnt werden mussten. Angesichts der grossen Begeisterung für



Steinbock

den Steinbock wird diese Exkursion dieses Jahr wohl wieder stattfinden.

Die Polemik um die Aufgabe des Weidgangs in Les Morteys-dessous konnte 2005 dank einer Einigung mit Bruno Gachet, dem Pächter, und einer Verlängerung des Pachtvertrages beigelegt werden.

Sechs Jahre lang haben die Vertreter der Alpengenossenschaft und Pro Natura den Pächter regelmässig während der Weidezeit besucht, um die Umsetzung des Vertrags zu verfolgen. Eine aufrichtige und zuverlässige Zusammenarbeit entstand, die eine Erneuerung des Vertrags von M. Bruno Gachet auf weitere 6 Jahre, bis 2018, erlaubte.

## Auried

Neben den üblichen Pflegearbeiten, wie dem Unterhalt der Wege, Hecken und Wiesen, entstanden neue Tümpel für die Gelbbauchunken. Diese sind in den letzten Jahren aus dem Gebiet verschwunden.

So wollen wir hoffen, dass diese neuen Lebensräume bald möglichst besiedelt werden und sich die Freiwilligenarbeit gelohnt hat. Die angebotenen Exkursionen für die Schulklassen waren wiederum sehr gut besucht. So konnten insgesamt 564 Kinder und Jugendliche von fachkundigen LeiterInnen durchs Gebiet geführt werden. Trotz des Regenmangels und der damit verbundenen Austrocknung gewisser Teiche konnten die üblichen Amphibien und Wasserinsekten beobachtet werden. Die überaus positiven Rückmeldungen zeigen, dass sich diese Exkursionen bewähren und ein wichtiger Bestandteil der Umweltbildung sind. Bereits haben sich erste Klassen für das Jahr 2012 angemeldet. Falls Sie das unvergessliche Froschkonzert selber einmal miterleben möchten, sind Sie im Auried willkommen. Sie können sich auch einer der beiden öffentlichen Führungen zum 50-jährigen Jubiläum von Pro Natura Freiburg im April anschliessen. Weitere Informationen finden Sie auf unserer Homepage [www.pronatura-fr.ch](http://www.pronatura-fr.ch).



Geeignete Krippe für Unken

## Landwirtschaft und Naturschutz

Es ist nicht immer leicht, landwirtschaftliche Produktion und Naturschutz zu vereinbaren. Meistens verläuft alles mehr oder weniger gut. Jedoch können manche Verhaltensweisen oder Entscheide besonders belastend sein. Das Hochmoor von nationaler Bedeutung von La Mosse d'en Bas ist ein gutes Beispiel dafür: Seit Jahren hält sich ein Landwirt nicht an die Bewirtschaftungsbedingungen,





wie zum Beispiel das Jauchverbot in der Pufferzone. Dies führt zu einer Gefährdung dieses empfindlichen Lebensraums. Als Mitglied der Aufsichtskommission dieses Naturschutzgebietes setzt sich Pro Natura für den strikten Schutz des Hochmoors ein. Aber die Behörden zögern, die erforderlichen Massnahmen durchzusetzen.

Mehrfache Verschmutzungen von Gewässern sollen hier ebenfalls erwähnt werden. Die Unfälle haben sich 2011 gehäuft. Rechtlich vorgehen, mit den Ämtern zusammenarbeiten, Politik ins Spiel bringen: Alles mögliche Mittel, die jedoch für einen Verband nur bedingt wirksam sind. Abschreckendere Bussen würden solche Fälle von Verseuchungen sicher mindern.

Manchmal sind selbst die Entscheide der Behörden eine Gefahr für die Umwelt. Im Januar 2011 haben zwei Staatsräte (ILFD und RUBD) beschlossen, das Verbot des Verteilens von Dung im Winter zu lockern, da sich einige Landwirte bereits im Dezember darüber beschwert hatten, ihre Güllegrube nicht leeren zu können. Die Wildhüter (berechtigt, unrechtmässiges Jauchen anzuzeigen) wurden angewiesen, ab Mitte Januar nur in Fällen oder Gefahr von Verschmutzung einzugreifen. Dies kommt einer Bitte an einen Polizisten gleich, die Augen vor einem Trunkenbold

am Steuer zu verschliessen, sofern kein Unfall oder keine Gefahr eines Unfalls bestünde. Ein Vorstoss im Grossrat hat den Eindruck nur noch bestätigt, dass die Staatsräte sich sehr den Anliegen der Bauern annehmen!

#### **Die Waldstrassen im Dorf von Obelix**

Das Waldgesetz (WaG), beziehungsweise der Abschnitt der den Verkehr auf den Waldwegen limitiert, ist im Sense-Oberland nur schwer durchzusetzen. Nach der öffentlichen Auflegung der Fahrverbote und -Einschränkungen für den motorisierten Verkehr im Jahr 2008 hagelte es Einsprachen und Beschwerden! Als letzte Instanz hat das Bundesgericht den letzten Rekurs mit der Begründung abgelehnt, dass Gesetze Vorrang vor eigenen Interessen haben. Obwohl sich die meisten Unzufriedenen mit dieser Entscheidung abfinden konnten, blieb eine Gemeinde trotzig. So trotzig sogar, dass die Direktion der Institutionen und der Land- und Forstwirtschaft (ILFD) einlenkte. Das Amt für Wald, Wild und Fischerei erteilte der Gemeinde Plasselb eine massgeschneiderte Regelung: Die Gemeinde verfügt über 50 Inhaberbewilligungen, gültig auf den drei zum Gipfel führenden Waldstrassen, die sie willkürlich an jeden motorisierten Wanderer verteilen kann. Eine nette Weise, das Waldgesetz und die

Verfügung des Bundesgerichts zu umgehen! Den Verkehr in den Wäldern zu begrenzen ist ausschlaggebend, um den Druck auf die Tierwelt zu verringern. Es versteht sich, dass Pro Natura mit der Unterstützung vom WWF und dem Deutschfreiburger Heimatkundeverein Einsprache gegen diese völlig eigenartige Sonderbehandlung eingereicht hat.

#### **Tissineva: Erfolgreiche Einsprache!**

Der Rahmen: Dieses Hotel-Restaurant befindet sich auf dem Gebiet von Charnet, am Ort „Tissineva“. Wir hatten gegen dieses Hotelprojekt Beschwerde eingereicht, da es sich in einer landwirtschaftlichen und nicht in einer Bauzone befindet. Das Gericht untersuchte folgende grundlegende Frage: Ist ein Hotel-Restaurant an dieser Stelle legal?

Am 27. Juni kommunizierte das Gericht die Verfügung: die durch die Raumplanungs-, Umwelt- und Baudirektion (RUBD) erteilte Ausnahmegewilligung wurde aufgehoben sowie die Baubewilligung des Oberamtes des Greyerzbezirks rückgängig gemacht. Das Dossier wurde der RUBD zurückgeschickt, welche ihre Entscheidung anhand einer Bedürfnisabklärung besser zu begründen hat. Angesichts des bestehenden Angebots in der Umgebung, müsste die Notwendigkeit und der Bedarf einer solchen Anlage zuerst gründlich



nachgewiesen werden. Dies ist eine zwingende Bedingung um einen Gasthof ausserhalb einer Bauzone errichten zu können. Im November 2011 hat der Besitzer der RUBD eine Studie vorgelegt, die dies zu beweisen versuchte. Die Direktion nahm am 9. Dezember Stellung dazu: Der unterbreitete Bericht zeigt keineswegs das Bedürfnis einer solchen Einrichtung auf. Unser Rekurs war also völlig gerechtfertigt!

### Rekurs Brecca-Recardets

Der Höhenweg um den Schwarzsee wurde als weitere Route für Wanderer konzipiert. Bereits existierende Wege wurden dabei in den meisten Fällen in die Wegführung eingebunden. Zwischen Brecca und Les Recardets brauchte es aber trotzdessen bauliche Massnahmen in einem schwer zugänglichen Gebiet, wo die Gämsen sommern. Diese Arbeiten wurden nachträglich öffentlich aufgelegt. Mitte 2011 wurde eine Ausnahmegewilligung vom Kanton für diese ausserhalb einer Bauzone liegende Anlage erteilt; damit wäre die Einrichtung legalisiert! Pro Natura ist der Meinung, dass die Bedingungen für eine solche Bewilligung nicht erfüllt werden und hat beim Kantonsgericht Beschwerde eingereicht.



Ein fragwürdiger Wanderweg

### Kleine Saane

Der Lauf der Saane, vom Staudamm bei Rossens bis und mit dem Lac de Pérolles, gehört zum Amphibienlaichgebiete- und Aueninventar von nationaler Bedeutung. Auen sind durch eine starke Gewässerdynamik gekennzeichnet, damit sich das Flussbett regelmässig regenerieren, umgestalten und reinigen kann. Nun ist der Wasserhaushalt der Saane aber seit 2007 so stabil wie ein flaches Elektrodigramm. Einzig die

gesetzliche Mindestrestwassermenge nährt die gesamte Zone mit schwerwiegenden Folgen: Versandung und Erstickung des Flussbetts, übermässiges Wachstum der Vegetation, keine toten Flussarme und Tümpel (unabdingbar für Amphibien). Das Überleben der Auen ist gefährdet. WWF, der Freiburgerische Verband der Fischervereine, La Frayère und Pro Natura versuchen die Groupe E zu bewegen, diesen wertvollen Naturschatz dank regelmässigen künstlich ausgelösten Hochwassern am Leben zu erhalten. Leider sind wir bis jetzt nur auf wenig Gehör gestossen. Der Kanton, der die Verantwortung für die Gesundheit der unter Schutz stehenden Gebiete trägt, sollte diese Erhaltungsmassnahme beim Energieproduzenten durchsetzen. Einfach, wenn wir die Regierung davon überzeugen können.

### Openair Kino in Charmey

Das Wetter war dieses Jahr besonders günstig: Kein Regen und recht mild. Die vier Vorführungen wurden stark besucht: gesamthaft 1324 Eintritte, davon 498 für den Film „Nichts zu verzollen“. Dies war das bisher beste Resultat seit dem ersten Openair im 2004; und vielleicht auch das Letzte. Unser Hauptsponsor COOP hat nämlich beschlossen, diese Veranstaltung nicht mehr zu unterstützen. Vor Redaktionsschluss konnten wir noch keinen positiven Bescheid über die allfällige Übernahme durch einen anderen Sponsor erhalten.

### Mobilitätswoche

Vom 17. bis 22. September hat ein reichhaltiges Programm den Bewohnern der Agglomeration Freiburg erlaubt, vielzählige Aspekte der Mobilität zu entdecken, unter anderem die Auswirkungen auf Flora und Fauna. Die Veranstaltung wurde durch eine einzigartige Pressekonferenz am 12. September angekündigt: Parkplatzbesetzung! Pro Natura hat einfach eine den Autos gehörende Fläche zu einem reichen Stadtgarten verwandelt. Die Arche der Biodiversität hat auf dem Pythonplatz vom Samstag

bis Donnerstag Anker geworfen. Klein und Gross, Familien und Schulklassen, hatten so die Möglichkeit, die Ausstellung zu besuchen, die dem Verlust der Biodiversität und dessen Ursachen gewidmet ist.



Arche der Biodiversität von Pro Natura

### Biodiversität in Siedlungen

Dieses neue Vorhaben folgt auf das Projekt „Schmetterlinge“ und ist dieses Jahr langsam angelauten. Mit dem Ziel, die Biodiversität in Siedlungen zu fördern, setzen wir uns für natürlichere private und öffentliche Grünflächen ein. Pro Natura hat mit den Gärtnern der Stadt Freiburg Kontakt aufgenommen, um sie zu motivieren, die Grünflächen extensiver zu pflegen. Infolge der verschiedenen Begehungen vor Ort sowie einiger Gespräche sind Verbesserungen und Veränderungen in Sicht. Doch werden diese viel Zeit und Geduld in Anspruch nehmen, denn alte Gewohnheiten sind hartnäckig... Pro Natura hat auch den angehenden LandschaftsgärtnerInnen in Grangeneuve einen Kurs über die Wichtigkeit der einheimischen Flora für die Fauna angeboten. Dieser Kurs fand schon 2010 statt, und wird auch 2012 wiederholt.

Das Zertifikat „Schmetterling Gemeinde“ wird ebenfalls weiterhin vergeben.



Kleiner Fuchs



## Die Gruppe in 2011

Das Jahr 2011 hat im Zeichen der Unterstützung für Wildtiere begonnen: Die Kinder haben im Januar einige Tricks gelernt, um ihnen den Winter zu erleichtern und haben den Vögeln Fettkugeln zubereitet. Im Februar hat uns die Orange beschäftigt. Wir haben die Herstellung von Orangensaft entdeckt und dann Sirup selber gemacht. Ein Treffen mit dem Tier des Jahres hatten wir im März in Champ-Pittet: Die Ausstellung über den Regenwurm hat alle Geheimnisse dieses Tiers offenbart! Das Beobachten der Zugvögel vom Fanel hat leider weniger Begeisterung ausgelöst und unser Ausflug im April musste abgesagt werden. Mehr Erfolg hatten die Wälder und Sümpfe im Mai und Juni. Spiele und Geschichten liessen die Kinder diese Lebensräume aus einer anderen Perspektive sehen. Der Herbst war etwas schwieriger. Die

Entdeckung der Natur in der Stadt im September und der Ausflug über Vogelzug im Oktober haben nicht viele Kinder angezogen und wurden leider abgesagt.

Zum Glück fanden zwei schöne Ausflüge im November statt: Der erste am Ufer des Doubs, wo uns die Gruppe J + N Neuenburg empfing und uns die Schönheiten dieser Region vorführten, und der zweite auf den Spuren des Hirsches im Greyerz in Begleitung unserer Freunde des Panda Klubs WWF.

Unser traditionelles Weihnachtsfest fiel leider ins Wasser, da das Wetter zu schlecht war: Schade, doch dies ist nur ein Aufschub!

## Ausflüge 1. Semester 2012

10. März

### Und wenn die Biene ins Hotel ginge?

Wir bauen mit verschiedenen Materialien ein Hotel für Wildbienen und anderen Insekten! Du kannst es dann auf deinem Balkon oder in deinem Garten aufstellen und beobachten, wer dich als erster besuchen kommt. Und keine Angst, Wildbienen stehen nicht.

28. April

### Der Laubfrosch, König von Auried

19h00 – 21h30

Der Frühling ist auch für diese kleinen grünen Frösche die Zeit der Liebe. Und um ihrem Geliebten ihre Gefühle zu offenbaren, singen sie... sehr laut. Komm und beobachte sie – und vielleicht wirst du dir die Ohren zuhalten müssen, so viele werden quaken!

12. Mai

### Farben, Gerüche und Geschmäcker der Pflanzen

Die Natur erwacht und zeigt sich von seiner schönsten Seite. Der ideale Moment für einen kleinen Spaziergang um die wilde Flora zu entdecken. Lerne ein Herbarium zu bauen, Pflanzen zu erkennen und lass dich von ihren Farben, Gerüchen und Geschmäckern überraschen!

16. Juni

### Wo sind die Gletscher hin?

Ja, es gab Gletscher in Freiburg. Es ist zwar lange her, doch sie haben uns einige Erinnerungen hinterlassen, die wir entdecken müssen!

Programm und Anmeldungen:

[www.pronatura-fr.ch](http://www.pronatura-fr.ch) -> Jugend

## 50 Jahre im Dienste des Naturschutzes!

Der Freiburger Bund für Naturschutz, heute Pro Natura Freiburg, wurde am 29. Mai 1962 gegründet. Um dieses Jubiläum gebührend zu feiern, haben wir eine unterhaltsame, spielerische und überraschende Ausstellung in Zusammenarbeit mit dem Naturhistorischen Museum Freiburg vorbereitet.

In 50 Wunderkisten sind einige Facetten der Natur und deren Schutz in unserem Kanton zu entdecken. Auf Seite 6 finden Sie unser reichhaltiges und vielseitiges Ausflugsprogramm. Kommen Sie mit uns und feiern auch Sie dieses halbe Jahrhundert Naturengagement.



[www.pronatura-fr.ch](http://www.pronatura-fr.ch)



## Programm Ausflüge zum Jubiläum

5. und 27. April 2012

**Kröten und Frösche im Auried**  
(Ersatzdatum 26. April, bzw. 4. Mai 2012)

5. Mai 2012

**Die Vögel der Stadt**  
In Zusammenarbeit mit dem Cercle ornithologique von Freiburg

12. Mai 2012

**Ökologisches Vernetzungsprojekt  
Auried-Bibera**

15. Juni 2012

**Auf den Spuren der Fledermäuse**  
Ein Ausflug unter der Führung von FRIbat-CCO Freiburg

24. Juni 2012

**Auf den Spuren der Aspispiper**  
Mit Jean-Claude Monney

7. Juli 2012

**Blumen und Schmetterlinge**  
Mit Jérôme Gremaud und Gregor Kozlowski

22. September 2012

**Die Steinböcke im Vallon des Morteys**

Alle Ausflüge sind gratis

**Auskunft und Anmeldungen:**  
[www.pronatura-fr.ch](http://www.pronatura-fr.ch)  
026 422 22 06

### Impressum

Beilage von Pro Natura Freiburg

### Herausgeberin

Pro Natura Freiburg  
Rte de la Fonderie 8C, CP 183, 1700 Freiburg  
026 422 22 06  
[pronatura-fr@pronatura.ch](mailto:pronatura-fr@pronatura.ch)  
[www.pronatura-fr.ch](http://www.pronatura-fr.ch)

### Texte

José Collaud, Emanuel Egger, Jacques Eschmann,  
Yolande Peisl, Catherine Pfister

### Übersetzung

Sarah und Christophe Peisl

### Layout

Jacques Studer, Delphine Kolly

### Druck & Versand

Vogt-Schild Druck

**Auflage:** 3000 Exemplare

## Agenda

### Einladung an alle Mitglieder

# Generalversammlung 2012

Freitag 30. März um 19h15

Hörsaal der Pflanzenbiologie 0.110, rue Albert-Gockel, Universität Freiburg

### Traktanden

1. Genehmigung der Traktanden und des Protokolls der GV 2011 (vor Ort aufgelegt ab 18h30 oder auf [www.pronatura.ch/fr](http://www.pronatura.ch/fr))
2. Tätigkeitsbericht des Präsidenten und der Geschäftsführer
3. Bericht der Gruppe Jugend + Natur
4. Genehmigung der Jahresrechnung und Bericht der Revisoren
5. Rücktritte und Neuwahlen
6. Diverses



© Anne et Erik Lapied

Nach der Versammlung um 20h30 wird der Dokumentarfilm gezeigt (öffentliche Vorführung)

### "Überleben, Tiere der Alpen im Winter"

Mit den Regisseuren Anne und Erik Lapied!

Produktion und Ausstrahlung: Salamandre Films 2011

Was hat die Natur den Gämsen, Schneehühnern und Hasen gegeben, damit sie der Kälte, dem Schnee und Schneestürmen den ganzen Winter lang Stand halten? Ab wann wird das Leben für diese Tiere zum Überleben?

Ergreifende Bilder in einem ungewöhnlichen Dokumentarfilm.

Man spürt die Kälte, den Schnee, den Sturm... Anne und Erik Lapied werden ihre Erfahrungen mit uns teilen. Sie sind nun schon über 20 Jahre als Filmemacher in den Bergen tätig. Ihr Alltag spielt sich in den Alpen ab, oberhalb der Baumgrenze, bei Wind und Kälte. Es ist also in voller Kenntnis der Umstände, dass sie diesen Film über das Überleben der Tiere im Winter gedreht haben...

**Zum Schluss werden wir auf unser fünfzigjähriges Jubiläum anstossen!**

# La Vérité sur l’Affaire Paul Cantonneau

JEAN RIME

Université de Fribourg / Département des langues et littératures

Le 13 octobre 2012, la commune de Givisiez (FR) inaugurerait publiquement une allée Paul-Cantonneau, témoignage officiel d’une reconnaissance méritée à l’endroit d’un chercheur qui a marqué l’histoire de notre Faculté des sciences. L’événement a été largement relayé dans la presse nationale, et l’*alma mater* s’est fendue d’un communiqué de presse saluant un « grand honneur pour un ‘aventurier’, Professeur de l’Université de Fribourg<sup>1</sup> ». Si cette inauguration a rencontré un écho inhabituel pour ce genre de manifestation, c’est parce qu’elle mettait fin à un injuste purgatoire de plus d’un demi-siècle<sup>2</sup>. Aujourd’hui, les travaux de plusieurs historiens permettent de jeter un regard dépassionné sur la biographie celui qui fut l’un des pionniers de la géographie à Fribourg<sup>3</sup>.

PAUL CANTONNEAU voit le jour le 28 juin 1866<sup>4</sup> au lieu-dit Moulin de Sarthe en Basse-Normandie, d’un père originaire de Sart-Moulin en Belgique et d’une Fribourgeoise née AEBY<sup>5</sup>, elle-même apparentée au futur fondateur de l’Université de Fribourg GEORGES PYTHON<sup>6</sup>. Après une mutation du père de famille, le couple et ses deux enfants<sup>7</sup> rentrent au pays, dans le Brabant wallon. Le jeune garçon passe à Namur une enfance calme, « confortable mais grise<sup>8</sup> » écrira-t-il, égayée par des séjours réguliers dans sa famille maternelle, à Givisiez et dans le quartier du Guintzet, à Fribourg<sup>9</sup>. Après sa scolarité obligatoire, il s’inscrit à l’Université catholique de Louvain<sup>10</sup>, en géographie et géologie. Au cours de ses études, une fragilité cardiaque est diagnostiquée<sup>11</sup>, ce qui ne l’empêche pas de poursuivre une carrière académique, entre Louvain, Namur et Gembloux, où il soutient, en 1894, à l’Institut agricole, une thèse intitulée *Manteau végétal et exploitation pastorale des piémonts subhercyniens. Approche théorique*<sup>12</sup>. Cette recherche novatrice augure d’un brillant avenir et son destin semble tout tracé lorsque une seconde attaque, en 1905, le force à modifier son rythme de vie<sup>13</sup>. La mort dans l’âme, mais la pédagogie dans la peau, il se reconvertit courageusement dans l’enseignement secondaire : d’abord dans un collège à Namur puis, entre 1907 et 1914, à l’Institut Saint-Boniface de Bruxelles<sup>14</sup>.

Au début de la Grande Guerre, las de sa vie ronronnante, il s’engage volontairement dans l’armée. Il est fait prisonnier en Allemagne, où sa constitution déjà fragile favorise un début de tuberculose. En 1916, transféré en Suisse avec d’autres prisonniers de guerre gravement malades, il se passionne

---

<sup>1</sup> Communiqué de presse de l’Université de Fribourg, 16 octobre 2012, <<http://www.unifr.ch/news/fr/9020/>>.

<sup>2</sup> Une notice qui devait prendre place dans *L’Histoire de l’Université de Fribourg* (1992), rédigée par JEAN STEINAUER et HUBERTUS VON GEMMINGEN, a même été honteusement censurée.

<sup>3</sup> Voir principalement cette notice inédite [ci-après : STEINAUER/GEMMINGEN (1992)] ; PATRICK POMMIER, *L’Expédition Calys*, Paris, ANTOINE DE KERVERSEAU Éditeur, 2007, non paginé [ci-après : POMMIER (2007)] ; ALAIN CLAVIEN, « Professeur PAUL CANTONNEAU (1866-1949) », tiré-à-part édité par la Société d’histoire du canton de Fribourg et *La Liberté*, novembre 2012, qui reprend des travaux antérieurs [ci-après : CLAVIEN (2012)].

<sup>4</sup> STEINAUER/GEMMINGEN (1992).

<sup>5</sup> Voir CLAVIEN (2012), qui confond d’ailleurs les deux localités paronymes.

<sup>6</sup> Ce lien de parenté explique la relative ressemblance physique de PAUL CANTONNEAU et GEORGES PYTHON.

<sup>7</sup> Sur la sœur de PAUL CANTONNEAU, voir POMMIER (2007).

<sup>8</sup> Cité dans *ibid.*

<sup>9</sup> Voir CLAVIEN (2012).

<sup>10</sup> *Ibid.*

<sup>11</sup> POMMIER (2007).

<sup>12</sup> Voir STEINAUER/GEMMINGEN (1992).

<sup>13</sup> POMMIER (2007).

<sup>14</sup> Cf. POMMIER (2007) et CLAVIEN (2012).

pour la ville de Fribourg, qui lui rappelle ses vacances d'enfant, et y épouse une jeune femme de la Basse-Ville<sup>15</sup>. De cette union naîtront trois filles et un garçon<sup>16</sup>. PAUL CANTONNEAU met rapidement ses compétences pédagogiques et scientifiques au profit de sa ville d'adoption, en dispensant à l'Université un cours de géographie théorique, destiné aux soldats internés. À la fin de la guerre, il décide de rester à Fribourg avec sa famille<sup>17</sup>. Sa notoriété, son origine fribourgeoise par sa mère et le parrainage bienvenu de son parent le conseiller d'État GEORGES PYTHON simplifient l'obtention de la nationalité suisse<sup>18</sup> et facilitent son engagement en qualité de professeur extraordinaire, à l'automne 1919. Très apprécié de ses étudiants<sup>19</sup>, il enseignera à l'Université de Fribourg jusqu'en 1936. Nommé professeur ordinaire en 1924, il devient vice-président de l'Institut de géologie entre 1925 et 1928, et même doyen durant l'année académique 1931-32<sup>20</sup>.

De ses travaux importants, on retiendra notamment son ouvrage de référence *Préliminaires à une géodésie analytique*, publié en 1929<sup>21</sup>. Mais il faut également souligner ses contributions à la connaissance de la géologie locale. Il a ainsi eu à cœur de tisser, dès 1921, des liens entre ses deux patries en intitulant son discours de réception à l'Académie royale de Belgique *Nature, architecture et peinture : le géographe devant les représentations de Fribourg (Suisse)*<sup>22</sup>. De cet intérêt pour la terre fribourgeoise témoigne aussi son fameux article de 1923, « Le Grabou de St-Pierre à Fribourg. Contribution à l'étude du métamorphisme de la molasse marine supérieure<sup>23</sup> ». De sa thèse de doctorat à son ultime ouvrage *La Caillasse totale* (édité en 1943 à La Chaux-de-Fonds<sup>24</sup>), plus d'une dizaine de contributions sont, aujourd'hui encore, citées dans des études spécialisées.

Mais c'est à deux expéditions menées sur le tard, et à leur relation illustrée au jour le jour dans le quotidien belge *Le Soir*, qu'il doit sa notoriété auprès du grand public<sup>25</sup>. La première, menée en 1941-42 par HYPOLITE CALYS, professeur à Louvain, le conduit dans l'Arctique, où il contribue à la description d'un métal inconnu. Suite à cette éprouvante aventure, suite aussi au décès prématuré de son épouse<sup>26</sup>, CANTONNEAU décide de quitter Fribourg et d'emménager dans un modeste appartement en banlieue bruxelloise. Trois ans plus tard, le Bernois ANTON SANDERS-HARDMUTH le convainc de repartir, au Pérou cette fois-ci. Les connaissances qu'il avait accumulées dans le domaine de la géologie sud-américaine constituent un atout incontestable pour le succès de l'entreprise. Avec ses collègues, il découvre les ruines d'un temple inca et décrit les propriétés du minéral phosphorescent dont celui-ci est tapissé. C'est alors qu'il est victime, avec les autres membres de l'expédition, d'un empoisonnement largement médiatisé à l'époque, dont il sortira indemne mais affaibli. Si d'aucuns ont cru à son décès<sup>27</sup>, suite à cette hospitalisation, c'est qu'il s'est depuis lors retiré dans une solitude pérenne, occupé à écrire des mémoires destinés à sa famille. C'est avec

---

<sup>15</sup> CLAVIEN (2012).

<sup>16</sup> Sur les trois filles : FRANÇOIS DE VATAIRE, « PAUL CANTONNEAU, ou le génie silencieux » [1964], repris dans la revue *Hergé au pays des Helvètes*, 4, 2012, p. 15-17 ; sur le fils, PATRICK CANTONNEAU : Pommier (2007).

<sup>17</sup> Voir CLAVIEN (2012).

<sup>18</sup> POMMIER (2007) se trompe lorsqu'il voit dans le déménagement en Suisse la conséquence directe d'un troisième épisode cardiaque en Belgique. À cet égard, CLAVIEN (2012) apporte des précisions irréfutables.

<sup>19</sup> CLAVIEN (2012).

<sup>20</sup> STEINAUER/GEMMINGEN (1992).

<sup>21</sup> Mentionné dans *ibid.* comme titre représentatif des recherches du Prof. CANTONNEAU.

<sup>22</sup> Cité dans JEAN STEINAUER *et al.*, *L'Image de Fribourg*, Fribourg, Archives de la Société d'histoire du canton de Fribourg, 2007.

<sup>23</sup> Cité dans JEAN STEINAUER *et al.*, *Le Sauvage. Histoire et légende d'une auberge à Fribourg*, Fribourg, La Sarine, 2002, p. 181. Cf. CLAVIEN (2012).

<sup>24</sup> Voir POMMIER (2007).

<sup>25</sup> CANTONNEAU était déjà professeur honoraire, contrairement à ce que prétend CLAVIEN (2012). Le caricaturiste du *Soir*, qui le représente avec une chevelure encore noire, a basé son dessin sur une photographie de presse datée.

<sup>26</sup> Voir CLAVIEN (2012).

<sup>27</sup> STEINAUER/GEMMINGEN (1992) et CLAVIEN (2012) datent par erreur sa mort de 1949. POMMIER (2007), encore moins bien informé, situe la disparition du savant en 1945.

regret qu'il prendra acte, en 1964, de la publicité donnée à cet écrit, à son insu, par ses enfants<sup>28</sup>. Il s'éteint peu après, à l'âge canonique de 99 ans.

Sur la table de cet infatigable travailleur ont été retrouvées des notes éparses, historiques et bibliographiques, concernant la localité de Givisiez où vivaient ses grands-parents. GÉRARD STEINAUER, secrétaire communal, s'est attaché à les transcrire et à compléter l'ouvrage posthume du professeur CANTONNEAU. Intitulé *La Légende de Givisiez*, le volume ne sort de presse qu'en 2007.

### **Retour aux sources : le personnage d'Hergé<sup>29</sup>**

La notice biographique qui précède, et qui reprend en partie une allocution prononcée lors de l'inauguration de l'allée Paul-Cantonneau, est à la fois rigoureusement exacte et absolument fautive. Exacte, car toutes les références fournies sont parfaitement vérifiables, extraites de publications aisément consultables en bibliothèque ; le récit de la vie de PAUL CANTONNEAU résulte bien, en l'occurrence, de l'assemblage de tous les « biographèmes » (BARTHES) parus à ce jour, que l'on s'est efforcé de collecter de croiser, quitte à devoir constater des versions contradictoires ou corriger d'évidentes erreurs de dates. Mais fautive aussi, car le savant fribourgeois n'a jamais existé que dans l'imagination du dessinateur Hergé (1907-1983) et dans celle de ses lecteurs. « Monsieur Paul CANTONNEAU de l'université de Fribourg » fait en effet son apparition dans *L'Étoile mystérieuse* (1942), plus précisément dans la prépublication de l'épisode dans *Le Soir* du 27 novembre 1941, puis dans *Les Sept Boules de cristal* (1948) et *Le Temple du soleil* (1949).

Pourquoi Hergé a-t-il fait de ce personnage anecdotique un ressortissant de Fribourg ? Aucun document n'apporte à cette question de réponse définitive. Mais ce choix peut se comprendre par la diffusion des *Aventures de Tintin* en Suisse, depuis 1932, dans *L'Écho illustré*, un magazine familial édité à Genève mais émanant de l'évêché de Fribourg. La ville, bastion traditionnel du catholicisme en Suisse romande, est régulièrement mentionnée dans l'hebdomadaire, qu'Hergé reçoit chez lui à Bruxelles. Même si le dessinateur n'a pas visité Fribourg, à tout le moins à ce moment-là<sup>30</sup>, le nom de la ville a également pu circuler dans son entourage au *Vingtième Siècle*, le journal confessionnel qui, avant-guerre, l'employait en Belgique.

PAUL CANTONNEAU est-il inspiré d'une personnalité réelle ? L'hypothèse, largement reprise, a été avancée en 2003 par LAURENT MISSBAUER, journaliste à Fribourg : « Il paraîtrait en fait que Hergé ait pris pour modèle GEORGES PYTHON, le fondateur de l'Université de Fribourg, pour créer le personnage du professeur CANTONNEAU. [...] Le fait que Hergé ait appelé CANTONNEAU un professeur dont la sculpture figure à l'entrée de la bibliothèque cantonale (Canton-Cantonale) accrédi-terait cette thèse<sup>31</sup>. » Le jeu de mots entre « canton » et « Cantonneau » apparaît d'autant plus probable que le patronyme n'existe pas. En revanche, la parenté avec GEORGES PYTHON (1856-1927), personnalité politique importante pour l'histoire locale mais inconnue au-delà, semble plus que douteuse. Elle supposerait qu'Hergé ait eu connaissance de l'homme et de son portrait ; que le visage de GEORGES PYTHON – pourtant assez ordinaire – l'ait frappé au point de l'inspirer pour un dessin ; enfin, qu'à une époque où il ne chômait pas, le dessinateur ait pris le temps de copier un document pour esquisser un personnage tout à fait secondaire. Pourquoi alors n'aurait-il pas choisi un véritable professeur pour modèle ? Pourquoi n'aurait-il pas joué sur le nom « Python » (*serpent*, etc.), suffisant pour créer un effet humoristique ? Jusqu'à preuve du contraire, l'hypothèse ne tient déci-

<sup>28</sup> Voir FRANÇOIS DE VATAIRE, art. cit. Le manuscrit est mentionné dans POMMIER (2007).

<sup>29</sup> Cette section et la suivante reprennent et complètent mon article « CANTONNEAU, ce célèbre inconnu », dans *Hergé au pays des Helvètes* [revue de l'association Alpart], 4, 2012, p. 18-22.

<sup>30</sup> Il a visité le nord-est de la Suisse en 1922, lors d'un voyage avec les scouts. Ce n'est qu'en 1947 qu'il découvrira la Suisse romande. Lors de ses nombreux séjours dans notre pays par la suite, il serait étonnant qu'il n'ait jamais vu Fribourg, même si aucun document n'a été retrouvé à ce propos (selon son biographe PHILIPPE GODDIN).

<sup>31</sup> LAURENT MISSBAUER, art. cit., p. 30.

dément qu'à un poil : certes PYTHON et CANTONNEAU portent tous deux la moustache, mais cette coïncidence n'a rien que de très banal, et de surcroît la barbe de PYTHON était plus fournie que celle de CANTONNEAU. La « rime d'image » ne suffit donc pas à certifier une filiation que rien d'autre ne justifie.

Ce qui est néanmoins patent, c'est que le personnage a amusé son créateur : le Fribourgeois est le seul, parmi les membres de l'expédition Calys, à participer aussi à l'expédition SANDERS-HARDMUTH des *Sept Boules de cristal* et du *Temple du Soleil*. Cette reprise, qui est à mettre sur le compte d'un procédé balzacien de retour des personnages cher à Hergé, vise à renforcer la cohérence interne des aventures de Tintin, mais elle ne va paradoxalement pas sans entourer le dénommé CANTONNEAU d'un halo de mystère... D'abord, quelle peut être la spécialité d'un savant compétent en géologie extra-terrestre comme en archéologie précolombienne ? Ensuite, où travaille-t-il vraiment ? À Fribourg ou à Bruxelles, comme tout porte à le croire dans *Les Sept Boules de cristal* (p. 20-21), puisque Tintin décide de se rendre d'urgence chez lui ? Son cas rappelle de loin celui d'AUGUSTE PICCARD, modèle avéré de TRYPHON Tournesol, lequel enseignait à Bruxelles où Hergé le croisait parfois, mais était rentré au pays durant la Seconde Guerre mondiale.

### Les mille et une vies du professeur Cantonneau

La présence discrète mais répétée de PAUL CANTONNEAU dans pas moins de trois albums sera le point de départ, des dizaines d'années plus tard, de la seconde vie du savant, dont la biographie présentée en début d'article constitue une tentative de synthèse. En 1989, l'Université de Fribourg fête le centenaire de sa fondation et publie, à cette occasion, une prestigieuse monographie en trois volumes retraçant l'histoire de l'institution. Le troisième tome recueille des notices biographiques de tous les professeurs ayant enseigné dans l'*alma mater* depuis sa création<sup>32</sup>. Membre de la commission de rédaction, l'historien germanophone HUBERTUS VON GEMMINGEN, tintinophile, ainsi que son collègue francophone JEAN STEINAUER, décident d'immortaliser le vénérable PAUL CANTONNEAU, bien oublié par les autorités académiques, dans le marbre de cette auguste publication. Ils rédigent une notice factice, en dotant le savant d'une bibliographie imaginaire, mais dont les titres alambiqués parodient le plus pur style scientifique. Audacieuse, l'initiative est d'abord accueillie avec bienveillance par FRANCIS PYTHON, coordinateur du lexique des professeurs et ancien lecteur de Tintin dans *L'Écho illustré*. Mais *in fine*, elle est refusée par le directeur de la publication, ROLAND RUFFIEUX, au motif que : « Sérieusement, on ne pas publier ça<sup>33</sup> ! »

JEAN STEINAUER et HUBERTUS VON GEMMINGEN ne restent pas sur cet échec. Pour valoriser les travaux de PAUL CANTONNEAU, ils s'emploient depuis lors, dans leurs publications respectives, à les citer en note ou en fin de volume. La place manque ici pour reproduire la bibliographie exhaustive attribuée au professeur CANTONNEAU, mais mentionnons, outre les titres déjà cités, le livre fictif *Avifaune des Préalpes et du Plateau suisses* (Fribourg, Librairie universitaire, 1934)<sup>34</sup> ou encore – dernier titre révélé où les plus avisés reconnaîtront une allusion plaisante à *L'Affaire Tournesol* – l'article « Un modèle de géographie pastorale tridentine », dans *Studi di storia ecclesiastica dedicati a Arturo Benedetto Carroffoli*, Milan, 1929, p. 113-172<sup>35</sup>. Emboîtant le pas à JEAN STEINAUER et HUBERTUS VON GEMMINGEN, ALAIN CLAVIEN, professeur d'histoire contemporaine à Fribourg, consacre une partie d'un cours public sur le milieu universitaire de l'entre-deux-guerres à PAUL CANTONNEAU. L'exposé, qui dévoile pour la première fois le fil d'une vie dont la notice de JEAN

<sup>32</sup> *Histoire de l'université de Fribourg Suisse, 1889-1989*, t. III : *Personnes, dates et faits*, Fribourg, Éditions universitaires, 1992.

<sup>33</sup> Voir CHRISTOPHE MAURON, « Le vrai PAUL CANTONNEAU », *La Gruyère*, 28 juin 2001, p. 28.

<sup>34</sup> Voir JEAN STEINAUER, *Le Bras de Saint-Nicolas, et autres contes de chanoines*, Fribourg, Le Cassetin, 1996, p. 107.

<sup>35</sup> JEAN STEINAUER, *La République des chanoines. Une histoire du pouvoir à Fribourg*, Baden, Hier + jetzt, 2012, p. 198.



STEINAUER ne révélait que les chevilles académiques, est même agrémenté d'une prétendue interview radiophonique du savant, qu'il aurait accordée à Radio-Paris avant de s'embarquer sur l'Aurore<sup>36</sup>.

Parallèlement, bien loin de Fribourg, se développent d'autres vies du professeur CANTONNEAU. À la fin des années 1980, c'est-à-dire à l'époque où en Suisse JEAN STEINAUER s'apprête à ressusciter le savant, *Le Soir* publie en Belgique plusieurs dizaines d'articles signés PAUL CANTONNEAU. Sous ce pseudonyme, le journaliste JEAN REBUFFAT. Avec deux de ses collègues, qui empruntent les noms de BERGAMOTTE et LAUBÉPIN (eux aussi tirés des *Sept Boules de cristal*), il conçoit cinquante-deux livraisons d'un journal imaginaire censé avoir paru deux cents ans plus tôt, durant la Révolution française<sup>37</sup>. Paul de CANTONNEAU perdra même sa particule au cours des événements ! Le journaliste – qui explique le choix de cet *alias* par le prénom de son père, Paul – endossera à nouveau cette identité à l'occasion de plusieurs articles historiques, dont une série sur le Blitzkrieg qui sera répertoriée, sous le nom de CANTONNEAU, dans la très sérieuse *Bibliographie concernant la Belgique dans / et la Seconde Guerre mondiale pour l'année 1990*<sup>38</sup>.

En 2007, et là encore indépendamment de la tradition fribourgeoise, le romancier JEAN-BERNARD POUY publie, sous le nom fantaisiste de Dr PATRICK POMMIER, une brochure intitulée *L'Expédition Calys. Contribution à l'élaboration d'une biographie des scientifiques participants agrémentée d'une bibliographie partielle de ces mêmes savants*. Par rapport aux recherches cantonnaldiciennes fribourgeoises, ce fascicule livre une version sensiblement différente – et, disons-le, moins crédible – de la vie et des œuvres de PAUL CANTONNEAU, que l'auteur, notons-le au passage, distingue incompréhensiblement du CANTONNEAU des *Sept Boules de cristal*... Mentionnons enfin, pour être complet, une interview fictive de CANTONNEAU, censée avoir été publiée en 1964 dans *L'Histoire des sciences*, un article rédigé en fait en 2012 par le tintinophile français JACQUES HIRON<sup>39</sup>.

Sur le front fribourgeois, les choses ne se sont pas arrêtées en si bon chemin. GÉRARD STEINAUER, frère de l'historien et lui aussi tintinophile, a donné au professeur un vrai statut d'auteur en publiant *La Légende de Givisiez* (2007), une bande dessinée humoristique dont il signe le scénario et qui relate de façon décalée le passé de son village. L'avant-propos explique que cette histoire se base sur de rigoureuses « recherches bibliographiques » de PAUL CANTONNEAU, dont celui-ci est même crédité en page de titre. Grâce à cette initiative, le personnage est désormais enregistré au dépôt légal et dans catalogue de la Bibliothèque nationale suisse !

Si les hommages rendus au savant fribourgeois ne manquent pas, comme on le voit, CANTONNEAU attendait encore la consécration ultime : une rue à son nom. C'est exactement le vœu formulé par un certain CHRISTOPHE GREMAUD, de Marly (près de Fribourg), dans le courrier des lecteurs du journal *La Liberté* du 16 avril 2007 : « Je demande à Fribourg qu'il lui soit enfin rendu hommage et qu'une place ou une rue porte le nom de PAUL CANTONNEAU. » Extraordinaire concours de circonstances : au même moment, le conseil communal de Givisiez doit statuer sur le nom d'une future rue de la zone industrielle. Sur proposition de GÉRARD STEINAUER, les élus décident de baptiser une allée Paul-Cantonneau, en remerciement, paraît-il, de la collaboration bénévole du savant à *La Légende de Givisiez*. La Commission cantonale de nomenclature avalise officiellement l'appellation le 21 juin 2007<sup>40</sup>.

<sup>36</sup> ALAIN CLAVIEN, cours « Entrer dans l'histoire », séance du 26 mai 2010 au Musée d'Art et d'Histoire de Fribourg.

<sup>37</sup> Ces chroniques ont été également éditées dans un ouvrage écoulé à plus de trente mille exemplaires : *La Gazette de la Révolution française*, Bruxelles, Le Soir, 1988.

<sup>38</sup> Voir la version numérisée : <[http://www.cegesoma.be/docs/media/Bibliographies/biblio\\_1990.pdf](http://www.cegesoma.be/docs/media/Bibliographies/biblio_1990.pdf)>.

<sup>39</sup> Sous le pseudonyme de FRANÇOIS DE VATAIRE (art. cit.).

<sup>40</sup> Voir PIERRE-ANDRÉ SIEBER, « Une allée en l'honneur d'Hergé », *La Liberté*, 20 avril 2007, p. 13 ; renseignements complémentaires fournis par GÉRARD STEINAUER.

Cinq ans plus tard, lorsque cette route longtemps en chantier est enfin inaugurée, *La Liberté*, publie une interview d'ALAIN CLAVIEN qui reprend sa biographie de PAUL CANTONNEAU<sup>41</sup>. En fin d'article, déontologie journalistique oblige, un encadré révèle la supercherie. Mais plusieurs lecteurs, à commencer par le syndic de Givisiez, avoueront s'être laissé prendre au piège ! Mais ce n'est pas tout : cet article a connu une double postérité sur Internet. D'une part, il a été relayé par le site *France TV Info*, mais sans l'avertissement. Complicité amusée ? Lecture trop rapide ? Toujours est-il que la dépêche en ligne occulte complètement la fictionnalité de CANTONNEAU et insiste au contraire sur son existence supposée réelle : « Le professeur CANTONNEAU, ça ne vous dit rien ? Rappelez-vous, il a croisé plusieurs fois la route de Tintin dans *L'Étoile mystérieuse* et *Les Sept Boules de cristal*. Et accessoirement, dans la vraie vie, il s'agissait d'un vrai géographe, ami du père d'Hergé, le créateur du reporter à la houppe. La ville de Givisiez lui dédie une rue, et le journal *La Liberté* lui consacre un portrait<sup>42</sup>. » Le procédé poétique de la métalepse (qui met le personnage des albums sur le même niveau de réalité que son auteur Hergé) et la réputation d'exactitude propre à un média offrent des garanties de crédibilité suffisantes pour faire vivre *réellement* le professeur Cantonneau. D'autre part, l'interview d'ALAIN CLAVIEN a été intégralement reprise, sur le site amateur des *Chroniques de Moulinsart*<sup>43</sup>, où elle reçoit un traitement tout différent de celui de *France TV Info*, puisqu'elle est réintégrée à la *fan-culture* tintinophile. Le texte reproduit bien celui de *La Liberté*, « avec l'aimable autorisation de son auteur, ALAIN CLAVIEN », mais les questions de Samuel Jordan sont attribuées à un autre : « Jules Rouget envoyé spécial de 'La Dépêche' »... un personnage du *Trésor de Rackham le Rouge* !

### Les raisons d'un succès

Cet exemple spectaculaire prête à s'interroger sur les raisons qui ont conduit à des réinvestissements de la figure de CANTONNEAU aussi nombreux et aussi variés. Certes, les tintinophiles sont friands d'aventures apocryphes de leur héros, ils sont accoutumés à ce genre de jeux qui consiste à prolonger, par des trompe-l'œil réalistes ou parodiques, la vie des personnages créés par Hergé et de louer ainsi entre fiction et réalité. Le dessinateur lui-même s'y était essayé, dès ses débuts, avec une fausse lettre de la Guépéou menaçant la rédaction du *Petit Vingtième* en pleine publication des *Soviets...* le 1<sup>er</sup> avril 1930. Plus tard, des rubriques du journal *Tintin* confiées à « Tintin », au « capitaine Haddock » ou au « professeur Tournesol », ont participé de cette même volonté de faire sortir les personnages des cases des albums pour les faire entrer dans le quotidien des lecteurs. Le jeu s'est poursuivi après la mort d'Hergé et le célèbre *Tintinolâtrie* d'ALBERT ALGOUD (Casterman, 1987) a fait des émules.

Même si elles ne sont donc pas exceptionnelles dans la bibliographie tintinophile, les vraies-fausse attestations de PAUL CANTONNEAU ont ceci de particulier qu'elles se sont multipliées au fil des années, sous la plume de plusieurs auteurs, et qu'elles ont infiltré de réelles publications scientifiques. Contrairement à *La Castafiore. Biographie non autorisée* du même ALGOUD (Chiflet & Cie, 2006), elles se cristallisent autour d'un personnage quasiment confidentiel, pris en charge essentiellement par une communauté locale, fribourgeoise, désireuse de faire vivre « son » unique représentant dans les aventures de Tintin. Il semble que plusieurs phénomènes sont à l'œuvre dans ces réinvestissements transfictionnels.

---

<sup>41</sup> SAMUEL JORDAN, « Le prof. CANTONNEAU sorti de son sommeil », *La Liberté*, 13 octobre 2012, p. 13. Ce texte, ainsi que le dessin d'Alex, seront adaptés dans une affiche à tirage limité [CLAVIEN (2012)].

<sup>42</sup> < <http://www.francetvinfo.fr/live/message/507/990/521/cc6/f03/393/004/b7c.html> >.

<sup>43</sup> < <http://moserm.free.fr/moulinsart/chroniques49.html> >

Il y a d'abord la tentation, généralisée dans le domaine des cultures faniques, de compléter l'univers développé dans le corpus officiel. Loin d'être un frein, le fait que CANTONNEAU n'est qu'un personnage secondaire motive ce genre de reprises. D'un côté, il est suffisamment peu déterminé par Hergé pour que son existence puisse se développer librement en-dehors des albums : son « insignifiance est aussi sa richesse puisqu'elle ouvre démesurément l'interprétation et qu'elle s'offre au lecteur comme un principe d'imagination<sup>44</sup> ». D'un autre côté, sa présence dans plusieurs albums suffit à lui donner assez de consistance pour attirer les « biographes », d'autant plus que ses occurrences plurielles dans les *Aventures de Tintin*, normalement un gage de cohérence, posent en l'occurrence les apories déjà signalées de sa discipline scientifique et de son domicile. À l'instar des deux Dupondt, jumeaux sans porter le même nom, ces points d'interrogation constituent des embrayeurs transfictionnels, le « tremplin d'une invention narrative<sup>45</sup> ».

À ces raisons assez générales de reprendre le personnage s'ajoute un autre phénomène propre aux réinvestissements fribourgeois du professeur, une « réappropriation » ressortissant au processus de transfert culturel<sup>46</sup>. Certes, ici, le texte même des *Aventures de Tintin* n'est pas touché, contrairement à ce qui fut le cas pour les premiers récits publiés dans *L'Écho illustré*<sup>47</sup>. Mais les mécanismes propres aux transferts culturels n'en disparaissent pas pour autant<sup>48</sup> : chez les lecteurs suisses, toute allusion à leur univers géographique et culturel revêtira, affectivement, une signification particulière. De même que dans *L'Affaire Tournesol* ils reconnaissent les lieux de la côte lémanique, de même une complicité se noue très naturellement avec le professeur CANTONNEAU. Cette connivence donne au lecteur autochtone le sentiment d'une compétence épistémique à propos du personnage fribourgeois, qu'il est censé mieux connaître que l'auteur même... C'est ainsi que les épisodes inventés de la vie de PAUL CANTONNEAU contiendront des allusions très spécifiques, une couleur locale inaccessible aux non-initiés – par exemple, dans la biographie d'ALAIN CLAVIEN, des références au Guintzet, à la Basse-Ville de Fribourg ou à l'histoire de son université.

On le voit : toutes les récupérations de CANTONNEAU ne sont pas à mettre dans le même panier, tout comme différents les rapports que celles-ci instaurent entre réalité et fiction. De la parodie franchement assumée (JEAN-BERNARD POUY) à la « supposition d'auteur » (STEINAUER / VON GEMMINGEN) susceptible d'induire en erreur des étudiants en mal de références bibliographiques pour leurs séminaires, le degré de l'« effet de non-fiction » varie au cas par cas<sup>49</sup>. Chez les historiens fribourgeois, il arrive que soient mobilisés tous les procédés de transgression de la frontière fictionnelle observés par JEAN-MARIE SCHAEFFER à propos du *Marbot* de HILDESHEIMER : « le contexte auctorial, le paratexte, la 'mimésis formelle' (c'est-à-dire l'imitation énonciative du genre de la biographie) et la contamination de l'univers historique (référentiel) par l'univers fictionnel<sup>50</sup> ». Mais même dans ces

---

<sup>44</sup> TIPHAINE SAMOYAUULT, « Les trois lingères de Kafka. L'espace du personnage secondaire », *Études françaises*, 41/1, 2005, p. 45. Cf. ISABELLE DAUNAS, « Condition du personnage transfictionnel », dans RENÉ AUDET et RICHARD SAINT-GELAIS (éd.), *La Fiction, suites et variations*, Québec, Nota Bene / Presses universitaires de Rennes, p. 349-361.

<sup>45</sup> RICHARD SAINT-GELAIS, *Fictions transfuges*, Paris, Seuil, 2011, p. 402.

<sup>46</sup> Voir MICHEL ESPAGNE, « Les transferts culturels », *H-Soz-u-Kult* [en ligne], 19.1.2005, <<http://hsozkult.geschichte.hu-berlin.de/forum/2005-01-002>>.

<sup>47</sup> Tintin, reporter belge du *Petit Vingtième* dans la version originale, y devient suisse (et le Congo avec lui !) et travaille pour *L'Écho illustré*.

<sup>48</sup> On en trouve d'autres formes dans les traductions en patois gruérien ou en arpitan (toutes deux édités par Casterman en 2007) qui regorgent de clins d'œil régionaux, ou dans les T-shirts pirates montrant Tintin revêtu du *bredzon* traditionnel.

<sup>49</sup> Sur la supposition d'auteur, voir JEAN-FRANÇOIS JEANDILLOU, *Supercheries littéraires. La vie et l'œuvre des écrivains supposés*, Paris, Usher, 1989, notamment p. 473. Sur les signes de non-fiction, voir RICHARD SAINT-GELAIS, « L'effet de non-fiction: fragments d'une enquête », dans *L'Effet de fiction*, colloque en ligne Fabula, 2001, <<http://www.fabula.org/effet/interventions/16.php>>.

<sup>50</sup> JEAN-MARIE SCHAEFFER, *Pourquoi la fiction ?*, Paris, Seuil, 1999, p. 133-145. *Marbot. Eine Biographie* (Francfort, Suhrkamp, 1981) est un exemple canonique de *biographie fictionnelle historicisée*.

cas-là, l'objectif ne relève pas de la mystification, il n'est pas de faire *réellement* croire à la réalité de PAUL CANTONNEAU.

Loin de concourir à l'édification d'un savoir positif (comme je m'y suis laborieusement essayé en début d'article), la multiplication diffractée des réinvestissements de PAUL CANTONNEAU compromet le projet d'une synthèse définitive, d'une reconstitution parfaite de *la* biographie du professeur fribourgeois. Car la productivité du mythe et de l'imaginaire ne s'arrête pas à un scénario unique, elle brasse beaucoup plus large. La *Gazette de Lausanne* le reconnaissait en 1958 à propos de la série tout entière : « Tintin est lancé, il est comme le Spoutnik, il tourne, il tourne, mais, plus il tourne et plus la loi d'attraction joue en sa faveur<sup>51</sup>. » C'est aussi ce que, plus proche de notre propos, suggérait avec beaucoup d'élégance CLAUDE HAYOZ, président du festival bédéMANIA (Belfaux), le jour de l'inauguration de l'allée Paul-Cantonneau : « Si nous sommes réunis aujourd'hui, c'est surtout pour rendre un hommage au vénérable professeur PAUL CANTONNEAU qui a l'honneur d'avoir son nom sur une plaquette de rue de son vivant (car quoi qu'en disent certaines fausses rumeurs et biographies non autorisées par Moulinsart, pour nous, il est bien vivant) et qui, malgré son âge, hante toujours nos bibliothèques. » Je dirais même plus : car quoi qu'en dise l'historiographie officielle de notre université, le plus réel de ses professeurs imaginaires a encore de beaux jours devant lui.

JEAN RIME

Université de Fribourg / Département des langues et littératures (Janvier 2013)



Copyright : «La Liberté».



Source : Internet

<sup>51</sup> *Gazette de Lausanne*, 29-30 novembre 1958, p. 19.

# MES TROUVAILLES (MEINE GEISTESBLITZE)

HUBERT SCHNEUWLY (Prof. émérite, Université de Fribourg)

## **Résumé**

*Mes trouvailles ont été de comprendre la formation des atomes exotiques par la structure moléculaire et de comprendre les êtres humains en caractère et en personnalité, comme « connais-toi toi-même par le dialogue avec autrui » de Socrate.*

## **Zusammenfassung**

*Meine Geistesblitze waren das Verstehen der Bildung der exotischen Atome durch die Struktur der Moleküle und das Erkennen der Menschen in ihrem Charakter und in ihrer Persönlichkeit, wie « kennst du dich selber im Zwiegespräch mit anderen » nach Sokrates.*

## **Sommaire**

1. *La physique à Fribourg*
2. *Le CERN accueillant*
3. *L'URSS communiste*
4. *L'URSS de mes amis*
5. *En Sicile, le succès à Erice*
6. *La liberté d'Amérique*
7. *Le début de l'hydrogène de Suisse*

## **1. La physique à Fribourg**

Dans ma première place en physique que j'ai eu, j'étais assistant en physique théorique à la Faculté des Sciences après mon diplôme en physique et en mathématiques. J'essayais d'ouvrir ma compréhension du contexte de ma thèse de doctorat en 1963. Comme assistant, je préférais les étudiants pour leur côté humain à la place des exercices abstraits. J'étais très ouvert à la société de l'Université autant qu'à la ville. En physique, j'aimais autant les expériences que les mathématiques. Au printemps, par mes relations privilégiées et sociales, on m'avait offert une bourse en France, puis une seconde. En physique théorique, le professeur nous avait dit que c'était à Paris qu'on faisait la meilleure recherche. Alors, j'ai dit au professeur qu'on m'offrait une bourse pour la France. Je pourrais y aller et revenir régulièrement à Fribourg pour redonner l'information et continuer ma thèse de doctorat. Il m'a dit que c'était un bon renseignement, mais à Paris il me faudrait un peu plus de temps pour faire ma thèse, peut-être un peu trop. En été, j'avais une tâche de quelques semaines, par un ordre du professeur de physique théorique, avec plusieurs personnes de physique expérimentale et de mathématiques pour réorganiser une nouvelle façon la bibliothèque de physique.

Au mois de septembre, j'ai revu le professeur de physique théorique dans son bureau après ses vacances. Je lui ai parlé de toutes mes activités d'assistant. Mais, il m'est apparu au cours de notre réunion toujours plus agité et peut-être agressif ou stressé, surtout par les relations avec des scientifiques. Lorsque j'ai quitté son bureau, le professeur était très froid, pour ne pas dire glacial. Moins d'une année après mon premier poste, j'ai été renvoyé par sa lettre du professeur de physique théorique pour la fin du mois de septembre.

Plus tard, je me suis aperçu que le professeur ANDRÉ HOURIET m'avait renvoyé parce qu'il était un peu trop jaloux de moi pour mes facilités de relations humaines. La physique théorique était dans le même immeuble que la physique expérimentale. Je croisais le professeur ANDRÉ HOURIET dans les corridors et dans les escaliers jusqu'à sa retraite. Il ne me voyait plus, il ne me saluait jamais. J'étais

devenu dans son règne son diable d'ennemi pour l'éternité comme d'autres personnes de l'Université.

A cause de la lettre, je vais trouver OTTO HUBER, professeur de physique expérimentale, en lui disant que je suis renvoyé de la place que j'avais. Il me dit qu'il me regrettait de ne pas avoir voulu faire mon diplôme en physique expérimentale, qu'il espérait à l'époque. Mais, il était très heureux que je revienne chez lui et il me dit que j'aurais un salaire pour le mois d'octobre. Avec le temps, OTTO HUBER allait pour me proposer un sujet pour une thèse de doctorat en physique expérimentale.

A la fin de l'hiver en 1964, je suis allé avec LOTHAR SCHELLENBERG, qui venait de PAUL HUBER, le frère d'Otto, de l'Université de Bâle, où il devait avoir un congrès à Heidelberg. Je ne me rappelle qu'une chose. Lothar a dû rencontrer PETER LIPNIK, de l'Université de Louvain-la-Neuve en Belgique mais d'origine Hongrie, qui a donné le titre de ma thèse. Comme je ne savais pas assez de physique expérimentale, je ne comprenais rien du titre, mais j'avais confiance. Je me suis engagé, mais il manquait la vraie formule théorique du « doublement interdit ». Dès le départ, j'ai vu qu'il y avait des contradictions dans la formule théorique du « doublement interdit » entre les auteurs. J'ai demandé aux auteurs leurs opinions. Pendant quelques semaines, j'ai fait un séminaire et j'ai pris la formule qui me convenait le mieux. Puis en physique expérimentale, je n'avais pas confiance dans l'appareil « Doppeltfokussierendes Beta-Spektrometer neuer Bauart ». J'ai fait appel à un autre appareil plus satisfaisant, qui plaisait beaucoup à OTTO HUBER. A ce moment, j'ai vu que LOTHAR SCHELLENBERG ne comprenait pas assez bien au sujet et à l'appareil de ma thèse. En plus, je n'ai vraiment réussi l'analyse de la spectroscopie que par un ordinateur, qui n'existait pas encore à la Faculté des sciences, mais à l'Institut d'automation d'un UNIVAC III à l'Université de Miséricorde. La responsabilité de ma thèse de doctorat n'était en fait qu'à moi et pas des trois autres auteurs comme de LOTHAR SCHELLENBERG, de OTTO HUBER et de WILLY LINDT.

Lorsque j'arrivais à la fin de ma thèse de doctorat, *Der zweifach verbotene Beta-Übergang vom <sup>137</sup>Cs [1]*, je pensais être devenu un vrai physicien, ce que je rêvais d'être à la fois expérimentateur, théoricien et mathématiciens. Pendant que je la terminais en 1968, j'avais besoin d'une place avec un salaire convenable, puisque j'étais marié et que j'avais deux petites filles très jolies. Je pense que je cherchais un travail d'enseignant au Technicum de Bienne. A ma grande surprise, le prof. OTTO HUBER, Directeur de l'Institut de Physique, me demanda si je voulais bien devenir un post-doc. Ce qu'il me proposait était pour moi une chance invraisemblable et extraordinaire. J'ai répondu avec beaucoup d'enthousiasme et curieux de savoir le nouveau domaine de recherche. Il m'a répondu qu'il ne s'était pas du tout posé la question de la recherche. Je lui ai dit que je ne voulais surtout pas que ce soit proche de ma thèse de doctorat. J'aimais beaucoup la personnalité et le caractère humain du prof. HELMUT SCHNEIDER, mais que son domaine du plasma était pour moi beaucoup trop technique. Je ne voulais pas non plus que ce soit dans la physique nucléaire de JEAN KERN qu'il souhaitait d'être assez complexe, où je m'ennuyais déjà, et de vouloir être très supérieur à ses gamins d'assistants qu'il les vérifiait par des questions qui avaient les réponses en cachette au dessous des papiers du troisième tiroir à gauche. Comme ses deux domaines ne me convenaient pas, je souhaitais un autre pour la recherche.

Avec des fonds de l'armée américaine, BEAT HAHN, qui jouait du violon, avait eu beaucoup de succès par sa recherche au CERN, qu'il avait déjà commencé aux Etats-Unis. OTTO HUBER savait que BEAT HAHN partait comme professeur à Berne et le professeur à Fribourg ne lui ferait plus d'ombre. Son domaine de recherche ne serait plus à Fribourg. Dans le groupe de BEAT HAHN, WILLY LINDT, théoricien, resterait le dernier à Fribourg. OTTO HUBER me demanda avec WILLY LINDT, qui l'intriguait, et peut-être aussi LUKAS SCHALLER, qui venait de l'Université de Bâle, de déterminer le nouveau domaine de recherche qui devrait m'intéresser. WILLY LINDT est parti à la recherche tout de suite. Il m'a dit que nous devrions profiter de détails techniques que nous avons déjà. Pour débiter, nous devrions trouver un groupe, qui ne soit pas trop grand, pour que nous deviendrons les partenaires égaux. Avant la fin de l'année 1968, WILLY LINDT avait déjà trouvé ce

qu'il cherchait peut-être lui-même : « Les Atomes Exotiques ». Il m'a proposé que nous allions les deux rapidement au CERN pour voir les groupes. Au début de l'année 1969, je ne me souviens que d'un groupe d'enthousiaste, qui devait être dominé par les allemands.

## 2. Le CERN accueillant

Dès la fin du mois de juin 1969, je me suis mis en expérience au synchrocyclotron (SC) du CERN dans le groupe, dirigé par E. KANKELEIT de Darmstadt, avec des H. BACKE, R. ENGFER, U. JAHNKE, K. LINDENBERGER, C. PETITJEAN, W. U. SCHRÖDER et H. K. WALTER de Darmstadt, de Berlin et de Bâle.

Pour le groupe, les atomes exotiques étaient avant tout des atomes muoniques. Les muons sont des électrons lourds. La masse d'un muon est 200 fois la masse d'un électron. La durée de vie d'un muon est très courte, de deux microsecondes. A cause de sa masse, le muon était plus proche du noyau que l'électron. Les intérêts étaient les propriétés du noyau : son rayon, sa structure, ses états excités, ses neutrons, sa capture par le muon, etc.

Quelques mois avant le CERN, mon épouse voulait subitement un beau jour retrouver la liberté. Je refusais d'acquiescer au divorce avec mon préjugé que nos deux jolies petites filles de 5 et de 2 ans manquaient le père. Pour que je ne sois pas dans la famille, mon épouse retrouvait un peu de sa liberté. Dès le mois de juin, j'ai eu beaucoup de chance d'être à Genève durant les semaines. Au week-end, j'avais du plaisir et de la joie de prendre soin de Valentine et de Jeanne pour les amuser et les distraire agréablement, même en campagne. Les semaines, où mon épouse allait en vacances en Suisse, en France ou en Italie, j'étais à la maison de m'occuper de tout pour mes jolies filles qui étaient dans mon cœur.

J'allais découvrir les atomes mésiques où le méson est une particule entre l'électron et le proton, donc pour moi le muon et le pion. Avec simplicité et modestie, j'essayais de tout comprendre. Je me rappelle que j'avais une difficulté avec la précision de l'étalonnage en énergie dans une région proche de la masse de l'électron (511.040 keV). Avec le temps, j'ai suggéré au groupe que l'exactitude serait mieux de laisser de côté la norme de 511.xyz keV dont le degré de précision était toujours ailleurs. L'un d'entre nous a trouvé qu'un autre groupe parallèle voyait l'erreur dans la théorie et que l'erreur du groupe était effectivement dans l'exactitude de l'énergie.

Comme le temps de vie du muon était assez court, nous prenions des spectres prompt et retardés. Le spectre prompt avait les rayons X du muon et les retardés du nucléaire. Un jour, j'avais la difficulté qu'un rayon nucléaire était bien plus intense en prompt qu'en retardé. J'ai montré mon problème à E. KANKELEIT qui a trouvé la solution. Très rapidement, je me suis bien initié à tous ces domaines du groupe, que je dominais avec le temps. Peut-être une année après, je suis devenu avec H. BACKE les spécialistes de l'ordinateur au CERN pour le groupe.

Les personnes du groupe, qui m'ont impressionné au CERN, étaient avant tout ROLAND ENGFER, Prof. FÉLIX BOEHM du CALTECH à Pasadena, Prof. R. MIKE PEARCE de Victoria (B. C.) au Canada, HELMUT BACKE et UDO SCHRÖDER. Presque immédiatement, ils sont devenus mes amis. L'atmosphère au CERN était merveilleuse où les dialogues entre théoriciens et expérimentateurs étaient très ouverts. Aux tables basses à la cafétéria, il y avait des vieux fauteuils où, vers cinq heures, des Prix Nobel et des autres, des jeunes et des vieux, discutaient de problèmes où chacun les voyaient lui-même. Les discussions étaient très vives. C'était bien là qu'est parti mon admiration pour T. E. O. ERICSON. J'ai même moi-même osé poser un problème. Souvent, je passais une partie de la nuit à la bibliothèque pour résoudre le problème qu'ils m'ont éclairé. De comprendre les expérimentateurs et les théoriciens dans leur dialogue ont été ma joie d'être physicien.

En 1970, OTTO HUBER était très fier d'avoir un nouveau domaine de recherche, après BEAT HAHN, subventionnée par le Fonds National, puisqu'il signale dans le Rapport du Recteur pour l'année

universitaire 1970-71 qu'il a les *Mesonenphysik, Kernspektroskopie und Plasmaphysik, insbesondere Wellen im Plasma*. Le terme de « mésons » était les particules intermédiaires, muon, pion, kaon, entre les masses de l'électron et le proton. OTTO HUBER répétera de la même façon ses domaines de recherche en 1971-72. Un jour, JEAN KERN avait découvert dans le Rapport du Recteur la liste des recherches au point d'être fâché. Il a exigé à OTTO HUBER de changer dans le rapport du Recteur l'ordre avec en tête son domaine de recherche à l'Institut de physique : *Kernspektroskopie, Mesonenphysik und Plasmaphysik, insbesondere Wellen im Plasma*.

Bien une année après moi, LOTHAR SCHELLENBERG, qui avait passé deux ans en physique nucléaire à l'université McMaster à Hamilton au Canada, venait de temps en temps au CERN. J'espérais qu'il veuille s'intéresser aux atomes muoniques pour que nous fassions un groupe actif qui serait dès 1975 au SIN (Schweizerisches Institut für Nuklearforschung) qui était en construction à Villigen. Pendant l'année entière, je lui ai transmis en insistant sur tout que j'avais compris sur les atomes muoniques. Comme il avait été mon maître pour ma thèse de doctorat, il faisait du déjà savoir pour être souvent trop vite content ou parce qu'il avait obtenu en 1969 le titre officiel de professeur-assistant. Comme je le connaissais bien, Lothar préférait peut-être d'apprendre par cœur des choses compliquées, mais il n'insistait pas pour la compréhension.

En 1971-72, LOTHAR SCHELLENBERG et moi, nous étions les deux seuls à Fribourg à s'intéresser aux atomes muoniques au CERN. Mais, un jour, on m'a dit que j'étais sous les ordres de LOTHAR SCHELLENBERG. Pour moi, c'était un non-sens pour les deux, puisque je lui donne tout ce que je sais pour qu'il apprenne son métier. Dans une brève discussion avec Lothar et JEAN KERN, ils avaient décidé les deux que je dois me soumettre définitivement aux ordres de Lothar. Je savais que Jean se sentait nettement supérieur à Lothar, pour le petit surnom qu'il lui donnait. Il me craignait beaucoup à cause de mon initiative pour le domaine de recherche en atomes exotiques et j'ai pensé que je devenais son ennemi. Heureusement, j'ai compris assez rapidement leurs jalousies, qui seraient définitives pour toujours.

Lorsque j'avais vingt ans, un petit côté du chrétien m'avait convaincu tous les jours par la pratique, qui ne commençait pas par l'égoïsme de s'aimer avant tout soi-même, comme dans le second grand commandement : *Tu aimeras ton prochain comme toi-même*. Selon le Nouveau Testament, la personne jalouse de moi fait de moi son ennemi. Dans ma vie, je n'ai jamais eu l'idée comme Jésus dans Luc (19, 27) : *Quant à mes ennemis, ceux qui n'ont pas voulu que je règne sur eux, amenez-les et égorgez-les tous devant moi*. Une telle intention n'était pas pour moi être chrétien, mais comme Jésus dans Matthieu (5, 43) : *Vous avez appris qu'il a été dit : Tu aimeras ton prochain et tu haïras ton ennemi. Et moi, je vous dis : Aimez vos ennemis*. Si Jésus avait été à l'école, il aurait remplacé dans sa culture le second grand commandement par : *Connais-toi toi-même*.

Dès le début de ma collaboration au groupe du CERN, j'ai eu beaucoup de publications en co-auteur, comme deux exemples : *Magnetic hyperfine splitting of the  $2s(1/2) - 2p(1/2)$  transitions in muonic  $^{151}\text{In}$  et Muonic isomer shifts in  $^{151}\text{Eu}$  : a calibration of Mössbauer isomer shifts in rare earth* [2, 3]. Dès l'année suivante, Lothar Schellenberg nous rejoint par *Test of quantum-electrodynamic corrections in muonic atoms* et *Study of X-rays and nuclear gamma rays in muonic thallium* [4, 5]. Dans une première publication de *Observations of electric quadrupole X-ray transitions* dans des contributions de conférences à Londres en 1971, LOTHAR SCHELLENBERG ne faisait pas encore de membres des auteurs. Mais, mon activité la plus importante à été la publication des transitions quadripolaires et leur manque d'intensités, qui a été la révélation de la différence des émissions prompts de neutrons entre le thallium, le plomb et le bismuth [6]. Je ne cache pas que je suis un peu fier que cet article fût devenu ma *venia legendi*.

Nous n'avions été intéressé que pour la physique nucléaire avec des atomes exotiques de pion et de muon. Nous ne savions toujours pas pourquoi un pion ou un muon faisait un atome avec X alors qu'il y avait un composé XY avec un autre atome Y. Curieusement, personne au CERN ni les allemands, les français, les anglais ni les italiens ne s'intéressaient au problème des composés. Aux



USA, je n'ai pas vu d'écho à Berkeley, à Los Alamos, etc. Deux personnes, que je rencontrais assez souvent à la fin d'après-midi au cafétéria, ont été mes révélateurs : T. E. O. ERICSON, théoricien du Danemark, et EMILIO PICASSO, chef des expérimentateurs du CERN. J'étais en admiration pour la simplicité de leurs relations humaines que j'avais. Tous les deux m'ont encouragé que je trouve des appuis à Doubna et Serpoukhov aux URSS, où ils ont développé les meilleures idées théoriques et expérimentateurs dans les effets chimiques pour les pions et les muons.

En janvier 1972, j'ai écrit au Prof. S. S. GERSHTEIN au JINR (Joint Institutes of Nuclear Reserach), que j'appelais le CERN soviétique, mes intérêts chimiques aux mésons. Au début de ma lettre, j'ai cité le long article du *Mesoatomic Processes and Model of Large Mesic Molecules* [7], dont il était l'auteur avec V. I. PETRUKHIN, L. I. PONOMAREV et YU. D. PROKOSHKIN, qui était pour moi le papier le plus intéressant que « I have read till today on this subject ». J'espérais beaucoup que nos échanges d'information pourraient être aussi dans le domaine de la chimie muonique.

En avril, à ma grande surprise, je reçois une lettre de S. S. GERSHTEIN: *Thank you very much for your kind letter. It is a pleasure for me to learn that you are interested in the problem of meson chemistry. At present these problem are studied at Dubna by theoretists (L. Ponomarev) and experimenters (V. Petrukhin et al.). In this connection I think that it would be more preferable to you to visit Dubna.* La dernière phrase m'encourageait beaucoup d'aller à JINR à proximité de Moscou.

Comment faire pour aller en URSS ? Je connaissais par hasard la secrétaire de EMILIO PICASSO. Je lui ai demandé comment un expérimentateur comme moi pouvait aller en URSS pour rencontrer des théoriciens et des expérimentateurs. Mais elle m'a dit qu'il suffit d'aller au bureau de EMILIO PICASSO et s'il n'est pas là, il suffit de revenir. Alors, un jour au printemps 1972, Emilio Picasso veut bien me recevoir et je lui ai expliqué mes raisons d'aller au JINR à Doubna. Il m'a dit qu'il s'en occuperait. Peu de temps après, il m'a dit que tout allait bien. Le CERN me payerait l'avion, le JINR me donnerait l'hôtel et aussi un bon salaire pour un ou deux mois ou plus et que je serai un *fellowship* du CERN.

En été 1972, j'avais prévu qu'en octobre et novembre je serais pour six à huit semaines au JINR. J'ai appris que ROLAND ENGFER voudrait aussi venir suite à l'invitation de V. EVSEEV. J'ai reçu la réponse de L. PONOMAREV: *I have had a talk with Dr. Petrukhin concerning your letter of August 10, 1972. We are very pleased to see you at Dubna and discuss some problems of mutual interest.*

Dans ma lettre au Prof. L. I. PONOMAREV du 27 septembre 1972, j'ai écrit que je venais avec le SU 266 à l'aéroport de Moscou le 11 octobre à 19.35h avec ROLAND ENGFER et que le Prof. V. S. SHVANEV nous fasse un transport pour aller de l'aéroport jusqu'à Doubna.

### 3. L'URSS communiste

Notre première expérience soviétique a eu lieu dans l'avion SU 266 à l'aéroport de Kloten-Zurich. Il y avait dix passagers, tous des hommes, trois à la première rangée à gauche, trois dans la même rangée à droite. Dans la deuxième rangée, trois à gauche et un seul à droite. L'hôtesse nous place à droite au deuxième rang. Mais, 150 autres sièges restaient libres. Alors, nous se déplaçons à l'arrière. Mais peu après, l'hôtesse vient vers nous et nous fait un signe de la main de venir avec elle à l'avant. Alors, nous se levons et elle nous place au deuxième rang à côté du russe. Un peu après, l'avion se déplace et se met en colonne d'attente. Il devait être entre une et deux heures de l'après-midi. Mais, l'avion reste sur place pendant au moins une demi-heure. Personne d'autre ne viendra comme passager. Alors, nous se relevons et nous allons à nouveau à l'arrière à une fenêtre. Et voilà que l'hôtesse, en costume rouge avec les symboles du marteau et de la faucille sur son uniforme et sur la coiffe, revient avec énergie vers nous, dans la rangée derrière, me prend par le col, m'exige que je me lève et me pousse, toujours sa main ferme à mon col, et me met à la troisième place à côté

du russe de la deuxième rangée à droite en m'engueulant en russe. Ceci était ma première expérience du régime soviétique, mais encore toujours sur le sol helvétique.

Le JINR était à Doubna, à 120 km au nord de Moscou dans la forêt sur le fleuve de la Volga. Puisque le CERN était une organisation européenne, le JINR avait l'URSS en tête, suivi des pays comme la Pologne, le Tchécoslovaquie, l'Hongrie, la Yougoslavie, la RDA, la Roumanie, la Bulgarie jusqu'au Corée du Nord. Le JINR devait avoir environ 6'000 ouvriers et chercheurs, deux à trois fois plus qu'au CERN de Genève.

A peine arrivé, j'avais dans le bureau de LEONID I. PONOMAREV, qui n'était pas très grand, une petite table et un siège. Le prof. PONOMAREV était très occupé avec ses collaborateurs et ses assistants. Mais, comme j'étais un débutant, il s'est donné beaucoup de peine à m'expliquer tout ce que je ne savais pas. Son anglais me paraissait assez facile et nos conversations étaient aisées. Pourtant, il n'était jamais allé dans un pays hors de la dominance de l'URSS. Après quelques jours, je ne devais plus l'appeler Professeur PONOMAREV, mais Leonid.

Parmi ses collaborateurs, je me rappelle un ukrainien, A. V. MATVEENKO, que j'appelais souvent par son prénom Sacha. Je discutais souvent avec lui. Sa compréhension semblait être essentiellement le côté théorique. Il ne se réfugiait jamais dans des difficultés de le comprendre. Il était simple même s'il fallait faire des contours. Un après-midi, il m'a pris dans son appartement, un trois grandes pièces avec cuisine, au troisième étage. J'ai été frappé par les meubles neufs et leurs qualités. Mais il m'a dit qu'il n'avait pas un salaire pour avoir ce genre de meubles. Alors, pendant ses vacances d'été, il a été en Sibérie où on avait besoin de personnes pour faire des maisons. Pendant un mois, il faisait la peinture des portes et des fenêtres et peut être des murs. A la fin du mois, il allait revenir à Doubna. En partant de l'endroit en Sibérie, il a reçu son salaire de « peinture ». Sacha n'allait pas en Sibérie pour rien. Il devait donc savoir avant d'y partir. Il m'a dit que son salaire de « peinture » correspond à un peu plus du double de son salaire au JINR. Il savait que le mineur en Sibérie avait un tel salaire.

Du bureau de Leonid, j'ai vu une longue colonne de personnes qui poussaient leurs vélos avec des sacs pleins de choses rondes. J'ai demandé à Leonid ce que faisaient tous ces gens. Il m'a dit que les personnes transportaient des choux. Ces personnes travaillaient et c'est parce qu'elles travaillent qu'elles peuvent acquérir des choux pour leur ménage. Les personnes, qui ne peuvent pas travailler, n'auront pas de choux dont nous avons besoin de légume tout l'hiver. Leonid me fait remarquer qu'il a deux téléphones dans son bureau. Il aura prochainement aussi droit au chou lorsque le deuxième téléphone le lui dira.

Très rapidement, j'ai rencontré VALENTIN I. PETRUKHIN dans son grand bureau. En peu de temps, Valentin et moi, nous nous entendions très bien. Nos conversations en anglais lui était plus difficiles, même s'il était déjà venu au CERN, en me disant en atterrissant à Genève qu'il n'y a que des jardins en Suisse et pas d'agriculture. Pour me présenter à ses collaborateurs, il préférerait le russe que je ne comprenais pas. Il n'y a qu'une chose qu'il répétait en parlant de moi : ... spetsialist capitalist ... avec son petit sourire qu'il me regardait. A son avantage, il avait une voiture assez confortable. Par hasard, mais assez rapidement, j'ai su qu'il était du parti communiste.

La secrétaire du CERN m'avait demandé de lui annoncer le jour même de mon arrivée au JINR par téléphone. Je ne pouvais pas le faire sans les affaires étrangères du JINR, dont le ministre était V. S. SHVANEV. J'ai eu de la peine à pouvoir le faire le lendemain. Je n'ai pas non plus réussi le jour d'après. Mais au bout de trois jours, grâce à la secrétaire du ministre des affaires étrangères, j'ai pu téléphoner au CERN. La secrétaire du CERN était surprenante et beaucoup plus aimable au point que je la trouvais même tendre. Elle s'est perdue en me disant tant de choses agréables. Ce n'est qu'au bout de quelques minutes qu'elle me dit qu'elle était heureuse que je sois en vie. Elle avait appris que le soir de l'atterrissage de notre avion, un avion s'était écrasé et avait fait beaucoup de morts.

Le membre du parti communiste devait m'aider à comprendre. Quelques jours après, j'en ai parlé à nos amis russes, en particulier à VALENTIN PETRUKHIN. Il me fait rapidement comprendre pourquoi les journaux russes ne peuvent pas parler d'accidents ou de catastrophes dans leur pays. Cela ne peut pas arriver chez eux puisqu'ils sont communistes et que le communisme apporte le bonheur pour tous. Au bout de trois semaines, Valentin m'a montré la « Pravda » (où la Vérité) où il y avait trois lignes qui parlaient et ne parlaient pas de l'accident. Mais il m'a expliqué des sous-entendus qu'il fallait interpréter pour y voir l'accident qui avait eu lieu à l'aéroport de Moscou.

J'ai rencontré Valentin assez souvent. Certains noms de collaborateurs me sont restés encore aujourd'hui : V. M. SUVOROV, DESZÖ HORVATH, I. A. YUTLANDOV. La spécialité du groupe d'expérimentateurs de V. I. PETRUKHIN était dans des substances d'hydrogène. La capture du pion par le proton de l'hydrogène donnait le pion neutre qui se décompose en deux gammas d'une énergie dans deux spectromètres d'absorption CERENKOV. Si la seule substance était l'hydrogène, l'hydrogène  $H_2$  devenait une norme. Dans une substance  $H_2 + Z$ , où  $Z$  est le nombre de proton du noyau (où le nombre d'électrons dans l'atome neutre), on déterminait la capture relative  $A(Z/H)$ . Puis, on a généralisé les substances en :  $H_n C_m$ , où  $C$  est le carbone,  $H_n Z_m$  et, en plus, des éléments  $Z'$ . Entre 1962 et 1968, le groupe a publié environ une vingtaine d'articles, dont un au CERN. Les premiers résultats ont été la théorie assez extraordinaire des *Mesoatomic processes and the model of large mesic molecules* par S. S. GERSHTEIN, V. I. PETRUKHIN, L. I. PONOMAREV et YU. D. PROKOSHKIN, publié en 1969 [7].

Depuis Doubna, une petite ville Kimry devait se trouver de l'autre côté sur le bas de la Volga à une distance de trente kilomètres. J'avais le préjugé que le tsar avait demandé qu'on y fasse construire les bateaux sur la Volga. Pour pouvoir y aller, je devais certainement avoir un visa à présenter à la police. Pour mieux le savoir, je pense que la personne chargée des affaires étrangères du JINR devais très bien me renseigner et m'aider à le faire : c'était le prof. V. S. SHVANEV, le ministre des affaires étrangères du JINR, qui parlait couramment l'allemand. Mais avant lui, je me confiais à sa secrétaire qui parlait très bien l'anglais. La secrétaire m'a dit tout de suite : Kimry est une ville sans intérêt pour une personne de l'occident, elle n'est pas moderne, les bâtiments doivent être vieilles, il n'y a pas d'industrie, les personnes sont secondaires, etc. « Vous ne pouvez donc pas obtenir le visa pour la ville qui n'intéresse pas les gens d'Europe de l'ouest. »

Ce qui m'intéressait en Russie, j'en ai beaucoup parlé à Valentin, qui était très ouvert et me parlait souvent de choses négatives en Russie. Mais, il avait la voiture et il m'a proposé que, ce week-end, il me conduira à Kimry. Nous avons commencé en remontant la Volga. Avant le tunnel sous la Volga, nous sommes montés, où devait se trouver un lac. Sur la place, il y avait deux grandes statues de 20 à 30 mètres de hauteur. L'une était de Lénine et l'autre de Staline, aussi en pierre, nous manquait. Valentin me dit que, là-bas à gauche, Staline a fait un canal qui donne de l'eau à Moscou. Le canal a été fait par les prisonniers de Staline avant la 2<sup>ème</sup> guerre mondiale. Pendant la guerre, on dit qu'en Russie il y a eu 22 millions de morts. Mais en fait, seuls 5 à 6 millions sont morts à la guerre. Les 15 ou 16 millions étaient des ennemis de la paranoïa ou de la jalousie de Staline par le goulag.

Après avoir passé par le tunnel sous la Volga, nous sommes redescendu jusqu'à Kimry. Juste avant d'y arriver, il est descendu pour aller proche de la Volga. Il y avait un grand bâtiment ancien tout seul sur une grande prairie verte avec des arbres de tous côtés, qui pouvait faire penser à une industrie il y a un ou deux siècles. Le bâtiment, d'au moins de 50 mètres sur 100, était de pierre, comme des pierres dans nos châteaux. Valentin tenait que nous allions dedans. Il y avait surtout des foin et de la paille comme en agriculture. La structure du bâtiment me faisait penser qu'il pouvait y avoir des arbres et des scies pour faire des planches. Sur les murs et au plafond, il y avait des anciennes peintures abandonnées très décoratives, pas très loin des églises. En voyant cela, mon préjugé s'est renforcé pour la construction à l'époque de bateaux sur la Volga à deux pas. En remontant, nous étions en ville avec quelques vieux bâtiments avec deux étages en pierre, mais en

mauvais états. Sur la Volga, un bâtiment refait en blanc devait être pour un « touriste » où s'arrêtait le navire.

Valentin est allé dans une bordure de rue où il y avait beaucoup de personnes. Il voulait que nous allions ensemble voir ce qui s'y passait. Dans des paniers ou sur de petits linges par terre, les personnes vendaient des choses qu'ils avaient en trop chez eux. Je me rappelle que des souliers d'occasion et des lacets de souliers, qui pouvaient être des choses de personnes décédés. Valentin nous explique que les souliers peuvent se vendre dans les magasins pour environ 75 roubles, c'est-à-dire la moitié du salaire. Mais, souvent, on ne peut les trouver et les lacets ne se vendent pas en magasin. Pour lui, ce que nous voyons dans la population, c'était un manque dans les magasins et un manque dans la production, un des défauts du communisme.

Après cela, nous allons vers une église orthodoxe simple, très peu de décoration pour ne pas dire pauvre. A l'intérieur, nous rencontrons le pope. Mais, on ne parle pas au pope à l'intérieur. Valentin lui explique ce que nous faisons au JINR à Doubna. Au bout d'un certain temps, j'allais partir. Mais, Valentin me demande de rester. Un peu plus tard, voilà que le pope revient. Il me remet deux icônes en bois, de dimension de 10 sur 15 cm, que j'ai encore et toujours par mes souvenirs émotionnels dans ma chambre.

De temps en temps, Valentin venait à ma chambre à l'hôtel, d'où on voyait par un joli jardin sur la Volga. A peine arrivé, il mettait la télévision et la radio assez fortes, s'éloignait du téléphone pour que nous ne soyons pas écoutés lorsque nous en parlions. Un soir, je lui ai fait la remarque que la démocratie n'existe toujours pas en URSS. Alors, il me dit qu'avant le 16<sup>ème</sup> siècle, la Russie était sur la domination de mongols. Puis, la monarchie est venue par le tsar russe avec les seigneurs féodaux jusqu'au début du 20<sup>ème</sup> siècle. Maintenant, nous avons les prolétaires avec le parti unique. D'ici et de quelque temps, nous aurons finalement une démocratie.

Un jour, Valentin me dit que nous allions à la campagne pour voir une isba, une maison paysanne en bois de sapin. Nous allions en direction de Talbom à une distance d'une vingtaine de kilomètres. Pour arriver à l'isba de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, il fallait qu'on aille à pied. La façade est en bois sculpté particulier autour des fenêtres. A peine nous y étions qu'une dame d'un certain âge nous a fait entrer dans sa maison. Elle devait être veuve. L'intérieur de la maison me paraissait assez petite. Comme il pouvait être froid en hiver, qu'il y avait une fenêtre intérieure et une fenêtre extérieure. J'ai été frappé pour que le froid ne puisse pas y entrer, il y avait entre les fenêtres un tissu blanc en laine assez épais, où il y avait des morceaux en verre colorés pour donner une bonne ambiance. A l'intérieur, il fallait que nous montions quelques escaliers. Je me demandais de ce qu'il devait être en dessous. Valentin lui demanda de nous expliquer. Valentin m'a traduit qu'il y avait en dessous, dans le temps, une ou deux vaches qu'on nourrissait avec des foin et qui ne sortaient plus en hiver froid. Mais, comme elles restaient à l'intérieur, elles donnaient la chaleur qui se retrouvait en dessus où nous sommes maintenant. La dame avait, comme je le voyais, un somptueux samovar du siècle dernier. Valentin s'est mis à parler avec elle. Au bout d'un certain temps, il me dit que le samovar est à toi. Je ne demandais surtout pas cela. Mais, il me dit que tu n'as certainement pas besoin de tous les roubles que tu as. Alors, donne à elle cent roubles et elle te donnera son samovar, qui vaut bien plus que sa retraite. Mes émotions étaient très fortes et me sont restées sur le samovar qui est chez moi.

Puis, nous ne sommes pas allés à Taldom. Il m'a expliqué que Taldom est le centre pour le lait et qu'on y fait le « maslo ». Je n'ai pas compris sur le moment le « maslo ». Mais, Valentin m'a dit que lorsqu'on ne trouve pas le « maslo » à Doubna, alors une dame va pour les autres à Moscou pour acheter le « maslo ». Effectivement, la dame de Bassar est bien allée pour d'autres à Moscou pour acheter du « maslo », du beurre.

Un jour, j'ai dit à Valentin que j'aimerais rencontrer V. G. ZINOV, qui faisait des mesures avec des muons. Valentin me répond qu'il téléphonera avec Zinov pour un rendez-vous. Le lendemain, il me

dit que ZINOV veut bien me rencontrer et me demande de dire où et en quel lieu. Mais pour moi, qu'il me le dise. Valentin me dit qu'il lui téléphonera pour cela. Le lendemain, ZINOV me demande si je préfère dans son bureau où dans une autre salle. Pour moi, cela revient au même. Alors, il lui dit dans son bureau. Valentin lui téléphonera et ZINOV demande si je veux le rencontrer seul ou avec l'un de ses collaborateurs. Mais pour moi, s'il veut un collaborateur, cela ira très bien. Après le téléphone de Valentin, ZINOV demande si je veux la prochaine semaine. Les téléphones ne s'arrêtent pas. Est-ce que ZINOV ne veut pas me rencontrer ou trouve-t-il une excuse ? Est-ce que ZINOV veut prendre des renseignements sur moi pour éviter notre rencontre ou, si les renseignements le rassurent, il voudra peut-être bien me parler ? Je n'ai compris qu'au bout d'une dizaine de jours que ZINOV se méfiait que je sois un espion de la NKDV ou du KGB.

J'ai bien rencontré V. G. ZINOV à son bureau avec ses collaborateurs qui pouvaient être A. D. KONIN, V. N. POKROVSKY ou I. A. YUTLANDOV. La première fois, sa méfiance devait être très grande tant l'échange de paroles prenait du temps. Mais, après la première journée, il savait ce que je voulais savoir sur ses expériences. Tout allait bien lorsqu'il parlait des substances  $Z_n Z'_m$  et  $Z_m O_n$  qu'il utilisait. Il a trouvé que le rapport de capture atomique dans les substances était de [8] :

$$A(Z/Z') = 0.66 (Z/Z')$$

Le groupe de J. S. BAIJAL et al. avait trouvé dans le rapport de capture  $(Z/Z')^n$  des exposants  $n$  entre  $n = 1.5$  jusqu'à  $n = -1$  [9]. Ce qui m'avait frappé dans les travaux de Zinov était la différence de structure des intensités muoniques de  $n\mu - 1s$  pour  $n = 2, 3, 4$  etc. dans le titane pur par rapport au titane dans l'oxyde de titane [10]. La différence voulait dire que dans le niveau  $n = 14$  la structure dépendant du  $\ell = 0, 1, \dots, 13$  peut être  $\rho(\ell) = 2\ell + 1$  dans un cas et  $\rho(\ell) = (2\ell + 1) \cdot \exp(\alpha \ell)$  dans un autre. La différence doit être due à la liaison moléculaire.

Comme l'entente avec ZINOV allait tellement bien, je me suis rappelé que, dans le grand roman *Anna Karénine* de Léon Tolstoï, les personnes ne s'appelaient plus « Zinov ». Il n'y avait que le prénom et celui de son père. Dès ce jour, j'appellerais ZINOV seulement en m'adressant avec beaucoup de fierté à VALENTIN GRIGOROVITCH.

Souvent, les premières semaines, je me demandais ce que faisait ROLAND ENGFER. Il n'était pas venu pour les mêmes raisons que moi, mais suite à l'invitation de V. S. EVSEEV. Roland avait pris avec lui un détecteur Ge(Li) et tant d'appareils d'adaptation. Mais, Roland a fait la connaissance de deux ou trois physiciens Allemands de la RDA, qui travaillaient aussi au JINR de Doubna. Si je me rappelle bien, l'enfant Roland est venu à l'ouest à la fin de la guerre avant que l'Allemagne de l'est soit dominé par la Russie.

Alors un jour, je vais au bureau de V. S. EVSEEV où je rencontre ses collaborateurs T. MAMADOV et un ouzbek B. M. SABIROV. EVSEEV était membre du parti communiste. Il m'a parlé avec beaucoup d'enthousiasme que tout allait tellement bien partout en Russie. Nous sommes sorti de son bureau et nous marchions dehors où il s'arrêtait à tout moment pour préciser telle chose qu'il m'enseignait. Il m'enseignait vraiment comme un prêtre pour me convertir à sa religion. J'ai vu chez lui que le communisme était « saint » comme sa foi. Il n'aurait jamais pu critiquer une chose ou une personne. Comme il m'en avait parlé, la pratique de la foi communiste était des prescriptions rituelles.

Un soir avec Roland, nous sommes allée à la « Maison de la Culture », qui était une maison dont je ne me rappelle plus le nom. Si je dis « Maison de la Culture », nous étions dans une salle de théâtre avec une scène et un auditoire en gradin avec deux à trois cent personnes. Sur scène, il y avait une grande table avec six à huit « acteurs », qui devaient être des membres du parti. Le tout à commencer par une lecture, bien sûr en russe, qui était très formelle, par l'un des « acteurs ». Pendant la lecture, tous les « acteurs » étaient debout. A la fin de la lecture, les « acteurs » et le public de l'auditoire applaudissaient le contenu de l'histoire. Après, l'un des « acteurs » parlait, puis un autre. Tout le monde écoutait. Vers la fin d'environ une heure, un des « acteurs » commençait une nouvelle lecture de quelque chose. Alors, tout le public se leva de ses chaises et se tenait

debout. A la fin de la lecture, tout le monde applaudissait le contenu. Pour Roland et pour moi, ceci devait être un rituel du parti en Russie.

Un dimanche, Roland et moi, nous étions les invités chez le Prof. S. M. POLIKANOV, qui était professeur dans une université à Moscou. Je ne le connaissais pas du tout avant que je sois à Doubna. Par son invitation, il devait être un spécialiste dans le domaine d'éléments lourds comme l'uranium où la fission était importante. Il parlait remarquablement l'anglais, peut-être parce qu'il avait été pendant une année à Copenhague au Danemark. Son épouse parlait l'anglais aussi bien que lui. Il avait reçu un Grand Prix de l'Académie des sciences en Russie, qui devrait être presque un Prix « Nobel ». La table où nous étions était extraordinairement grande puisque pour le déjeuner nous étions environ une quinzaine de personnes. Le premier, le Prof. S. M. POLIKANOV, était debout et nous parlait de la grandeur de notre séjour au JINR, de ce qu'était le professeur ROLAND ENGFER avec ses spécialités hors norme, les raisons de ma présence au JINR, l'avantage qu'avait son groupe que nous soyons là, etc. Après avoir parlé assez longtemps, il nous demandait de boire en notre honneur la vodka. Puis, voilà le second qui se lève et parle en russe assez longtemps. A la fin, il nous demande de boire en honneur la seconde vodka. Pour faire comme les autres, il faut vider le verre de vodka tout de suite. Et le troisième parle en russe encore à cause de notre présence et nous demande de boire de tous en honneur, la vodka. Puis le quatrième reprend encore ... . Mais au sixième, je craignais d'être ivre d'ici peu. Le voisin me dit, pour ne pas être soûl, il faudrait manger ce qu'il y a sur table, c'est-à-dire des concombres, des champignons, du hareng fumé, et d'autres choses. Mais, puisque je ne suis pas russe, il n'est pas nécessaire de vider le verre, mais de faire semblant comme ceci. Je ne me rappelle plus grand-chose, mais, dans le plat au milieu de la table, un seul grand poisson était pour les quinze personnes. Ce poisson devait être un magnifique esturgeon tant il était beau et bon.

Un jour, Valentin demande à Roland et à moi d'être prêt à aller à Moscou dans deux jours. Deux jours après, nous étions dans sa voiture, en route pour Moscou. A Moscou, lorsque nous étions à pied, il nous a fait remarquer que ce grand bâtiment était du KGB. Nous continuions pour arriver sur la grande place où il y avait la beauté du théâtre du Bolchoï. Puis, nous étions à l'intérieur parmi les spectateurs avec la scène en face de nous. Je ne me rappelle pas vraiment de ce que j'ai vu, mais je savais que la danse du Bolchoï était la plus belle au monde. A notre grande surprise après la fin du spectacle, Valentin voulait que nous allions voir dans les coulisses les danseurs et les danseuses. Mais nous sommes arrivés, comme si nous étions parmi des personnes du VIP, dans une magnifique petite salle de grand luxe avec des verres de Champagne pour embrasser la danseuse vedette.

Au début du mois de novembre, Valentin allait nous envoyer à Leningrad. Pour trouver la gare à Moscou, une personne venait nous aider à savoir d'où partaient les trains pour Leningrad. Il faisait assez tard lorsque nous montions dans un train. Avec Roland, nous avions pour la nuit deux petits lits avec deux chaises et une petite table où il avait du thé. Il devait être le matin, même s'il faisait encore nuit, une personne nous attendait à la gare de Leningrad. Elle nous a conduit à l'hôtel. Après avoir pris un bain, un physicien nous prenait avec un chauffeur dans une voiture noire de plus d'une heure pour aller, peut-être à Gatchina, où devait être un laboratoire un peu secret, tant il était difficile d'y entrer. Nous étions reçus peut-être par le directeur et ses adjoints même si je ne me rappelle pas le rôle de ce laboratoire pour les physiciens.

Le lendemain, deux dames assez jeunes venaient à l'hôtel pour nous amener dans une très haute coupole où j'ai fait la découverte du pendule de Foucault, qui devait avoir une hauteur de 20 ou 30 mètres où on voyait comment change avec le temps l'oscillation du pendule. Puis, elles nous ont montré la beauté de Leningrad en allant de l'un à l'autre des canaux et des ponts comme c'était à Venise. Dans l'un des grands canaux, on nous a raconté l'importance du bateau *Abrora* pour Lénine ou pour la révolution d'Octobre. D'ailleurs, nous avons été surpris que nous fussions en novembre, alors que tout Leningrad fêtait à ce moment-là *oktiabr*. Le soir, je pensais que Valentin avait tout prévu pour nous. Après le repas, une personne nous a amené à un bâtiment d'opéra, où nous avons vu un spectacle que je n'oublierais jamais, *Le Prince Igor* de Aleksandr Borodine.

En novembre à Leningrad, j'ai été surpris de voir des nuits aussi longues. Il fallait attendre dix heures pour qu'il fasse jour et à trois heures l'après-midi pour qu'il fasse déjà nuit.

Le jour après, avant de retourner à Doubna, nous avons pris une bonne demi-journée pour voir le palais construit par Catherine II. Cet *Ermitage*, qui est aujourd'hui un musée, qui renferme l'une des plus vastes et riches galeries de peinture du monde. Ce qui m'a impressionné en particulier était les parquets en planches de bois à l'italienne, qui étaient devenus des arts de « peintures ».

B. M. SABIROV était un « Héros du Travail » par son photo publique et collaborateur de V. S. EVSEEV et de S. M. POLIKANOV. Je voyais sur sa tête qu'il devait être d'Ouzbékistan. Mais il ne devait pas venir de Tachkent, parce qu'il avait un grand costume très riche en belles couleurs, qu'il m'avait fait cadeau et que j'ai dans mon armoire. Il devait venir de Boukhara ou du Samarkand, qui étaient connues depuis plus de 2000 ans par la Route du Soie, qui venait de Chine pour la Méditerranée. Sa femme Hélène était blonde et russe et travaillait au JINR. Lorsque je la croisais dans les corridors, elle me parlait en russe assez longtemps pour que je sois sûr de la comprendre où le plus important était de l'humour.

Leur appartement, où nous étions invités, était le contraire de l'appartement de SACHA MATVEENKO. A table, il avait un autre couple d'ouvriers. Donc, deux couples avaient ensemble un deux pièces. Nous étions tous dans une pièce, d'où on allait dans chacune des autres pièces et la cuisine. Bassar nous avait préparé pour nous et le couple d'ouvriers pour le dîner un « plov », qui était une spécialité du riz de l'Ouzbékistan. J'étais étonné que le « Héros du Travail » ait un appartement d'aussi peu conforme pour sa fonction.

Pendant les six semaines à Doubna, j'ai surtout eu beaucoup d'entretiens scientifiques effectifs des atomes et molécules avec le pion et un peu moins avec le muon. LEONID PONOMAREV venait en tête avec de larges commentaires sur ses textes, suivi par VALENTIN PETRUKHIN et BASSAR SABIROV, SACHA MATVEENKO et VALENTIN GRIGOROVITCH ZINOV. J'ai appris ce qu'on peut faire par le communisme en URSS par un membre du parti qu'était VALENTIN PETRUKHIN et de LEONID PONOMAREV, qui ne l'était pas. L'Ouzbékistan était dépendant du communisme d'URSS. BASSAR SABIROV le savait et il voulait rester l'ombre de l'islam.

Le 24 novembre, en pleine nuit, Roland et moi, nous étions dans une grande voiture noire d'un chauffeur pour aller à l'aéroport prendre l'avion de retour.

#### **4. URSS de mes amis**

A peine, j'étais de retour à Fribourg que j'ai très rapidement proposé à mes collègues le programme d'expérience pour le SIN (Schweizerisches Institut für Nuklearforschung) à Villigen par mon enthousiasme. Mon attente devait être assez exceptionnelle puisque la date officielle du programme est déjà du 18 janvier 1973 : W. LINDT, L. A. SCHALLER, L. SCHELLENBERG, H. SCHNEUWLY, A. VON ZELEWSKY, R. ENGFER und H. K. WALTER : « *Chemische Strukturanalyse mit Hilfe von Pion- und Muon-Atomen* » (No. A-72-04.1). Pour la chimie, nous avons fait appel au Prof. A. VON ZELEWSKY, R. ENGFER et H. K. WALTER, tous deux de notre groupe du CERN devenu du SIN, savaient mieux que nous pour nous préparer les expériences. W. LINDT était l'idée des atomes exotiques. L. SCHELLENBERG et moi, nous travaillions ensemble au CERN. J'espérais que L. SCHALLER veuille faire partie de notre groupe, alors qu'il dépendait de JEAN KERN.

Ce qui m'avait vraiment surpris dans le programme du 18 janvier 1973 était le texte des expériences et la liste des auteurs. En peu de temps, j'ai écrit les textes des expériences et aucun des auteurs n'a corrigé le texte ou proposé d'autres expériences et, pourtant, je m'étais soumis aux ordres de LOTHAR SCHELLENBERG qui était le chef du groupe. C'était bien moi qui avais fait la liste de auteurs et l'ordre alphabétique des Fribourgeois. Le chef du groupe acceptait ou ignorait qu'il était comme les autres.

De mon côté, j'avais ma *venia legendi* [6] d'urgence. A cause de mon absence au JINR, la Faculté des Sciences a dû déplacer le jour de mon épreuve de leçon, où j'avais donné trois titres en physique nucléaire. Ma leçon a eu lieu finalement le 18 décembre et j'ai reçu le 19 mars 1973 le titre de Privat-docent. A la fin de l'année, j'ai même encore reçu le titre de professeur-assistant, loin derrière les professeurs-assistants JEAN KERN, LOTHAR SCHELLENBERG et LUKAS SCHALLER.

J'ai eu l'échange de lettres avec Leonid et Bassar pour l'atome muonique. Mais, dès le mois d'été de 1973, j'ai reçu des invitations du JINR par V. P. DZHELEPOV et le vice-directeur LEW L. LAPINUS pour trois semaines en octobre. C'était trop pour moi. J'avais mes obligations à l'Institut de physique, surtout pour mon enseignement aux étudiants que je les aimais beaucoup.

Les invitations m'allaient bien pour être au JINR juste avant le printemps. Le 11 mars 1974 je prenais seul l'avion. Mes amis Leonid et Valentin m'avaient demandé lors de ma prochaine visite de prendre des livres en russe auxquels ils tenaient beaucoup. J'en avais certainement trouvés à Berne qui devaient leur convenir. Je me rappelle bien que je prenais avec moi le Nouveau Testament, mais moins les trois ou quatre autres livres, qui pouvaient être de SAKHAROV ou de SOLJENITSYNE ou de quelqu'un d'autre. Avant de prendre l'avion, j'ai encore pris au kiosque plusieurs belles revues ou magazines féminines en couleurs, que j'ai mises dans ma serviette pour les offrir aux épouses de mes amis. A l'aéroport de Moscou, le regard de la grande dame douanier regardait ma serviette en se méfiant. Elle prend le premier magazine où il devait y avoir des mannequins avec des bas de nylon, de lingerie, des soutiens-gorge et des slips de nylon. Elle devait voir le deuxième magazine avec ces mêmes défauts, et le troisième ... La douanière voit une revue de façon différente parce qu'elle contenait des patrons pour faire de la couture. Je savais que les dames connaissaient le nylon, mais la Russie n'en avait pas. C'était peut-être pour cela ou pour la demi nudité des mannequins que la douane m'a coincé toutes les magazines et ne me laisse que deux revues. Dans ma valise, je voyais qu'elle allait m'enlever tous mes livres. Ma valise était grande et elle n'a vu que mes habits. J'ai dû attendre assez longtemps qu'elle veuille bien me laisser passer la frontière.

J'étais tout de suite dans le bureau de LEONID PONOMAREV. Le matin, nous allions vers dix heures à la cafétéria que commandait Katia. Elle avait le sourire, mais si la cafétéria était fermée, elle était fermée. C'était comme une dictature où nous avons surtout de ne rien à dire. Pour monter les escaliers, il y avait sur la paroi quinze, donc trois fois cinq, « tableaux » de « saint » Lénine, qui m'ont surpris, comme les quatorze de Jésus.

Un soir, j'étais invité chez Leonid. Son épouse, comme il m'a expliqué, a fait pour moi des « raviolis » à la Sibérie. Mais, la vraie raison de mon invitation était les « cent ans ». Leonid m'a dit que c'était l'anniversaire de son épouse, qui avait ses quarante ans qui étaient les mêmes de Leonid et leur fils avait exactement la moitié, ses vingt ans.

Mais, ce soir était ma grande surprise. Leonid m'a donné son livre *Au pays des quanta* de LEONID PONOMAREV (Editions MIR, Moscou, 1971) de 350 pages en tradition française. Une autre grande surprise a été que Leonid avait bien moins que 40 ans pour faire une vulgarisation au *Science pour tous*. Je ne me suis pas rendu compte tout de suite de la grande qualité du livre. Le livre commençait par les *Faits*, suivis par les *Idées* et terminait par les *Réflexions*. La vulgarisation de Leonid est devenue pour moi une philosophie des sciences. Dans le premier chapitre, les philosophes DÉMOCRITE, KANADA (d'Inde), ARISTOTE, PIERRE GASSENDI, ISAAC NEWTON, GOTTFRIED LEIBNIZ, MIKHAÏL LOMONOSSOV, ROBERT BROWN, JOHN DALTON et MAX PLANCK avaient déjà leur importance. Pour l'*Atome, Rayon et Quanta*, Leonid parle avec leur personnalité de tous les scientifiques qui ont collaboré pour les découvertes, mais il parle aussi des philosophes ALBERT LE GRAND, ROGER BACON, NICOLAS DE CUSA, JABIR IBN-HAYYAN, BLAISE PASCAL, IMMANUEL KANT, GEORG HEGEL, SÖREN AABYE KIERKEGAAD, etc.



En 1974, j'ai bien connu Leonid comme physicien, mais je suis surtout en admiration devant le philosophe. Je me pose encore la question s'il était suffisamment cognitif pour connaître les caractères et les personnalités des êtres humains comme il le faisait. C'est bien avec tout cela que Leonid est vraiment devenu mon ami pour toujours. En 1985, Leonid est revenu à Fribourg avec S. S. GERSHTEIN en m'apportant la nouvelle édition *Au pays des quanta* en russe.

Un jour, VALENTIN GRIGOROVITCH ZINOV me prenait avec un collaborateur dans sa voiture, ce que je ne m'imaginai pas, pour aller à Kimry. Nous avons pris la route et passé près de isbas. VALENTIN GRIGOROVITCH m'a dit qu'il ne faut pas voir ces vieilles maisons. C'était comme s'il avait honte qu'il y ait encore des maisons vilaines et moches du siècle dernier. A Kimry, il n'y avait que moi pour voir au bord de la Volga un « château » où on pouvait prendre le bateau.

Un autre jour, VALENTIN GRIGOROVITCH me prenait avec sa voiture bleue claire pour aller à Zagorsk, « le fameux ensemble architectural du 15<sup>ème</sup> au 18<sup>ème</sup> siècle, le centre du tourisme favori ». VALENTIN GRIGOROVITCH me dit que, sur une route pour aller à Moscou, il y a Dmitrov d'où on pourrait aller à Zagorsk. Mais pour aller à Zagorsk par le tourisme, je dois prendre la route qui part de Moscou, qui est comme une autoroute. Quand j'y étais, Zagorsk me faisait le Vatican de l'Eglise orthodoxe russe, tant il y avait des églises et des papes, des icônes et des bougies, et une foule qui marchait d'un endroit à l'autre et par le troisième et le quatrième, etc.

Lorsque nous étions de retour sur le parc de voitures et les portes ouvertes de la voiture, VALENTIN GRIGOROVITCH sortait les laves glaces de la voiture pour les remettre sur le pare-brise. Mais pourquoi avez-vous enlever les laves glaces ? Il m'a expliqué qu'il retrouverait par le communisme sa voiture dans cinq ans, mais qu'il ne retrouverait plus jamais les laves glaces à cause des défauts du communisme.

VALENTIN GRIGOROVITCH repart pour Moscou et au centre de la ville. Il devait faire quelque chose avec son collaborateur. Mais comme nous passions près du « Beriozka », un magasin de luxe pour le touriste « capitaliste », je demandais de vouloir y aller et qu'on vienne me chercher dans une demi heure. Alors, je remontais au Beriozka avec la grande porte en verre qui tournait sur elle-même. A peine que j'étais entré, un policier me demande de sortir. Je ne comprenais rien. Mais, il me prit par le col et me poussait dehors. Une fois dehors, je me demandais pourquoi il ne voulait pas que je sois dedans et qu'il m'ait pris par mon col. Comme j'avais mon passeport suisse, je le sort et le montre au flic. Alors, il me laissa entrer. Le flic m'avait vu avec mon vieux manteau long en cuir, que j'avais acquis pour une vieille occasion, qu'il me prenait pour un russe, mais pas du KGB. Mais, au Beriozka, mes intentions étaient que je voulais avoir des cigarettes que Staline avait. Et j'ai trouvé des « papirossi Herzegovina » de Bosnie où la moitié de la cigarette était en carton doré.

Le soir, je préférais d'aller pour le repas à *L'Académie* (?), où il n'y avait que des intellectuels et pas d'ouvriers. VALENTIN PETRUKHIN m'a demandé si je voulais du fromage. Mais bien sûr et quels sont les choix ? Il me répond : Tu veux ou tu ne veux pas ? Mais, pour lui, on veut du fromage ou on ne veut pas, c'est comme tu veux le communisme ou tu ne veux pas, parce qu'il n'y a qu'une sorte de fromage. Un peu plus tard, il me dit que la police lui a repris son permis de voiture à cause de son ivresse, qui est la même pour tous. Mais, si on lui a pris son permis, c'était pour essayer de corriger les erreurs du communisme local.

Ce n'était pas la première soirée où Valentin me demande de le suivre au cinéma qui était juste à côté. Au bout d'une demi heure, il me demande de sortir. C'était bien ce qu'il voulait me montrer. Le film était du temps de Staline juste avant la 2<sup>ème</sup> guerre. Staline était le prince du parti communiste et on voyait tout l'avantage du travail dans l'agriculture, les mines, l'industrie, la fabrique des tracteurs et les maisons de luxe.

Un soir assez tard, je retournais à l'hôtel. En passant près d'une belle maison, j'ai rencontré V. P. DZHELEPOV qui m'avait invité aussi au JINR pour l'octobre de l'année précédente. Il m'a demandé

de venir avec lui. La chambre ou le salon, où nous étions, était d'une classe extraordinaire. Il m'a servi un cognac, qui était largement en dessus de la vodka. Son épouse devait déjà dormir. Je lui ai fait un compliment pour les belles bananes sur la table. Il me dit qu'il a les bananes à cause du téléphone. S'il reçoit des bananes, c'est qu'on lui a téléphoné. S'il avait lui-même téléphoné, il aurait aussi reçu des bananes. Mais, certaines personnes qui téléphonent, on leur dit que ces choses existent ou n'existent pas, c'est selon la tête de la personne. A l'intérieur du JINR, il y a un endroit dans un bâtiment, où il y a un guichet ou un judas. Si la personne veut quelque chose, elle peut demander. Si la personne est en dessus, elle peut même aller voir si cette chose existe. Mais, si la personne est en dessous, le judas lui dira selon sa tête s'il existe ou n'existe pas. Mais pour beaucoup de personnes, ce n'est même pas la peine d'essayer, c'est négatif.

Le JINR veut dire *Joint Institutes of Nuclear Research*, où il y a différents instituts. V. P. DZHELEPOV était directeur d'un institut.

Un jour à midi, j'étais invité au domicile du Prof. SERGUEI M. POLIKANOV. Dès que j'étais chez eux, Shura, l'épouse de Serguei, était triste et nous avons parlé que de banalités. Après le repas, Serguei me prend en voiture pour aller dans une forêt pour que nous ne soyons pas surveillés ou entendus. Il me dit que, pour donner son cours à l'Université, il a trouvé sur la porte de l'auditoire que « M. le Prof. S. M. Polikanov ne donnera pas son cours pour des raisons de sa maladie ». Mais, malgré ses demandes à droite et à gauche, il n'a reçu aucune réponse pour expliquer sa « maladie ». La semaine suivante, il retourne à l'Université pour donner son cours. C'est une nouvelle annonce qui dit exactement que M. le Prof. S. M. Polikanov ne donnera pas son cours pour la même « maladie ». Je pense que Serguei devait savoir que sa « maladie » n'avait rien à voir avec la « maladie psychique » ou la « psychopathologie » de Staline. Mais, il était peut-être trop ouvert après son stage à Copenhague. Il ne savait pas ce qu'on lui reprochait pour en faire une « maladie ». Je ne savais pas s'il avait des raisons pour être optimiste de retrouver l'Université, mais je le voyais écoeuré et triste comme Shura.

Un jour, j'ai un peu insisté chez Leonid en lui disant que je tiens à cœur de rencontrer SIMON SALOMON GERSHTEIN. Alors, il m'a envoyé chez V. S. SHVANEV pour qu'il trouve les moyens pour aller à Serpoukhov, qui est à 120km au sud de Moscou. Deux jours après, il y aurait une grande voiture noire avec son chauffeur et la personne qui me suivait. Leonid a averti par téléphone que je viendrai voir S. S. GERSHTEIN et la personne qui viendrait avec moi était V. M. SUVOROV, le collaborateur de VALENTIN PETRUKHIN, que j'appelais Seva. Nous avons fait les 120 km pour arriver à Moscou, que le chauffeur a contourné, et encore 120 km pour arriver à Serpoukhov.

Après une heure ou une heure et demie, le chauffeur s'arrêtait pour cinq ou dix minutes pour se reposer. Pendant cette pose, Seva a trouvé auprès de quelqu'un des pommes jaunes, très humides dans de l'eau et un goût avec du vinaigre. Il prenait ces pommes avec plaisir, qui était le contraire pour moi. Mais, il m'a expliqué que, après avoir été un ivrogne la veille, il faut manger ces pommes pour que tout aille bien aujourd'hui.

Je suis allé chez Monsieur GERSHTEIN, que je rencontrais la première fois, et que Seva et le chauffeur restaient dehors et m'attendaient. Les premières minutes étaient très formelles. Puis, il m'a pris dehors pour me montrer un ensemble de jeux des enfants. Il m'a expliqué les jeux, un après l'autre, pour me montrer que c'est un conte pour les enfants et, même en rêve, pour tous les êtres humains. Je n'oublierais jamais ma première rencontre avec un homme hors norme qu'était Monsieur S. S. GERSHTEIN.

Le peu de temps que nous a pris le conte des enfants pour se connaissions l'un et l'autre, nous avons trouvé une compréhension réciproque. De retour dans son appartement, je lui ai posé une question sur son « Mesoatomic processes and the model of large mesic molecules ». Dans une molécule *ZH*, la probabilité pour qu'un pion moléculaire devienne un pion atomique dans l'hydrogène est par :

$$W_2(H) = \frac{1}{1+Z^2}$$

Pourquoi est-ce cette probabilité ? M. GERSHTEIN me répond : Pour des transitions de l'état moléculaire vers des états atomiques de très haut niveaux, les électrons Auger dominent largement la radiation. Les hauts niveaux atomiques sont donnés par  $Z$  et la densité de ces niveaux est aussi de  $Z$ . Donc, la probabilité de l'état moléculaire d'aller vers les plus hauts niveaux atomiques dans un atome  $Z$  sera proportionnel à  $Z^2$ . Pour un atome d'hydrogène  $Z = 1$ , la probabilité sera de 1. Donc, la probabilité pour un atome d'hydrogène dans une molécule  $ZH$  est bien dans la formule. Mais, il faut être conscient que cela n'est que très approximativement, sans que nous ayons de mieux.

De retour, j'ai posé la même question à Leonid. Mais, il m'a dit qu'il n'a pas d'explication simple d'une telle dépendance de  $Z$  et il ne se rappelle pas son origine.

Un samedi, à midi moins le quart, je rencontre Valentin. J'avais rendez-vous à la maison de VALENTIN GRIGOROVITCH ZINOV à une heure et demie avec ses collègues pour que nous parlions de la publication de nos travaux [11]. Mais, un rendez-vous à cette heure, est-ce pour nous avec le repas ou faut-il avoir déjà mangé ? Il n'y avait pas que moi qui voyais ce problème, Valentin aussi. Après avoir longuement discuté, Nous avons mangé quelque chose de petit à *L'Académie*.

J'étais en forme en arrivant chez VALENTIN GRIGOROVITCH. Parmi ses collaborateurs, il y avait déjà A. D. KONIN et I. A. YUTLANDOV, que je connaissais. V. N. POKROVSKY était nouveau pour moi et, à ma grande surprise inattendue, il y avait aussi LEONID I. PONOMAREV. Bien sûr, on devait débiter par la Vodka. Après une première partie du repas, il fallait qu'on soit d'accord sur le contenu : *Muonic X-rays series in lithium and lithium hydride*. Je ne savais pas et je me suis rendu compte d'une évidence, que le spécialiste d'une rédaction en anglais était VLADISLAV POKROVSKY. Ma tâche avait été le calcul de la cascade du muon dans le lithium, que j'avais fait à Fribourg. Le calcul avait été fait par les renseignements par lettre, que j'avais reçu de Leonid et de Bassar, et je les avais terminés au JINR. Puis, le repas le reprend. Quels étaient les chiffres et leur forme et faut-il des dessins de spectres ? Nous étions dans la nuit lorsque nous avons fait le tour. Mais, je me rappelle qu'il y avait un titre en russe qui pouvait être : Структура Мезороентгеновских Спектров Li и LiH.

Avec ce que j'ai viens d'écrire, je ne me rendais peut-être pas compte de ce que j'ai fait pendant les quinze jours au JINR et les six semaines en 1972 en physique. Mes intentions n'étaient que la physique et j'en ai tellement bien compris, que je n'ai certainement pas abusé des quelques publications [12, 13, 14], que je n'ai pas choisies. Par ce que je viens d'écrire, je me rends compte que l'essentiel de mes séjours en URSS était mes relations humaines. Mes relations humaines n'ont jamais été des mystères, ni à Fribourg, ni ailleurs. Au contraire, mon besoin de société était d'être soi-même. Je me suis rendu compte que récemment. Pour se connaître soi-même, on a besoin de connaître l'autre, alors que je voulais connaître la science physique ou naturelle.

## 5. En Sicile, le succès à Erice

J'ai quitté l'URSS le 26 mars 1974. Déjà trois semaines après, j'ai reçu deux « preprints » de Leonid qui passaient par le SIN par un monsieur MARIO SCHILLACI. Par Leonid, il savait que je m'intéressais aux effets chimiques par des composés du soufre. Mais, il appréciait de savoir mon choc culturel des deux mois et des deux semaines de mon séjour en URSS qui, du tragique et du comique, m'aurait fait une classe « réaliste ». MARIO SCHILLACI passé deux semaines en JINR avec PONOMAREV et PETRUKHIN et son premier jour avait été mon dernier, qu'il appréciait particulièrement de notre rencontre, lui et son épouse. Ce n'est donc pas par hasard qu'à la fin de sa lettre « Barbara vous envoie ses meilleurs vœux ». Avec ce peu que je savais, je n'oublierais pas.

Notre groupe, avec notre ami depuis cinq au CERN, ROLAND ENGFER, se met au travail dès le départ du SIN. Nous avons effectivement mesuré des composés du soufre, prévu dans notre

programme d'expérience, au canal de muons [15]. Juste après, nous avons les premiers résultats de trois composants d'azote. La primauté était pour l'aspect chimique des composés.

Le 23 mai 1975, LUKAS SCHALLER, LOTHAR SCHELLENBERG et moi, nous avons un rendez-vous avec le Prof. Dr. G. FRICKE de l'Institut de physique nucléaire de l'Université de Mayence (Mainz) pour parler de ses intérêts de « isotope- and isotone-shifts in the region  $40 < A < 100$  from muonic X-ray measurements ». Lorsque nous l'avons rencontré, j'avais trouvé que FRICKE devait avoir environ soixante ans et un ancien officier à l'armée nazie lors de la 2<sup>ème</sup> guerre mondiale à sa jambe handicapée. J'étais gêné d'être avec lui aux expériences au SIN, parce que, entre autre, il ne s'intéressait qu'à lui-même. Mais, Lukas et Lothar étaient prêts à collaborer avec FRICKE à cause de la physique nucléaire. Ils préféreraient retourner au nucléaire et craignaient les aventures des atomes moléculaires. J'avais peur de voir Lothar et Lukas à genoux devant FRICKE. Mais, j'espérais que je me trompais, que FRICKE avait besoin d'esclaves pour réussir ses expériences. Alors, FRICKE avait déjà réussi tout de suite avec un seul collaborateur inconnu [16].

Au CERN, je rencontrais assez souvent P. G. HANSEN de l'ISOLDE. Chez lui, dans ses relations avec les personnes, l'être humain était plus important que la physique. Il venait de Aarhus au Danemark. Sa mentalité d'humanisme était assez semblable à G. TIBELL que j'ai rencontré la première fois en été 1973 à Uppsala. Par la relation naturelle avec Copenhague, ils connaissaient certainement SERGUEI POLIKANOV lorsqu'il y était, mais ils devaient forcément savoir les ennuis qu'il avait à Moscou. Cela devait être la raison de notre rendez-vous au SIN le 10 décembre 1975, proposé par P. G. HANSEN. Lothar, Lukas et moi, nous étions avec P. G. HANSEN, G. TIBELL et un autre, dont je ne me souviens pas. Ils nous ont proposé que nous fassions avec le temps la fission avec le muon lorsque SERGUEI POLIKANOV aurait besoin de nous. Lothar allait être enchanté par la fission nucléaire avec le muon. Lothar avait très bien participé aux résultats des expériences sur les atomes lourds de thallium, du plomb et du bismuth avec les neutrons spontanés dus aux rayons X des transitions quadripolaires du muon. A cause de sa participation active, il avait de bonnes raisons d'être fier en étant le deuxième auteur sur onze [6]. En même temps, j'avais l'intuition que Lothar avait l'occasion de devenir le champion d'un nouveau groupe le spécialiste de l'électronique des expériences.

La discussion avec HANSEN et TIBELL avançait peu et devenait de plus en plus compliquée. Je ne devais surtout pas dire à Lukas et Lothar ma sincère admiration de Serguei parce qu'ils le prendraient pour leur ennemi. Comme je connaissais bien les raisons de SERGUEI POLIKANOV, je savais que je devais rester très prudent avant la décision tentée de Lothar, qui était le chef de notre groupe et que je l'admettais de lui être soumis. Les doutes de Lothar se prolongeaient, son enthousiasme visible s'abaissait. Il n'osait pas dire ni oui ni non. L'accord entre les deux groupes était perdu.

De ne pas pouvoir aider Serguei, j'en avais honte en face de HANSEN et TIBELL. J'avais honte devant Serguei et ses collaborateurs T. KROGULSKI et BASSAR SABIROV. Deux mois après cette rencontre, T. KROGULSKI au CERN me demandait: *I would be very grateful if you could leave Dr Hansen or Dr Tibell the message for me.* Heureusement, Serguei avait eu beaucoup plus de chance en commençant avec DZ. GANSORIG, P. G. HANSEN, T. JOHANSSON, B. JONSON, J. KONIJN, T. KROGULSKI, V. D. KUZNETSOV, S. M. POLIKANOV, G. TIBELL et L. WESTGAARD pour un résumé « On the fission of muonic 238-U » dans le Proc. 7th Int. Conf. High-Energy Phys. Nucl. Struct., Zurich 1977. J'ai eu honte surtout après la lettre de Serguei du 17 novembre 1978 de Copenhague, où il dit : *Sometimes I think about possible fission experiments in SIN but have no feeling if something might be arranged. ... With best wishes to you from Shura and Katia.*

Nos premières expériences de l'influence de la chimie sur l'azote et sur le soufre ont été nos révélateurs pour les rapports de capture et des intensités muoniques des rayons X de la série de Lyman [15, 17]. Il faudrait avoir du flair ou de l'intuition pour choisir des composés que nous avons utilisés. En ce qui concerne la suite de nos expériences en matière chimiste, KURT KÄSER a été pour

moi déterminant pendant des années. Kurt était chimiste par sa formation à l'Ecole Technique de Windisch et il est devenu professeur à l'Ecole d'Ingénieurs et d'Architectes à Fribourg.

En mars 1976, j'avais vu que le Department of Physics and Astronomy of the Free University Amsterdam cherchait un professeur en physique expérimental. Il pouvait s'agir de physique de pion et de muon, mais il était indispensable d'avoir de l'expérience d'éducation et d'enseignement aux étudiants au niveau universitaire. Je ne cherchais pas un poste de professeur aux Pays-Bas et pas non plus dans une université « Free », parce que je me voyais plus œcuménique que catholique. Ce que je cherchais était de savoir ce qui est nécessaire qu'un comité demande à un candidat pour qu'il ait des chances de devenir professeur. Pour être candidat, je ne devrais pas, localement ou par des personnes, être connu pour que je sois neutre et qu'il n'y ait pas des avantages et des désavantages. Dans mes références envoyées à Amsterdam, je citais OTTO HUBER, directeur de l'Institut de physique, pour mon enseignement, ROLAND ENGFER, professeur à Zurich, FLORIAN SCHECK, professeur de physique théorique à Mainz, LEONID I. PONOMAREV, Laboratoire de physique théorique au JINR de Moscou, et PETER GREGOR HANSEN, de Aarhus au Danemark et au CERN. Je connaissais bien FLORIAN SCHECK par le CERN, le SIN et le séjour à Zuoz. Ces cinq professeurs sont les seules personnes qui savaient que j'ai été candidat pour un poste. Après 35 ans, j'en parle pour la première fois dans cet article.

Curieusement, j'ai dû attendre assez longtemps pour apprendre ce qui arrivait à Amsterdam. Le 10 novembre j'ai reçu ma réponse à ma lettre du 1<sup>er</sup> juin, que je faisais « to the group of the most suitable candidates, ..., you should not be proposed for nomination ». ROLAND ENGFER m'avait dit à la fin de l'été que je fasse partie des trois « most suitable candidates ». Après Amsterdam, OTTO HUBER m'avait dit dans sa lettre : *...ich bin schon fast auch ein bisschen stolz. Sie wissen aber besser als ich, wie notwendig die Freiburger Universität Sie hat.* Celui qui ne se connaît pas assez bien doit se mesurer aux autres. Par ce qui m'est arrivé, je leur suis très reconnaissant.

De Pise, le 4 octobre 1976 m'était venu la lettre, un peu abrégée :

« ETTORE MAJORANE » Centre for Scientific Culture, on behalf of the Director of the Centre, Prof. A. ZICHICHI, we would like to invite dear Professor SCHNEUWLY to be a member of the Board of Lecturers at the 1<sup>st</sup> Course of the International School on the *Physics of exotic atoms and related topics* in Erice, Trapani-Sicily from 24 to 30 April 1977. We would like you to give 4 lectures on Molecular effects on the formation and deexcitation of exotic atoms. In particular, as suggested by Prof. L. I. PONOMAREV, we would like you to report about the works you have done in Doubna. Yours sincerely, GABRIELE TORELLI, Director of the School.

J'étais bouleversé par une invitation de quatre lectures sur les effets moléculaires dans un "Centre de Culture Scientifique", que je n'imaginai même pas. Même en étant professeur assistant, je ne donnais pas de cours ou de lectures à l'Institut de physique. J'étais l'assistant du professeur ordinaire et directeur OTTO HUBER. Parler dans une école internationale de formation d'atomes exotiques aurait pour conséquence d'un trouble psychopathologique dans mon cerveau ou, peut-être, même dans mon esprit. Faire ce que le professeur GABRIELE TORELLI me demandait de rendre compte de mes travaux à Doubna me rendrait complètement fou.

J'avais reçu heureusement une lettre de Leonid de deux mois d'avance sur mon invitation. Leonid me dit qu'il avait reçu deux mois avant le juillet une invitation de GABRIELE TORELLI sur les effets chimiques : *Mais, personne de Russie ne pouvait être membre de cette école, où le OTAN était le garant. Alors, je te recommande entièrement d'un physicien russe, qui peut rapporter les œuvres russes un cours qualitatif et compréhensible.* C'était donc pour remplacer Leonid à « ETTORE MAJORANE » à Erice-Trapani. Je connaissais bien Leonid par sa façon de m'expliquer mes difficultés de compréhension. Pour moi, Leonid était irremplaçable, et c'était pour moi encore loin pour me rassurer.



Leonid parlait des œuvres russes. Alors, j'ai demandé à Leonid et Valentin de bien vouloir m'aider dans l'espoir de ce que je pouvais le faire. Leurs réponses ont été vraiment enthousiastes. Le courrier était bien parti et il devait en peu de temps devenir formidable, invraisemblable, sensationnel et même fantastique. Je leur suis très reconnaissant pour toujours.

Quatre lectures voulaient me dire un cours avec du contenu qui a du début et de la fin. Le cours commence par ce qui est le plus ancien, donc les premières idées d'atomes exotiques. Pour le côté moléculaire, ce sont les expériences de Valentin avec de l'hydrogène et de VALENTIN GRIGOROVITCH avec de l'oxygène. Leonid me donnera le tout. Pour expliquer les observations, il n'y aura que *The model of large mesic molecules* de S. S. GERSHTEIN, V. I. PETRUKHIN, L. I. PONOMAREV et de YU. D. PROKOSHKIN [7]. Pour la formation d'atomes exotiques, il faut aussi tenir compte des expériences au CERN et aux USA.

Alors, je commence avec le plus ancien de la formation qui est de Fermi-Teller en 1947. La probabilité de capture est proportionnelle à la perte d'énergie du méson dans un atome.

$$\frac{dE}{dt} \propto Z$$

Comme le font les expérimentateurs, j'ai simplifié la formule pour ne prendre que l'essentiel comme les autres. S. S. GERSHTEIN et al. ont fait remarquer que la formule conduit mieux à :

$$\frac{dE}{dt} \propto Z^{2/3}$$

même s'ils prennent la capture proportionnelle à  $Z$  dans *the model of large mesic molecules*. Comme je l'ai déjà montré que V. G. ZINOV et al. ont trouvé que le rapport de capture entre deux atomes peut être  $A(Z/Z') = 0.66 (Z/Z')$  [8].

H. DANIEL, de Munich, que je connaissais par le CERN en 1971-2, a calculé la probabilité de capture Coulombienne de mésons dans une substance concentrée dans un modèle purement classique comme Fermi et Teller. Il a obtenu :

$$A(Z) = Z^{1/3} \ln(0.57 \cdot Z)$$

une formule qui va assez bien dans 27 associé à des métaux [18].

PETR VOGEL, du CALTECH à Pasadena, que je connaissais depuis 1975 par notre courrier, trouvait en utilisant le modèle statistique de l'atome que les muons sont capturés à des énergies de peu de dizaines d'électron volts (eV). Il a trouvé que, dans un mélange d'atomes  $Z$  et  $Z'$ , le rapport de capture est dans une bonne approximation proportionnel à la concentration d'atomes. Ceci donne :

$$R(Z/Z') \propto (Z/Z')^{7/6}$$

En faisant les calculs avec un modèle atomique plus précis, la ionicité de la liaison aura de l'influence sur le rapport de capture [19].

Le modèle de *large mesic molecules* [7] est né de très nombreuses expériences avec des composés chimiques d'hydrogène au JINR dès 1963 par VALENTIN I. PETRUKHIN. La probabilité qu'il y ait une réaction d'échange de charge avec le pion dans la substance  $H_n Z_m$  est écrite:

$$W(H_n Z_m) = W_1 \cdot W_2 \cdot W_3$$

où dans l'hydrogène pure elle est normalisé à l'unité.

$$W(H_2) = 1$$

Ils partent des idées un peu risquées que tous les électrons de la molécule  $H_n Z_m$  sont équivalents et que la loi de Fermi-Teller est une supposition. Pour la liaison de chaque hydrogène avec un atome Z, il faut une paire d'électrons de valence, c'est-à-dire  $2n$ . Ces électrons de valence pour le pion sont à diviser par la capture avec la loi de Fermi-Teller, c'est-à-dire  $n + mZ$ . Ceci donne :

$$W_1(H) = \frac{2n}{n + mZ}$$

Pour la probabilité que le pion passe de l'état moléculaire à l'état atomique d'hydrogène a été donnée par la réponse de S. S. GERSHTEIN à ma question à SERPOUKHOV :

$$W_2(H) = \frac{1}{1 + Z^2}$$

Pour le transfert du pion dans l'hydrogène, qui est neutre et très petit comme un neutron, d'aller à l'élément Z, la probabilité qu'il puisse échapper à ce transfert, peut s'écrire:

$$W_3(H) = \frac{1}{1 + \lambda \frac{m}{n}}$$

où  $\lambda$  est le transfert constant.

Si on néglige l'effet de transfert et remplace le nombre pair de valence d'électrons 2 par un coefficient  $a$  dépendant de la nature de la liaison de l'hydrogène, on obtient une formule réduite, qui peut être très utile.

$$W(H_n Z_m) = \frac{an}{n + mZ} \cdot \frac{1}{1 + Z^2} \cong a \frac{n}{m} \cdot \frac{1}{Z^3}$$

Cette formule réduite pour des éléments entre  $4 < Z < 9$ , Z. V. KRUMSHTEIN et al. [20] ont obtenu un coefficient  $a$  de 0.5 jusqu'à 2.3. Pour une liaison avec un élément assez lourd Ca, ils ont même obtenu un coefficient aussi élevé de 11.0.

Mais, le modèle de *large mesic molecules* [7] ne s'applique qu'à l'hydrogène de substances  $H_n Z_m$  et  $H_n Z_m Z'_k$ . Les modèles de Fermi-Teller, de H. DANIEL et de PETR VOGEL ne donnent pas explicitement les effets moléculaires sur des substances du type  $Z_n Z'_m$ . Dans la préparation de mes lectures à la *International School of Ettore Majorana*, j'étais préoccupé de la suite que j'allais faire. Pourtant, nous avons trouvé contre toute attente, entre autres, des rapports de capture A(N/Na) différents de 20% dans des substances  $NaNO_2$  et  $NaNO_3$ , et des rapports d'intensités des rayons X de Lyman du muon aussi différents [17]. Donc, les rapports de capture et les intensités des rayons X muoniques dépendaient tous deux de la liaison moléculaire.

Il y a deux raisons pour qu'un atome capte un muon ou un pion, c'est-à-dire un méson : le méson remplace l'un des électrons de valence qui forment les molécules et, en plus, le méson remplace l'un des électrons de l'atome. Pour reprendre la formule du modèle de *large mesic molecules* [7], je la modifie en :

$$W(Z_1) = W_1 W_2(Z_1) + W_3(Z_1)$$

Dans une liaison  $Z_1 Z_2$ , les électrons de valence de la molécule viennent des deux atomes :

$$W_l = v$$

Un muon, capturé par l'électron de valence, peut rejoindre un atome par un électron Auger, qui est beaucoup plus probable que par la radiation. En plus, les électrons de valence ne sont pas symétriques entre les atomes. L'asymétrie est la ionicité entre les atomes. Ainsi, la probabilité de l'un est

$$(1 - \sigma)Z_1^2$$

et pour l'autre

$$(1 + \sigma)Z_2^2$$

Avec la normalisation,

$$(1 - \sigma)Z_1^2 + (1 + \sigma)Z_2^2 = Z_1^2 + Z_2^2 + \sigma(Z_2^2 - Z_1^2)$$

on obtient

$$W_2(Z_1) = \frac{(1 - \sigma) \cdot Z_1^2}{Z_1^2 + Z_2^2 + \sigma(Z_2^2 - Z_1^2)}$$

pour l'atome avec moins de ionicité.

Lorsque j'avais repris que S. S. GERSHTEIN voyait dans la probabilité du muon de passer de l'état moléculaire à l'état atomique par éjection d'un électron de Auger, je trouvais qu'il fallait déjà une capture dans la molécule par éjection d'un électron de valence. C'était bien pour cela qu'il fallait que  $W_1 = \nu$ .

Il fallait aussi que la capture du muon dans l'atome soit par éjection d'un électron atomique. Pour une énergie plus petite que 40 eV, la radiation serait négligeable comparé à l'électron Auger. Ceci veut dire :

$$W_3(Z_1) = n_1$$

Donc, la capture du muon par l'atome a lieu par un électron de Auger de l'atome qui soit inférieure en énergie de liaison à environ 35-40 eV.

La nouvelle formule pour la capture du muon dans l'élément de la molécule est :

$$W(Z_1) = W_1W_2(Z_1) + W_3(Z_1)$$

J'ai vérifié ma nouvelle formule dans beaucoup des molécules, qui avaient été mesurées par des groupes américains, anglais, allemands et soviétiques. L'accord n'était pas une merveille, mais mieux que Fermi-Teller, H. DANIEL, PETR VOGEL et autres. La formule du modèle de *large mesic molecules* s'appliquait au pion à l'hydrogène dans les molécules, mais je n'arrivais pas avec ma formule à vérifier à l'hydrogène du pion.

Mon modèle est tout simple ou trop simple. Mais j'étais très préoccupé de la formation d'atomes exotiques dès 1970-1. En grande partie, pendant les six ans, c'était mon travail le plus important. Je me suis mis à comprendre l'atome, la nature de la liaison chimique, la structure des molécules en suivant L. PAULING [21].

Après l'espoir de ma formule, je dois quand-même faire mes quatre lectures du *Physics of exotic atoms and related topics*, comme la demande GABRIELE TORELLI, en particulier, de faire rapport avec mes travaux au JINR à Doubna, comme le suggère LEONID PONOMAREV. Je trouvais important que l'auditoire me comprenne. J'ai donc commencé avec les travaux les plus anciens de VALENTIN PETRUKHIN et leur interprétation par le modèle de *large mesic molecules*. En suite, je parlerais des expériences avec les muons et le début d'un modèle, qui pourrait avec le temps donner une

explication de la formation des atomes exotiques. Mes lectures ont été publiées sous *Molecular effects in the formation and deexcitation of exotic atoms* [22].

Pour préparer mes leçons, j'ai été à Palerme trois ou quatre jours avant de parler devant l'auditoire. J'ai été fortement impressionné par la Capella Palatine et par la cathédrale et le cloître de Monreale par les architectes arabes. Comme la pluie faisait la journée, j'ai pris un car qui passait par Enna pour voir l'Etna sous la neige. Pour la première fois, j'ai vu un théâtre grec à Taormina. Au retour, Agrigente est la ville des temples grecs où est né Luigi Pirandello, qui a écrit le théâtre *Six personnages en quête d'auteur*. Puis, de Trapani, je suis monté la montagne de Eryx, où était Aphrodite, où les rues se font encore à la brosse et au savon.

Le directeur de l'International School, GABRIELE TORELLI, a mené pour la culture les étudiants de l'école à visiter les magnifiques temples grecs de Segesta ou de Selinunto. Mais, exceptionnel, j'ai eu le droit d'avoir un privilège. De Trapani, debout sur une petite barque, le directeur me présente sur une petite île les Phéniciens, navigateurs et commerçants, dont leur langue avait un alphabet qui a été emprunté et transformé par les Grecs.

Par les lectures, j'ai fait la connaissance d'une quinzaine de professeurs très jeunes. Je me rappelle bien l'intérêt de mes leçons de GIANNI FIORENTINI, qui était un collaborateur ou l'assistant de GABRIELE TORELLI, professeur à Pisa. J'ai été surpris que deux Allemands viennent me contester que *le muon et le pion ne fassent pas la même chose*. Dans un article fait par des Allemands, j'avais justement vu une erreur, même graphiquement, entre le muon et le pion. Je ne voulais pas les plaindre et je leur ai montré ce que disait mon modèle sur les mesures du pion dans les substances hydrogénées de VALENTIN PETRUKHIN et al.

En décembre 1976, j'avais reçu du Prof. L. I. LAPIDUS, vice-directeur du JINR, une invitation au *International Symposium on Meson Chemistry and Mesomolecular Processes in Matter* qui aurait lieu à Doubna du 7 au 10 juin 1977. Le comité d'organisation était dans l'ordre : L. I. LAPIDUS, L. I. PONOMAREV, V. G. ZINOV, V. N. POKROVSKY et V. M. SUVOROV. Au printemps 1974, je leur parlais avec leurs prénoms : Lew, Leonid, Valentin Grigorovitch, Vladislav et Seva. Comme j'ai donné suite à l'invitation, mes amis du comité d'organisation m'ont privilégié pour le symposium et m'ont donné ma tâche : pour ma première conférence *Effect of molecular structure of matter in the capture mechanism of negative muons and pions* [23], j'aurai 60 minutes et pour la seconde *Are muonic X-rays sensitive to the solid state of selenium ?* [24], j'aurai 20 minutes. Sur les 33 conférenciers, 11 étaient des « capitalistes » et 22 soviétiques.

En juin, à Doubna au bord de la Volga, il n'existe plus la nuit sombre. Je n'avais pas dormi la première nuit. Le soir, j'étais à une table avec trois américains que je connaissais bien. Je leur ai demandé si par hasard l'un d'entre eux avait une pilule pour moi pour que je puisse dormir la prochaine nuit. Mais, j'ai vu tout de suite que le hasard n'existait pas pour eux. Tous les trois ont sorti plusieurs pilules de leurs poches pour me donner.

Un après-midi, dans un bateau sur la Volga, j'ai fait la connaissance de V. M. BYSTRITSKY, qui est aussi devenu mon ami. En 2001, la dernière fois que je l'ai vu à Fribourg, j'avais fait mon accident vasculaire cérébral (AVC). Je pensais que je pouvais lui parler en anglais. Mais pour la journée, j'avais avec nous Paul qui était canadien. Je parlais en français et il me traduisait en anglais. Le plaisir de se revoir reste inoubliable.

Avec le bateau, les membres du symposium, peut-être 200 personnes, allaient sur une île dans un lac. J'ai remarqué que nous étions qu'entre hommes puisque je ne connaissais que des hommes qui font de la recherche en physique. Mais juste dans un pré proche des hommes, j'ai vu trois femmes qui se parlaient entre elles. Je me suis approché d'elles. Elles devaient être assez jeunes, je dirais vingt ans plus cinquante pourcent. Deux dames étaient roumaines et une de Sofia en Bulgarie. La Roumaine me parlait très bien en français. Elle m'a dit que la bulgare était très triste, parce qu'elle avait un magnifique fils d'une année, mais que son mari venait de la quitter. Lorsqu'on assiste à un

symposium, les hommes ne peuvent pas se parler de choses intimes et tristes. Pour un homme, il est rationnel et l'homme, qui est viril, n'a pas d'émotion.

J'ai rencontré J. KNIGHT qui venait de Los Alamos. Après le symposium, il irait en train par les longues journées en Sibérie pour aboutir finalement proche de l'Alaska d'Amérique à Vladivostov. Mais il a insisté en me demandant qu'il serait très heureux et surtout très fier, si je voulais venir dans son groupe de recherche à Los Alamos pour faire des découvertes. Je lui ai dit que je réfléchissais, mais que cela pourrait bien m'intéresser.

Après le symposium, je restais encore une semaine à Doubna. Quelle chance j'ai eu de revoir SIMON SALOMON GERSHTEIN, VALENTIN GRIGOROVITCH ZINOV, V. S. EVSEEV, SEVA SUVOROV, G. YA. KORENMAN, I. A. YUTLANDOV, BASSAR SABIROV et autres. Un jour, VALENTIN PETRUKHIN vient avec sa voiture pour aller manger avec ses collègues au bord d'une rivière. Il faisait le feu pour griller la viande et les pommes de terre. Mais en plus, il m'avait préparé un caleçon pour me baigner avec les autres dans la rivière.

Fin d'une après-midi, j'étais sur un banc après une promenade au bord de la Volga. La dame bulgare de Sofia se promenait seule, toute triste à son visage. Je me lève pour m'approcher d'elle et pour lui parler. Avec le temps, elle se met à côté de moi sur le banc. Elle me parle et me montre une petite photo avec son petit fils. Elle me parle encore. Je crois que d'écouter, ça la console. Je mets mon bras derrière elle. Elle est triste et elle se retient de pleurer. Mais, elle ne cache plus ses larmes. Elle met sa tête sur mes épaules et elle pleurait d'attendrissement. J'étais triste avec elle et j'ai mis mon bras sur son épaule pour son silence. Avec le temps, elle m'a dit qu'elle était Ana. Je lui ai dit que j'aimerais la soutenir, mais que j'allais partir. Je lui ai demandé de me donner son adresse. Lorsque j'étais de retour à Fribourg, je lui ai écrit ma lettre qui se terminait par « keep your smile ». Ana m'a répondu. Alors, encore une lettre. Nous avons échangé nos lettres avec « keep your smile » pendant plus de dix ans. Ana est devenue professeur à l'université de Sofia et membre du comité du European Physicists Society. J'espérais quelle soit heureuse.

Pour mes deux conférences à Doubna, j'ai envoyé mes textes à Leonid. Dès que je l'avais vu, il m'a dit que nous en parlions après le symposium. Lors de notre première rencontre, Vladislav Prokovsky m'a proposé que nous allions faire un article en commun qui contenait mon modèle bien mis au point de vue scientifique. Nous avons beaucoup discuté du contenu et des formes. La fois suivante, nous avons pris l'introduction et la conclusion. Vladislav m'a proposé que les auteurs de l'article doivent être alphabétique. Leonid disait que la personne, qui est à l'origine et du contenu principal de l'article, devrait être le premier auteur. Vladislav a cédé à Leonid comme il a été publié en anglais : *On Coulomb capture ratios of negative mesons in chemical compounds* [25]. Mais avant d'être traduit, il existait bien en russe par le titre « Otnositel'no veroyatnosti coulombskovo zakhvata otritsatel'no zaryadzhennikh mesonov v khimicheskikh soedineniyakh » avec les auteurs alphabétique.

Avant de quitter le JINR de Doubna, je voulais beaucoup rencontrer SERGUEI POLIKANOV. Je lui avais écrit une lettre longtemps avant le symposium. J'avais honte de ce que j'avais fait. Mais je n'avais pas de trace de lui et je n'ai pas réussi à le revoir en Russie.

## **6. La liberté en Amérique**

Ma grande joie avait été que Leonid soit à Fribourg. OTTO HUBER avait pris beaucoup de démarches, même avec le directeur du JINR, N. N. BOGOLIUBOV, et V. P. DZHELEPOV, pour que Leonid puisse venir en Suisse. Le directeur du SIN, J. P. BLASER, a écrit au directeur du JINR pour inviter le Professeur L. I. PONOMAREV pour la *International Conference on High-Energy Physics and Nuclear Structure* à Zurich du 29 août au 2 septembre 1977, même si c'était avec Dr. I. V. PUZYININ. A cette époque, un russe pouvait aller en pays capitaliste qu'avec un membre du parti communiste. C'est ainsi que camarade Puzynin accompagna Leonid.

En venant du CERN par le train, j'attendais Leonid et le camarade PUZYNNIN en gare de Fribourg. Leonid descendait du wagon avec valise en faisant un signe à PUZYNNIN, qui restait à la fenêtre jusqu'au départ du train en direction de Zurich. J'ai pris Leonid comme lui par les bras. Comme il n'était pas membre du parti, il ne pouvait pas aller à l'hôtel à cause des espions. J'avais demandé à ma mère, qui ne parlait ni l'anglais et encore moins le russe, de bien vouloir le prendre en chambre. Leonid avait pour elle un petit cadeau russe. Leonid venait évidemment pour l'Institut de physique, pour OTTO HUBER et sa secrétaire Ruth, et pour Lukas, pour Jean et pour Lothar et ses assistants.

Un jour, nous étions invité par un paysan, un de mes amis d'enfance, MARKUS PERLER, dans sa ferme au hameau Elswil de Wünnewil, qui souhaitait que Leonid sache comment vit aujourd'hui un agriculteur de Suisse. J'avais dit à Markus qu'en Russie Leonid m'avait parlé des gens de la campagne en utilisant seulement le mot « krestiane », parce qu'il ne se rappelait pas le mot qu'il fallait en anglais. Dans le dictionnaire russe, les « paysans » étaient les « krestiane » et donc les chrétiens. Par beau temps avec ma voiture, nous sommes allés à La Valsainte. Ensuite, nous avons pris la route pour L'Auta Chia en s'arrêtant aux Gros Chomiaux. Nous montions à pied en direction de La Berra. Mais arrivant le Parc des Fayes, Leonid a vécu, à sa grande surprise, l'armailli faisant du fromage, du vacherin. Avec toutes ces belles montagnes, nous se comprendrions très bien comme d'habitude.

Leonid était invité à donner une conférence à Zurich dans *Int. Conf. HE Phys. and Nucl. Struct.* et il avait envoyé un résumé comme moi. Lothar et Lukas étaient très fâchés en me reprochant d'avoir moi aussi envoyé un résumé en mon nom. Ils devaient aussi être les auteurs comme moi. Ils me reprochaient de ne pas être les équivalents en physique pour la conférence de Zurich. Est-ce qu'ils savaient ou ne savaient pas que nous étions co-auteurs de deux résumés de la conférence de Zurich, à savoir T. DUBLER, K. KAESER, B. ROBERT-TISSOT, L. A. SCHALLER, L. SCHELLENBERG, H. SCHNEUWLY (Proc. p. 281 et p. 359) et qu'ils ne savaient pas qu'ils étaient aussi co-auteur du symposium de Doubna [24]. J'étais effectivement l'auteur seul dans la page 354.

Mais, le reproche ne s'arrêtait pas là. Je devais faire fortune « capitaliste » en allant déjà trois fois plusieurs semaines à Doubna-Moscou et un temps de dix jours en Sicile. Ils me reprochaient que l'Etat et la Confédération me payaient beaucoup trop cher. Ils auraient voulu tout autant. J'étais très embarrassé par cet argent. Je ne me rendais pas compte que j'étais payé par les invitations. Je ne prenais pas l'argent des autres. Comme trois collègues me reprochaient « ma fortune », je me suis adressé à OTTO HUBER qui connaissait très bien ma situation d'argent. OTTO HUBER m'a dit : *Tous les trois ont de la fortune de famille par leurs parents. Ils ont des maisons. Je sais que tu n'as rien. Je voudrais te donner un salaire plus grand qu'eux.* Je ne sais pas s'il a pu rassuré les trois.

Deux mois après le reproche de cet argent, j'ai reçu une invitation du *The Nordic Spring Symposium on Atomic Inner Shell Phenomena*, à Geilo (Norvège), 17 à 21 avril 1978. Dans la lettre du Prof. JOHANNES M. HANSTEEN, Université de Bergen, il confirme non seulement que toutes les dépenses étaient couvertes, mais aussi le ticket de Genève ou de Zurich à Oslo. Je payais de ma poche le train de Fribourg à Genève ou Zurich. L'ambiance était enthousiaste et le repas du soir, où on se servait soi-même, était devant quarante merveilleux plats à la norvégienne. Je me rappellerai toujours l'amabilité de JOHANNES HANSTEEN qui mettait l'ambiance et G. TIBELL. Je connaissais PETR VOGEL depuis peu d'années. Je l'ai revu souvent qu'il est devenu mon ami.

Après le Geilo sous les neiges, je rencontrais Petr à Pasadena en Californie. J'avais reçu l'invitation officielle de LAMPF de MM. L. ROSEN, J. N. BRADBURY et M. SCHILLACI. MEL LEON m'avait dit que je devais payer mon voyage pour arriver à New York et pour repartir. Le reste était à la charge du LAMPF et que je toucherais tant de dollars par jour. CLYDE WIEGAND que j'ai rencontré à Doubna comptait sur moi à Berkeley. MIKE PEARCE me demandait de venir à TRIUMF pour un séminaire. CLIFF HARGROVE m'attendait à Ottawa. Tous les trois me vantaient de mes conférences ou mes textes d'Erice ou de Doubna.



Je suis parti le 9 septembre pour Los Alamos. Pendant moins des trois semaines, j'ai rencontré des personnes que je ne m'attendais pas comme UDO SCHRÖDER. A midi, je prenais une « omelette » au maïs mexicaine lorsque FÉLIX BOEHM m'a présenté Hans, pour me dire une minute après HANS FRAUENFELDER en toute simplicité. MEL LEON que je croisais assez souvent dans les corridors était très réservé, mais nous parlions de physique par passion. Je faisais l'expérience avec J. D. KNIGHT, R. A. NAUMANN et MARIO SCHILLACI : *Coulomb capture ratios of negative muons in oxygen of gases* [26].

R. A. NAUMANN était, comme il me l'a dit, de parents ou de grands-parents allemands. Mais, il avait déjà été pendant trois semaines en Europe. Il y avait tout vu. Ce n'est plus la peine de retourner.

MARIO SCHILLACI m'a dit que ces parents sont venus en Amérique lorsqu'il avait trois ou quatre ans. Ses parents ont gardé un peu leur origine italienne. Un dimanche, il vient me chercher avec sa voiture où il y a Barbara et leurs deux enfants de 5 et de 7 ans. Nous passons dans les rues du Los Alamos où il y a environ 16'000 habitants. Nous rencontrons le premier temple ou la première église. En suite, le second temple. Dans l'autre rue, encore un temple ou une église. Nous continuons en les comptant. Nous arrivons finalement à onze temples ou églises pour les 16'000 habitants. Mario aurait pu me dire que les onze temples ou églises étaient chrétiennes, mais toutes d'une autre communauté.

A midi, nous étions à une petite terrasse sous un parasol. Dans ce restaurant, nous devions aller chercher le repas que nous préfererons. Mario m'a dit très tôt que ses fils choisissent en premier et que nous prendrons la même chose. Je me rappelle encore que nous avons pris un gobelet de Coca Cola d'un litre où les morceaux de glace qui faisaient la moitié. Les différents plats étaient en plastique fermé. C'était bien en 1978 où la mode de McDonald aux enfants existait déjà aux USA.

Un soir, Mario organise pour moi une « party » avec ses amis et collègues. Dix à quinze personnes devait être là. J'ai essayé mes conversations avec les personnes pour ne pas parler de physique. Peu de jours avant, le président des USA, JIMMY CARTER, avait réussi un accord-cadre sur la paix entre l'Égypte et Israël avec SADATE d'Égypte. Je trouvais que le sujet était de satisfaction pour tout américain. Alors, j'ai essayé avec l'un et avec l'autre. Mais, je parlais tout seul. Personne ne reprenait le sujet. Je devais ennuyer les personnes. Mario ne voulait pas que je parte avec les autres. Il m'a demandé de rester. Une fois le dernier était parti, Mario me demanda de dire ce qui ne passait pas. Il m'a dit qu'un américain ne parle jamais avec un autre de la politique. C'est plus général, un américain ne parle jamais à un autre s'il devait y avoir un risque que l'autre a une opinion qui n'est pas identique à lui. En politique, on est avec une masse d'un avis ou d'une autre masse d'un autre avis. Si ces personnes se rencontrent un à un, ils deviennent des ennemis. C'est ce que les américains veulent éviter. Les conversations entre les personnes doivent rester banales en Amérique.

De Los Alamos, je suis parti pour Los Angeles au CALTECH de Pasadena. Petr m'a reçu chez lui avec FÉLIX BOEHM et HANS FRAUENFELDER avec leurs épouses. Je rencontrais pour la première fois la femme de Petr, qui nous faisait le repas du soir. L'ambiance était la plus agréable. Après le repas, je me rappelle bien que j'étais au milieu, les trois hommes à gauche et les trois femmes à droite. Mes conversations avec le temps allaient toujours plus souvent à droite. Les femmes me posaient des questions et je répondais sans doute. Les conversations étaient de plus en plus dynamiques. Les femmes avaient aussi leurs opinions et elles cherchaient les miennes. Elles m'ont dit : *vous êtes bien un Européen et pas un Américain*. J'ai bien compris ce que Mario voulait me faire comprendre.

A San Francisco, j'étais logé chez BRUNO VAUCHER, le physicien du plasma à Fribourg qui faisait un stage de physicien. Je suis allé à Berkeley pour rencontrer CLYDE WIEGAND. Nous avons discuté de physique l'après-midi au soleil. J'ai réalisé que son âge devait être aux environs de soixante ans. Il a insisté pour que je vienne chez lui pour le repas. Après le repas, madame est partie. Au salon, nous discutons d'une chose et d'une autre. Il m'a dit qu'il était à Los Alamos lorsque la première

bombe nucléaire a explosé. Alors, je voudrais qu'il m'en parle. Il ne répondait pas à mes questions, où je ne demandais surtout pas de secret. Mais, ce devait être difficile pour lui. J'ai un peu insisté qu'il me dise ce qu'il avait vu de l'explosion de la bombe atomique. Il hésitait ou ne savait pas me dire. Après un long silence, il s'est levé. Il m'a dit qu'on ne devait pas voir la bombe atomique. On était derrière une petite colline. *Et alors, j'ai senti* : debout devant moi, il touche ses pantalons, toujours plus bas, il prend ses revers devants et les tourne à droite et à gauche et à droite etc. *C'était le vent que j'ai senti lorsque la bombe a explosé.* Je n'ai jamais oublié le seul souvenir qu'avait CLYDE WIEGAND de la participation à la construction atomique.

Les trois jours, du 27 au 30 septembre, j'étais à Vancouver pour le TRIUMF et surtout invité par mon ami MIKE PEARCE. Il m'a dit qu'il avait peut-être vu, il y a plus d'un mois, un SCHELLENBERG. Mike m'avait demandé de faire une séminaire : « Formation of exotic atoms : experimental results from muonic atoms ». Après le séminaire, il nous a conduit à Vancouver pour aller dans un restaurant chinois à la chinoise. Il m'a dit que Vancouver était la deuxième population chinoise après celle de San Francisco, qui m'avait profondément impressionné la même semaine. Mike m'a remercié que je voulais qu'il vienne à Fribourg, qu'il trouve la plus belle ville de Switzerland, et qu'il fasse partie de notre groupe au SIN.

Le début d'octobre, je partais de Vancouver pour Ottawa. Lorsque je suis sorti de l'hôtel, il faisait froid et l'atmosphère gelait. Le 2 octobre, je faisais un séminaire à 3:30 p.m. au « National Research Council ». Le matin CLIFF HARGROVE m'a pris avec sa voiture pour me montrer les feuilles rouges de l'érable, qui étaient le symbole du Canada. J'étais son invité le soir chez lui. Après le repas, madame était très occupé pour partir. Je pense que c'était comme avec l'épouse de CLYDE WIEGAND. Ces dames devaient s'ennuyer avec ces hommes de physiciens qui raisonnaient comme des scientifiques sans émotions. Nous avons discuté les deux des situations particulières du Canada. Je l'ai invité à Fribourg pour un séminaire s'il avait une occasion de venir au CERN ou au SIN.

A Fribourg, mes collègues, Jean, Lothar et Lukas, me trouvaient beaucoup trop jeune et je devais être inférieur à eux. Ils ont fait leurs études de physique dans l'Université de Bâle et de l'EPFZ à Zurich, des institutions bien supérieures à Fribourg. Après leurs doctorats, tous trois avaient été pour deux ans en Amérique pour faire leurs spécialités. Ils étaient des gens ouverts en Suisse et à l'étranger, alors que j'étais fribourgeois et que je ne devais jamais quitter Fribourg surtout, lorsque j'étais au CERN, j'avais mon appartement à Fribourg. Mais pour moi, j'étais devenu ce que j'étais.

Alors, pour essayer d'éviter d'être jaloux, ils se mettaient en valeur dans mon domaine. JEAN KERN ira en 1979 International Symposium à Upton aux USA pour parler de : *Exotic atoms and nuclear structure*. Lothar sera un mois avant moi au TRIUMF à Vancouver. Lukas ira l'an prochain d'abord à Los Alamos et ensuite à TRIUMF. Lothar et Lukas feront tout de suite partie d'un groupe de Vienne pour *Muon chemistry in hydrogen* [27].

Mes relations avec des êtres humains scientifiques du CERN, de l'URSS et de l'Amérique ont bousculé ma façon d'être à la Faculté des sciences à Fribourg. Les scientifiques de Fribourg m'ont dit que se sentaient tellement supérieurs aux autres Facultés que l'étudiant, qui ratait ses études scientifiques, serait forcément brillant dans les autres. Pour moi, il me manquait la philosophie ou surtout de se connaître soi-même.

Un jour en 1978, ma tâche exceptionnelle m'offrira ma sérénité. Par le Conseiller d'Etat de l'Instruction publique, j'ai eu la responsabilité du baccalauréat du Collège du Sud à Bulle, un Singinois en Gruyère, qui terminait la première fois ses deux dernières années de maturité. Je ne voyais par l'importance de ma responsabilité, mais je voulais que le collège soit à la bonne hauteur pour une maturité telle que je la voyais. Dès le départ, j'ai été voir fréquemment toutes les classes avec leurs branches et je parlais après leurs cours avec les professeurs de leur façon d'enseigner. Pour être sûr de ce que je voyais, j'ai eu le privilège d'aller voir des branches dans les autres collèges à la bonne hauteur. Dans les branches à examen, les experts extérieurs devaient à mon sens

venir de l'Université. Tous les professeurs y tenaient beaucoup. Les étudiants ont aussi particulièrement participé pour l'espoir d'une reconnaissance de la maturité suisse. A la fin des premiers examens, j'avais vu en sérénité que la commission fédérale a reconnu tous les cinq types de maturité.

Après cela, j'ai senti qu'on ne peut pas se connaître soi-même par les seules études en sciences naturelles, même si on ajoute la philosophie. On ne peut se connaître soi-même que par la culture générale avec des émotions.

## 7. Le début de l'hydrogène de Suisse

J'étais invité par GIANNI FIORENTINI et GABRIELE TORELLI au 2<sup>ème</sup> School of Physics of Exotic Atoms à Erice du 25 mars au 5 avril 1979 où ils m'ont demandé *a talk on New developments in the study of mesic chemistry*. Comme j'allais rencontrer Gabriele Torelli, il m'est venu une idée contre les jalousies qu'elles me faisaient souffrir.

Avant que notre groupe de recherche fasse une première expérience au SIN, Lothar m'avait dit que la chimie lui était trop compliquée. Il s'intéressait surtout à l'hydrogène exotique qui transportait le muon vers les autres gaz. Sa force était de vouloir rester le manipulateur du montage électronique. J'ai encore toujours honte d'avoir raté la collaboration avec SERGUEI POLIKANOV par P. G. HANSEN et G. TIBELL parce que j'avais pris l'initiative devant Lothar et Lukas. S'il veut rester le plus fort avec l'hydrogène muonique en interaction avec les gaz, il faut une personne qui sait bien ce qui s'y passe et s'intéresse tout autant, mais qui reste seule et n'a pas de collaborateurs. J'ai trouvé GABRIELE TORELLI s'il veut bien venir à Fribourg et parler sans moi à Lothar pour le persuader qu'il serait le premier de faire l'hydrogène avec les autres gaz au SIN.

Au semestre d'été 1979, nous avons une chance exceptionnelle d'avoir PETR VOGEL du CALTECH à Pasadena qui nous donnait un cours à Fribourg de deux heures par semaine et qui était payé très convenablement. Son auditoire l'avait beaucoup apprécié et lui aussi. Il m'a dit plus tard qu'à Fribourg c'était le plus merveilleux été dans sa mémoire et qu'il réalise que mon initiative et mes efforts ont fait tout ce qui était possible. CLIFF HARGROVE était venu pour faire une conférence de *Lepton Conservation Laws : A Search for a Multiplicative Laws* et Petr se sont rencontrés en présence de notre groupe de recherche à l'Institut de physique. A côté du cours, nous travaillions ensemble à un article sur *Electronic K X-ray energies in heavy muonic atoms* [28].

Lothar, Lukas et moi, nous pensions tous avec raison que G. FRICKE de Mayence nous considérait comme ses esclaves. Nous devions monter nos expériences au SIN le jeudi et il ne nous disait toujours rien des cibles des expériences. FRICKE avait largement assez d'argent pour la pureté des matériaux. Lui, bien sûr, et ses collaborateurs n'étaient pas capables de faire ou d'aider de faire les expériences. Tout dépendait de nous. J'ai demandé à Lothar et Lukas de dire à FRICKE sa manière de faire avec nous. Mais, ils hésitaient de lui dire sa façon d'être avec nous avec l'excuse qu'il avait des matériaux trop chers pour nous. Pourtant, nous souffrions tous de sa façon de ce comporter avec nous. Alors, il n'y avait que moi qui pouvais le lui dire. Un jour au SIN, j'étais seul dans un local avec FRICKE. Je lui ai dit que je n'appréciais pas du tout sa façon de nous traiter, de se voir tellement supérieur à nous, de nous négliger, de nous prendre pour ses ouvriers et même des esclaves. Je demande de nous traiter comme des égaux de lui-même. Mais, ça n'arrange rien. Lothar et Lukas n'auraient jamais dit ce que je lui reprochais. Ils avaient tout de suite peur de lui. Ils voulaient tout arranger avec calme. Au fond, tout ira bientôt mieux qu'avant. Maintenant, FRICKE avait trouvé un ennemi, qu'il ne connaissait pas, et nous n'y étions pour rien. J'étais devenu son ennemi, mais il ne pouvait pas me laisser complètement de côté. Dans ses publications, je ne serais plus un co-auteur chaque fois [29].

Mes invitations continuaient. J'ai cédé en 1980 au vice-directeur, Prof. D. KISS, où le JINR payera mes frais pour deux semaines, pour une conférence. J'ai retrouvé mes amis de toujours. Leonid

Ponomarev avait nouvellement un appartement à Moscou pour le revoir. Un jour, j'ai rencontré pendant plusieurs heures un groupe de Polonais qui avaient beaucoup de soucis en URSS et qui auraient voulu soutenir le « Solidarnosc » de LECH WALESZA et de faire comme lui. Malheureusement, je n'avais pas d'idées de les aider. Le G. YA. KORENMAN, que je connaissais bien par le Symposium à Doubna, a eu enfin le droit que je veuille bien donner un séminaire le 13 mars à l'Institut de Physique Nucléaire Théorique à son Université de Lomonossov, fondée par MIKHAÏL LOMONOSOV en 1755 à Moscou. Je me rappelle le côté dramatique de mon séminaire que leur projecteur a brûlé une partie de mes transparents.

En août, après avoir été au CALTECH de Pasadena, j'étais invité par l'Université du British Columbia à Vancouver pour une conférence du TRIUMF. J'ai eu un choc que mon ami MIKE PEARCE était mort la veille de mon arrivée. J'étais très triste pour son enterrement à Victoria. Quelques années plus tard, à mon énorme surprise, VALENTIN PETRUKHIN était décédé le jour de mon arrivé à l'aéroport de Moscou. Le lendemain, BASSAR SABIROV m'a pris pour que nous soyons des amis de Valentin en étant debout en face du public de la rue avec Valentin derrière nous.

GABRIELE TORELLI est venu au début de l'été. J'ai été le chercher à la gare et répéter ce que j'attendais de lui. Même si je le rencontrais en ville, je me suis montré très occupé. Il avait un rendez-vous avec Lothar où il lui avait dit sa préoccupation des expériences avec l'hydrogène et les gaz. En partant de Fribourg, Gabriele m'a dit qu'il voyait Lothar comme une personne très intéressée et que ça pouvait marcher.

Lothar devait être vraiment enthousiaste. Dès que possible, il engagea notre F. BIENZ pour sa thèse de doctorat où il aura l'hydrogène. Un week-end au SIN, où il n'y avait ni Lothar ni Lukas, la fenêtre a sauté. A l'atelier, personne n'était là pour nous aider. F. BIENZ et moi, nous étions perdus. Mais, GABRIELE TORELLI connaissait très bien les machines de l'atelier et il a reconstruit une fenêtre de récipient qui contenait l'hydrogène que j'ai eu longtemps chez moi à la maison.

Nous avons réussi la première expérience avec F. BIENZ : *Muon transfer rate from hydrogen to argon* [30] où Gabriele Torelli était un co-auteur. Un peu plus tard, F. BIENZ avait trouvé un autre poste, qu'il cherchait, et nous a quitté. Lothar n'engagerait plus personne pour le remplacer. En fait, il refusait de se rendre compte qu'il avait besoin d'un patron comme moi. Comme toujours, il préférait être le second de G. FRICKE et aussi le second de W. H. BREUNLICH du groupe viennois, mais refusait totalement d'être mon second. Lukas voulait être le second de Lothar comme il aimait d'être le second de JEAN KERN, lorsqu'il venait de Bâle. Lothar était satisfait d'être le premier de Lukas. Mais, j'avais de la peine à comprendre qu'ils ne voulaient pas être responsables, mais qu'ils voulaient y croire.

Mais à ma grande surprise, lorsque Lothar ne voulait plus être le responsable des expériences de l'hydrogène et des gaz, C. PETITJEAN a trouvé deux collaborateurs Lukas et Lothar. CLAUDE PETITJEAN de Bâle, que je connaissais déjà depuis quinze ans, préférait aussi d'être le second de quelqu'un. Il avait trouvé P. DAVID chez les allemands du nord-ouest, peut-être de Bonn. Mais ma grande surprise n'était pas cela. Les trois collaborateurs, Claude, Lukas et Lothar, faisaient des expériences de *Pionic and muonic X-ray studies of  $^{237}\text{Np}$* , sous les ordres de J. KONIJN d'Amsterdam, de T. KROGULSKI du JINR et du SERGUEI POLIKANOV [31]. Lukas et Lothar ne m'ont jamais parlé d'une fission induite par les muons et ne se sont probablement jamais rendu compte pendant dix ans que le patron du groupe de vingt-cinq collaborateurs était Serguei Polikanov.

A cette époque, j'avais le titre de professeur assistant comme mes trois collègues. J'aimais beaucoup m'occuper des étudiants, que je sois assistant ou non. Mes trois collègues donnaient chacun un cours depuis plus de huit ans. Comme je voulais aussi commencer un cours, j'ai demandé à Lothar et à Lukas s'ils me permettraient de venir voir leurs cours un jour dans l'auditoire avec les étudiants. Leurs refus étaient catégoriques et définitifs.



Leurs cours étaient comme les cours de JEAN KERN, de OTTO HUBER, de ANDRÉ HOURIET et souvent dans d'autres universités et dans les Ecoles Hautes. Lorsque je faisais les répétitions en assistant, OTTO HUBER m'avait avoué sans problème, qu'il disait des choses qu'il ne comprenait pas, mais que l'étudiant doit apprendre par cœur ou croire, il comprendra plus tard. J'avais vu les mêmes problèmes chez ANDRÉ HOURIET, de JEAN KERN et à l'EPFZ. Pour faire mon cours, j'avais demandé les notes de trois professeurs à Genève, à Zurich et à l'EPFZ. Les notes de Genève et de Zurich me convenaient très bien, mais celles de l'EPFZ se cachaient dans les profondes mathématiques pour que les étudiants ne comprennent pas la physique.

Au début de mon premier cours, j'ai été très surpris de voir autant de personnes dans le petit auditoire de physique théorique en haut à droite. Les personnes présentes n'avaient jamais entendu dans un cours sur les particules élémentaires. La deuxième semaine, il y avait autant de personnes dans l'auditoire. Elles, même les assistants en physique, m'ont fait la remarque qu'elles y comprennent tout dès le départ, alors que les particules devraient être très compliquées et difficiles. A ma surprise, à la fin du mois de novembre, à peu près la moitié des personnes n'étaient plus dans l'auditoire. Peut-être JEAN KERN et ANDRÉ HOURIET ne voulaient plus que leurs assistants soient à mon cours.

Lorsque OTTO HUBER a pris sa retraite, je donnais son cours aux étudiants en médecine et en biologie du premier semestre. Chaque année, les deux à trois premières semaines de cours, je devais sentir les étudiants tels qu'ils étaient. J'aimais beaucoup mieux mes étudiants que moi-même. Pour enseigner, je dominais suffisamment bien la matière, mais j'avais besoin d'émotions dans la salle pour atteindre la compréhension des étudiants. Pour illustrer à propos de la matière, je faisais les expériences que tout le monde les voient et provoquaient des réactions émues de l'auditoire. J'avais horreur de l'abstraction et je devais avoir conscience d'être concret avant tout. Il m'arrivait de temps en temps de faire des erreurs. Alors, je me moquais devant le public de moi-même, qui leur donnait le sourire et même souvent le rire.

Pourquoi mes étudiants en médecine étaient aussi enthousiastes pour mes cours de physique ? Lorsque je les croise dans les rues, vingt années après, leurs sourires sur leurs visages m'émeuvent toujours d'autant de joies et de plaisirs que je leur dois.

Après six ou sept ans de mon *modèle de molécule mésique*, j'ai eu l'occasion de rencontrer DESZÖ HORVATH, que j'ai connu au JINR, qui essayait de faire mieux que moi, comme il m'a dit. Il m'a montré sur des graphiques ses différentes approches qu'il avait tentées. Mais, il m'a dit qu'il renonçait définitivement à faire mieux. DESZÖ HORVATH revenait du TRIUMF à Vancouver où il avait rencontré RICHARD LAMBRECHT. A eux deux, ils avaient fait la bibliographie des atomes exotiques. Deszö m'a dit qu'il était fier et admiratif que je sois de loin le plus populaire en atomes exotiques.

Comme Lothar avait abandonné le muon pour l'hydrogène et les gaz, j'ai repris mon enthousiasme avec ROLAND JACOT-GUILLARMOD en 1984. Roland a eu dans les cibles  $H_2 + Z$  ordinaires des surprises inimaginables par rapport aux deux groupes italien et allemand. En 1988, FRANÇOISE MULHAUSER avec un gaz à deux atomes  $H_2 + SO_2$  a trouvé un problème inattendu. Nous avons eu une grande surprise avec l'oxygène, une surprise extraordinaire où nous n'avions plus de réponse. Nous estimions que nous devons faire d'autres expériences dans l'espoir de comprendre. La majorité du Comité de PSI étaient des expérimentateurs. Leur prescription était d'avoir d'abord la théorie pour justifier les expériences. Les théoriciens comme S. S. GERSHTEIN et LEONID PONOMAREV trouvaient qu'il fallait d'abord des expériences pour trouver une théorie. Ce n'était pas la première fois que je voyais la contradiction. Les révélations, que nous avons eues en peu d'années, ont fait que nous avons de nouveaux amis et, bien sûrs, des exclusifs trop prudents qui devenaient s'ajouter aux ennemis ou aux jaloux. Après leurs thèses de doctorat, Roland et Françoise sont allés l'un après l'autre au TRIUMF à Vancouver pour une année. Les docteurs YVES-ALEXANDRE THALMANN et ANDREAS WERTHMÜLLER sont devenus des gens exceptionnels par ce

qu'ils font aujourd'hui. Yves-Alexandre, que j'admire beaucoup, a largement dépassé les sciences de la nature et a certainement fait mieux que moi la seconde trouvaille. Ces quatre derniers personnages pourraient révéler nos surprises avec le muon pour l'hydrogène et les gaz pendant les douze années.

En 1993, un quart de siècle après mon début de recherche au CERN, un de mes collègues, professeur de chimie à la Faculté des sciences, que je croisais de temps en temps, vient vers moi avec un sourire ambigu pour me dire de façon étonnée que « vous faites subitement aussi de la recherche ». Mes jaloux avaient eu beaucoup d'ambition pendant un quart de siècle et ils ont finalement cédé. A mes 55 ans, le professeur de chimie savait la première fois que j'existais dans le rapport du recteur de l'Université, que je n'avais jamais demandé. Le modèle des molécules mésiques était le centre de mes activités professionnelles de recherche. Mes activités d'avant et d'après peuvent se trouver dans le volume 99 (2010) du Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles.

P. S.: Je demande aux lecteurs de bien vouloir me pardonner mes conneries.

## References

1. H. SCHNEUWLY, L. SCHELLENBERG, O. HUBER und W. LINDT, *Helv. Phys. Acta* **42** (1969), 743
2. R. LINK, H. BACKE, R. ENGFER, L. FLURI, R. MICHAELSEN, C. PETITJEAN, H. SCHNEUWLY and H.K. WALTER, *Phys. Letters* **37B** (1971), 50
3. H.K. WALTER, H. BACKE, R. ENGFER, E. KANKELEIT, C. PETITJEAN, H. SCHNEUWLY and W.U. SCHRÖDER, *Phys. Letters* **38B** (1972), 64
4. H.K. WALTER, J.L. VUILLEUMIER, H. BACKE, F. BOEHM, R. ENGFER, A.H. v.GUNTEN, R. LINK, R. MICHAELSEN, C. PETITJEAN, L. SCHELLENBERG, H. SCHNEUWLY, W.U. SCHRÖDER and A. ZEHNDER, *Phys. Letters* **40B** (1972), 197
5. H. BACKE, R. ENGFER, U. JAHNKE, E. KANKELEIT, R.M. PEARCE, C. PETITJEAN, L. SCHELLENBERG, H. SCHNEUWLY, W.U. SCHRÖDER, H.K. WALTER and A. ZEHNDER, *Nucl. Phys.* **A189** (1972), 472
6. H. SCHNEUWLY, L. SCHELLENBERG, H. BACKE, R. ENGFER, U. JAHNKE, K.H. LINDENBERGER, R.M. PEARCE, C. PETITJEAN, W.U. SCHRÖDER, H.K. WALTER and A. ZEHNDER, *NUCL. PHYS.* **A196** (1972), 452
7. S.S. GERSHTEIN, V.I. PETRUKHIN, L.I. PONOMAREV and YU.D. PROKOSHKIN, *Uspekhi Fiz. Nauk.* **97** (1969), 3 (English Sov. Phys. *Uspekhi* **12** (1970), 1)
8. V.G. ZINOV, A.D. KONIN and A.I. MUKHIN, *Sov. J. Nucl. Phys.* **2** (1966), 613
9. J.S. BAUAL, J.A. DIAZ, S.N. KAPLAN and R.V. PYLE, *Nuovo Cimento* **30** (1963), 712
10. V.G. ZINOV, A.D. KONIN, A.I. MUKHIN and R.V. POLYAKOVA, *Sov. J. Nucl. Phys.* **5** (1967), 420
11. A.D. KONIN, V.N. POKROVSKY, L.I. PONOMAREV, H. SCHNEUWLY, V.G. ZINOV and I.A. YUTLANDOV, *Phys. Letters* **50A** (1974), 57
12. R. ARLT, DZ. GANSORIG, T. KROGULSKI, H.G. ORTLEPP, S.M. POLIKANOV, B.M. SABIROV, W.D. FROMM, U. SCHMIDT, H. SCHNEUWLY and R. ENGFER, *ZhETF Pis. Red.* **20** (1974), 635 (English translation: *JETP Lett.* **20** (1974), 291)
13. W.D. FROMM, DZ. GANSORIG, T. KROGULSKI, H.G. ORTLEPP, S.M. POLIKANOV, B.M. SABIROV, U. SCHMIDT, R. ARLT, R. ENGFER and H. SCHNEUWLY, *Phys. Letters* **55B** (1975), 377
14. K. ANDERT, R. ENGFER, H. HAUPT, V.S. EVSEEV, H.G. ORTLEPP, V.S. ROGANOV, B.M. SABIROV and H. SCHNEUWLY, *Contr. to the 6<sup>th</sup> Int. Conf. High Energy Physics and Nuclear Structure, Santa Fé and Los Alamos (USA), June 9-14, 1975*, p. 155
15. T. DUBLER, R. ENGFER, F.J. HARTMANN, K. KÄSER, W. LINDT, B. ROBERT-TISSOT, L.A. SCHALLER, L. SCHELLENBERG und H. SCHNEUWLY, *Helv. Phys. Acta* **48** (1975), 519
16. T. DUBLER, R. ENGFER, G. FRICKE, G. GLÜCKERT, K. KÄSER, R. ROBERT-TISSOT, L.A. SCHALLER, L. SCHELLENBERG, B. SHERA, H. SCHNEUWLY and H.K. WALTER, *SIN Physics Report* **1** (1976), 55
17. T. DUBLER, K. KÄSER, B. ROBERT-TISSOT, L.A. SCHALLER, L. SCHELLENBERG and H. SCHNEUWLY, *Phys. Letters* **57A** (1976), 325
18. H. DANIEL, *Phys. Rev. Lett.* **35** (1975), 1649
19. P. VOGEL, P.K. HAFF, V. AKYLAS and A. WINTHER, *Nucl. Phys.* **A254** (1975), 445
20. Z.V. KRUMSHTEIN, V.I. PETRUKHIN, L.I. PONOMAREV and YU.D. PROKOSHKIN, *Sov. Phys. JETP* **27** (1968), 906
21. L. PAULING, *The Nature of the Chemical Bond and the Structure of Molecules and Crystals*, Cornell University Press (1960)
22. H. SCHNEUWLY, IN: G. FIORENTINI and G. TORELLI (eds.), *Exotic Atoms*, First Course of the Int. School on Exotic Atoms, Erice, Italy, 1977, Pisa, pp. 255-354

23. H. SCHNEUWLY, In: V.N. Pokrovsky (ed.), *Mesons in Matter*, Proc. Int. Symp. On Meson Chemistry and Mesomoleclar Processes in Matter (Dubna, OSSR, 1977), JINR-D-10908, Dubna, pp. 86-102
24. T. DUBLER, K. KAESER, B. ROBERT-TISSOT, L.A. SCHALLER, L. SCHELLENBERG and H. SCHNEUWLY, In: V.N. Pokrovsky (ed.), *Mesons in Matter*, Proc. Int. Symp. On Meson Chemistry and Mesomoleclar Processes in Matter (Dubna, USSR, 1977), JINR-D-10908, Dubna, pp. 146-149
25. H. SCHNEUWLY, V.N. POKROVSKY and L.I. PONOMAREV, Nucl. Phys., A312 (1978), 419
26. J.D. KNIGHT, C.J. ORTH, M.E. SCHILLACI, R.A. NAUMANN, F.J. HARTMANN, J.J. REIDY and H. SCHNEUWLY, Phys. Lett., A79 (1980), 377
27. H.G. MAHLER, W.H. BERTL, W.H. BREUNLICH, P. KAMMEL, W.L. REITER, C. PETITJEAN, L.A. SCHALLER, L. SCHELLENBERG and W.J. KOSSLER, Proc. 8. Intern. Conf. High-Energy Phys. Nucl. Struct., Vancouver, Canada, 1979, Abstracts p. 19
28. H. SCHNEUWLY and P. VOGEL, Phys. Rev., A22 (1980), 2081
29. H.J. EMRICH, G. FRICKE, M.V. HOEHN, K. KAESER, M. MALLOT, H. MISKA, B. ROBERT-TISSOT, D. RYCHEL, L.A. SCHALLER and L. SCHELLENBERG, Proc. 4. Intern. Conf. on Nuclei Far from Stability, Helsingor, Denmark, 1981, pp. 33-41
30. P. BERGEM, F. BIENZ, M. BOSCHUNG, R. JACOT-GUILLARMOD, G. PILLER, L. A. SCHALLER, L. SCHELLENBERG, H. SCHNEUWLY, D. SIRADOVIC and G. TORELLI, PANIC X, Heidelberg (1984), p. 19
31. J.F.M. D'ACHARD VAN ENSCHUT, P. DAVID, W. DUINKER, C. GUGLER, J. HARTFIEL, H. JANZEN, J. KONIJN, T. KROGULSKI, C.T.A.M. DE LAAT, T. MAYER-KUCKUK, R. VON MUTIUS, C. PETITJEAN, S. POLIKANOV, H. REIST, L.A. SCHALLER and L. SCHELLENBERG, PANIC X, Heidelberg (1984), p. 7

# Hartsandsteinbrüche für Pflastersteine des Kantons Freiburg

MARINO MAGGETTI<sup>1</sup>, MAURIZIO MAGGETTI<sup>2</sup>, JESSICA CHIAVERINI<sup>3</sup> und VINCENT SERNEELS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departement für Geowissenschaften, Universität, CH-1700 Freiburg

<sup>2</sup> Institut für Föderalismus, Universität, CH-1763 Granges-Paccot

<sup>3</sup> CEMEX Research Group AG, CH-2555 Brügg

## Zusammenfassung

*Ein für die Pflasterstein-Herstellung geeignetes Gestein sollte folgende Eigenschaften besitzen: hohe Druckfestigkeit, geringe Sprödigkeit, grosse Zähigkeit, hohe Abnutzungsresistenz, geringe Porosität, raue Oberfläche und hohe Wetterbeständigkeit. Derartige Voraussetzungen sind nur bei wenigen Gesteinstypen gegeben. Im Kanton Freiburg werden seit Jahrzehnten Sandsteine aus der subalpinen Molasse und aus der Gurnigeldecke (Flysch) verwendet, um daraus Pflastersteine herzustellen. Ihre hohe Zähigkeit ist auf den hohen Gehalt an Matrix-Kalzit zurückzuführen. Mittels Studium der Archivalien, der Literatur und eingehender Gelände-prospektion konnten 35 ehemalige Steinbrüche lokalisiert werden, von denen einer noch in Betrieb ist. Die verschiedenen Sandsteine wurden mittels 62 Dünnschliffen und je 29 diffraktometrischen Phasenanalysen und chemischen Analysen charakterisiert. Mono- und polykristalliner Quarz ist mit 50-60 Vol. % Hauptbestandteil der Sandsteine. Die Sandsteine der subalpinen Molasse enthalten reichlich Dolomit-Fragmente, diejenigen des Flysches Bioklaste (Fossilien: Algen und Foraminiferen). Diffraktometrische Untersuchungen bestätigten das Vorhandensein des Minerals Dolomit in den Sandsteinen der subalpinen Molasse und dessen Abwesenheit in den Flysch-Sandsteinen. Die Gehalte an MgO, Cr und Ni sind in den Sandsteinen der subalpinen Molasse signifikant höher. Die chemische Differenzierung beider Sandsteintypen wird mit multivariaten Analysen, wie z.B. die Clusteranalyse, bestätigt. Beide Sandsteintypen können demnach mit naturwissenschaftlichen Kriterien gut auseinandergelassen werden. Diejenigen der subalpinen Molasse wurden in der Zeitspanne von ca. 1850 bis ca. 1930, diejenigen des Flysches vorwiegend ab ca. 1920 bis heute abgebaut. Zwei Gründe sind für diesen Wechsel verantwortlich: (1) Die höhere Druckfestigkeit der Flysch-Sandsteine (2'000-2'500 kg/cm<sup>2</sup>) im Vergleich zu derjenigen der subalpinen Molasse-Sandsteine (1'600-1'800 kg/cm<sup>2</sup>) und (2) der Bau neuer Strassen in den Flyschregionen, welche den Zugang zu den Steinbrüchen sehr erleichterten. Die Grunigeldecke hat ein enormes Potential für die Pflasterstein-Produktion, denn die Flysch-Sandsteine haben hervorragende technische Eigenschaften und ihre Reserven sind sehr gross.*

## Résumé

*Une pierre, pour servir à confectionner des pavés, doit remplir plusieurs conditions: forte résistance à la compression, faible friabilité, forte ténacité, faible abrasion, très faible porosité, surface rugueuse et forte résistance à l'érosion. Ces conditions ne sont remplies que par quelques types de roche. Dans le canton de Fribourg, deux grès ont été utilisés depuis des décennies pour en faire des pavés. Il s'agit des grès de la Molasse subalpine et de la nappe du Gurnigel (Flysch). Les deux ont une forte ténacité grâce à leur matrice riche en calcite. L'étude détaillée des documents écrits dans les archives, de la littérature et une prospection minutieuse dans le terrain ont livré l'existence de 35 anciennes carrières dans le canton de Fribourg, dont une toujours en activité de nos jours. L'étude scientifique comprenait l'analyse microscopique de 62 lames minces ainsi que 29 analyses diffractométriques et chimiques. Le quartz mono- ou polycristallin est le constituant principal des grès, totalisant à peu près 50 à 60 % vol.. Les grès de la Molasse subalpine se caractérisent entre autres par une teneur marquée en fragments dolomitiques, ceux du Flysch p.ex.*

*par leur contenu en bioclastes (fossiles : algues et foraminifères). La présence ou l'absence de dolomite dans la Molasse resp. dans le Flysch est confirmé par l'analyse diffractométrique. Les grès de la Molasse subalpine sont, du point de vue chimique, plus riches en MgO et Cr+Ni que ceux du Flysch de la nappe du Gurnigel. L'analyse de grappe corrobore cette différence. Les résultats des analyses scientifiques forment un argumentaire solide pour différencier aisément les deux types de grès. Du point de vue historique, la Molasse subalpine fût utilisée pour la confection de pavés depuis ca.1850 jusqu'à ca.1930, les grès du Flysch surtout depuis ca. 1920 jusqu'à l'heure actuelle. Les raisons pour ce changement sont: (1) la plus forte résistance à la compression des grès du Flysch (2'000-2'500 kg/cm<sup>2</sup>) par rapport à ceux de la Molasse subalpine (1'600-1'800 kg/cm<sup>2</sup>) et (2) la construction de nouvelles routes dans la région du Flysch au début du 20<sup>e</sup> siècle, permettant l'accès des camions aux carrières. La région de la nappe du Gurnigel constitue un énorme potentiel pour l'industrie des pavés, car les grès du Flysch ont d'excellentes qualités techniques et leurs réserves sont très grandes.*

### **Abstract**

*Good quality paving stones require the following properties: high pressure resistance, low brittleness, high tenacity, low abrasion, very low porosity, rough surface and high resistance to weathering. Few rock types meet all these criteria and in the case of the canton of Fribourg, there are only two that have been widely quarried as paving stones historically. These include sandstones from the subalpine Molasse and from the Gurnigel nappe's Flysch. Both have high tenacity due to the presence of large amounts of calcite in their matrix. A thorough study of written documents in the archives and the literature, followed by a detailed field prospection, lead to the identification of 35 ancient quarries in the Canton of Fribourg, with only one of them still operating. The scientific analyses included microscopic work on 62 thin sections, 29 X-ray diffractometric as well as 29 chemical analyses. Petrographically, both sandstones contain 50-60 vol. % of monocristalline and polycristalline quartz fragments as major constituent. The sandstones from the subalpine Molasse are characterized e.g. by a marked content of dolomitic clasts, the one from the Flysch area by a high amount of organoclasts (fossils: algae and foraminifera). The presence or absence of dolomite in the Molasse resp. the Flysch specimens was corroborated by the diffractometric analysis. Chemically, the Molasse sandstones are richer in MgO, Cr + Ni than the Flysch samples. Both can be differentiated by a multivariate cluster analysis. All these peculiarities can be used to differentiate both provenances. From a historical point of view, the subalpine Molasse sandstones were quarried for paving stones between approximately 1850 and 1930 and the Flysch sandstones in her majority from approximately 1920 until the present day. The reasons for this change are: (1) the higher compressive strength of the Flysch sandstones (2'000-2'500 kg/cm<sup>2</sup>) compared to the subalpine Molasse sandstones (1'600-1'800 kg/cm<sup>2</sup>) and (2) the construction of new roads in the Flysch region at the beginning of the 20<sup>th</sup> century, which allowed truck access to the Flysch quarries. Due to the high quality of the sandstones and the enormous resources, the Flysch area shows a great potential for paving stone quarrying in the near future.*

## **1. Einführung und Problemstellung**

Eine kursorische Begehung der gepflasterten Strassen und Plätze der Stadt Freiburg zeigt dem geübten Geologen-Auge sehr schnell, dass deren Belag mehrheitlich aus resistenten Sandsteinpflastern besteht. Dies wurde durch eine detaillierte petrographische Analyse bestätigt (CHIAVERINI & MAGGETTI 2012). In morphologischer Hinsicht handelt es sich dabei um mehr oder weniger quadratische Pflastersteine, die in Steinbrüchen aus gebrochenem Material gefertigt wurden. Auch Flussgerölle aus der Ärgera, der Saane oder der Sense konnten zu Pflastersteinen zugehauen werden, wie dies GILLIÉRON (1885) beschreibt: „Ce sont les matériaux erratiques qui fournissent les pavés des villes. La Gérine et la Sense charrient d'assez gros fragments de grès du flysch, pour qu'on en puisse tailler des bordures de trottoir et d'excellentes pierres à paver de forme



régulière.“. Derartige Pflastersteine sind aber noch an einer originalen rundlichen Seite zu erkennen und kommen in der Stadt Freiburg, mit Ausnahme des grossen Platzes der *Oberen Matte (Planche Supérieure)*, wenig vor (CHIAVERINI & MAGGETTI 2012). Da der Kanton Freiburg reich an Sandsteinvorkommen ist, stellt sich die Frage, ob sich diese für die Pflasterstein-Herstellung überhaupt eignen? Oder mussten die Pflastersteine gar aus anderen Kantonen bezogen werden? Zur Beantwortung solcher Fragen war daher zu klären:

(1) Können mit der Kombination historischer, geologischer und naturwissenschaftlich-analytischer Argumente stichhaltige Hinweise gewonnen werden, um die für die Pflasterstein-Herstellung geeigneten Steinbrüche im Kanton Freiburg lokalisieren zu können, von denen die Stadt ihr Material bezog?

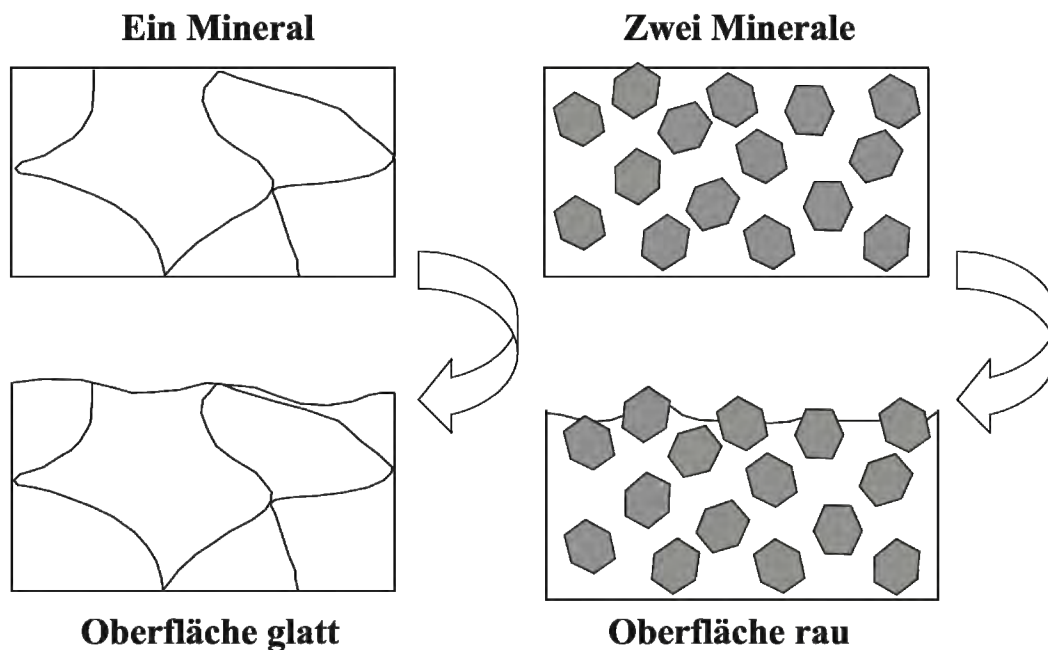
(2) Wenn ja, können die Pflästerungsarbeiten zeitlich eingegrenzt werden?

## 2. Eigenschaften eines guten Pflastersteins

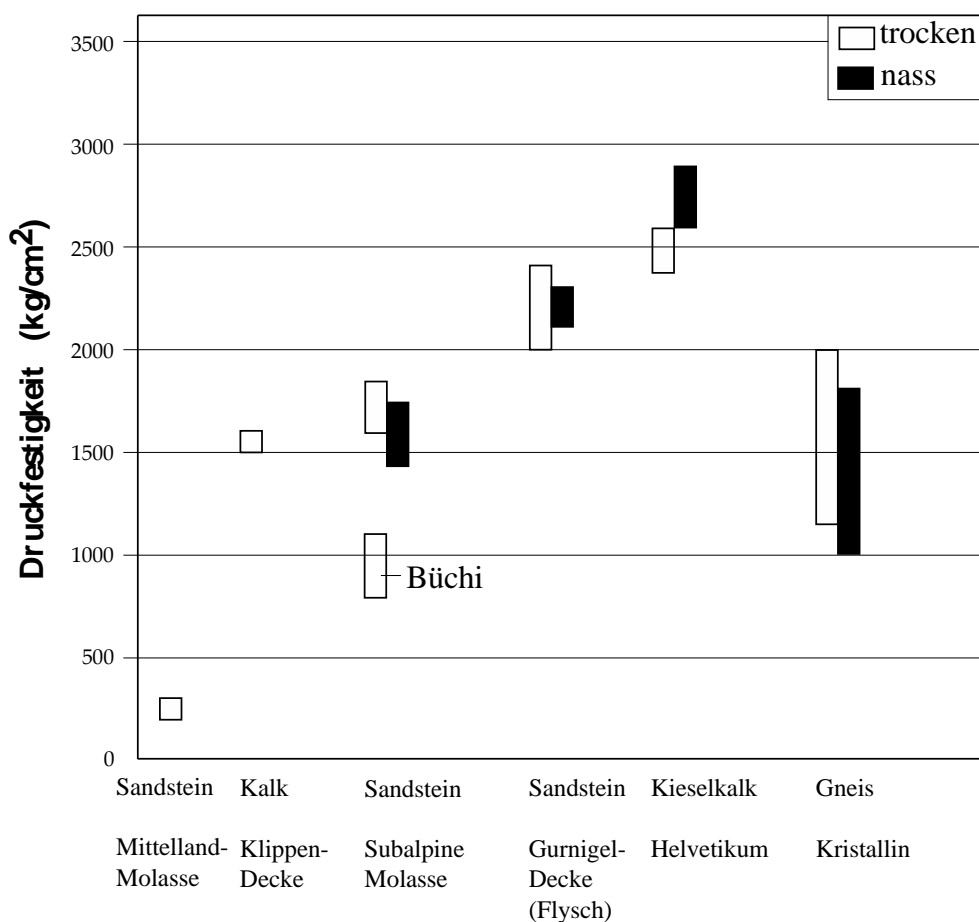
Die Beanspruchung einer gepflästerten Strasse durch den Verkehr verlangt nach einem hochqualifizierten Gesteinsmaterial, das der oberflächlichen Abnutzung und der damit verbundenen Staubbildung widersteht. Laut NIGGLI (1925) werden von einem Pflasterstein folgende Eigenschaften verlangt:

- „
1. Das Gestein muss eine relativ *grosse Druckfestigkeit* besitzen.
  2. Es darf *nicht spröde* sein und muss gegen Schlag relativ fest sein.
  3. Es muss eine *grosse Zähigkeit* besitzen, auch müssen die Kanten scharf bleiben.
  4. Es muss ein sogenanntes *Hartgestein* sein, das sich langsam abnutzt und das fest und gleichmässig verbunden ist.
  5. Die *Abnutzung* muss eine *gleichmässige, raue Oberfläche* erzeugen, damit das Pflaster bei nasser Witterung nicht glatt und schlüpfrig wird. Je steiler die Strasse, umso rauer das Pflaster.
  6. Das Gestein darf *keine* einigermaßen erhebliche *Porosität* besitzen, weil Wasser und Strassenschmutz nicht aufgesaugt werden dürfen und die *Frostbeständigkeit* gross sein muss.
  7. Das Gestein muss *wetterbeständig* sein, insbesondere darf es nicht im bereits in Verwitterung begriffenen Zustand zur Verwendung kommen.
  8. Der durch Abnutzung und eventuell Verwitterung entstehende *Staub* darf *nicht* zu einer zähen Schlammmasse *verkleben*.,,

Ein guter Pflasterstein besteht aus wetterbeständigen, harten Mineralien, beispielsweise Quarz mit der Mohs'schen Härte 6, neben Mineralien mittlerer bis niedriger Härte, beispielsweise Kalzit der Mohs'schen Härte 3. Letztere sollten weniger wetterbeständig sein, damit durch ihr Verschwinden die Abnutzungsfläche rau bleibt (Abb. 1). Das Kalziumkarbonat Kalzit ist löslich, ohne Bildung einer klebrigen Staubmasse bei Wasserzutritt. Gesteine mit der Kombination Quarz + Kalzit bilden daher, falls die Kornbindung gut und die Korngrösse relativ klein ist, ausgezeichnete Pflastersteine.



**Abb. 1:** Die Abnutzung eines mono-mineralischen Pflastersteins ergibt eine glatte Oberfläche (links im Bilde), diejenige eines bi-mineralischen Pflastersteins mit einem harten (grau, z. B. Quarz) und einem weicheren Mineral (weiss, z. B. Kalzit) eine raue Oberfläche (rechts im Bild).



**Abb. 2:** Druckfestigkeiten verschiedener schweizerischer Gesteine. Die entsprechende Literatur ist im Text zitiert. Büchi = BÜCHI (1930).

In der Praxis sollte ein für die Herstellung von Pflastersteinen geeignetes Gestein eine sehr gute Frostbeständigkeit mit einem guten Abriebverhalten und vor allem mit einer hohen Druckfestigkeit kombinieren. Letztere darf in trockenem und nassem Zustand nicht wesentlich unter 2'000 kg/cm<sup>2</sup> liegen (BECK 1926b). In der Schweiz und nördlich der Zentralpen wird diese Anforderung nur von wenigen Gesteinen erfüllt – vor allem von Kieselkalken des Hauterivien (Untere Kreide) und von Sandsteinen des ultrahelvetischen, tertiären Flysches (NIGGLI et al. 1915a, BECK 1926a, b, NIGGLI & LETSCH 1927, BÜCHI 1930, DE QUERVAIN & GSCHWIND 1934, STAHEL 1968, DE QUERVAIN 1969, KÜNDIG et al. 1997), s. Abb. 2. Neben den genannten materialspezifischen Kriterien müssen noch weitere berücksichtigt werden. So sollte der Gewinnungsort gut erreichbar, der Abbau ohne grössere Probleme möglich und die Herstellung der Pflastersteine relativ einfach sein.

### 3. Für Pflastersteine geeignete Gesteinsvorkommen im Kanton Freiburg

Der Kanton Freiburg besteht aus vier tektonischen Einheiten: Mittelland-Molasse, subalpine Molasse, Gurnigeldecke (Flysch) und Klippendecke (Abb. 3). Beide Molasse-Typen und die Gurnigeldecke sind reich an Sandsteinen, im Gegensatz zur kalkreichen Klippendecke. In der subalpinen Molasse und der Gurnigeldecke konnten auf Grund der Literatur (Auswerter: Erst- und Zweitautor), den Archivalien (Auswerter: Zweitautor) und Prospektion im Gelände (s. weiter unten), die Standorte von 35 Sandstein-Brüchen nachgewiesen werden (Abb. 3, Tab. 1). Von einigen dieser Abbaustellen ist eine Pflastersteinproduktion gesichert. Daneben gibt es aber auch unzählige kleinere Abbaustellen, die vorwiegend lokalen Bedürfnissen dienen.

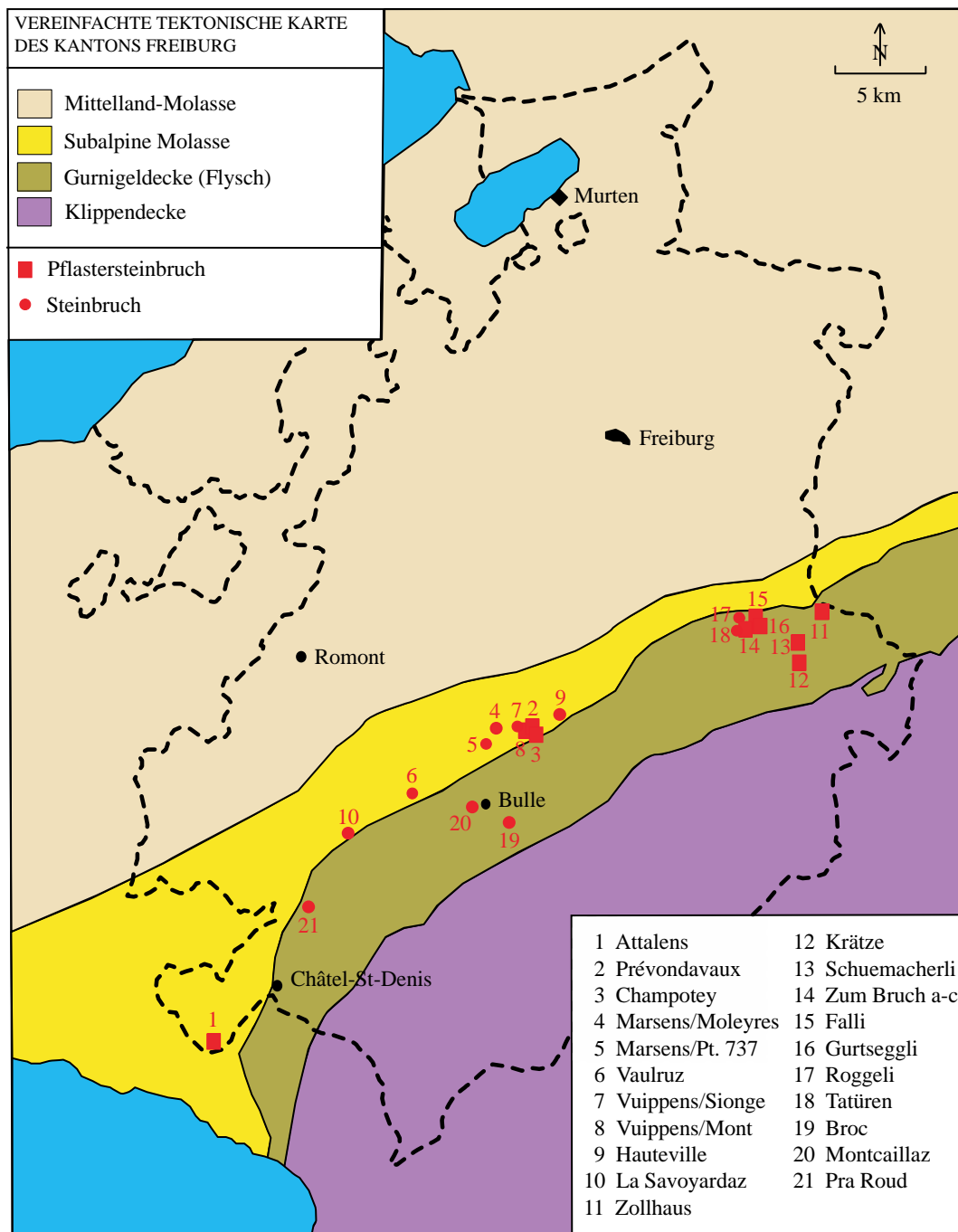
#### 3.1 Die Steinbrüche in der subalpinen Molasse

Die subalpine Molasse wird unterteilt in die jüngere *Untere Süsswassermolasse USM* (Oberes Oligozän bis unteres Miozän) und die ältere *Untere Meeresmolasse UMM* (unteres bis mittleres Oligozän).

##### 3.1.1 Die Steinbrüche in der Unteren Süsswassermolasse USM (Region Attalens)

Die vielen kleinen Abbaustellen und grösseren Steinbrüche des *Grès d'Attalens* oder *Grès de Jogny* (Tab. 1) befinden sich in der sog. *Molasse rouge de la Veveyse* (Unteres Chattien, Geologische Zeitskala 30.0 – 23.7 Mio. Jahre; MORNOD 1949, WEIDMANN et al. 1982, WEIDMANN 1993).

Laut MEISTER et al. (1884) waren die Steinbrüche um **Attalens** im Jahre 1880 seit längerem im Betrieb. Ein ehemaliger und zwei aktive Steinbrüche figurieren auf der Karte von WEBER & BROSI (1883). DE GIRARD (1896) nennt vier Abbaustellen um Attalens und viele kleinere, nicht genau lokalisierbare bei Bossonnens, Granges und Remaufens. Auf der Karte 1:25'000 von GAGNEBIN (1922) sind elf Steinbrüche eingetragen, was die Bedeutung des Sandsteins für die Veveyse unterstreicht. Die Unterscheidung der häufigen natürlichen Sandsteinausbissen von in Betrieb genommenen Steinbrüchen ist auf den Blättern 454 Oron und 456 Chardonne der Siegfriedkarte 1:25'000 ein schwieriges Unterfangen. Der Steinbruch *Grande Fin* fehlt in der Erstausgabe 1891 von Blatt Nr. 456, erscheint dann ab Revision 1905 bis zu derjenigen von 1949. Der bei Stilllegung grösste Steinbruch *La Reyresse* nahm 1908 mit zehn Arbeitern die Aktivität auf (NIGGLI et al. 1915a), hatte aber 1967 nur noch eine geringe Aktivität (MOSER 1970). Dieser Bruch fehlt auf der Revision 1905, ist aber auf den Revisionen 1912, 1921, 1933 und 1949 von Blatt Nr. 456 Chardonne der Siegfriedkarte 1:25'000 markiert. Die Brüche wurden ab den 1920er Jahren aufgegeben und teilweise zugeschüttet. GSCHWIND et al. (1936) verzeichnen auf ihrer Karte 1:200'000 nur noch vier aufgelassene Steinbrüche, während auf der Karte 1:25'000 von WEIDMANN et al. (1993) sechs aufgelassene Brüche eingetragen sind, wovon einer mit episodischer Aktivität. Ein weiterer figuriert NNE des Dorfes Granges und ein anderer aufgelassener Bruch westlich Bossonnens. Laut schriftlicher Mitteilung von G. PAPI (Service cantonal des constructions et de



**Abb. 3:** Vereinfachte tektonische Karte des Kantons Freiburg (nach SPICHER 1972). Eingetragen sind die Hartsandsteinbrüche in der subalpinen Molasse und im Flysch. Unter Attalens sind elf und unter Vaulruz drei Brüche zusammengefasst.

l'aménagement, 18.9.2003) war der Steinbruch *Au village* von 1955 bis 1977, derjenige von *La Rotta* von 1961 bis 1982 und zwei weitere ohne Lokalnamen bis 1977 in Betrieb. Haupterzeugnis waren Pflastersteine, wie dies NIGGLI et al. (1915a, S. 48): „Die Hauptverwendung ist die als Pflastersteine.“, und DE QUERVAIN (1969, S. 206): „Erzeugt wurden Pflastersteine, Mauersteine, Strassenschotter, seltener Hausteine.“ berichten. Die Hausteine wurden für Mauern und Treppen in den Rebärten sowie für Bauten in Chardonne (Néroud), Oron (Valle) und Vevey (Ronchy) verwendet (NIGGLI et al. 1915a). Die Druckfestigkeit des gewonnenen trockenen Materials aus dem nicht näher lokalisierbaren Steinbruch „Carrière au bas du village, Michel Carminati“ (DE GIRARD 1896) betrug  $1'629 \text{ kg/cm}^2$  (Mittel dreier Messungen, MEISTER et al. 1884).

### 3.1.2 Die Steinbrüche in der Unteren Meeresmolasse UMM (Unterer Greyerzbezirk)

Sie befinden sich im *Grès de Vulruz* (Mittleres Oligozän, Rupélien, Geologische Zeitskala: 54.4-29.3 Mio. Jahre), der von DE GIRARD (1900), MORNOD (1945, 1949), EMMENEGGER (1961), FASEL (1981), WEIDMANN et al. (1982), DIEM (1986) und PASQUIER (2005) sehr detailliert untersucht wurde. Die feinkörnigen Sandsteinschichten der Vulruz-Molasse eigneten sich vorzüglich für die Gewinnung von Schleifsteinen, was sich auch in der lokalen Typonomie niederschlug, wie beispielsweise in den Flurnamen *Mollettes* und *Moleyres* (DAMM 1909). Laut NIGGLI et al. (1915a, S. 48) wurden die Sandsteine zu Hausteinen, Bruchsteinen, Plattensteinen und Pflastersteinen verwendet, laut DE QUERVAIN (1969, S. 206) „... sind *Mauersteine, Pflastersteine, Schalensteine* und mancherlei Hausteine, wie Treppenstufen, Sockel, Randsteine, auch Brunnenröge, Fensterbänke und Fassadensteine gewonnen worden.“

Die Molasse-Steinbrüche von **Corbières/Prévondavaux** (in der Literatur auch Corbières/Praz-Jolivet genannt, Abb. 4) sollen gemäss MOSER (1970), ausgehend von der Schleifsteinproduktion, seit der zweiten Hälfte des 19. Jh. bis ca. 1930/32 für die Bausteinproduktion aktiv gewesen sein. Sie fehlen aber in der Erstausgabe von Blatt 360 Riaz der Siegfriedkarte 1:25'000 von 1888 sowie in der Revision von 1902 und erscheinen erst ab der Revision 1911. Auf der geotechnischen Karte von GSCHWIND et al. (1936) sind für Corbières/Prévondavaux und Echarlens/Champotey je zwei aufgegebene und im Betrieb befindliche Plasterstein- und Bruchsteinbetriebe eingetragen. Aus einem dieser Steinbrüche stammt das Material, das 1929 für die Fassaden des Bahnhofneubaus in Freiburg verwendet wurde (BOLLIN 1996). Ein Steinbruch war noch Mitte des 20. Jh. aktiv (PASQUIER 2005).



**Abb. 4:** *Verfallener Steinbruch Corbières/Prévondavaux (links) mit aufgelassenem Lager von Grenzsteinen (rechts). Photo MARINO MAGGETTI 14.9.2003.*

Die nahe gelegenen Steinbrüche von **Echarlens/Champotey** sollen 1860 (Bruch nächst der Brücke von Corbières), 1896 (Bruch *Au Pont*, oben am Gehänge) und 1905 eröffnet worden sein, und beschäftigten im Schnitt je 20-25 Arbeiter (MUSY 1884, NIGGLI et al. 1915a). Die Eröffnung erfolgte sicher schon einige Jahre früher, denn laut STUCKART (1856) wurden im Jahre 1856 von Bulle bzw. aus dem Greyerzbezirk 5'000 Zentner *Pierre de Champotey (Molasse subalpine)* exportiert. Die Oltner Baumaterialien-Ausstellung von 1865 wurde mit Schleifsteinen (Katalog-Nr. 449, 450, 451: exportiert in die französische Schweiz, nach Savoyen und nach Frankreich) und Sandsteinplatten (Katalog-Nr. 428, 429; Verwendung zu Stufen, Plattformen, usw.) beschickt



(MÜLLER 1866). GILLIÉRON (1873, 1885) erwähnt die Existenz vieler Brüche. Es wurden Hau-, Mauer-, Fassaden- und Bruchsteine sowie Treppenstufen, Terrassen- und Bodenplatten für den Bau öffentlicher Gebäude in Bern (Renovation des Kornhauses), Freiburg (Bibliothek, Universität), Genf, Lausanne (Collège, Palais de Rumine), Montreux, Neuenburg (Hôtel des Postes), Nyon (Collège), St. Gallen, Vevey (Grand Hôtel) und Zürich sowie Pflastersteine gewonnen (NIGGLI et al. 1915a, TERCIER et al. 1945, MOSER 1970). Die Bänke mit bester Qualität wurden aber schon seit Jahrhunderten als Mühl- und Schleifsteine abgebaut (KUENLIN 1832, I, S. 152, MUSY 1884, BUSS 1920, MOSER 1970). Auch GILLIÉRON (1885) erwähnt einen Bruch in Champotey. Auf Blatt Nr. 360 Riaz der Siegfriedkarte 1:25'000 erscheint in der Erstausgabe 1888 nur ein Bruch westlich der Brücke nach Corbières, zu dem sich dann ab Revision 1902 weitere Brüche gesellen. 10 Tonnen Pflastersteine aus diesen Steinbrüchen dienten am 30.9.1903 der Test-Belastung der Hängebrücke von Corbières (GREMAUD 1904, BLANC 1999). Um 1930/35 waren die Steinbrüche praktisch aufgegeben und wurden nur noch sehr sporadisch benutzt (MOSER 1970). Die Druckfestigkeit ist laut MEISTER et al. (1884) mit  $884 \text{ kg/cm}^2$  (Mittel dreier Messungen) nicht sehr hoch und steht im Widerspruch zu den  $1'586 \text{ kg/cm}^2$  (trocken) bzw.  $1'334 \text{ kg/cm}^2$  (nass) von NIGGLI et al. (1915a).

Am ganzen Hang zwischen Marsens und Vaulruz waren früher einige Steinbrüche in Betrieb, die nicht mehr alle sicher zu lokalisieren sind (BUSS 1920). Die zwei grössten sind diejenigen von **Marsens/Sous les Moleyres** und **Marsens/Pt. 737 bzw. 733** (DE GIRARD 1896, DAMM 1909, BUSS 1920). An der Oltner Ausstellung von 1865 waren eine Sandsteinplatte (Katalog-Nr. 430: in der Umgebung verwendet zu Fussböden, Mauerplatten, Treppen usw.) und acht Schleifstein-Muster (Nr. 441-448: exportiert in die Westschweiz, nach Savoyen und Frankreich) ausgestellt (MÜLLER 1866). Die Brüche waren im Jahre 1873 noch in Betrieb und beschäftigten damals bis zu vierzig Arbeiter, 1915 aber nur noch fünf (NIGGLI et al. 1915a). Der Steinbruch *Sous les Moleyres* ist auf der Erstausgabe von 1888 und auf allen Revisionen bis 1946 von Blatt Nr. 360 Riaz der Siegfriedkarte 1:25'000 eingetragen. GILLIÉRON (1885) nennt ihn „Steinbruch südlich von Marsens“. BUSS (1920) erwähnt die kürzliche Eröffnung zweier Steinbrüche ohne nähere Angaben, um welche es sich handelt. Zu Beginn des 20. Jh. wurden Mauersteine, Treppenstufen und Fassadensteine gebrochen (NIGGLI et al. 1915a), die nach Bern, Bulle, Freiburg (Café National, Neubauten am Pérolles-Boulevard), und Lausanne (Bundesgericht, Kaserne) verkauft wurden. Die Innentreppen der 1897-1900 erbauten, jetzigen Telekomzentrale am Square des Places 3 in Freiburg (altes Postgebäude), bestehen aus blaugrauem Marsens-Sandstein (BOLLIN 1996). Die Literatur gibt keine Hinweise darauf, ob auch Pflastersteine gewonnen wurden. *Marsens/sous les Moleyres* war Mitte des 20. Jh. schon seit langem stillgelegt, denn MORNOD (1949, S. 59) schreibt: „A la carrière de Sous-les-Moleyres, au SW de Marsens, abandonnée et envahie par la végétation, ...“.

Auch die Molasse vom Schlosshügel von **Vaulruz** wurde vor dem 19. Jh. als Rohstoff für die Mühlstein- und Schleifsteinherstellung genutzt (KUENLIN 1832, II, S. 401), wie dies schon die alten Flurnamen *Mollettes* und *Praz Moletu* belegen (BUSS 1920). STUCKART (1856) erwähnt den Export von Mühlsteinen aus Vaulruz. Drei Sandsteinplatten waren an der Oltner Ausstellung von 1865 zu sehen (Katalog-Nr. 425-427, MÜLLER 1866). Solche Platten wurden in den Kantonen Freiburg, Genf und Waadt für Tür- und Fensterrahmen, Sockelmauern, Plattformen, Mauerbedeckungen und Bodenplatten verwendet. Die Steinbrüche waren gegen Ende des 19. Jh. sehr aktiv, und ihr Material erhielt an der Landesausstellung 1883 in Zürich eine Auszeichnung (MUSY 1884, NIGGLI et al. 1915a). GILLIÉRON (1885) erwähnt einen Steinbruch in Vaulruz, leider ohne genaue Angabe des exakten Standortes. Blatt Nr. 359 Vaulruz der Siegfriedkarte 1:25'000 verzeichnet in der Erstausgabe von 1889 einen, ab Revision 1902 zwei Steinbrüche. Der erstgenannte fehlt in der Revision von 1946. Treppenstufen und Hausteine aus Vaulruz wurden 1892 an der kantonalfreiburgischen Ausstellung (Exposition industrielle cantonale) präsentiert. Der Hartsandstein von Vaulruz war damals sehr gefragt für die Herstellung von Treppen, Terrassen, Fensterplatten, Gesimsen usw. und wurde nach Freiburg (Kantons- und Universitätsbibliothek, Hôtel Terminus, Universität), Lausanne (NIGGLI et al. 1915a) und Vevey (MUSY 1884) geliefert.

Der Nekrolog des Steinbruchbetreibers Alfred Masset (ANONYMUS 1912) liefert wertvolle Hinweise zur sukzessiven Verlagerung der Steinbrüche und über deren Produktion. Laut BUESS (1920) waren in den 1920er Jahren „... nur mehr wenige Arbeiter temporär in den Brüchen ... beschäftigt“. Die Druckfestigkeit (trocken) betrug nur  $1'101 \text{ kg/cm}^2$  (Mittel dreier Messungen, MEISTER et al. 1884), ungeeignet für Pflastersteine. Auf der geologischen Karte 1:25'000 Blatt Moudon sind drei aufgelassene Steinbrüche kartiert (GABUS et al. 2000, GABUS 2000).

Der an der Sionge gelegene Steinbruch von **Vuippens/Sionge** wurde 1885 (NIGGLI et al. 1915a) oder 1895 (BUESS 1920) eröffnet und stürzte laut BUESS im Jahre 1910 ein. Er war vor 1915 verlassen (NIGGLI et al. 1915a). Das gebrochene Material diente hauptsächlich für die Herstellung von Treppenstufen. Im Jahre 1910 wurde dann in der Gemarkung **Sur les Monts** der Gemeinde Vuippens ein neuer Steinbruch eröffnet (BUESS 1920, MORNOD 1949, MOSER 1970). Er fehlt auf den Revisionen 1911 und 1921 von Blatt Nr. 360 Riaz der Siegfriedkarte 1:25'000, ist aber auf derjenigen von 1931 verzeichnet. Aus diesem Bruch stammen beispielsweise die Pflastersteine, die 1915 auf dem Vorplatz der Kirche von Farvagny verlegt wurden (BOVET 1992, S. 29). Dieser Bruch liegt in der gleichen Molasseschuppe wie die Abbaustellen von *Echarlens/Prévondavaux*. Die über hundert Arbeiter der Steinbrüche von Vuippens und Corbières stammten aus Italien - eine grosse Zahl für die ca. 250 Dorfeinwohner (BLANC 1999, PHILIPONA & PHILIPONA ROMANENS 2000).

Neben diesen Haupt-Steinbrüchen gibt es folgende, nicht mehr zugängliche oder nicht mehr lokalisierbare Abbaustellen. Zur ersten Kategorie zählen die Steinbrüche von **Hauteville/Ruisseau du Ruz/Aux Farvages** (DAMM 1909, MORNOD 1949), und **Semsaes/La Savoyardaz** (*La Rapaz* RUDHART 1914; DE GIRARD 1896, DAMM 1909, ANONYMUS 1912, BUESS 1920, MORNOD 1949). Letzterer ist schon auf der Erstausgabe 1889 von Blatt Nr. 359 Vaulruz der Siegfriedkarte 1:25'000 eingetragen. Auf der geologischen Karte 1:25'000 von GABUS et al. (2000) ist er als verlassen dargestellt. Nicht lokalisierbar sind **Riaz/Sur les Monts** (DE GIRARD 1896) – handelt es sich evtl. um den von BUESS (1920) erwähnten kürzlich eröffneten Steinbruch bei der Ruine Chaffa? – und **Semsaes/Joux-des-Ponts** (DE GIRARD 1896), der sich wohl ganz in der Nähe vom Savoyardaz-Bruch befunden haben wird, wie dies der Flurname *Joux des Ponts* 1 km südlich des Bruches nahe legt.

Auf der Karte 1:25'000 von MORNOD (1949, Planche II) sind je ein Steinbruch bei *Echarlens/Champotey* und *Vuippens/Sur le Mont* sowie zwei Steinbrüche bei *Vaulruz* eingetragen. PASQUIER (2004) verzeichnet auf Blatt 1225 Gruyères des geologischen Atlases der Schweiz 1:25000 aufgelassene Steinbrüche bei *Corbières/Prévondavaux*, *Echarlens/Champotey*, *Marsens/Sous les Moleyres*, *Marsens/Pt. 737*, *Vuippens/Sionge* und *Vuippens/Sur le Mont*.

### 3.2 Die Steinbrüche in der Gurnigeldecke (Schwarzsee, Plasselbschlund, Unteres Greyerz)

Die Brüche wurden alle im *Flysch du Gurnigel* der sog. Gurnigeldecke angelegt, der während etwa 20 Millionen Jahre sedimentiert wurde, vom Maestrichtien (Oberste Kreide, Geologische Zeitskala: 74 – 64 Mio. Jahre) bis zum mittleren Lutet (Mittleres Eozän, Geologische Zeitskala: 42.1 – 50 Mio. Jahre). Mit den wissenschaftlichen Aspekten dieser Gesteine befassten sich CARON (1976), VAN STUIJVENBERG et al. (1976), WEIDMANN et al. (1976), VAN STUIJVENBERG (1979), MOREL (1980), CARON et al. (1980), WINKLER (1983), CARON et al. (1989) und WEIDMANN (1993). DE QUERVAIN (1969, S. 201) schreibt: „Das wichtigste Produkt der Flyschsandsteine sind *Pflastersteine*, die heute weit vorwiegend als *Schalen-* und *Bordsteine* dienen. Ein grosser Teil des Bedarfs der Schweiz an solchen Steinen wird aus diesen Sandsteinen bestritten.“

Geschichtliche und technische Hinweise zu den Steinbrüchen und dem dort gewonnen Material sind rar. Der älteste Steinbruch scheint derjenige von **Plaffeien/Zollhaus** zu sein, in der älteren Literatur wird er auch *Landbrücke* genannt. Er wurde anfangs 1870 eröffnet und beschäftigte zu Beginn des

20. Jh. zeitweise bis zu 20-30 Arbeiter (BÜCHI 1930). Man erkennt ihn auf der Erstausgabe 1884 und auf allen revidierten Auflagen (1894-1948) von Blatt Nr. 350 Plasselb der Siegfriedkarte 1:25'000. Er befindet sich auf der Strasse in den Schwarzsee kurz vor der Brücke bei Zollhaus. An der Oltner Ausstellung von 1865 lagen zwei Quader eines „Kalksandsteins von Plaffeyen“ vor, die wohl von diesem Bruche stammen (Katalog-Nr. 404, 408: Verwendung zu Bau- und Kunstarbeiten, Treppenstufen, beim Bau der Strasse von Plaffeyen zum Schwarzsee usw., MÜLLER 1866). Er ist der einzige Flysch-Steinbruch, der auf der Karte von WEBER & BROSI (1883) figuriert. Vorher scheint er nur sporadisch in Betrieb gewesen zu sein (MUSY 1884, DE GIRARD 1896). GILLIÉRON (1885) erwähnt diesen Steinbruch wie folgt: „Les grès durs du flysch de la Berra ont été exploités pour pierre de taille, là où ils descendent au niveau de la plaine, savoir au midi de Plaffeyen...“. GREMAUD (1898, S. 568) meint wohl diesen Bruch, wenn er schreibt: „Nous citerons à ce propos l'exploitation du grès du flysch dans la vallée du Lac-Noir à 15 kilomètres de Fribourg et utilisé au pavage des rues de La Chaux-de-Fonds et de Berne.“ Trotz ungünstigen Abbauverhältnissen (steile Schichten, Gefährdung der Kantonsstrasse) wurden insbesondere Pflastersteine, Platten und Sockelsteine gewonnen (MOSER 1970). Von dort stammten beispielsweise die Pfeiler und die Treppenstufen der am 31. Mai 1906 während des verheerenden Dorfbrandes abgebrannten Kirche von Plaffeien (BÜCHI 1930, S. 27). Der Abbau der Flysch-Sandsteine war zu Beginn des 20. Jh. gering und sporadisch (RUDHART 1914, S. 111). In seiner Rektoratsrede erwähnt der Freiburger Geologieprofessor Raymond DE GIRARD, dass im Steinbruch *Landbrücke* Flyschsandstein für Plastersteine abgebaut wird (DE GIRARD 1916, S. 42). Zwanzig Jahre später verzeichnen GSCHWIND et al. (1936) diese Abbaustelle als aufgegebenen Pflastersteinbruch.

Die anderen Steinbrüche im Gurnigelflysch wurden erst zu Beginn des 20. Jh. in Betrieb genommen. Im Schwarzseeschlund sind es zwei Abbaustellen. In **Plaffeien/Krätze** (Chretza, Kretza, Krätza), ganz in der Nähe des Schwarzsees, begann der Abbau im Jahre 1904. Dort waren zeitweise 10-30 Arbeiter beschäftigt und das Material wurde per Lastwagen bis nach Bern und in die Ostschweiz transportiert (BÜCHI 1930). Der Steinbruch ist als solcher auf Blatt Nr. 350 Plasselb der Siegfriedkarte 1:25'000 ab Revision 1918, und auf Blatt Nr. 364 Schwarzsee ab Revision 1917 eingetragen. Auf der Karte von GSCHWIND et al. (1936) ist er als aufgegebenener Bruchsteinbruch eingetragen und hat wohl keine Pflastersteine produziert. Laut BECK (1926b) und BÜCHI (1930) besitzt der dortige Sandstein folgende Druckfestigkeiten: trocken 2'035 +/- 110/130 kg/cm<sup>2</sup>, nass 2'114 +/- 131/76 kg/cm<sup>2</sup>. In den Archiven und der Literatur findet der Steinbruch **Plaffeien/Schuemacherli** keine Erwähnung (Abb. 5).

Neben den Steinbrüchen im Tal der warmen Sense verdienen vor allem die Abbaustellen am oberen Ärgerlauf (Plasselschlund) eine ausführliche Erwähnung. Die drei Steinbrüche **Plasselb/Zum Bruch a, b und c**, wurden ab 1926-1928 betrieben (BÜCHI 1930). *Zum Bruch a* lieferte jährlich ca. 100 Eisenbahnwaggons Steine nach Bern, Biel und Zürich. *Zum Bruch b* lieferte den Grossteil seines Materials nach Freiburg, Bern und Solothurn. Sie waren 1934 wohl noch kursorisch noch als Bruchsteinlieferanten in Betrieb (GSCHWIND et al. 1936). **Plasselb/Falli** (Abb. 5) wurde im Jahre 1909 mit sechs Arbeitern eröffnet (BÜCHI 1930). Dieser Pflastersteinbruch war 1934 nicht mehr in Betrieb (GSCHWIND et al. 1936). Die Druckfestigkeit betrug trocken 2'142 kg/cm<sup>2</sup> bzw. nass und nach 25maligem Gefrieren/Auftauen 2'177 kg/cm<sup>2</sup> (BÜCHI 1930). Der Bruch wurde am 1.4.2010 durch die Firma „Steinbruch Roggeli AG“ ([www.steinbruchroggeli.ch](http://www.steinbruchroggeli.ch)) mit Sitz in Plaffeien reaktiviert, worüber die Freiburger Nachrichten in mehreren Artikeln berichteten (18. 2.2008, 29.3.2008, 13.10.2009 und 22.6.2010). Der Steinbruch **Plasselb/Gurtseggi** konnte dank dem Bau der Strasse Plasselb – Falli – Höllbach im Jahre 1930 eröffnet werden (BÜCHI 1930). Dort arbeiteten laut mündlicher Mitteilung eines Einheimischen (14.9.2003) in den 70er Jahren ein bis zwei Italiener, bis der Abbau um 1983 stillgelegt wurde. GSCHWIND et al. (1936) bezeichnen die Abbaustelle aber als aufgelassenen Bruchsteinbruch. Wann die Aktivitäten der anderen Steinbrüche endeten, ist nicht bekannt, doch waren sie wohl in den 90er Jahren des 20. Jh. nicht mehr produktiv. Über den kleinen Steinbruch **Plasselb/Roggeli** ist nichts bekannt.



**Abb. 5: Aufgelassene Steinbrüche *Plaffeien/Schuemacherli* (links) und *Plasselb/Falli* (rechts).  
Photos MARINO MAGGETTI 22.8.2003.**

Die fünf zuletzt genannten Steinbrüche fehlen in allen Auflagen der Siegfriedkarten 1:25'000. In den Erstausgaben 1951 der Blätter 505 Bulle-E und 506 Gantrisch-W der Landeskarte der Schweiz 1:50'000 figurieren nur die Steinbrüche *Plasselb/Zum Bruch a-c* und *Plasselb/Falli*. Auf der geologischen Karte der Schweiz 1:25'000 Gurnigel sind folgende Steinbrüche verzeichnet: *Plasselb/Falli*, *Plaffeien/Zollhaus*, *Plaffeien/Schuemacherli* (TERCIER & BIERI 1961), auf Blatt Rossens *Cerniat/Tatüren* und *Plasselb/Zum Bruch a-c* (WEIDMANN et al. 2002).

Der Steinbruch **Cerniat/Tatüren** ist der jüngste und immer noch noch aktive Abbau im Flyschgebiet. Er war laut BÜCHI (1930) im Jahre 1930 zwar in Betrieb, die schwierigen Transportverhältnisse erlaubten hingegen nur einen sporadischen Abbau. Er erscheint als Steinbruch ohne Zugang auf Blatt Nr. 347 La Roche der Siegfriedkarte 1:25'000 (Revision 1930), und mit Zufahrt in der 1946er Revision. Auf der Erstausgabe 1955 von Blatt 1205 Rossens der Landeskarte der Schweiz 1:25'000 ist der Bruch eingetragen. Seine Erreichbarkeit war damals nur mit einem Fussweg ab der Ärgera-Brücke gewährleistet. Auf den geotechnischen Karten der Schweiz 1:200'000 von 1934 und 1965 ist er als produzierender Pflastersteinbruch eingetragen (GSCHWIND et al. 1936, DE QUERVAIN et al. 1965). Nach 1934 wird er seine Aktivitäten eingestellt haben, denn er wurde 1947, kurz nach dem zweiten Weltkrieg, wieder eröffnet um Pflastersteine, Stellplatten, Bordüren, Mauer-, Marchsteine und andere Natursteinprodukte zu liefern (BOSSART 1982). Nach dem Krieg herrschte rege Nachfrage nach derartigen Produkten, da das Strassennetz während des Krieges vernachlässigt worden war (ANDEREGG 2002). Der grosse Bedarf an natürlichen Baustoffen erlaubte in den 60er und 70er Jahren die Anstellung von bis zu 25 Arbeitern. Laut SCHWARZ (1983) war er in den Jahren 1980/81 voll in Betrieb. BOLLIN (1996) erwähnt den Einsatz dieses Sandsteines beim Bau der Villa Noël am Boulevard de Pérolles (1904-05) und diversen Strassenpflasterungen der Stadt Freiburg (1988: Bürglentor-Höhe Loretokapelle; 1989-90: Oberer Abschnitt des Kurzweges; 1995: Romontgasse; sowie Pflasterungen um den Brunnen der Stärke und auf der St. Johannbrücke).

Die Flysch-Steinbrüche bei **Broc/Vers le pont de la Sarine**, bei **Bulle/Montcaillaz** (auch *Sur Mont Caliard* genannt) und bei **Semsaies/Pra Roud** wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt, da ihre zeitliche Tätigkeit schlecht einzuschätzen ist, vor allem aber, weil sie nicht mehr existieren. Es ist gänzlich unbekannt, wann der von MUSY (1884), GILLIÉRON (1885), DE GIRARD (1896), MORNOD (1949), MOSER (1970) erwähnte Steinbruch *Vers le pont de la Sarine* aktiv war. Laut NIGGLI et al. (1915a, S. 363) soll bei der im 16. Jh. erbauten Saanebrücke von Broc ein aus der unmittelbaren Nähe der Brücke gebrochener harter Sandstein verwendet worden sein. Dieser Bruch war scheinbar noch Ende des 19. Jh. im Betrieb, denn die Unternehmer Gippa & Folghera aus Bulle beschickten die Ausstellung 1892 in Freiburg mit Pflastersteinen aus „grès de Broc“ (SOCIÉTÉ FRIBOURGEOISE DES ARTS ET MÉTIERS 1892, S. 105). Im Inserat verweisen sie auf ihre „Carrière de grès dur, à Broc“ (SOCIÉTÉ FRIBOURGEOISE DES ARTS ET MÉTIERS 1892, Inseratenteil, S. 62). Der Steinbruch beschickte vier Jahre später mit Mustern von Hau- und Pflastersteinen noch die Landesausstellung von 1896 in Genf (GREMAUD 1898). RUDHART (1914, S. 111) und DE GIRARD (1896) beschrieben ihn als intermittierend aktiv. MORNOD (1949, S. 71-72, Abb. 28) trug ihn als aufgegeben in seiner Detailkarte 1:12'500 ein. Er fehlt, wohl wegen Einsturzes und Zuschüttung, auf der geologischen Karte 1:25'000 Gruyères (PASQUIER 2004). Der Steinbruch *Montcaillaz* soll ca. 1910-1917 betrieben worden sein (BÜCHI 1923, BUSS 1920, MORNOD 1949, MOSER 1970). Er fehlt auf der Erstausgabe 1888 des Blattes Nr. 362 Bulle der Siegfriedkarte 1:25'000 und figuriert in den 1904er bis 1946er Revisionen. Auf der Karte GSCHWIND et al. (1936) figuriert er als aufgegebene Abbaustelle. Laut WEIDMANN (1993) wurde viel Sandstein im Bruch *Pra Roud* bei Semsales gebrochen und man erkennt denn auch an dieser Stelle das Steinbruchsignet auf der Karte von GAGNEBIN (1922). Leider gibt er nicht an, ob der Bruch zu diesem Zeitpunkt aufgegeben war oder nicht. Dieser Steinbruch war wohl nicht sehr lange aktiv, denn er wird in der für die Abb. 6 verwendeten Literatur nicht erwähnt. Er fehlt auf der 1911er Revision von Blatt Nr. 455 Châtel-St.-Denis der Siegfriedkarte 1:25'000, erscheint dann auf den 1931er und 1949er Revisionen, aber mit dem Waldsignet im Abbau-Areal, ein Zeichen, dass er in den dreissiger Jahren des 20. Jh. schon aufgegeben war.

### 3.3 Von der subalpinen Molasse zum Flysch

Die vorhergehende Diskussion hat gezeigt, wie schwierig es ist, genaue Daten zum Beginn und zum Ende der Aktivitäten eines Steinbruchs zu erhalten. Neben der Auswertung der archivalischen Dokumentation, der Literatur und den geologischen Karten wurden im Archiv der *Swisstopo* in Wabern alle Auflagen der Siegfriedblätter 1:25'000 Nr. 347 La Roche (Erstauflage 1885, letzte Revision 1946), Nr. 350 Plasselb (1884, 1948), Nr. 359 Vaulruz (1889, 1946), Nr. 360 Riaz (1888, 1946), Nr. 361 La Berra (1888, 1946), Nr. 362 Bulle (1888, 1946), Nr. 364 Schwarzsee 1897, 1948), Nr. 454 Oron (1890, 1949), Nr. 455 Châtel-St.-Denis (1889, 1949) und Nr. 456 Chardonne (1891, 1949) durchgesehen. Der Vergleich mit den geologischen Karten, auf denen die Steinbrüche mit einem Symbol dargestellt sind, zeigt, dass auf den Siegfriedblättern kleinere Steinbrüche nicht spezifisch dargestellt wurden und dass es schwierig ist, nicht abgebaute Felsausbisse von in geringem Umfang ausgebeuteten zu unterscheiden. Die Inbetriebnahme eines Bruches ist allgemein schwierig zu erfassen, aber auch dessen Ende, denn ein Steinbruch kann noch während einer langen Zeit mehr oder weniger regelmässig betrieben werden – ist er als aktiv zu klassieren? Glücklicherweise gibt es, neben den vorgängig zitierten geologischen, auch einige geotechnische Karten, welche die Situation der schweizerischen Steinbrüche zu einem bestimmten Zeitpunkt wiedergeben. Dazu gehören:

- a) Die Karte von WEBER & BROSI (1883) im Masstab von ca. 1:520'000, die im Rahmen der Schweizerischen Landesausstellung 1883 in Zürich editiert wurde (STRENG 1884, SCHERTENLEIB 1993, S. 42).



Die Autoren unterscheiden nach Art der Ausbeutung aktive und ehemalige Steinbrüche und geben bei den Signaturen auch den abgebauten Gesteinstyp an. Auf dieser Karte sind, nicht immer ganz korrekt beschriftet, folgende Hartsandstein-Steinbrüche als in Betrieb verzeichnet: *Attalens* (zwei aktive und ein ehemaliger), *Echarlens/Champotey* (Mühlsteinbruch), *Vaulruz* (ein Steinbruch), *Vuippens* (wohl *Vuippens/Sionge*) und *Plaffeien/Zollhaus*. Die Karte erwähnt zudem noch einen, in der Literatur unerwähnten, Sandsteinbruch bei Villarvolard. Handelt es sich hier um eine falsche Eintragung oder ist *Hauteville/Ruisseau du Ruz/Aux Farvages* gemeint?

- b) Die Steinbruchkarte 1:530'000 der Landesausstellung 1914 in Bern (NIGGLI et al. 1915b).

Auf dieser Karte werden aktive von aufgelassenen Steinbrüchen unterschieden und nach Jahresproduktion klassiert. Die Hartsandsteinbrüche von *Attalens* (ein Signet), *Corbières/Prévondavaux*, *Echarlens/Champotey*, *Marsens*, *Vaulruz*, *Plaffeien/Krätze* und *Plaffeien/Zollhaus* sind mit einer Jahresproduktion von 500-5000 m<sup>3</sup>, der Steinbruch *Vuippens* mit einer solchen von weniger als 500 m<sup>3</sup> kartiert. Alle gehören zu den aktiven Brüchen.

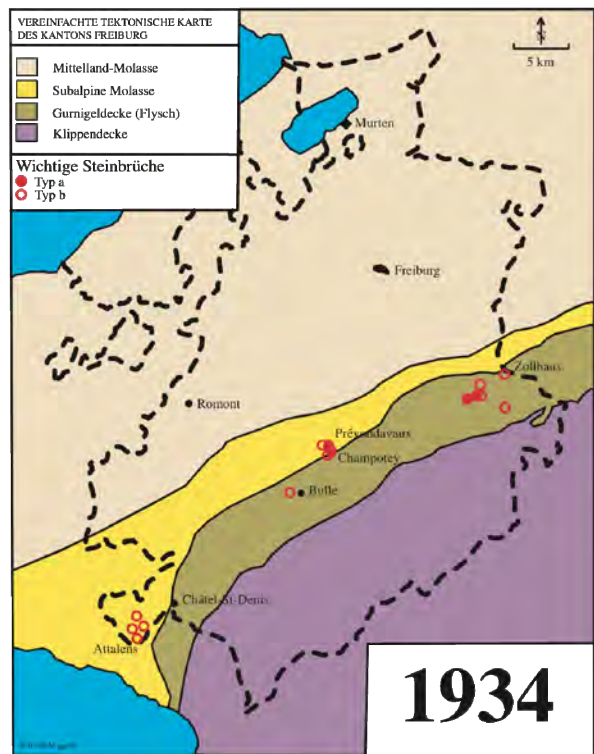
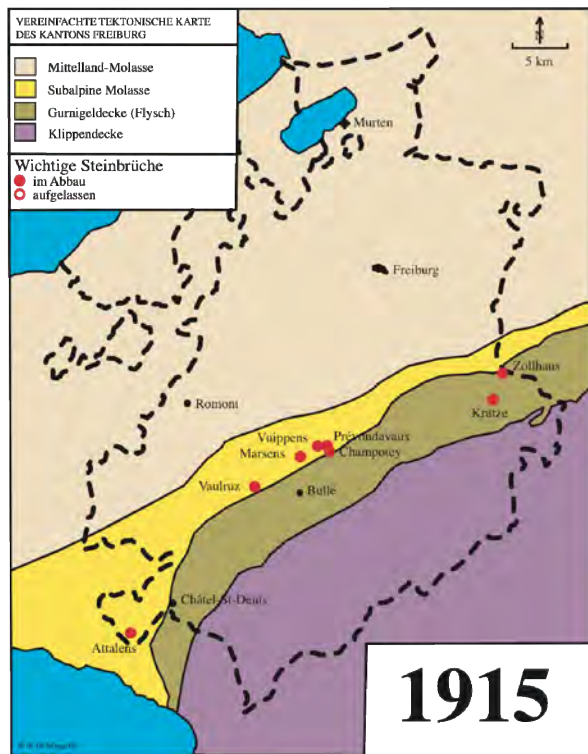
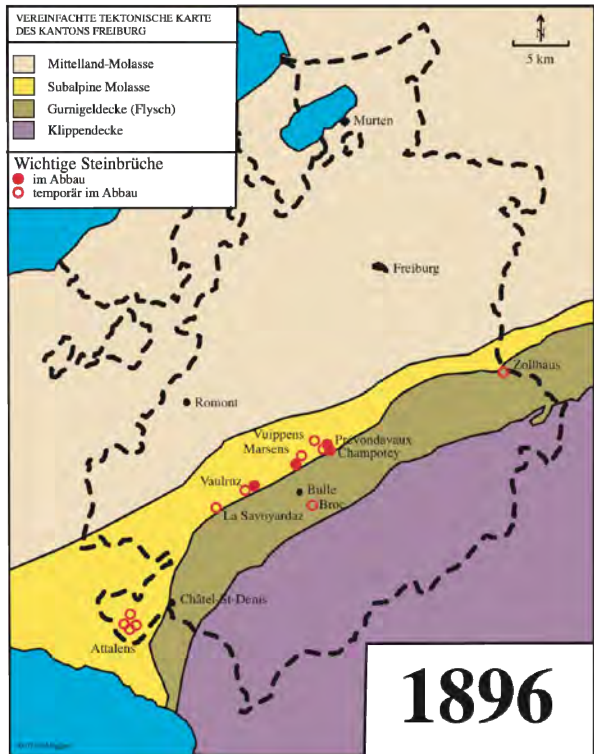
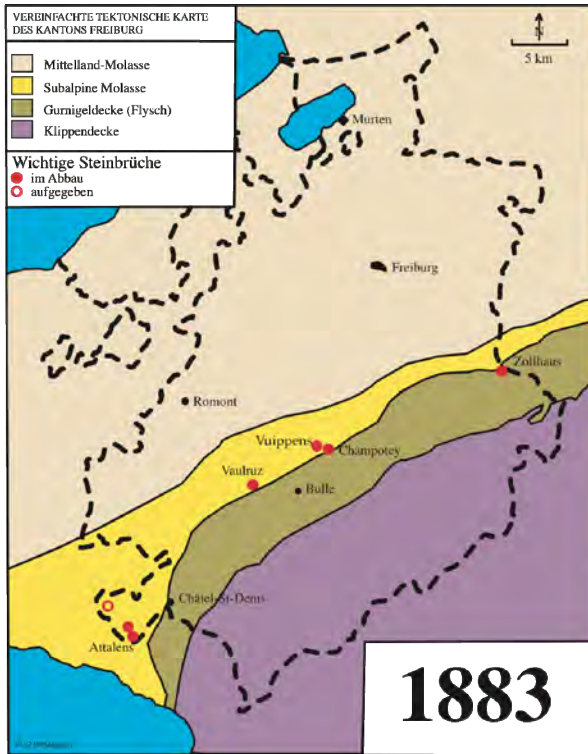
- c) Blatt 3 der geotechnischen Karte der Schweiz 1:200'000, Erstausgabe 1936 (GSCHWIND et al. 1936), mit den entsprechenden Erläuterungen (NIGGLI und DE QUERVAIN 1936).

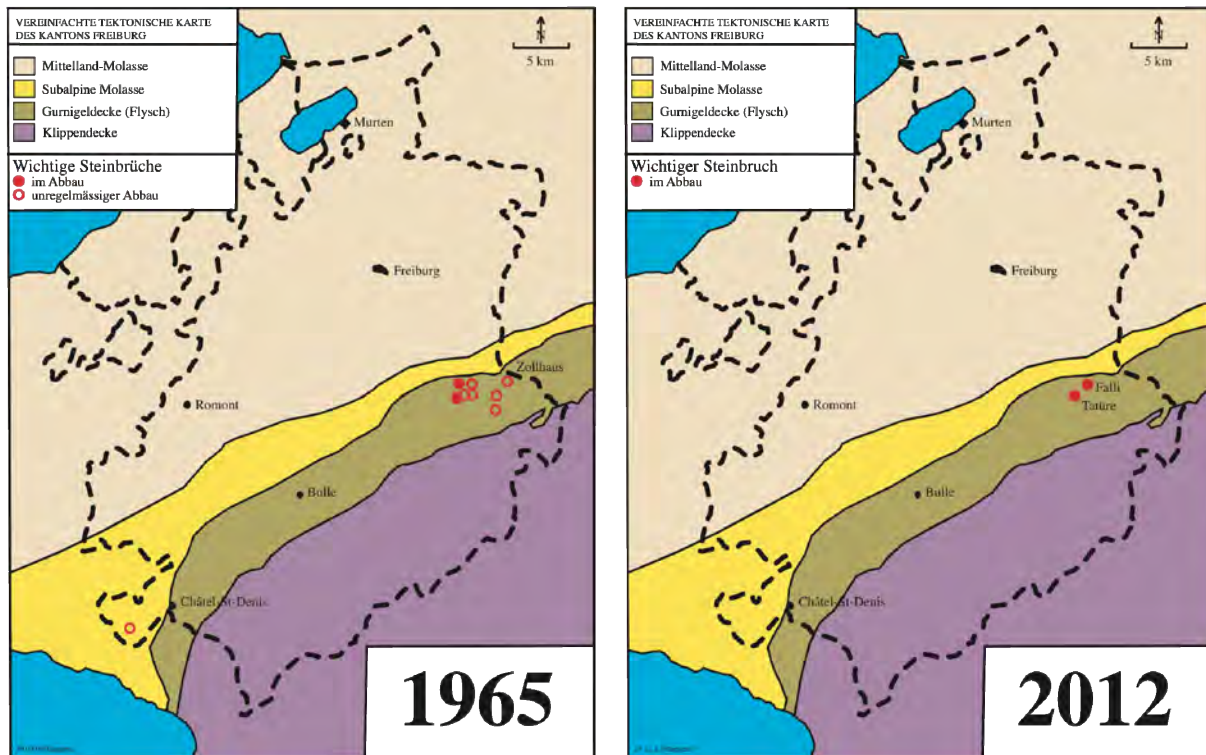
M. GSCHWIND nahm in den Jahren 1930-1933 die Ausbeutungsstellen auf. Die Karte unterscheidet zwei Arten von Steinbrüchen: a) in „grösserem Umfang ausgebeutete“ und b) „in kleinerem Umfange oder gelegentlich ausgebeutete, wichtige aufgelassene Ausbeutestellen“. Zum Typ a gehören: *Cerniat/Tatiüren* (vorwiegend Pflaster- und Bruchsteine), *Corbières/Prévondavaux*, *Echarlens/Champotey* (je ein Steinbruch für Pflastersteine) und *Plasselb/Zum Bruch a-c* (vorwiegend Strassenbau- und Bruchsteine). Zum Typ b gehören: *Attalens* (je zwei Steinbrüche für Hau- und Strassenbaugesteine), *Bulle/Montcaillaz* (vorwiegend Strassenbau- und Bruchsteine), *Corbières/Prévondavaux* und *Echarlens/Champotey* (je ein Steinbruch für Pflastersteine), *Plaffeien/Zollhaus* (Pflastersteine und Bruchsteine), *Plaffeien/Krätze* (vorwiegend Strassenbau- und Bruchsteine), *Plasselb/Falli* (Pflaster- und Bruchsteine) und *Plasselb/Gurtseggli* (vorwiegend Strassenbau- und Bruchsteine).

- d) Blatt 3 der geotechnischen Karte der Schweiz, Zweite Auflage 1965 (DE QUERVAIN et al. 1965), mit den entsprechenden Erläuterungen (DE QUERVAIN & FREY 1965).

Die Autoren nahmen für diese Karte in den Jahren 1962-1964 alle aktiven Gewinnungsstellen neu auf. Im Kanton Freiburg verzeichneten sie als regelmässig betriebene Steinbrüche *Cerniat /Tatiüren* („Wichtige Erzeugung von Pflaster- und Schalensteinen“) und *Plasselb/Roggeli* („Steinbruch für Bruchsteine und Schotter“). Als unregelmässig betriebene, aber zur Zeit der Aufnahme in betriebsbereitem Zustand befindliche Steinbrüche sind eingetragen: *Attalens* („Steinbruch für Bruchsteine und Schotter“) sowie *Plasselb/Zum Bruch a-c*, *Plasselb/Falli*, *Plasselb/Gurtseggli*, *Plaffeien/Krätze*, *Plaffeien/Schuemacherli* und *Plaffeien/Zollhaus*, alle klassiert als „Wichtige Erzeugung von Pflaster- und Schalensteinen“.

Diese Karten und die Angaben von DE GIRARD (1896) bilden die Grundlage der Abb. 6.





**Abb. 6:** Zeitliche Evolution der Steinbruchindustrie in der subalpinen Molasse und in der Gurnigeldecke. Lage der Steinbrüche und deren Klassifizierung gemäss WEBER & BROSI (1883), DE GIRARD (1896), NIGGLI et al. (1915b), GSCHWIND et al. (1936) und DE QUERVAIN et al. (1965).

Im 19. Jh. lagen fast alle Hartsandsteinbrüche in der subalpinen Molasse, von denen vier Pflastersteine lieferten. Anfangs des 20. Jh. wurden dann immer mehr neue Steinbrüche im Flysch eröffnet, die fast alle Pflastersteine produzierten. Der Wechsel von einem Sandstein zum anderen beruht wohl auf der höheren Druckfestigkeit der Flysch-Sandsteine ( $2'000-2'500 \text{ kg/cm}^2$ ) im Vergleich zu denjenigen der subalpinen Molasse ( $1'600-1'800 \text{ kg/cm}^2$ ), s. Abb. 2. Dieser Aspekt wurde immer wichtiger, da die Belastung der Strassen durch den zunehmenden Verkehr, jedoch vor allem durch die schwereren Fahrzeuge, den Druck auf die Unterlage erhöhten. Dazu kam die Konstruktion neuer Strassen in die vormals noch unerschlossenen Flyschregionen ab ca. 1920. Ein einziger Steinbruch, *Cerniat/Tatiüren*, konnte sich bis ins 21. Jh. halten, ein zweiter, *Plasselb/Falli*, nahm im Jahr 2010 die Produktion wieder auf.

#### 4. Naturwissenschaftliche Differenzierung der Sandsteine

##### 4.1 Probennahme

Basierend auf den Literatur- und Dokumentationsrecherchen wurden im Jahre 2003 möglichst alle aktive und aufgelassene freiburgische Sandsteinbrüche der subalpinen Molasse und des Flysches besucht, fotografiert und soweit als möglich beprobt (Tab. 2). Der Erstautor M.M. führte dies für alle Steinbrüche durch, mit Ausnahme desjenigen von *Cerniat/Tatiüren*, der von J. C. beprobt wurde. Sie holte auch die Vergleichsproben aus dem Steinbruch *Guber/Alpnach*. Die meisten ehemaligen Abbaustellen der subalpinen Molasse sind leider entweder nicht mehr auffindbar (zugeschüttet) oder nicht mehr zugänglich (mit Wasser gefüllt), so dass sich die Beprobung auf Haldenmaterial beschränkte, wenn solches vorhanden war. Die acht freiburgischen Flysch-Sandsteinbrüche sind hingegen noch sehr gut erhalten und zugänglich, auch wenn die Probennahme wegen der hohen, instabilen Abbauwände nicht ohne Risiko erfolgte. Die Prospektionsarbeit ist

dennoch mit gewissen Unsicherheiten behaftet, da nicht gesichert ist, ob die genommenen Referenzproben effektiv den vor Jahrzehnten ausgebeuteten Sandsteinbänken entsprechen, da sich nicht alle Sandsteinlagen für die Herstellung von Pflastersteinen eignen. Aus diesem Grunde und um die verschwundenen oder nicht mehr zugänglichen Steinbrüche doch noch zu erfassen, wurde versucht, Referenzproben aus schweizerischen Gesteinssammlungen zu erhalten, die teilweise im Rahmen der grossen Ausstellungen des 19. und 20. Jahrhunderts angelegt wurden. Schweizerische Baumaterialien wurden an folgenden kantonalen und schweizerischen Ausstellungen der Öffentlichkeit präsentiert:

- 1865 Baumaterialien-Ausstellung in Olten (MÜLLER 1866, MOSER 1970)
- 1883 Landesausstellung in Zürich (WEBER & BROSI 1883, MEISTER et al. 1884, MOSER 1884, MUSY 1884, STRENG 1884)
- 1892 Exposition industrielle cantonale à Fribourg (SOCIÉTÉ FRIBOURGEOISE DES ARTS ET MÉTIERS 1892, GENOUD 1893, HUBER-BURCKHARDT 1893)
- 1896 Landesausstellung in Genf (DE GIRARD 1896, SCHMIDT 1896, GREMAUD 1898)
- 1914 Landesausstellung in Bern (NIGGLI et al. 1915a, PREISWERK 1916)
- 1939 Landesausstellung in Zürich (NATURSTEIN 1939).

Die Ausstellung schweizerischer Baumaterialien in **Olten** entstand auf Anregung und durch die Mitfinanzierung von verschiedenen Eisenbahngesellschaften, was auch die Wahl des Ortes erklärt. Olten war seit Ende der 1850er Jahre Verkehrsknotenpunkt der sich im Bau befindlichen Eisenbahnlinien. Mit dem Ausstellungsziel, die Hersteller von natürlichen und künstlichen Baumaterialien sollten ihre Produkte potentiellen Kunden vorstellen, war die Hoffnung der aufstrebenden Bahngesellschaften verbunden, viele Transportaufträge zu aquirieren: „... dass es sich lohnt, Baumaterialien der verschiedensten Art von einem Ende der Schweiz nach dem anderen zu senden.“ (MÜLLER 1866). Der aktuelle Verbleib der von 169 Steinbruchsbesitzern (MOSER 1970) ausgestellten Gesteine ist leider nicht mehr zu eruieren. Die Nr. 410, der einzige Pflasterstein des Kantons Freiburg, stammte aus dem Flussbett der Ärgera und wurde vom freiburgischen Brücken- und Strasseninspektor Montenach präsentiert. Der Pflasterstein und die Hausteine gleicher Provenienz wurden in Freiburg und Umgebung verwendet. Wie schon ausgeführt, beschickten auch die Steinbrüche von *Echarlens/Champotey*, *Marsens*, *Vaulruz* und *Plaffeien/Zollhaus* diese wichtige Ausstellung.

Die Baumaterialien bildeten 1883 in **Zürich** die Gruppe 18, in der 169 Gesteinsproben zur Schau gestellt wurden (MEISTER et al. 1884). Die Freiburger Steinbruchindustrie war mit acht Sandstein- und drei Kalkstein-Exponaten deutlich besser vertreten als 1865 in Olten. Darunter waren Schaustücke der Hartsandsteinbrüche aus *Attalens*, *Écharlens/Champotey* und *Vaulruz*.

Die kantonale Ausstellung des Sommers 1892 in **Freiburg** wurde von der *Société fribourgeoise des Arts et Métiers* organisiert und hatte den Zweck „... donner un tableau exact de l'activité industrielle du canton de Fribourg et d'éveiller le zèle des artisans et industriels...“ (SOCIÉTÉ FRIBOURGEOISE DES ARTS ET MÉTIERS 1892, S. V). Im Katalog sind unter Gruppe XI nur wenig Hartsandsteinproduzenten aufgelistet. So stellte die *Société des Ingénieurs et Architectes du canton de Fribourg* in einem Spezialpavillon diverse Sandsteinproben aus (*Attalens* wird speziell erwähnt), während die Unternehmer Gippa und Folghera aus Bulle Pflastersteine aus Sandstein von *Broc* und der Steinbruchbesitzer Alfred Masset aus *Vaulruz* Treppenstufen und Hausteine ausstellte. Waren die anderen Steinbrüche nicht mehr aktiv oder deren Besitzer nicht genügend motiviert, an der Ausstellung teilzunehmen?

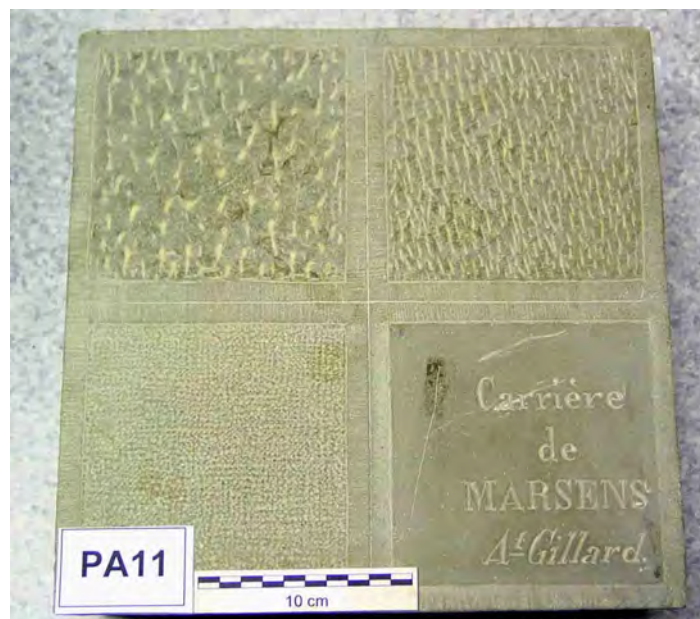
1896 wurden in der Landesausstellung in **Genf** 580 Proben aus der ganzen Schweiz ausgestellt und bilden jetzt die *Collection géotechnique du Musée d'Histoire Naturelle de Genève*. Die *Société fribourgeoise des Ingénieurs et Architectes à Fribourg* nahm auch daran teil, deren



Ausstellungskonzept lobend erwähnt wurde (GREMAUD 1898, S. 591): „Elle a exposé le tableau graphique comparatif et statistique des principales carrières du canton de Fribourg avec échantillons et modèles. Sur ce tableau très bien compris et très instructif, figuraient pour chaque carrière: 1° la désignation de la localité et la nature de la pierre; 2° la vue photographique; 3° une carte au 1/25000 indiquant la situation géographique; 4° une coupe géologique; 5° l'usage et l'emploi de la pierre; 6° un bloc échantillon, taillé et travaillé différemment sur chaque face suivant que le comporte la pierre; 7° enfin des modèles et détails de construction exécutés à une échelle réduite afin de se rendre compte de l'utilisation de la pierre.

Il serait à désirer que, dans les futures expositions, un tableau de ce genre représentant les principales carrières de la suisse fût exposé.“

Laut GREMAUD waren folgende freiburgische Hartsandsteinbrüche vertreten: *Attalens*, *Écharlens/Champotey* und *Pont de Broc*. Die Freiburger Exponate fehlen aber in der genannten Genfer Sammlung! Einige prächtig behauene Exemplare könnten aber eventuell der *Collection géotechnique du Musée d'Histoire naturelle de Fribourg* einverleibt worden sein (Abb. 7).



**Abb. 7:** Probe PA 11 aus dem Steinbruch von Marsens (Besitzer A. GILLARD) mit drei verschiedenen Oberflächen-Bearbeitungsvarianten. Sammlung Technische Geologie des Naturhistorischen Museums Freiburg, Inv. Nr. 20589. Photo MARINO MAGGETTI.

Das an der Landausstellung 1914 in **Bern** ausgestellte Material beruhte in wissenschaftlich-technischer Hinsicht auf den Arbeiten der 1900 gegründeten *Geotechnischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft* (PREISWERK 1916, S. 19). Dazu zählen die Veröffentlichung von NIGGLI et al. (1915a) und die Steinbruchkarte 1:530'000 (NIGGLI et al. 1915b). In NIGGLI et al. (1915a) werden Hartsandsteinsproben folgender Steinbrüche aufgelistet: *Attalens/La Reyresse*, *Écharlens*, *Écharlens/Champotey*, *Écharlens/Pont de Corbières*, *Marsens/Combe*, *Vaulruz* und *Vuippens /Sionge*.

Schlussendlich konnten noch einige Stücke der DE QUERVAIN'SCHEN 1969er Sammlung der Schweizerischen Geotechnischen Kommission in Zürich beprobt werden.

Das Verschwinden der Steinbrüche in der subalpinen Molasse, die noch vor 150 Jahren aktiv waren, zeigt sehr deutlich, wie wichtig Referenzsammlungen solcher Zeugen ehemaliger gewerblicher Aktivitäten sind. Dank ihnen und eigener Prospektion konnten insgesamt 36 Proben aus dreizehn freiburgischen Steinbrüchen (Abb. 3) zusammengestellt werden (Tab. 2). Von neun



Proben (PA 32-39, 50) konnten wegen ihrer geringen Grösse nur Dünnschliffe verfertigt werden. Von den restlichen 27 Proben wurden sowohl Dünnschliffe als auch Pulver für die röntgenographische und chemische Analyse hergestellt. Zum Vergleich wurden zwei zusätzliche Proben aus dem noch aktiven Steinbruch *Alpnach/Guber* des Kantons Obwalden röntgenographisch und chemisch untersucht. Damit beläuft sich die endgültige Anzahl Proben, die mikroskopisch, röntgenographisch und chemisch analysiert wurde, auf 38. Um einen gesamtschweizerischen Überblick über die Hartsandsteine zu gewinnen wurden auch die umfangreichen Schiffsammlungen der geotechnischen Kommission in Zürich mikroskopiert. Zur mikroskopischen Untersuchung gelangten insgesamt 62 Dünnschliffe, aufgeteilt in 21 Schliffe von Sandsteinen der subalpinen Molasse (18 Schliffe aus kantonalfreiburgischen Steinbrüchen, ergänzt mit drei Schliffen aus drei ausserkantonalen Steinbrüchen: *Bouveret/Valais*; *Grandvaux/Vaud*; *Ralligen/Bern*) und in 41 Schliffe von Flysch-Sandsteinen (18 Schliffe aus kantonalfreiburgischen Steinbrüchen, ergänzt mit 23 Schliffen aus dreizehn ausserkantonalen Steinbrüchen: *Alpnach Guber/Obwalden*; *Attinghausen/Uri*; *Bolzbach Seedorf/Uri*, *Flüelen/Uri*; *Giswil/Obwalden*; *Kandergrund/Bern*; *Massongex/Valais*; *Matt Sernftal/Glarus*; *Monthey/Valais*; *Rüteli E Engelberg/Obwalden*; *Les Ténasses/Château d'Oex/Vaud*; *Sarnen/Obwalden*; *Schoried Guber /Obwalden*; *Val d'Illiez/Valais*).

## **4.2 Methodik**

### **4.2.1 Probenvorbereitung**

Von den insgesamt 38 Proben war nur von den im Feld gesammelten genügend Material für die chemische und röntgenographische Analyse vorhanden. Von diesen 29 Proben (PA 53 wurde nicht untersucht) wurden je 30 Gramm in einer Wolframkarbid-Mühle feingemahlen. Analytikerin: J.C.

### **4.2.2 Mikroskopische Analyse**

Von den 38 Proben wurde je ein Dünnschliff hergestellt und mit einem Polarisationsmikroskop untersucht. Von jedem Schliff wurden Farbfotos bei verschiedenen Vergrösserungen gemacht (mit und ohne gekreuzte Polarisatoren). Die Schliffe PA 9, 13 und 53 wurden in abgedecktem Zustand mit Alizarinrot angefärbt, zur Identifizierung von Kalzit, Fe-Kalzit und Dolomit. Analytikerin: J.C.

### **4.2.3 Röntgenphasenanalyse**

Die mineralogische Zusammensetzung wurde mit einem Röntgen-Diffraktometer PHILIPS PW 1800, Cu $\alpha$ -Strahlung, 40 kV, 40 mA, 2 $\Theta$  2-65 $^{\circ}$  durchgeführt. Analytikerin: J.C.

### **4.2.4 Chemische Analyse**

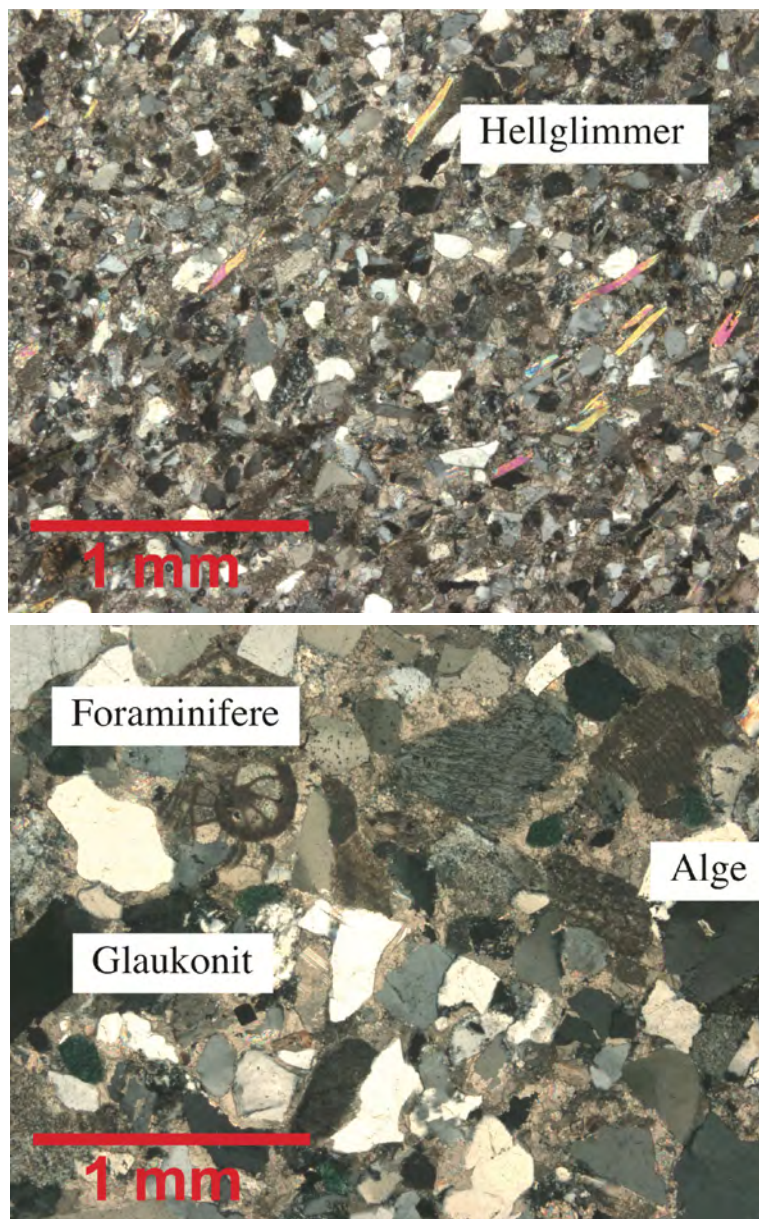
Zur Ermittlung des Glühverlustes (GV) wurden 2 Gramm Pulver bei 1000 $^{\circ}$ C während einer Stunde geglüht. Hierauf wurden 0.7 Gramm dieses kalzinierten Pulvers mit 6.650 Gramm MERCK Spektromelt A 10 (Li $_2$ B $_4$ O $_7$ ) und 0.350 Gramm MERCK Lithiumfluorid (LiF) homogen gemischt und bei 1150 $^{\circ}$ C mit einem PHILIPS PERL X-2 zu einer Glaspille geschmolzen. Diese Glaspille wurde hierauf mit einem Röntgen-Spektrometer PHILIPS PW 2400 (Rhodium Anode, 60 kV und 30 mA) auf Haupt-, Neben- und Spurenelemente gemessen, unter Verwendung von 40 internationalen Geochemie-Standards. Der Fehler liegt unter 5 % für alle dosierten Elemente. Analytiker: V.S.

#### 4.2.5 Statistik

Die Auswertung der chemischen Analysen erfolgte mit dem Programm SPSS 11. Für die *Clusteranalyse* mittels der Ward-Methodik (euklidische Distanzen im Quadrat, nicht standardisierte Daten) wurden 16 Variablen berücksichtigt: SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ba, Cr, Ni, Rb, Sr, Y, Zn, Zr. Auswerter : M.M. (Erstautor).

#### 4.3 Mikroskopische Differenzierung

Die Sandsteine der Unteren Süßwassermolasse wurden von MORNOD (1949), WEIDMANN et al. (1982) und WEIDMANN (1993), diejenigen der unteren Meeresmolasse (Vaulruz-Formation) von MORNOD (1949), EMMENEGGER (1961) und FASEL (1981), und diejenigen der Gurnigeldecke von TERCIER (1928), HUBERT (1967), MOREL (1980) sowie VAN STUIJVENBERG (1979) beschrieben.



**Abb. 8:** Mikroskopische Aspekte typischer Sandsteine aus der subalpinen Molasse (PA 32, oben) und dem Flysch (PA 7, unten). Polarisatoren gekreuzt. Beide Proben sind reich an kantigeckigen, homogen erscheinenden Quarzen (weisse bis grauschwarze Interferenzfarben), neben

*untergeordneten Feldspäten (graue Interferenzfarben), alles eingebettet in einer feinkörnigen Karbonat-Matrix mit irrisierenden hellen Interferenzfarben. Der hier feinkörnigere Molasse-Sandstein zeigt längliche Hellglimmerschüppchen mit gelben bis rötlichen Interferenzfarben, eingeregelt in der Sedimentationsfläche. Im größeren Flysch-Sandstein sind Fossilien (Algenbruchstücke, Foraminiferen) und Glaukonit mit grünen Interferenzfarben zu erkennen. Photo J. CHIAVERINI.*

Die Resultate der mikroskopischen Untersuchung stimmen mit den Beobachtungen der genannten Autoren überein. Die untersuchten freiburgischen Proben lassen sich auf Grund der Korngrösse, der Kornsortierung und des variierenden Gehaltes von Gesteins-, Mineral- und Fossilfragmenten in neun mikroskopische Gruppen unterteilen (Tab. 3). Die vier USM- und UMM-Sandsteingruppen sind sich zwar ähnlich, können aber unter dem Polarisationsmikroskop differenziert werden. Bei allen dominieren mono- bis polykristalline, eckige Quarzkörner, welche in einem Karbonatzement bzw. -matrix aus feinsten Kalzit- und Fe-Kalzit-Kriställchen eingebettet sind (Abb. 8).

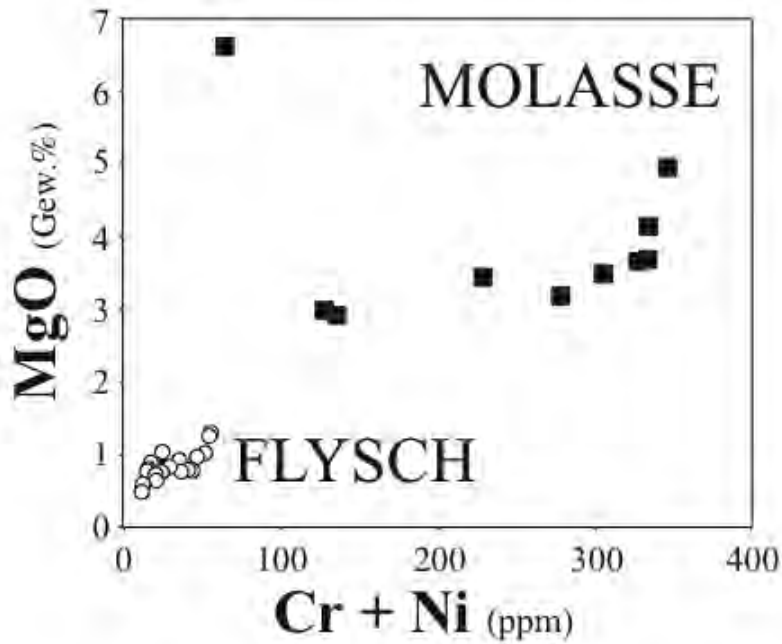
Der Zement der Molasse-Sandsteine weist noch einen geringen Gehalt an Tonmineralien auf, was zur deutlich niedrigeren Druckfestigkeit dieser Sandsteine, im Vergleich zu denjenigen der Flyschregion, führt. Weitere, untergeordnete und mehr oder weniger vorhandene Bestandteile sind Gesteinsfragmente (Hornsteine, Karbonate, Magmatite, Metamorphite), Feldspäte, Glimmer, Glaukonit, Chlorit und Fossilien. Zum Typ I zählen die Sandsteine der subalpinen USM, welche keine groben Glimmer oder Chlorite, sehr wenig Opakminerale, fast keine Fossilklasten, dafür aber reichlich Dolomit- und Hornsteinfragmente enthalten. Charakteristisches Merkmal der drei mikroskopischen Typen der subalpinen UMM ist die Präsenz gröberer, im Querschnitt länglicher Hellglimmer und Chlorite (Abb. 8 oben), sowie die monokristallinen oder polykristallinen Dolomitklasten, alles eingebettet in einem karbonatischen Zement (Matrix) mit mehr oder weniger Tonmineralien. Sie enthalten meist auch viel Kalifeldspat und Opakminerale. Die Flyschproben gehören zu den mikroskopischen Gruppen V bis IX, charakterisiert durch ein gröberes Korngefüge, einen meist guten Sortierungsgrad, die Dominanz von Quarzklasten, die Abwesenheit grober Glimmer und Dolomitfragmente sowie den Reichtum an Glaukoniten und Bioklasten in Form von Algen und Foraminiferen (Abb. 8 unten).

#### **4.4 Röntgenographische Differenzierung**

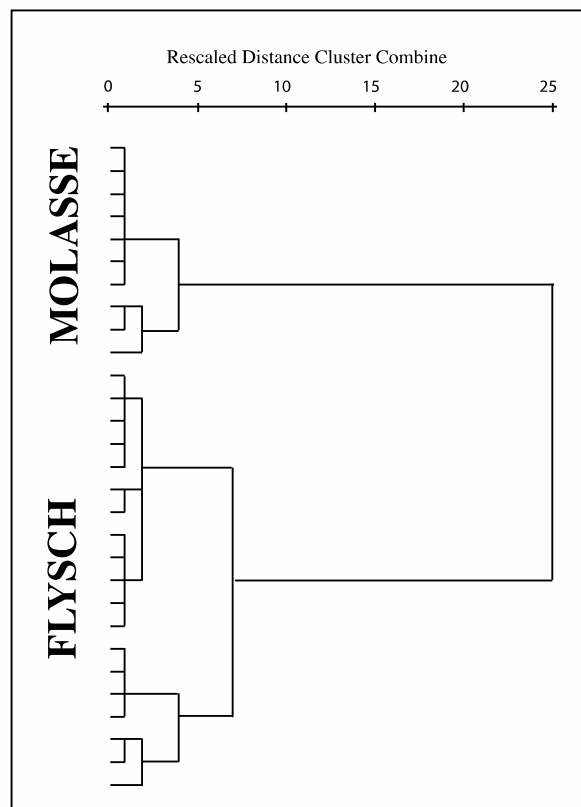
Die mineralogische Analyse von 29 gepulverten Proben mittels Pulver-Röntgendiffraktometrie ergab für die Proben aus der subalpinen Molasse, wie von der mikroskopischen Analyse zu erwarten, Dolomit als charakteristischen Bestandteil (Tab. 4). Dieses Mineral fehlt in den Sandsteinen des Flysches. Beide Sandsteintypen können also auch mit dieser Methode eindeutig differenziert werden.

#### **4.5 Chemische Differenzierung**

29 Proben wurden mittels Röntgenfluoreszenzanalyse chemisch untersucht (Tab. 5). Auch hier resultierten markante Unterschiede zwischen beiden Sandsteintypen, sehr schön sichtbar in den deutlich tieferen Magnesium (MgO)-, Chrom (Cr)- und Nickel (Ni)-Konzentrationen der Flyschsandsteine im Vergleich zu denjenigen der subalpinen Molasse (Abb. 9). Der reichlich vorhandene Dolomit  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  in den Sandsteinen der subalpinen Molasse erklärt deren höhere Magnesiumgehalte im Vergleich mit denjenigen des Flysches. Die hohen Cr- + Ni-Werte (> 200 ppm) vieler Molasseproben passen gut zu den publizierten Spinellgehalten in Sandsteinen der subalpinen Molasse (GASSER 1966, SCHLANKE 1974, SCHLANKE ET AL. 1978, MAURER & NABHOLZ 1980, FASEL 1981, DIEM 1986). Diese Merkmale zeigen auch die zwei Alpnacher Proben, die sich, mit Ausnahme der höheren  $\text{SiO}_2$ - und niedrigeren CaO-Werte für PA6, unwesentlich von den freiburgischen Flyschsandsteinen unterscheiden (Tab. 5, Abb. 10).



**Abb. 9:** *MgO vs. Cr+Ni – Diagramm zur Differenzierung der Flysch-Proben (Kreise) von den Sandsteinen der subalpinen Molasse (schwarze Quadrate).*



**Abb. 10:** *Sog. Dendrogramm als Resultat einer multivariaten Clusteranalyse, unter Einbezug von 16 chemischen Parametern. Die Sandsteine der subalpinen Molasse und diejenige des Flysches bilden zwei deutlich unterschiedliche Gruppierungen. Die Guber'schen Sandsteine liegen in der Mitte der freiburgischen Flyschsandsteine.*

## 5. Diskussion

In der vorliegenden Arbeit stand die Klärung der Herkunft der Steinbruch-Pflastersteine der Stadt Freiburg im Vordergrund. Es konnte nachgewiesen werden, dass in der stadtnäheren Umgebung genügend Sandsteinvorkommen in ausreichender Pflasterstein-Qualität vorhanden sind, die zwei tektonischen Einheiten (Subalpine Molasse, Flysch der Gurnigeldecke) zugeordnet werden können. Über die Verwendung dieser Gesteinsarten als Pflastersteine in der Stadt Freiburg orientieren BOLLIN (1996) und CHIAVERINI & MAGGETTI (2012). Beide Sandsteintypen unterscheiden sich sowohl mikroskopisch, mineralogisch und chemisch. Die mineralogische Analyse kann als eine schnelle diagnostische Methode zur Differenzierung verwendet werden. Laut den Archivalien und den Literaturangaben waren in der subalpinen Molasse während etwa 80 Jahren vier Pflastersteinbrüche aktiv, zeitlich etwa von der Mitte des 19. Jh. bis ca. 1930 (Abb. 6). Die meisten Steinbrüche in der subalpinen Molasse produzierten aber vor allem Hausteine, Treppenstufen, Platten, Sockelsteine usw. Im Flysch wurde der Pflastersteinbruch *Zollhaus* sicher schon vor 1883 eröffnet, doch dauerte es bis in die 1920er Jahre, bis fünf weitere Pflastersteinbrüche folgten, wovon sich derjenige der *Tatüren* bis heute halten konnte. Pflastersteine waren ein wichtiges Export-Produkt der freiburgischen Flysch-Kalksandsteinbrüche. Der Wechsel von einem Sandstein zum anderen beruht wohl auf der höheren Druckfestigkeit der Flysch-Sandsteine ( $2'000-2'500 \text{ kg/cm}^2$ ) im Vergleich zur subalpinen Molasse ( $1'600-1'800 \text{ kg/cm}^2$ ), siehe Abb. 2, und der Konstruktion neuer Strassen in den vormals noch unerschlossenen Flyschregionen ab ca. 1910. Dieser Materialwechsel kann für die Datierung der Verlegung der freiburgischen Pflaster herangezogen werden, denn Molassesandstein-Pflaster sind mit grösster Wahrscheinlichkeit ab Mitte bis Ende des 19. Jh., und Flysch-Sandsteinpflaster ab Beginn bis Mitte des 20. Jh. verlegt worden, lässt man die mengenmässig unbedeutende Gewinnung von Flyschsandsteinpflaster aus Flussgeschiebe ausser Acht. Betrachtet man die Abb. 3, so wird bewusst, welch enormes Pflasterstein-Potential in den Flyschen der Gurnigeldecke stecken. Hier harren riesige Vorräte und könnten als Ersatz für alte Pflaster oder als Material für neue Pflasterungen gewonnen werden. Die Kombination historischer und naturwissenschaftlicher Ergebnisse ermöglicht somit sowohl eine Herkunftsbestimmung als auch eine grobe zeitliche Einordnung der Sandsteinpflaster der Stadt Freiburg.

## Dank

Diese Arbeit wurde im Rahmen des von Prof. M. Fritz vom Baudepartement der Fachhochschule für Technik und Architektur, CH-1705 Fribourg, initiierten und geleiteten KTI-Projektes *RRI Restauration-Rekonstruktion-Innovation: Zur Frage der Sanierung von Strassen- und Platzpflasterungen in mittelalterlichen Kernzonen Schweizer Städte: Eine fachübergreifende Studie am Beispiel der Stadt Freiburg* (Nr. 6568.1 FHS-ET) erarbeitet und finanziell unterstützt. Unser Dank richtet sich ferner an den Stiftungsrat des Forschungsfonds der Universität Freiburg für die Gewährung eines finanziellen Beitrages (Projekt Nr. 216). Wir verdanken die Unterstützung folgender Personen und Instanzen, die uns in vielfältiger Art und Weise geholfen haben: Aeby Franz (Giffers), Andrey Gérard (Cerniat), Baschung Mélanie (Freiburg), Bourqui Jean-Paul (Freiburg), Braillard Luc (Freiburg), Bruegger Nicole (Freiburg), Bruelhart Anton (Düdingen), Caron Christian (Freiburg), Decrouez Danielle (Genève), Fasel André (Freiburg), Foerster Hubert (Freiburg), Fritz Michael (Freiburg), Gerber Emmanuel (Freiburg), Gremaud Gilbert (Écharlens), Gruber Bruno (Oberschrot), Jaquerod Grégory (Freiburg), Kloeti Thomas (Bern), Kündig Rainer (Zürich), Mauron Albert (Plasselb), Neuhaus Eduard (Giffers), Papi Giancarla (Freiburg), Ruffieux Severin (Plasselb), Torche-Julmy Marie-Thérèse (Freiburg), Zwick Pierre (Freiburg); Gemeindearchiv (Riaz), Kantons- und Universitätsbibliothek Freiburg (Freiburg), Kantonales Bau- und Raumplanungsamt (BRPA) Freiburg (Freiburg), Schweizerisches Bundesarchiv (Bern), Schweizerische Nationalbibliothek (Bern), Staatsarchiv Freiburg (Freiburg).



## Literatur

- ANDEREGG, J.P. (2002): Une histoire du paysage fribourgeois. Espace, territoire et habitat. Freiburger Kulturlandschaften. Materialien zur Geschichte der ländlichen Siedlung. - Deutschfreiburger Beiträge zur Heimatkunde, Band 67.
- ANONYMUS (1912): Alfred Masset. - Bulletin de la Société fribourgeoise des Ingénieurs et Architectes, vol. III, 126-128.
- BECK, P. (1926a): Die Bedeutung des Deckenbaues der Schweizeralpen für die Steinbruchindustrie. - Schweizerische Zeitschrift für Strassenwesen, Jg. 12, Nr. 21-23, 1-16.
- BECK, P. (1926b): Ueber die Entstehung der zum Strassenbau geeigneten Sedimentärgesteine der Schweizeralpen. - Schweizerische Zeitschrift für Strassenwesen, Jg. 12, No. 11, 134-140.
- BLANC, F. (1999): Corbières: 900 ans d'histoire. - Icobulle SA, Bulle.
- BOLLIN, R. (1996): Natursteine in Freiburg – Pierres naturelles à Fribourg. - Naturhistorisches Museum Freiburg, Musée d'histoire naturelle, Fribourg.
- BOSSART, J. (1982): Baumaterialien, Vorkommen, Verarbeitung. - 10-seitige Beilage der Freiburger Nachrichten vom 6.7.1982.
- BOVET, B. (1992): 1892-1992 Centenaire de la construction de l'église de Farvagny. - Imprimerie Robert SA, Fribourg.
- BÜCHI, O. (1923): Geologische Untersuchungen im Gebiete der Préalpes externes zwischen Valsainte und Bulle. - Mém. Soc. Frib. Sc. Nat., vol. X.
- BÜCHI, O. (1930): Die Flyschsandsteinbrüche des Sensebezirkes. - Beiträge zur Heimatkunde des Sensebezirkes, 1930, 4, 23-29.
- BUESS, H. (1920): Ueber die Subalpine Molasse im Kanton Freiburg. - Inaugural-Dissertation der Math. Naturw. Fakultät der Universität Freiburg.
- CARON, C. (1976): La nappe du Gurnigel dans les Préalpes. - Eclogae geol. Helv. 69/2, 297-308.
- CARON, C., HOMEWOOD, P., MOREL, R. & STUIJVENBERG, J. Van (1980): Témoins de la nappe du Gurnigel sur les Préalpes médianes: une confirmation de son origine ultrabriançonnaise. - Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. 69/1, 64-79.
- CARON, C., HOMEWOOD, P. & WILDI, W. (1989): The Original Swiss Flysch: A Reappraisal of the Type Deposits in the Swiss Prealps. - Earth-Science Reviews, 26, 1-45.
- CHIAVERINI, J. & MAGGETTI, M. (2012): Le pavement du centre historique de la ville de Fribourg: résultats du relevé pétrographique. – Bull. Soc. Frib. Sc. Nat., dieses Heft.
- DAMM, F. (1909): Die Vaulruz-Molasse. Das Kalkgebirge bei Châtel-St-Denis. - Inaugural-Dissertation der Math. Naturw. Fakultät der Universität Freiburg.
- DE GIRARD, R. (1896): Notice géologique et technique sur les produits minéraux bruts du canton de Fribourg. - In: Duparc (éd.), Notice sur les exploitations minérales de la Suisse, Ed. Ph. Dürr, Genève, 151-197.
- DE GIRARD, R. (1900): Tableaux des terrains de la région fribourgeoise. - Mém. Soc. Frib. Sci., nat. 2/2 (2<sup>e</sup> édition augmentée 1911).
- DE GIRARD, R. (1916): Notions de géologie générale fondées sur l'étude du sol fribourgeois. - Discours prononcé par Girard, Recteur de l'université de Fribourg à l'inauguration solennelle des cours universitaires le 15 novembre 1913. Imprimerie de l'oeuvre de Saint-Paul, Fribourg.
- DE QUERVAIN, F. (1969): Die nutzbaren Gesteine der Schweiz. 3. Auflage. - Kümmerly und Frey, Bern.

- DE QUERVAIN, F. & FREY, D., (1965): Erläuterungen zur Geotechnischen Karte der Schweiz 1:200'000, Blatt 3.- Geotechnische Kommission der Schweiz. Naturf. Gesellschaft, Zürich.
- DE QUERVAIN, F. & GSCHWIND, M. (1934): Die nutzbaren Gesteine de Schweiz. - Geotechnische Kommission der Schweiz. Naturf. Gesellschaft. Verlag Hans Huber, Bern.
- DE QUERVAIN, F., FREY, D., HOFMÄNNER, F. & JENNY, V. (1965): Geotechnische Karte der Schweiz 1:200'000, Blatt 3.- Geotechnische Kommission der Schweiz. Naturf. Gesellschaft, Zürich.
- DIEM, B. (1986): Die Untere Meeresmolasse zwischen der Saane (Westschweiz) und der Ammer (Oberbayern). - *Eclogae geol. Helv.* 79/2, 493-559.
- EMMENEGGER, C. (1961): Géologie de la région Sud de Fribourg, Molasse du plateau et Molasse subalpine. – *Bull. Soc. Frib. Sc. Nat.*, vol. 51, 10-166.
- FASEL, J.-M. (1981): Etude sédimentologique et cartographique de la Molasse Subalpine dans la région de Bulle. - Institut de Géologie de l'Université de Fribourg, travail de diplôme.
- GABUS, J.-H. (2000): Feuille 1224 Moudon. - Atlas géol. Suisse 1:25'000, Notice explic. 103. Office fédéral des eaux et de la géologie, Berne.
- GABUS, J.-H., VOEGTLI, J.-C., MORNOD, L., & PARRIAUX, A. (2000): Feuille 1224 Moudon. - Atlas géol. Suisse 1:25'000, Carte 103. Office fédéral des eaux et de la géologie, Berne.
- GAGNEBIN, E. (1922): Carte géologique des Préalpes entre Montreux et le Moléson et du Mont Pélerin 1:25'000. - Carte géol. spéciale, Commission géologique Suisse, Zurich.
- GASSER, U. (1966): Sedimentologische Untersuchungen in der äusseren Zone der subalpinen Molasse des Entlebuch (Kt. Luzern).- *Eclogae geol. Helv.*, 61/1, 229-319.
- GENOUD, L. (1893): L'exposition industrielle cantonale de Fribourg du 31 juillet au 19 septembre 1892. - Fribourg.
- GILLIÉRON, V. (1873): Aperçu géologique sur les Alpes de Fribourg en général et description spéciale du Monsalvens. - *Mat. Carte géol. Suisse*, 12è livr.
- GILLIÉRON, V. (1885): Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne compris dans la feuille XII entre le lac de Neuchâtel et la crête du Niesen. - *Mat. Carte géol. Suisse*, 18è livr.
- GREMAUD, A. (1898): Groupe 32, Matériaux de construction. - Exposition nationale Suisse Genève 1896, Rapport technique, 561-602.
- GREMAUD, A. (1904): Pont de Corbières. - *Etrennes fribourgeoises*, 91-97.
- GSCHWIND, M., DE QUERVAIN, F. & WINTERHALTER, R.U. (1936): Geotechnische Karte der Schweiz, Blatt Nr. 3, Genf-Lausanne-Sitten, 1:200'000. - Geotechnische Kommission der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft, Zürich.
- HUBER-BURCKHARDT, A. (1893): Rapport du jury et rapport administratif de l'Exposition industrielle cantonale 1892 à Fribourg. - Société des Arts et Métiers, Fribourg.
- HUBERT, J. F. (1967): Sedimentology of prealpine flysch sequences. - *J. Sediment. Petrol.* 37, 885-907.
- KUENLIN, F. (1832): Dictionnaire géographique, statistique et historique du Canton de Fribourg, I+II. - L. Eggendorffer, Fribourg.
- KÜNDIG, R., MUMENTHALER, T., ECKARDT, P., KEUSEN, H.-R., SCHINDLER, C., HOFMANN, F., VOGLER, R. & GUNTLI, P. (1997): Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz. - Schweizerische Geotechnische Kommission, Zürich.
- MAURER, H. & NABHOLZ, W. (1980): Sedimentproben in der Molasse-.Abfolge der Bophrung Romanens I und in der benachbarten subalpinen Molasse (Kt. Fribourg). – *Eclogae geol. Helv.* 73/1, 205-222.
- MEISTER, U., LOCHER, F., KOCH, A. & TETMAJER, L. (1884): Die Baumaterialien der Schweiz an der Landesausstellung 1883. 2. Auflage. - Verlag Cäsar Schmidt, Zürich.

- MOREL, R. (1980): Géologie du massif du Niremout (Préalpes romandes) et de ses abords. - Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. 69, 2, 99-207.
- MORNOD, L. (1945): Molasse subalpine et bord alpin de la région de Bulle (Basse Gruyère). - Eclogae geol. Helv. 38/2, 441-452.
- MORNOD, L. (1949): Géologie de la région de Bulle (Basse Gruyère), Molasse et bord alpin. - Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, Neue Folge, Lieferung 91, Geologische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, Zürich.
- MOSER, A. (1970): Beiträge zur älteren Steinbearbeitung in der Westschweiz. - 2 Bde, Unveröffentlichte Dissertation Universität Freiburg.
- MOSER, R. (1884): Bericht über Gruppe 18: Baumaterialien. - Schweizerische Landesausstellung, Zürich 1883, Meyer'sche Buchdruckerei Luzern.
- MÜLLER, A. (1866): Beschreibender Catalog der schweizerischen Baumaterialien-Ausstellung in Olten. - Basel.
- MUSY, M. (1884): Notice géologique et technique sur les Carrières du canton de Fribourg. - Bull. Soc. Frib. Sc. Nat., III, 21-54.
- NATURSTEIN (1939): Naturstein diesseits und jenseits der Alpen: ein Führer durch den Natursteinhof der Schweizerischen Landesausstellung Zürich 1939. - Vereinigung Schweizerischer Naturbaustein-Produzenten, Zürich.
- NIGGLI, P. (1925): Die Eigenschaften der Pflastersteine unter besonderer Berücksichtigung der Wetterbeständigkeit. - Schweizerische Zeitschrift für Strassenwesen, Jahrgang 11, Nummer 25, 307-311.
- NIGGLI, P., GRUBENMANN, U., JEANNERET, A., & MOSER, R. (1915a): Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz. - Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, V. Lieferung.
- NIGGLI, P., GRUBENMANN, U., JEANNERET, A., & MOSER, R. (1915b): Karte der Steinbrüche 1:530'000. Beilage zu „Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz“. - Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, V. Lieferung.
- NIGGLI, P., & LETSCH, E. (1927): Erster Bericht der Geotechnischen Kommission der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft über die Untersuchung von Strassenbaumaterialien. - Schweizerische Zeitschrift für Strassenwesen, Nummer 6, 1-6.
- NIGGLI, P. & DE QUERVAIN, F. (1936): Erläuterungen zur geotechnischen Karte der Schweiz 1:200'000, Blatt 3. - Geotechnische Kommission der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft, Zürich.
- PASQUIER, J.-B. (2004): Feuille 1225 Gruyères. - Atlas géol. Suisse 1:25'000, Feuille 115. Office fédéral des eaux et de la géologie, Berne.
- PASQUIER, J.-B. (2005): Feuille 1225 Châtel-St-Denis. - Atlas géol. Suisse 1:25'000, Notice explicative 115. Office fédéral des eaux et de la géologie, Berne.
- PHILIPONA, A. & PHILIPONA ROMANENS, A. (2000): Vuippens, 2000 ans d'histoire. - Commune de Vuippens.
- PREISWERK, H. (1916): 8. Gruppe Bergbau, Mineralische Rohstoffe. - Schweizerische Landesausstellung in Bern 1914, Orell Füssli, Zürich.
- RUDHART, P. (1914): Mines et Carrières. Les Industries d'Extraction en Suisse. - Edition Atar, Genève.
- SCHERTENLEIB, U. (1993): Werkkatalog der Winterthurer Kartographiebetriebe (1842-1924). - Manuskript.
- SCHLANKE, S. (1974): Geologie der subalpinen Molasse zwischen Biberburg SZ, Hütten ZH und Ägerisee ZG, Schweiz.- Eclogae geol. Helv. 27/2, 243-332.
- SCHLANKE, S., HAUBER, L. & BÜCHI, U.P. (1978): Lithostratigraphie und Sedimentpetrographie der Molasse in den Bohrungen Tschugg I und Ruppoldsried I (Berner Seeland).- Eclogae geol. Helv. 71/2, 409-425.

- SCHMIDT, K. (1896): Gruppe 27: Rohproducte und deren erste Verarbeitung. - Exposition Nationale Suisse, Genève, 1-10.
- SCHWARZ, H.P. (1983): Die Steinbrüche in der Schweiz. Die Entwicklung, Merkmale und Probleme des schweizerischen Natursteingewerbes und die Frage der Versorgung des Landes mit Natursteinen resp. Natursteinprodukten, untersucht aus wirtschaftsgeographischer Sicht. - Inaugural-Dissertation der philosophischen Fakultät II der Universität Zürich.
- SOCIÉTÉ FRIBOURGEOISE DES ARTS ET MÉTIERS (1892): Catalogue officiel de l'exposition industrielle cantonale Fribourg. - Fribourg.
- SPICHER, A. (1972): Tektonische Karte der Schweiz 1:500'000. - Schweizerische Geologische Kommission, Zürich.
- STAHEL, A. (1968): Die Eignung von Splitten verschiedener schweizerischer Steinbrüche für den Bau von Strassenbelägen. - Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lieferung 45. Schweizerische Geotechnische Kommission, Zürich und Kümmerly & Frey, Bern.
- STRENG, H. (1884): Rohprodukte und deren Fundorte in der Schweiz. - Zeitschrift für Schweizerische Statistik, XX. Jahrgang, 3. + 4. Quartalheft, 153-170.
- STUCKART (1856): Fribourg-Bulle-Lausanne, Nouvelles considérations présentées par le comité du chemin de fer de la Gruyère, en faveur d'une voie ferrée par Bulle avec un projet de tracé. - J. Koch-Aebischer, imprimeur, Fribourg.
- TERCIER, J. (1928): Géologie de la Berra. - Mat. Carte géol. Suisse, Nouvelle Série, 60.
- TERCIER, J., MORNOD, L., SCHWARTZ-CHEVENART, C. & CAMPANA, B. (1945): Compte rendu des excursions de la Société géologique suisse dans les Préalpes fribourgeoises du 3 au 7 septembre 1945. - *Eclogae geol. Helv.*, 32/2, 485-488.
- TERCIER, J. & BIERI, P. (1961): Feuille 1206 Guggisberg [Gurnigel; 348-351 Guggisberg-Rüschegg-Plasselb-Gantrisch]. - Atlas géol. Suisse 1:25'000, Feuille 36. Publié par la Commission géotechnique Suisse, Zurich. En commission chez Kümmerly & Frey, Berne.
- VAN STUIJVENBERG, J. (1979): Geology of the Gurnigel area (Prealps, Switzerland). - Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, N.F., 151.
- VAN STUIJVENBERG, J., MOREL, R. & JAN DU CHENE, R. (1976): Contribution à l'étude du flysch de la région des Fayaux (Préalpes externes vaudoises). - *Eclogae geol. Helv.* 69/2, 182-196.
- WEBER, L. & BROSI, A. (1883): Karte der Fundorte von Rohproducten in der Schweiz. Ca. 1:520'000. Reproduction der von den Experten der GRUPPE XVI für die schweizerische Landesausstellung 1883 hergestellten Originalkarte. - Verlag J. Wurster & Cie. Zürich, Topogr. Anstalt v. Wurster, Randegger & Co. Winterthur.
- WEIDMANN, M. (1993): Feuille 1244 Châtel-St-Denis. - Atlas géol. Suisse 1:25'000, Notice explic. 103. Service hydrologique et géologique national, Berne.
- WEIDMANN, M., MOREL, R. & STUIJVENBERG, J. VAN (1976): La nappe du Gurnigel entre la Baye de Clarens et la Veveyse de Châtel. - *Bull. Soc. Frib. Sc. Nat.* 65/3, 182-196.
- WEIDMANN, M., HOMEWOOD, P. & FASEL, J.-M. (1982): Sur les terrains subalpins et le Wildflysch entre Bulle et Montreux. - *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.* 362/76, 151-183.
- WEIDMANN, M., HOMEWOOD, P., MOREL, R., BERCHTEN J.-D., BUCHER, H., BURRI, M., CORNIOLEX, J.-R., ESCHER, P., RÜCK, Ph., TABOTTA, A. & ZAHNER, Ph. (1993): Feuille 1244 Châtel-St-Denis. - Atlas géol. Suisse 1:25'000, Feuille 92. Service hydrologique et géologique national, Berne.
- WEIDMANN, M., DORTHE, J.-P., EMMENEGGER, Ch. (2002): Feuille 1205 Rossens. - Atlas géol. Suisse 1:25'000, Feuille 105. Office fédéral des eaux et de la géologie, Berne.
- WINKLER, W. (1983): Stratigraphie, Sedimentologie und Sedimentpetrographie des Schlierenflysches (Zentralschweiz). - Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, N.F., 158.

***Table 1: Liste der freiburgischen Hartsandstein-Brüche. Attalens nach GAGNEBIN (1922), Vaulruz nach GABUS ET AL. (2000).***

<b>Nr.</b>	<b>Gemeinde, Name</b>	<b>Koordinaten</b>	<b>Tekton. Einheit</b>
1	Attalens	554 710/150 940	Subalpine Molasse USM
2	Attalens	554 900/150 870	Subalpine Molasse USM
3	Attalens/Quettolaz	554 750/150 770	Subalpine Molasse USM
4	Attalens/La Jaquaz	555 000/150 740	Subalpine Molasse USM
5	Attalens/La Rottaz 1	555 240/150 370	Subalpine Molasse USM
6	Attalens/La Rottaz 2	555 110/150 300	Subalpine Molasse USM
7	Attalens/La Rottaz 3	555 030/150 240	Subalpine Molasse USM
8	Attalens/Grande Fin	555 060/150 040	Subalpine Molasse USM
9	Attalens/La Reyresse	555 200/150 050	Subalpine Molasse USM
10	Attalens/Perrey	555 340/149 650	Subalpine Molasse USM
11	Attalens/Les Places	555 580/149 050	Subalpine Molasse USM
12	Corbières/Prévondavaux	573 250/167 900	Subalpine Molasse UMM (Vaulruz-Formation)
13	Écharlens/Champotey	573 500/167 200	Subalpine Molasse UMM (Vaulruz-Formation)
14	Hauteville/Ruiseau du Ruz	575 710/169 440	Subalpine Molasse UMM (Vaulruz-Formation)
15	Marsens/Sous les Moleyses	570 800/166 670	Subalpine Molasse UMM (Vaulruz-Formation)
16	Marsens/Pt. 737	571 120/166 360	Subalpine Molasse UMM (Vaulruz-Formation)
17	Semsaies/La Savoyardaz	563 580/161 200	Subalpine Molasse UMM (Vaulruz-Formation)
18	Vaulruz/Château	566 250/164 000	Subalpine Molasse UMM (Vaulruz-Formation)
19	Vaulruz/Les Molettes	566 450/164 160	Subalpine Molasse UMM (Vaulruz-Formation)
20	Vaulruz	566 700/164 400	Subalpine Molasse UMM (Vaulruz-Formation)
21	Vuippens/Sionge	572 400/167 510	Subalpine Molasse UMM (Vaulruz-Formation)
22	Vuippens/Sur les Monts	573 200/167 940	Subalpine Molasse UMM (Vaulruz-Formation)
23	Broc/Vers le pont	573 700/181 860	Gurnigeldecke (Flysch)
24	Bulle/Montcaillaz	569 600/163 220	Gurnigeldecke (Flysch)
25	Cerniat/Tatüren	584 300/172 830	Gurnigeldecke (Flysch)
26	Plaffeien/Krätze	588 650-750/169 970-170 130	Gurnigeldecke (Flysch)
27	Plaffeien/Schuemacherli	589 050/171 280	Gurnigeldecke (Flysch)
28	Plaffeien/Zollhaus	589 900/173 950	Gurnigeldecke (Flysch)
29	Plasselb/Falli	585 150/174 050	Gurnigeldecke (Flysch)
30	Plasselb/Gurtseggli	585 390/173 860	Gurnigeldecke (Flysch)
31	Plasselb/Roggeli	585 000/174 050	Gurnigeldecke (Flysch)
32	Plasselb/Zum Bruch a	585 050/173 700	Gurnigeldecke (Flysch)
33	Plasselb/Zum Bruch b	584 850/173 550	Gurnigeldecke (Flysch)
34	Plasselb/Zum Bruch c	584 700-800/173 450-300	Gurnigeldecke (Flysch)
35	Semsaies/Pra Roud	561 850/157 700	Gurnigeldecke (Flysch)



**Tab. 2: Untersuchte Proben.**

Proben-Nr. (PA)	Steinbruch	Probenherkunft	Typologie
5	Guber/Alpnach	Probe aus groben Blöcken im Steinbruch, 2.7.2003 J. Chiaverini	Gross-Handstück
6	Guber/Alpnach	Probe aus groben Blöcken im Steinbruch, 2.7.2003 J. Chiaverini	Gross-Handstück
7	Cerniat/Tatüren	Probe aus grossen Blöcken im Steinbruch, 8.7.2003 J. Chiaverini	Gross-Handstück
8	Cerniat/Tatüren	Probe aus grossen Blöcken im Steinbruch, 8.7.2003 J. Chiaverini	Gross-Handstück
9	Vaulruz	Sammlung Techn. Geologie Naturhist. Museum Freiburg, Nr. 20587	Ausstellungsstück
10	Vuippens/Sionge	Sammlung Techn. Geologie Naturhist. Museum Freiburg, Nr. 20588	Ausstellungsstück
11	Marsens/Sous les Moleyses ?	Sammlung Techn. Geologie Naturhist. Museum Freiburg, Nr. 20589	Ausstellungsstück
12	Écharlens/Champotey, Pont de Corbières	Sammlung Techn. Geologie Naturhist. Museum Freiburg, Nr. 20590	Ausstellungsstück
13	Attalens	Sammlung Techn. Geologie Naturhist. Museum Freiburg, Nr. 20592	Ausstellungsstück
14	Cerniat/Tatüren	Sammlung Techn. Geologie Naturhist. Museum Freiburg, Nr. 20592	Gross-Handstück
15	Écharlens/Champotey	Sammlung Techn. Geologie Naturhist. Museum Freiburg, Nr. 20601	Pflasterstein
16	Écharlens/Champotey, Corbières/Ls Péruchi	Sammlung Techn. Geologie Naturhist. Museum Freiburg, Nr. 20603	Pflasterstein
17	Echarlens/Champotey, Bellora	Sammlung Techn. Geologie Naturhist. Museum Freiburg, Nr. 20605	Pflasterstein
18	Corbières/Prévondavaux	Sammlung Techn. Geologie Naturhist. Museum Freiburg, Nr. 20606	Pflasterstein
19	Plasselb/Roggeli	Probe aus der untersten, dicken Bank, 22.8.2003 M. Maggetti	Gross-Handstück
20	Plasselb/Falli	Probe aus grossen Blöcken im Steinbruch, 22.8.2003 M. Maggetti	Gross-Handstück
21	Plasselb/Falli	Probe aus grossen Blöcken im Steinbruch, 22.8.2003 M. Maggetti	Gross-Handstück
22	Plasselb/Falli	Probe aus grossen Blöcken im Steinbruch, 22.8.2003 M. Maggetti	Gross-Handstück
23	Plaaselb/Gurtseggi	Probe aus der dicksten Bank, 22.8.2003 M. Maggetti	Gross-Handstück
24	Plaaselb/Gurtseggi	Probe aus grossen Blöcken im Steinbruch, 22.8.2003 M. Maggetti	Gross-Handstück
25	Plaaselb/Gurtseggi	Probe aus grossen Blöcken im Steinbruch, 22.8.2003 M. Maggetti	Gross-Handstück
26	Plaffeien/Schuemacherli	Probe aus grossen Blöcken im Steinbruch, 22.8.2003 M. Maggetti	Gross-Handstück
27	Plaffeien/Schuemacherli	Probe aus grossen Blöcken im Steinbruch, 22.8.2003 M. Maggetti	Gross-Handstück
28	Plaffeien/Schuemacherli	Probe aus grossen Blöcken im Steinbruch, 22.8.2003 M. Maggetti	Gross-Handstück
29	Plaffeien/Zollhaus	Probe aus grossen Blöcken im Steinbruch, 22.8.2003 M. Maggetti	Gross-Handstück
30	Plaffeien/Zollhaus	Probe aus grossen Blöcken im Steinbruch, 22.8.2003 M. Maggetti	Gross-Handstück
31	Plaffeien/Zollhaus	Probe aus grossen Blöcken im Steinbruch, 22.8.2003 M. Maggetti	Gross-Handstück
32	Marsens/Combe	Sammlung 1915 Geotechnische Kommission, Nr. 1212	Handstück, Dünnschliff
33	Vuippens/Sionge	Sammlung 1915 Geotechnische Kommission, Nr. 1213	Handstück, Dünnschliff
34	Echarlens/Champotey, Pont de Corbières	Sammlung 1915 Geotechnische Kommission, Nr. 1214	Handstück, Dünnschliff
35	Vaulruz/Schlosshügel	Sammlung 1915 Geotechnische Kommission, Nr. 1216	Handstück, Dünnschliff
36	Attalens/La Reyresse	Sammlung 1915 Geotechnische Kommission, Nr. 1228	Handstück, Dünnschliff
37	Cerniat/Tatüren	Sammlung 1969 Geotechnische Kommission, Nr. 201.1	Handstück, Dünnschliff
38	Corbières/Prévondavaux	Sammlung 1969 Geotechnische Kommission, Nr. 206.1	Handstück, Dünnschliff
39	Vaulruz	Sammlung 1969 Geotechnische Kommission, Nr. 206.2	Handstück, Dünnschliff
50	Attalens	Sammlung 1969 Geotechnische Kommission, Nr. 205.4	Handstück, Dünnschliff
53	Corbières/Prévondavaux	Abfallhalde, Beprobung 14.9.2003 M. Maggetti	Marchstein
54	Plasselb/Zum Bruch a	Abfallhalde, Beprobung 14.9.2003 M. Maggetti	Gross-Handstück

**Tab. 3: Mikroskopische Gruppen.**

Gruppe	An. Nr.	Geologie	Granulometrie/Sortierung	Gesteine	Mineralien	Fossilien/Bioklasten	Wichtigste Kennzeichen
I	PA 13, 36, 50	USM	150 - 500 Mikron, Größere Fragmente bis 1.25 mm, Sortierung mittelmässig	Viele Dolomite, Kalke und Hornsteine (Silex); weniger Magmatite und Metamorphite	Quarze: mono- und polykristallin; Opakminerale: wenig; Grobe Hellglimmer und Chlorite: keine	sporadisch	Grosse Klasten und viele Gesteinsfragmente (Kalke, Silices)
II	PA 9, 10, 11, 12, 32, 35, 38, 39	UMM	50 - 250 Mikron, Sortierung gut	Kalke, Dolomite, Hornsteine, Magmatite, Metamorphite	Quarze: monokristallin; Opakminerale: viel; Grobe Hellglimmer und Chlorite: viel; Kalifeldspäte: viel; Plagioklas: wenig	rar	Feines Korn, viele verformte und eingeregelt Hellglimmer und Chlorite, Zement vorhanden
III	PA 15, 16, 18	UMM	50 - 250, Sortierung gut	Viel Kalzite, Kalke und Dolomite; weniger Hornsteine, Magmatite und Metamorphite	Quarze: mono- und polykristallin; Opakminerale: viel, assoziiert mit den groben Hellglimmern und Chloriten; Grobe Hellglimmer und Chlorite: viel; Kalifeldspäte: viel; Plagioklas: wenig	rar	Wie III, aber mehr Kalke und mehr Zement
IV	PA 17, 33, 34	UMM	150 - 300 Mikron, Größere Fragmente bis 1.25 mm, Sortierung schlecht	Kalke, Dolomite, Hornsteine, Magmatite, Metamorphite	Quarze: mono- und polykristallin; Opakminerale: wenig; Grobe Hellglimmer und Chlorite: wenig; Kalifeldspäte: viel; Plagioklas: wenig; Glaukonit: wenig	wenig	Mittleres bis grobes Korn, schlechte Sortierung, sonst ähnlich V (hier aber mehr Silices als in V)
V	PA 7, 8, 19, 20, 21	Flysch	50-350 Mikron (einige Körner bis max. 750 Mikron), Sortierung sehr gut	Kalke, Silex, Magmatite	Quarze: monokristallin häufiger als polykristallin; Hellglimmer und Chlorite: rar; Kalifeldspäte: wenig; Plagioklas: wenig (mehr Kalifeldspäte als Plagioklas); Glaukonit: wenig gross (Durchmesser 50 - 100 Mikron), Opakminerale: wenig	mittel	Wenig Zement, die Klasten berühren sich

Gruppe	An. Nr.	Geologie	Granulometrie/ Sortierung	Gesteine	Mineralien	Fossilien/ Biolasten	Wichtigste Kennzeichen
VI	PA 29, 30, 31	Flysch	50-200 Mikron (Gesteinskörner bis max. 1.4 mm), Sortierung gut	Kalke, Hornsteine, Magmatite, Metamorphite	Quarze: monokristallin häufiger als polykristallin; Hellglimmer und Chlorite: rar; Kalifeldspäte: wenig; Plagioklase: wenig; Glaukonit: wenig gross (Durchmesser 50 - 100 Mikron), Opakmineralien: wenig	viel	Reichlicher Zement, in dem die Klaster "schwimmen"
VII	PA 26, 27, 28	Flysch	50-100 Mikron, Sortierung sehr gut	Kalke, Hornsteine, Magmatite	Quarze: monokristallin häufiger als polykristallin (sehr selten); Hellglimmer: rar; Kalifeldspäte und Plagioklase: rar; Glaukonit: vorhanden, gross (Durchmesser 50 - 100 Mikron), Opakmineralien: wenig	viel	Viele feine Klaster in wenig Zement
VIII	PA 14, 23	Flysch	250-600 Mikron, Sortierung gut	Kalke, Hornsteine, Magmatite, Metamorphite	Quarze: monokristallin und polykristallin; Hellglimmer: rar; Kalifeldspäte und Plagioklase: mittel; Glaukonit: wenig gross (Durchmesser 50 - 250 Mikron), Opakmineralien: rar	viel	Viele Bioklaster und grobe Klaster in reichlich Zement
IX	PA 22, 24, 25, 54	Flysch	50-350 Mikron (einige Körner bis max. 3 mm), Sortierung schlecht bis sehr gut	Kalke (viel), Hornsteine, Magmatite, Metamorphite	Quarze: monokristallin und polykristallin (rar); Hellglimmer und Chlorite: rar; Kalifeldspäte und Plagioklase: wenig Glaukonit: wenig gross (Durchmesser 100 - 200 Mikron), Opakmineralien: wenig	viel	Viele Bioklaster und Glaukonite in reichlich Zement. Quarzklaster dominierend

**Tab. 4: Resultate der röntgenographischen Analyse. Typ 1 = subalpine Molasse, 2 = Flysch. Gehalte: ++++ = sehr viel, +++ = viel, ++ = wenig, + = sehr wenig.**

An. Nummer	Typ	Quarz	Kalzit	Dolomit	Plagioklas	Kalifeldspat	Glimmer	Chlorit	Pyrit/Markasit
PA9	1	++++	+++	++	+++	++	+	+	
PA10	1	++++	+++	+	++	+	+	+	+
PA11	1	++++	+++	+	++	++	+	+	Spuren
PA12	1	++++	++++	++	+++	++	+	+	+
PA13	1	+++	++++	+++	+				
PA15	1	++++	++++	++	+++	++	+	+	+
PA16	1	++++	++++	++	+++	++	+	+	+
PA17	1	++++	++++	++	++	++		+	
PA18	1	++++	++++	++	++	++		+	+
PA53	1	++++	++++	++	+++	++		+	
PA5	2	++++	++++		+	+	Spuren		+
PA6	2	+++++	++		++	++	Spuren		+
PA7	2	++++	+++		+	++	Spuren		
PA8	2	++++	+++		+	+++	Spuren		
PA14	2	+++	++++		+	++			
PA19	2	++++	+++		+			Spuren	
PA20	2	++++	+++		++	Spuren			
PA21	2	++++	++++		+				
PA22	2	++++	++++		++				
PA23	2	++++	++++		++	++			
PA24	2	++++	++++		++	++			
PA25	2	++++	++++		++	+	Spuren		Spuren
PA26	2	++++	++++		Spuren				
PA27	2	++++	++++		++	+			
PA28	2	++++	++++		+				
PA29	2	+++	++++		+	+			
PA30	2	++++	++++		+		Spuren		Spuren
PA31	2	++++	++++		+				+
PA54	2	++++	++++		++	+			

**Tab. 5: Resultate der chemischen Analyse. Typ 1 = subalpine Molasse, 2 = Flysch. GV = Glühverlust,  $Fe_2O_3 = Fe$  tot als  $Fe_2O_3$ .**

An. Nummer	Typ	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ba	Cr	Cu	Nb	Ni	Pb	Rb	Sr	Y	Zn	Zr	Summe	GV
		Gew.%	Gew.%	Gew.%	Gew.%	Gew.%	Gew.%	Gew.%	Gew.%	Gew.%	Gew.%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Gew.%	Gew.%
PA9	1	65,18	0,28	9,83	3,66	0,08	2,97	13,71	1,47	2,40	0,19	259	78	3<	7	41	12	92	247	23	49	153	99,82	11,73
PA10	1	68,16	0,36	9,93	3,38	0,07	5,06	9,66	2,07	1,94	0,08	256	198	13	8	144	15	71	255	6	49	130	100,81	9,24
PA11	1	65,67	0,32	9,10	2,89	0,08	4,21	13,41	2,00	1,87	0,05	356	193	11	7	138	13	67	272	5	39	128	99,74	11,24
PA12	1	56,94	0,32	8,83	2,60	0,13	3,58	23,38	2,28	1,94	0,07	297	183	17	8	131	12	69	363	6	37	116	100,20	16,99
PA13	1	46,34	0,07	2,68	1,06	0,09	6,65	42,35	0,88	0,45	0,02	336	37	10	4<	18	11	16	556	0	13	34	100,71	28,91
PA15	1	59,49	0,26	8,64	2,79	0,13	3,75	20,65	1,38	1,90	0,12	255	195	8	7	126	13	67	322	20	37	169	99,24	15,60
PA16	1	59,46	0,24	8,60	2,78	0,13	3,71	20,76	1,23	1,91	0,14	304	198	1<	8	127	12	71	328	21	35	158	99,09	15,69
PA17	1	54,18	0,02	4,72	1,36	0,13	3,04	34,19	0,40	1,38	0,08	180	89	3<	3<	43	11	45	516	12	16	67	99,50	22,66
PA18	1	58,94	0,08	5,11	1,64	0,12	3,47	27,81	1,91	1,33	0,09	197	171	0	6	54	10	43	429	17	23	173	100,61	19,60
PA53	1	51,25	0,17	7,21	3,12	0,21	3,23	31,78	2,36	1,26	0,16	375	158	14	6	109	22	53	465	18	45	103	100,88	21,78
PA5	2	63,89	0,11	4,64	0,79	0,03	0,75	26,64	1,97	1,70	0,04	209	<5	11	6	10	14	46	819	11	7	67	100,67	17,65
PA6	2	79,19	0,08	6,61	0,48	0,01	0,48	6,90	2,05	2,96	0,03	388	<5	<2	<5	6	20	82	359	7	6	57	98,88	5,42
PA7	2	71,03	0,08	4,54	0,77	0,02	0,62	18,37	1,35	1,87	0,04	221	12	<2	<5	8	14	53	908	11	6	57	98,82	12,87
PA8	2	70,79	0,07	5,20	0,65	0,01	0,58	17,47	1,42	2,27	0,05	291	<5	<2	<5	7	12	61	768	8	6	44	98,63	12,33
PA14	2	51,43	0,02	1,99	0,56	0,05	0,83	44,20	0,19	0,72	0,10	143	26	7<	3<	2<	9	22	436	6	5	43	100,09	26,40
PA19	2	70,81	0,00	2,76	1,50	0,01	0,83	23,38	0,44	0,49	0,08	425	3<	4	3<	7	9	17	564	14	14	182	100,30	16,10
PA20	2	72,33	0,00	3,11	1,26	0,02	0,78	20,88	0,84	0,44	0,12	190	9	7<	3<	9	10	17	535	9	6	81	99,78	14,71
PA21	2	45,93	0,04	2,12	0,83	0,10	0,92	48,43	1,26	0,19	0,02	195	19	19	3<	6	2<	5	557	0	3	98	99,95	28,47
PA22	2	57,04	0,16	2,53	1,29	0,03	1,00	37,11	1,03	0,52	0,05	454	52	13	5	9	5<	16	838	6	12	242	100,93	23,25
PA23	2	54,29	0,02	4,31	0,96	0,09	0,74	37,17	0,48	1,59	0,12	291	28	5<	3<	3<	15	50	574	8	6	46	99,77	23,29
PA24	2	49,36	0,03	3,93	1,74	0,03	1,04	42,00	0,22	0,99	0,06	507	23	0	5<	11	10	37	1253	19	15	263	99,63	25,48
PA25	2	56,82	0,00	4,06	1,40	0,03	0,78	34,78	0,92	1,35	0,06	235	39	3<	4<	11	10	44	1196	17	16	199	100,20	22,02
PA26	2	62,96	0,20	2,28	1,25	0,03	0,82	31,96	0,97	0,43	0,02	251	46	5	5	11	3<	14	836	3	17	236	101,03	20,70
PA27	2	54,87	0,00	2,42	0,88	0,04	0,79	40,32	0,57	0,61	0,10	156	27	7	4<	9	8	20	1164	14	14	183	100,74	24,66
PA28	2	54,56	0,12	2,03	1,33	0,04	0,95	39,71	0,92	0,30	0,04	543	20	7	3<	10	5<	8	1051	0	14	165	100,18	24,49
PA29	2	31,86	0,07	1,99	1,33	0,03	1,08	62,05	1,33	0,43	0,03	789	23	47	3<	11	8	13	1777	3<	10	103	100,47	33,36
PA30	2	44,28	0,18	3,02	2,43	0,03	1,26	45,93	0,99	0,66	0,03	218	47	14	6	22	11	26	1542	9	23	218	99,05	27,16
PA31	2	41,71	0,15	2,75	2,54	0,04	1,33	49,26	0,99	0,50	0,02	104	21	23	5	22	9	22	1664	5	19	232	99,51	28,48
PA54	2	55,50	0,02	3,69	1,75	0,04	0,83	36,06	0,92	0,95	0,09	177	17	3<	3<	8	8	37	825	18	7	169	99,94	22,84

# Le pavement du centre historique de la ville de Fribourg: résultats du relevé pétrographique

JESSICA CHIAVERINI<sup>1</sup> et MARINO MAGGETTI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CEMEX Research Group AG, CH-2555 Brügg

<sup>2</sup> Département des Géosciences, Université, CH-1700 Fribourg

## Résumé

*L'inventaire pétrographique des pavements de la Ville médiévale de Fribourg a été réalisé en définissant, dans l'ensemble des pavements, neuf secteurs. 207 carrés de 1m<sup>2</sup>, représentatifs pour les secteurs, furent choisis pour l'étude détaillée. Grâce au relevé pétrographique qualitatif et quantitatif de ces carrés, à l'analyse microscopique et à l'analyse minéralogique par diffractométrie aux rayons-X de la plupart des 361 échantillons, démonstration fut faite que la grande majorité des pavés de la Ville est en grès calcaires durs (92 %), le reste en roches cristallines (4%) ainsi qu'en deux types de calcaire (4%). Les pavés sont soit du type pavé de galets de rivière, soit du type pavé de carrière. Les pavements peuvent être divisés en 11 types différents selon leur origine, la pose, le joint et leur nature pétrographique. La plupart des pavés sont de carrière et en grès calcaire dur qui ont été produits dans les carrières fribourgeoises où affleurent les grès du Flysch. La pose de ce type de pavé est assez récente, car ces carrières n'ont débuté leur activité que vers 1920. Le spectre lithologique des pavés de galets de rivière est grand et va des grès calcaires durs du Flysch aux grès de la Molasse Subalpine, granites, gneiss, amphibolites, deux types de calcaires, serpentinites et quartzites. Ces roches peuvent être trouvées dans les alluvions récentes de la Gérine et de la Sarine. On y rencontre les lithotypes affleurant dans le lit de ces deux rivières ainsi que des galets et moellons des moraines lessivées du glacier du Rhône et des glaciers régionaux. Les paveurs ont extrait que des roches dures de ce matériel. La pose de ces pavés est difficile à dater, mais il est très probable qu'une grande partie des pavés à galets provient du premier pavage du début du 15<sup>e</sup> s., re-utilisée dans des pavements plus récents.*

## Zusammenfassung

*Die Erstellung des petrographischen Inventars der Pflasterungen der Freiburger Altstadt basiert auf folgendem Konzept: Aus dem gesamten gepflasterten Areal wurden neun Sektoren ausgewählt, die ihrerseits in 207 repräsentative Quadrate à 1m<sup>2</sup> unterteilt wurden. Ausgehend von der qualitativen und quantitativen Detail-Untersuchung aller Quadrate, sowie auf der mikroskopischen und röntgenographischen Analyse vieler der 361 in situ genommenen Proben kann gezeigt werden, dass die Mehrheit der freiburgischen Pflaster aus einem harten Kalksandstein bestehen (92%) und die restlichen entweder aus Kristallingesteinen (4%) oder aus zwei unterschiedlichen Kalksteintypen (4%). Die Pflastersteine gehören zum Typ Flussgeröll-Pflasterstein oder zum Typ Steinbruch-Pflasterstein. Die Pflasterungen wurden 11 Typen zugeordnet, ausgehend von Herkunft, Verlegung, Verfugung und petrographischer Natur. Die Pflastersteine sind mehrheitlich vom Typ Steinbruch-Pflasterstein und diese wiederum mehrheitlich aus hartem Kalksandstein. Sie stammen aus den Flysch-Steinbrüchen des Kantons Freiburg. Die Verlegung dieser Pflastersteine muss relativ rezent sein, denn diese Steinbrüche begannen um ca. 1920 zu produzieren. Das lithologische Spektrum der Flussgeröll-Pflastersteine ist grösser und umfasst Flyschsandsteine, Sandsteine der subalpinen Molasse, Granite, Gneise, Amphibolite, Kalke, Serpentine und Quarzite. Diese Gesteine finden sich in den rezenten Sedimenten der Aegera und der Saane, und stammen aus dem Untergrund derer Flussbette und/oder aus den erodierten Moränen des Rhonegletschers und lokaler Gletscher. Die Pflasterer haben daraus nur harte Komponenten ausgewählt. Die Verlegung dieses Typs von Pflasterstein ist schwierig zu datieren, doch könnten viele noch aus der ersten*

*Stadtpflasterung des beginnenden 15. Jh. stammen, die in späteren Pflasterungen rezykliert wurden.*

## **Abstract**

*A petrographic inventory of the pavements of the medieval City of Fribourg was drawn up, setting out nine areas. 207 squares - 1m<sup>2</sup> each - were chosen for the detailed study as being representative of the different areas. The qualitative and quantitative description of these squares, along with the microscopic and the X-ray diffraction analysis of most of the 361 in situ samples made it possible to indicate that the great majority of the City's pavements are made of hard calcareous sandstone (92%), and the remainder of crystalline rocks (4%) as well as two types of limestone (4%). The cobblestones are either of the river pebble type, or of the quarry type. The pavements can be divided in 11 different categories according to their origin, the way they were put in place, the joint and their petrographic characteristics. Most of the cobblestones come from a quarry, made of hard calcareous sandstone and were produced in Flysch quarries of the canton Fribourg. The laying of this type of pavement is quite recent because these quarries started their activity only around 1920. The lithological spectrum of the cobblestones made from river pebbles is wide and ranges from hard Flysch calcareous sandstones to Subalpine Molasse sandstones, granites, gneiss, amphibolites, two types of limestone, serpentinites and quartzites. These rocks can be found in recent river sediments of the Gérine and the Sarine. They originate from their riverbeds or from morainic deposits of local glaciers and the Rhone glacier. The pavers have kept only the hard rocks from these materials. The laying of these pavements is difficult to date accurately, but it is quite possible that a large quantity of the river cobblestones comes from the first paving, early 15th century, which has been re-used in more recent pavements.*

## **1. Introduction**

Les vieux quartiers de la Ville de Fribourg contiennent encore de grandes surfaces pavées qui leur confèrent un cachet très particulier et attrayant. Jusqu'à présent, aucune étude systématique ne fut menée sur la nature pétrographique ni sur la provenance de ce patrimoine culturel important, abstraction faite d'un travail ponctuel intéressant la Rue de l'Hôpital (CHIAVERINI, 2003). Les sources d'archives n'en parlent malheureusement pas beaucoup. On ne trouve que quelques mentions dans la littérature, comme p.ex. GILLIERON (1885): « Ce sont les matériaux erratiques qui fournissent les *pavés* des villes. La Gérine et la Sense charrient d'assez gros fragments de grès du flysch, pour qu'on en puisse tailler des bordures de trottoir et d'excellentes pierres à paver de forme régulière. ». BOLLIN présente en 1996 une description pétrographique exhaustive pour 19 constructions de la ville de Fribourg et mentionne, pour les pavements, des sources locales, régionales, suisses et étrangères. De source fribourgeoise locale sont les *moellons* et les *galets* utilisés pour la pose des anciens pavements autour de la Porte de Bourguillon et de la Fontaine de la Force, de source régionale les pavés en *grès dur siliceux de Tatüre* des récentes rénovations du pavement autour la Porte de Bourguillon et de la Fontaine de la Force, ainsi que des rénovations du Pont de Saint-Jean (1988), du secteur supérieur du Court-Chemin (1989/1990) et de la Rue de Romont (1995).

Les pavés de la Ville de Fribourg sont bien résistants, mais peuvent se détériorer, se casser et disparaître. Il faut donc les remplacer. Pour ce faire, on doit connaître leur nature pétrographique, étudier leur provenance et trouver des pierres de substitution. C'est à ces questions que le présent travail s'est efforcé d'apporter des éléments de réponse.

A plus large échelle, cette étude veut être un projet pilote pour : (1) constituer les bases d'une étude scientifique et (2) pour développer une méthodologie efficace et simple pour des fins de

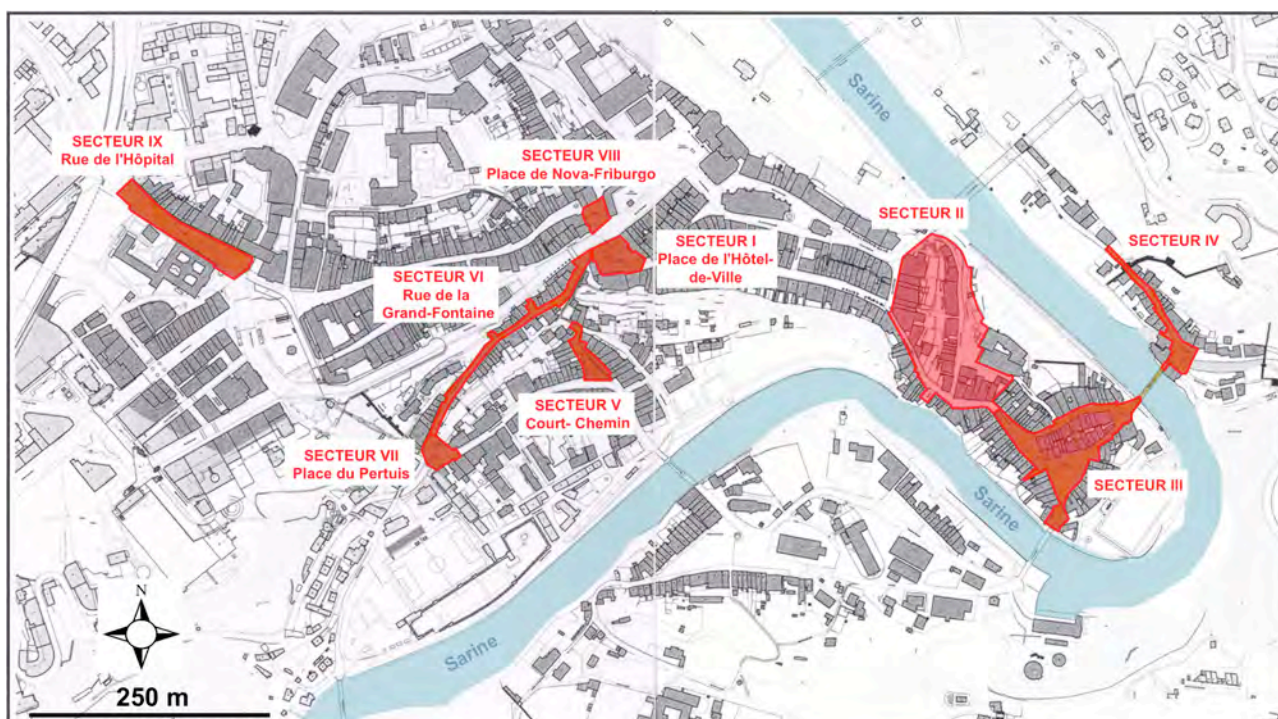


restauration, conservation et substitution des pavages dans les centres historiques de villes suisses ou étrangères.

## 2. Stratégie de prospection et Méthodologie

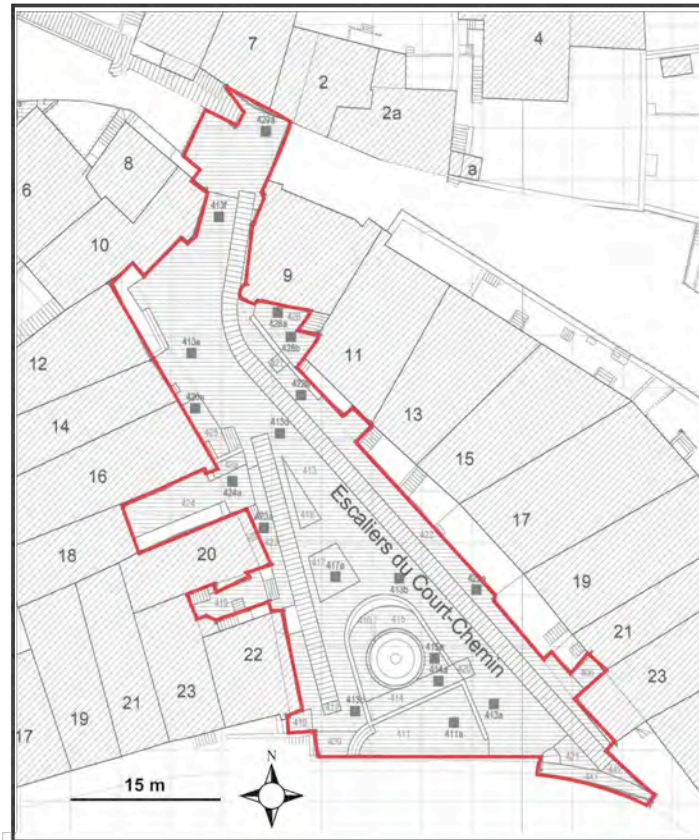
### 2.1 Stratégie du relevé pétrographique

À l'heure actuelle, aucun travail d'inventaire pétrographique des pavés d'une ville suisse ou européenne nous est connu. Il fallait donc développer une nouvelle méthode de prospection et créer un nouvel outil de travail. Il était aussi évident, vu l'énorme surface de pavements de la Ville de Fribourg, qu'on ne pouvait pas analyser toute cette étendue en faisant une identification pétrographique de chaque pavé pris individuellement. Neuf *secteurs* furent donc choisis, dans la vieille Ville de Fribourg, pour une étude pétrographique approfondie. Le choix se fit sur la base de critères urbanistiques (plan urbanistique intact depuis le XV<sup>e</sup> s.) et historiques (Fig. 1, Tab. 1).



***Fig. 1: Visualisation des neufs secteurs pour le relevé pétrographique.***

Le secteur V du Court-Chemin s'offrait comme cas idéal pour essayer de retrouver des anciens pavements, car il servait, vu son inclinaison très marquée, surtout aux déplacements des personnes et n'a par conséquent pas subi tous les changements dus à l'explosion du trafic motorisé dans la ville. Mais il s'est avéré bien vite que même les secteurs étaient trop grands pour qu'on puisse les analyser en un temps raisonnable. Il fallait donc diviser la surface en carrés de 1m<sup>2</sup> chacun (*carré*), puis choisir un nombre minimum de carrés, représentatifs de toute la variabilité pétrographique d'un secteur donné (Tab. 1). Les carrés choisis de chaque secteur sont enfin dessinés sur un plan à l'échelle 1:500 (Fig. 2) et photographiés, afin de permettre de numéroter chaque pavé, le cas échéant.



**Fig. 2:** Exemple de la division d'un secteur en carrés (carrés noirs). 18 carrés, numérotés de 411a à 419a, ont été retenus pour l'étude pétrographique du secteur V, Court-Chemin.

Vient ensuite la troisième étape, c.à.d. le relevé pétrographique détaillé des 207 carrés préalablement définis. Pour chaque carré, une fiche est remplie (Fig. 3). Finalement, il reste la question de la représentativité du relevé pétrographique responsable de la portée de la méthode utilisée. Les pavements de la Vieille ville occupent une surface de 50'000 m<sup>2</sup> et les secteurs choisis une de 20'000 m<sup>2</sup>. L'analyse pétrographique s'est donc intéressée à 40 % de la surface totale, un pourcentage assez fidèle et représentatif de la surface totale des pavements fribourgeois.

## 2. 2 Description et application de la fiche pétrographique

La fiche permet de récolter, d'une manière structurée, des informations sur les types de roche ou lithotypes présents au moment du relevé. Elle permet aussi de faire une quantification de chaque type de roche, de donner des indications sur la provenance des pavés et sur l'échantillonnage fait. Sa structuration simple peut être modifiée sans autre et adaptée à la situation particulière d'un carré. Elle pourra être utilisée pour le relevé pétrographique d'autres villes, soit suisses, soit étrangères. Elle facilite aussi le transfert des données récoltées dans une banque de données. On aurait pu se contenter avec de la détermination pétrographique, mais comme la majorité des pavés en Ville de Fribourg avait une nature gréseuse, quatre autres critères (couleur, taille des grains, structure et observations) furent ajoutés, pour faciliter la recherche de la provenance.

*450 Matériaux de l'ensemble:* on y indique si les matériaux du carré forment, du point de vue pétrographique, un ensemble homogène ou hétérogène, resp. s'ils sont constitués du même type de roche ou pas. Les pavés de carrière forment habituellement des ensembles homogènes, contrairement aux pavés originaires de galets de rivière. Les remplacements donnent aussi lieu à des ensembles hétérogènes.

# Court-Chemin

DATE: 18-11-03

CARRÉ: 411a

402 REVÊTEMENT (RELEVÉ DÉTAILLÉ PÉTROGRAPHIQUE)

## 450 Matériaux de l'ensemble (pétrographie)

homogènes     hétérogènes

## 460 Type de roche et pourcentage des différents types

magmatique ou métamorphique

sédimentaire     ?

granite .....%

gneiss .....%

grès ciment calcaire.....**95** %

porphyre .....%

marbre .....%

grès matrice argileuse .....%

gabbro .....%

serpentinite .....%

calcaire type I .....%

.....%

quartzite .....**2** %

calcaire type II.....**3** %

migmatite .....%

.....%

## Grès à ciment calcaire

## 470 Couleur

gris clair

gris foncé

jaune/ marron

.....

blanc (veine calcite)

## 480 Taille des grains

grossière (> 1mm)

moyenne (0.5-1 mm)

fine (< 0.5 mm)

## 490 Structure

massive

lité

## 500 Observations

réaction HCl:  non     faible     moyenne     forte

veines de calcite à l'intérieur

.....

## 510 Provenance des pavés

étrangère

suisse

locale/régionale

?

## 520 Prélèvement à faire

**Fig. 3:** Exemple d'une fiche pétrographique utilisée pour l'analyse du carré 411a du secteur V, Court-Chemin.

*460 Types de roche et pourcentage des différents types:* Cette classification permet l'identification des différents types de roche et l'évaluation de leur pourcentage en surface. Dans un premier niveau, elle se subdivise en quatre groupes, englobant les trois grandes familles de roche (roche magmatique, métamorphique, sédimentaire) et un groupe où sont classées les roches à identification

incertaine. Un deuxième niveau permet, pour chaque groupe, l'identification pétrographique exacte du pavé et le pourcentage. L'identification se base sur des observations macroscopiques (couleur, structure, type d'altération etc.) et des tests in situ (test de dureté resp. rayabilité avec une pointe métallique ou une attaque chimique avec de l'HCl dilué pour tester la présence ou l'absence de carbonates).

Le pourcentage pour chaque type de roche (R) est donné par la formule suivante:

$$R (\%) = (Nr / Nt) \times 100$$

où Nr : nombre de pavés de roche R dans le carré relevé, et Nt : nombre total des pavés dans le carré relevé.

*470 Couleur:* les couleurs sont estimées à la coupe fraîche, en protocolant aussi la couleur d'altération qui peut être très typique pour une roche spécifique. La fiche énumère les couleurs des pavés fribourgeois les plus répandues, le blanc correspondant aux veines de calcite.

*480 Taille des grains (grès):* la distinction est faite avec une loupe graduée ou un comparateur de granulométrie.

*490 Structure (grès):* on observe une structure litée pour des sédiments stratifiés et une structure massive quand la stratification n'est pas bien développée.

*500 Observations:* on y retient les effets des tests avec l'HCl dilué, la présence de veines de calcite et autres propriétés de la roche.

*501 Provenance des pavés:* la provenance probable y est indiquée sur la base de critères macroscopiques. Elle sera ensuite vérifiée par des analyses scientifiques.

*520 Prélèvement:* on y indique si des échantillons ont été pris. En effet, il arrive souvent qu'on ne peut pas identifier d'une manière absolument sûre la nature pétrographique d'un pavé. Dans ce cas, ou lorsque on veut avoir plus de détails minéralogiques et pétrographiques, un petit échantillon de quelques cm<sup>3</sup> est prélevé d'un pavé, en se servant d'un burin et d'un marteau et en faisant attention de ne prélever que le strict minimum nécessaire pour ne pas trop abîmer le pavé. L'emplacement de cet échantillon est rapporté sur la photographie du carré. Ces échantillons sont ensuite soumis à des analyses microscopiques et minéralogiques (Tab. 1).

### **2.3 Matériel de terrain pour la prospection pétrographique**

Les travaux de documentation, les observations macroscopiques, les tests in situ et l'échantillonnage des pavés nécessitent:

- Le plan 1 :500 du secteur en question
- La photographie de chaque carré de ce secteur
- Une fiche pour chaque carré de ce secteur
- Une loupe à agrandissement 8-10 fois et si possible avec graduation millimétrique
- Une pointe métallique
- Une solution d'acide chlorhydrique (HCl) dilué 10%
- Une règle
- Un comparateur de granulométrie
- Un burin
- Un marteau
- Des petits sachets en plastique pour les échantillons.

## **2.4 Méthodes analytiques**

La prospection pétrographique réunit un total de 361 échantillons (Tab. 1). 300 échantillons ont été soumis à l'analyse microscopique pour connaître plus précisément leur nature pétrographique. 192 échantillons furent passés aux rayons-X pour déterminer la présence ou l'absence de dolomie, car les grès de la molasse subalpine se différencient de ceux du Flysch entre autres par leur contenu en dolomie (MAGGETTI et al. 2008).

### **2.4.1 Préparation de la poudre**

192 petits échantillons d'un poids de 3 à 10 g ont été broyés finement dans un moulin de carbure de tungstène.

### **2.4.2 Analyse microscopique**

Des coupes minces furent confectionnées pour 300 échantillons et analysées dans un microscope polarisant. Chaque échantillon fut photographié à des échelles différentes (avec ou sans polarisateur). Certaines ont été traitées avec le rouge d'alizarine pour détecter ou non le minéral dolomie.

### **2.4.3 Analyse minéralogique (diffraction aux rayons-X, DRX)**

Les diffractions ont été réalisées sur les poudres à l'aide d'un diffractomètre PHILIPS PW 1800 (rayonnement  $\text{CuK}\alpha$ , 40 kV, 40 mA,  $2\theta$  2-65°).

## **3. Résultats**

### **3.1 Quatre catégories pétrographiques**

L'analyse des 207 carrés à pavés, effectuée du mois d'octobre 2003 à juin 2004, a livré une très grande variété typologique, trop grande pour permettre une comparaison aisée des secteurs des carrés. Il fallait donc les reclasser en quatre catégories pétrographiques: (1) Calcaires type I; (2) Calcaires type II; (3) Grès calcaires (à ciment resp. matrice calcitique) et (4) Roches cristallines (magmatiques et métamorphiques).

#### **3.1.1 Calcaire type I**

Les calcaires de type I sont des « vrais calcaires », purs. Leur surface altérée montre une couleur gris clair ou marron clair. La coupe fraîche est marron claire. Leur granulométrie est fine ou micritique. On y voit souvent des veines blanches de calcite. L'analyse microscopique montre que la plupart de ces roches appartiennent aux calcaires à péloïdes avec un ciment calcitique. L'analyse minéralogique à la DRX indique la calcite comme phase la plus abondante et le quartz comme phase accessoire.

#### **3.1.2 Calcaire type II**

Ces calcaires ont une couleur gris clair ou foncée à l'altération, et gris foncé dans la coupe fraîche. Leur réaction à l'HCl est souvent faible ou retardée. La granulométrie va de fine à grossière. Des veines blanches de calcite peuvent aussi être observées. L'analyse microscopique montre qu'il s'agit de calcaires gréseux à forte recristallisation des carbonates (à majorité calcitique), pouvant même avoir quelques pourcents de dolomie. L'analyse minéralogique à la DRX donne, dans l'ordre d'abondance: calcite, quartz et dolomie.

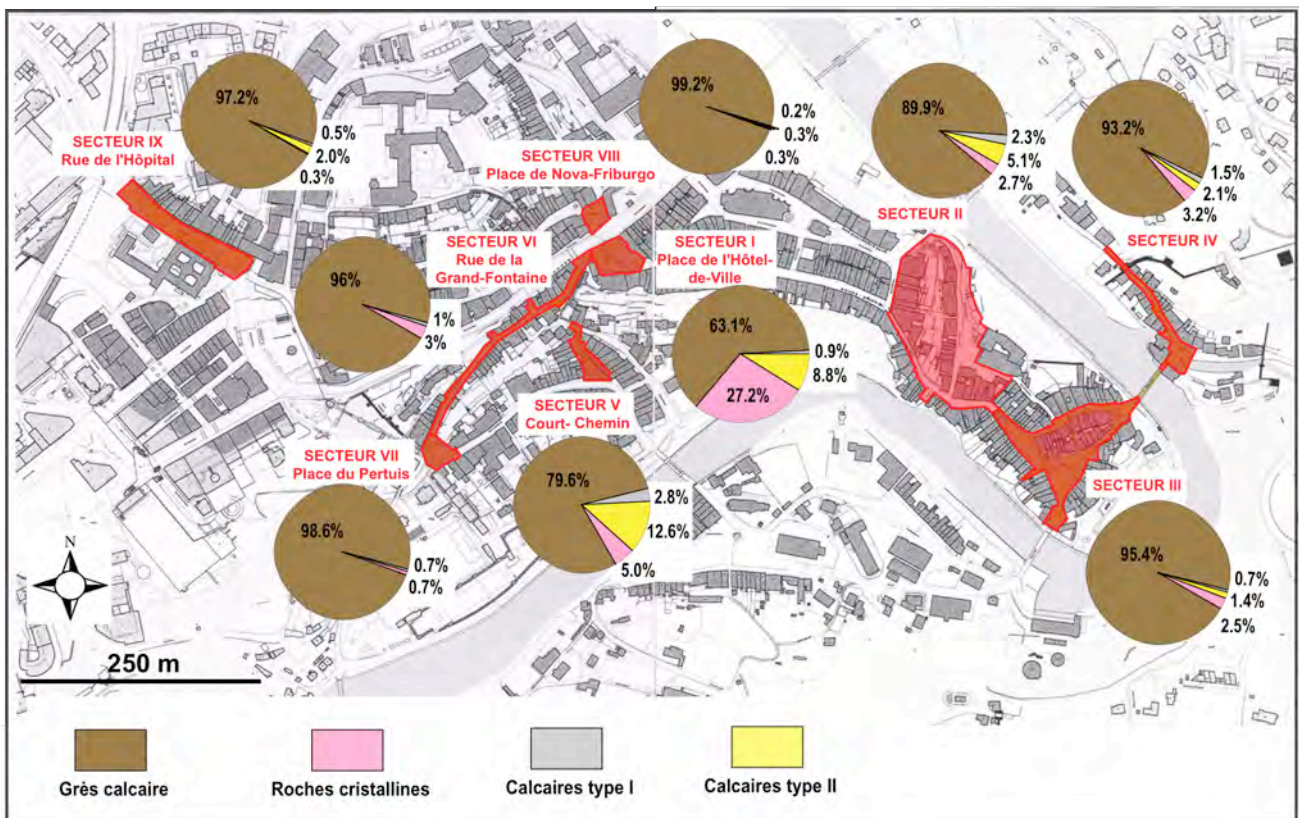


### 3.1.3 Grès calcaires (à ciment resp. matrice calcitique)

Ce sont des roches clastiques de couleur variable, allant du gris clair au gris foncé pour les parties altérées et du jaune au marron pour les parties non altérées. La granulométrie varie de fine à grossière (0.125 mm à 2 mm), la structure est massive ou litée. Des fragments de roches sédimentaires peuvent être reconnues à la loupe, ainsi que des substances organiques ou de la pyrite (couleur jaune, éclat métallique). L'analyse minéralogique et l'analyse au microscope polarisant montre des éléments plus ou moins abondants comme des minéraux (quartz, feldspath potassique, plagioclase), des fragments de roches diverses (sédimentaires, métamorphiques, magmatiques) et des fossiles/bioclastes dans un ciment/une matrice calcitique. Le quartz est normalement le composant le plus abondant et se présente sous forme de cristaux monocristallins et polycristallins. La glauconie et des minéraux opaques appartiennent aux composants mineurs. Quelques grès contiennent en outre de la dolomie, du mica et/ou de la chlorite.

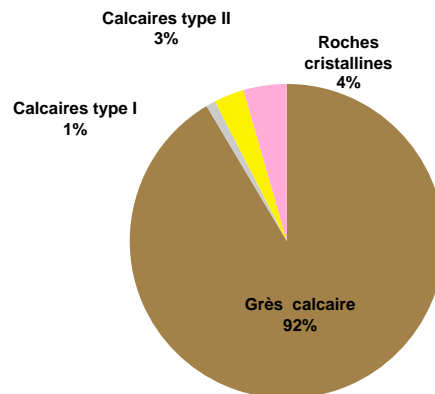
### 3.1.4 Roches cristallines (magmatiques et métamorphiques)

Ces roches ont des couleurs différentes et ne réagissent pas à l'HCl. Une pointe métallique ne les raye pas facilement. Les analyses microscopiques et minéralogiques, combinées à l'analyse macroscopique, permettent d'identifier plus précisément les différents types de roches cristallines (Annexe I). Dans les roches magmatiques, plusieurs exemples de roches intrusives et effusives ont pu être mis en évidence : granite, granodiorite, trachyte, basalte. Les pavés en roches métamorphiques sont des quartzites, des amphibolites, des serpentinites, des gneiss, des méta-arénites ou des méta-granites. La quartzite est le lithotype le plus abondant pour les pavés formés à partir de galets. Ils ont une couleur jaune/orange, une granulométrie très fine et sont très lisses et très durs.



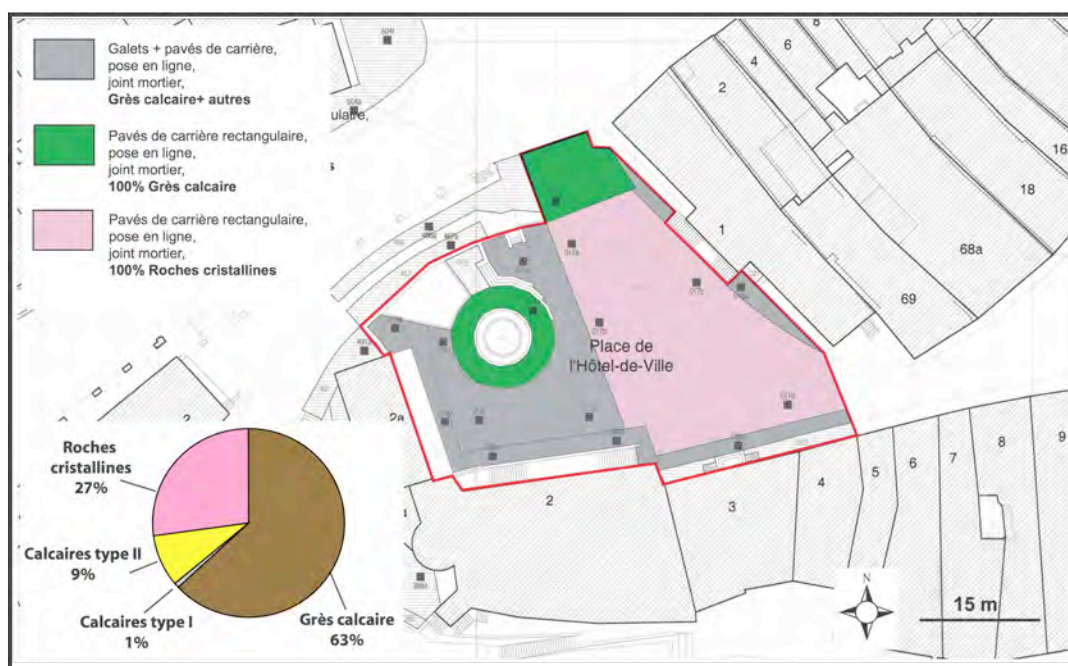
**Fig. 4:** Catégories lithologiques et leurs pourcentages (fromages) pour chaque secteur. La dominance des grès calcaires est nettement visible. État au mois de juin 2004.

Les histogrammes de l'annexe II renseignent sur la composition pétrographique qualitative et quantitative de tous les carrés de chaque secteur. On y voit très clairement que la grande majorité des pavés de la Ville de Fribourg est en grès calcaire (Figs. 4 et 5).

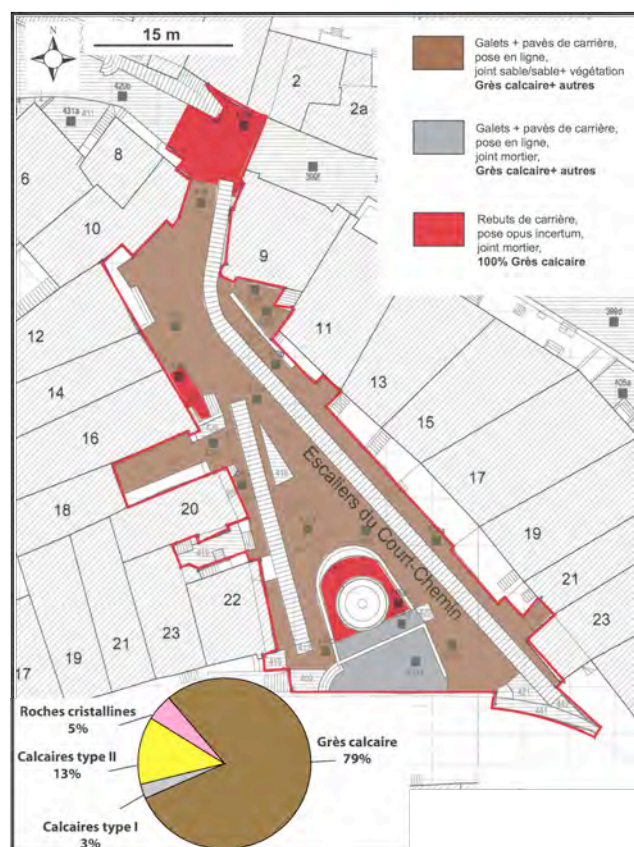


**Fig. 5:** Synthèse des 207 carrés analysés. Le fromage montre très clairement l'abondance des grès calcaire durs dans les pavements de la ville. État au mois de juin 2004.

Deux secteurs, les secteurs I (Place de l'Hôtel-de-Ville) et V (Court-Chemin), ont une composition pétrographique légèrement différente des autres. Les 27% de roches cristallines dans le premier secteur s'expliquent par le fait que le repavement récent de la partie ouest a été fait en utilisant du matériel cristallin (granodiorite) du Portugal (Fig. 6). La forte proportion en calcaires de type II de ce secteur et du secteur V est due à l'utilisation de galets de rivière (Figs. 6 et 7). En outre, la fig. 7 et l'annexe II apportent quelques corrections aux vues de BOLLIN (1996, p. 33). Un exemple: le bras du Court-Chemin n'est pas fait exclusivement en pavés rectangulaires de grès siliceux de Tatüre, mais en galets de rivière + pavés de carrière. Par contre, les deux zones de pavement autour de la fontaine de la Force furent correctement analysées par cet auteur.



**Fig. 6:** Catégories lithologiques et types de pavement pour le secteur I, Place de l'Hôtel-de-Ville. État au mois de février 2004.



**Fig. 7:** *Catégories lithologiques et types de pavement pour le secteur V, Court-Chemin. État au mois de février 2004.*

### 3.2 Relations entre les lithotypes et les formes des pavés

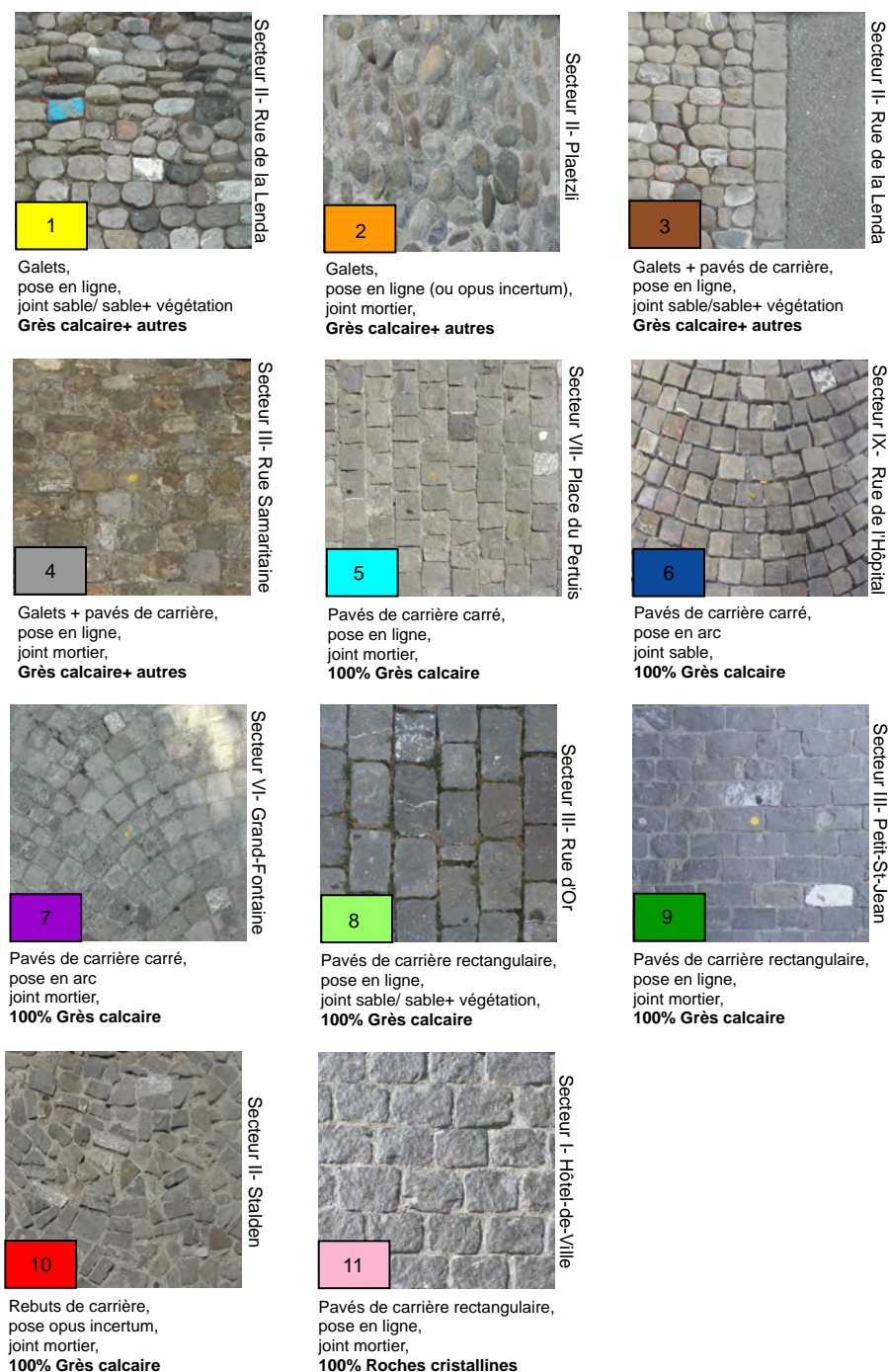
Les pavés de la Ville de Fribourg ont soit une forme arrondie, soit anguleuse. Les pavés arrondis (roulés, fendus ou refendus) sont des galets que les paveurs ont choisi dans les alluvions des rivières Gérine et Sarine. Ces alluvions sont constituées: (1) Par des fragments de roches entraînés par les fleuves en amont, p. ex. des calcaires des Préalpes ou des grès calcaires durs de la nappe du Gurnigel; (2) Par des fragments de grès calcaires tendres de la Molasse du Plateau Suisse, le substratum rocheux où coule la Sarine aux alentours de la ville ; (3) Par des matériaux morainiques que la Gérine et la Sarine ont récoltés, p. ex. des roches cristallines du Valais, amenées par le glacier du Rhône lors des grandes glaciations. Cette catégorie (galets des rivières) est constituée par des grès calcaire, des calcaires de type I et II et des deux types de roches cristallines (granite, quartzite, gneiss, amphibolite, serpentine, méta-arénite/-granite). La grande variabilité des pavés provenant des rivières trouve ainsi son explication. Les pavés anguleux proviennent de carrières et ont soit une forme régulière carrée ou rectangulaire, soit des formes irrégulières (rebuts de carrière). Cette catégorie est constituée par des grès et des roches magmatiques (Figs. 6 et 7). Les pavés de carrière de nature magmatique n'ont été repéré que dans trois endroits: Place de l'Hôtel de Ville (granodiorite, carré 17b); Place Jean-Francois Reyff, devant le restaurant (trachyte, carré 328a) ; Rue d'Or (basalte, carré 330e). Il s'agit de remplacements récents de pavés.

### 3.3 Typologie des pavements

11 types de pavements différents peuvent être distingués en Ville de Fribourg (Fig. 8). Ceux-ci se différencient par:



- La provenance (galets de rivière, pavés de carrière carrés, pavés de carrière rectangulaires, pavés de carrière carrés + rectangulaires, rebuts de carrière, galets + pavés de carrière)
- La pose (en ligne, *opus incertum*, en arc)
- Le joint (sable, sable + végétation, mortier)
- La catégorie lithologique (100% grès, 100% roches cristallines, grès et autres)



**Fig. 8: Typologie des pavements en Ville de Fribourg. Dimensions des photos 1m x 1m.**

Les figures 6 et 7 ainsi que l'annexe III renseignent sur la distribution spatiale de ces types dans les différents secteurs. La plupart des carrés appartient au type mixte (pavés de galets + pavés de carrière) ou au type 100% pavé de carrière, les carrés en pavés de galets de rivière étant très

minoritaires. Ces pavements à galets sont, du point de vue historique particulièrement intéressant (voir infra), car ils peuvent représenter des restes de pavements anciens, antérieurs à ceux avec des pavés de carrière. Les pavements mixtes peuvent témoigner du recyclage d'anciens pavés à galets dans un pavement nouveau ou du remplacement des anciens pavés avec des pavés de carrières plus récents.

## **4. Discussion**

### **4.1 Provenance**

Les pavés arrondis ont une source locale, car ils ont été extraits des alluvions de la Gérine ou de la Sarine. Les pavés de carrière sont, exception faite des trois types de pavé magmatique (secteur I et III), tous en grès calcaire dur. MAGGETTI et al. (2012) ont recensé 35 carrières de grès calcaires durs sur sol fribourgeois. Ces carrières exploitaient les grès de la Molasse subalpine d'une part, et ceux de la nappe du Gurnigel (Flysch) d'autre part. Quatre carrières à pavé furent actives dans les grès de la Molasse subalpine et six dans le Flysch. Les grès calcaires durs du Flysch correspondent aux *grès siliceux* de BOLLIN (1996). L'étude microscopique et minéralogique (diffractométrie aux rayons-X) a pu mettre en évidence des différences majeures entre ces deux types de grès (MAGGETTI et al., 2012). Ceux de la Molasse subalpine ont de la dolomie, du mica clair grossier, des minéraux argileux et peu de glauconie. Par contre, les grès du Flysch n'ont ni dolomie, ni minéraux argileux, mais de la glauconie globulaire. On pourrait douter des analyses, en postulant que la dolomie aurait été lessivée dans les parties externes altérées d'un pavé en molasse subalpine. Or un lessivage peut être exclu, car la dolomie est présente même dans ces parties altérées. L'analyse microscopique de la plupart des pavés en grès dur a montré l'absence de micas clairs et de fragments de dolomie. Par contre, de la glauconie fût détectée dans la majorité de cas. L'analyse aux rayons-X de 144 pavés en grès dur confirme ces résultats, car le minéral dolomie n'a pu être mis en évidence que dans 25 cas, dont douze appartenant aux grès du type pavé de rivière arrondi. Ces douze pavés à dolomie dérivent donc de la Molasse Subalpine resp. des alluvions de la Gérine ou de la Sarine. Par contre, la grande majorité des pavés de carrière en grès dur ne contient pas de dolomie. Dès lors, ces pavés sont originaires des carrières de la région du Flysch. Mais une minorité de treize pavés de carrière à dolomie a sa source dans la Molasse Subalpine.

### **4.2 Essai de datation de la pose des pavés de carrière à grès calcaire dur**

Selon les documents d'archives, le pavage des rues et des places de la Ville de Fribourg débuta en 1385 et continua jusqu'à la première moitié du 15<sup>e</sup> s. (STRUB 1964, p. 54). En guise d'exemple, la Rue des Forgerons fût pavée en 1407 et celle de la Grand-Fontaine en 1410. Combien de ces vieux pavements ont subsisté jusqu'à notre ère? En l'absence de documents écrits, rien ne peut être dit de précis sur la date de la pose d'un des pavements étudiés. Mais il est fort probable que les pavés de galets de rivière qu'on retrouve actuellement dans beaucoup de pavements fribourgeois datent du premier pavage du 15<sup>e</sup> s. En effet, on s'imagine mal que ce matériel précieux et durable aurait été jeté et qu'il n'aurait pas été recyclé dans les nouveaux pavements ou dans les réparations d'anciens pavements. Pour les pavés de carrière en grès calcaire dur, la situation est plus simple. On sait que la Molasse subalpine fût utilisée pour la confection de ce type de pavé depuis approximativement 1850 jusque vers 1930, et les grès du Flysch, exception faite de la carrière de Zollhaus, depuis les années 1920 jusqu'à l'heure actuelle (MAGGETTI et al. 2012). Les pavements à grès calcaire durs de la Ville de Fribourg, dont l'origine « flyschoise » a été démontrée dans les chapitres précédents, doivent donc être postérieurs aux premières décennies du XX<sup>e</sup> siècle.



### 4.3 Matériel de remplacement

Des pavés cassés et des pavements détériorés sont à remplacer et à réparer. Pour cette opération, et si on veut respecter l'authenticité du matériel à remplacer ou à réparer, on aura recours aux matériaux anciennement utilisés ou trouver des substituts analogues. Ces questions ont été traitées par CHIAVERINI & ZWICK (2009) pour les pavés de galets, et par CHIAVERINI (2005), FRITZ et al. (2007) et MAGGETTI et al. (2008) pour les pavés de carrière. Pour ces derniers, et si on veut rester dans la région, le Canton de Fribourg offre des réserves importantes en grès du Flysch, exploités actuellement par une seule carrière, celle de Cerniat/Tätüren. Les pavés du même type lithologique de la carrière Guber à Alpnach pourraient aussi être utilisés. Malheureusement, la situation est beaucoup plus grave pour les pavés de galets, car les alluvions récentes sont d'accès difficile, ont un faible potentiel et leur exploitation est plus compliquée.

### 5. Conclusion

Les précédents chapitres ont bien montré qu'il fallait, pour dresser l'inventaire pétrographique des pavements de la Ville de Fribourg, développer un concept de la stratégie de recherche, en définissant 9 secteurs, divisés en 207 carrés. Ces carrés furent levés en détail, en choisissant 361 échantillons, dont 300 étudiés au microscope polarisant et 192 passées aux Rayons-X. Les pavés de la Ville sont en majorité des grès calcaires durs (92 %), le reste des roches cristallines (4%) ainsi que des calcaires de type II (3%) et de type I (1%). La plupart des pavés, c.à.d. ceux de carrière en grès calcaire dur, provient des carrières situées dans les parties du Canton de Fribourg où affleurent les grès du Flysch. La pose de ce type de pavé est assez récente, car ces carrières n'ont débuté leur activité que vers 1920. Le spectre lithologique des pavés de galets de rivière est grand et englobe des quartzites, des grès calcaires durs du Flysch, des granites, des gneiss, des amphibolites, des calcaires type I et II et des serpentinites. Ces roches dérivent des alluvions récentes de la Gérine et de la Sarine qui rassemblent des lithotypes affleurants dans le lit de ces deux rivières ainsi que du matériel des moraines rhodaniennes et locales lessivées. Les paveurs ont trié ces affleurements en ne choisissant que des roches dures. La pose de ces pavés est difficilement datable, mais il est très probable qu'une grande partie de ces pavés à galets est reliquaire du premier pavage du début du 15<sup>e</sup> s., parfois re-utilisée dans des pavements plus récents.

### Remerciements

Ce travail a été financé et réalisé de septembre 2003 à décembre 2004 dans le cadre du projet CTI *RRI Restauration-Rekonstruktion-Innovation: Zur Frage der Sanierung von Strassen- und Platzpflasterungen in mittelalterlichen Kernzonen Schweizer Städte: Eine fachübergreifende Studie am Beispiel der Stadt Freiburg* (Nr. 6568.1 FHS-ET), projet dirigé par le prof. M. Fritz de l'Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg. Nous remercions aussi l'université de Fribourg pour sa contribution financière (Subside 216, Fonds de la Fondation de recherche UNIFR). Nous remercions toutes ces personnes qui nous ont grandement aidé dans notre travail: Baschung M., Bourqui J.-P., Bruegger N., Fritz M., Jaquerod, G., Zwick P. ainsi que A.-M. Garret pour la traduction de l'abstract.

### Bibliographie

BOLLIN, R. (1996): Pierres naturelles à Fribourg - Natursteine in Freiburg. - Musée d'histoire naturelle, Fribourg - Naturhistorisches Museum Freiburg.

CHIAVERINI, J. (2003): Étude scientifique de trois échantillons de pavage de la Rue de l'Hôpital, Ville de Fribourg. Rapport inédit du projet CTI Nr. 6568.1 FHS-ET.

CHIAVERINI, J. (2005): Pierres de substitution de pavés de carrière.- Rapport inédit du projet CTI Nr. 6568.1 FHS-ET.

CHIAVERINI, J. & ZWICK, P. (2009): Matériel de remplacement des pavés à galets du centre historique de Fribourg. Prospection des alluvions de la Sarine. Rapport inédit du projet CTI Nr. 6568.1 FHS-ET.

FRITZ, M., BASCHUNG, M. & JAQUEROD, G. (2007): Rapport final de l'étude de cas pratique « rue de la Grand-Fontaine », novembre 2005 et mars 2007.- Rapport inédit, Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg.

GILLIERON, V. (1885): Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne compris dans la feuille XII entre le lac de Neuchâtel et la crête du Niesen. - Mat. Carte géol. Suisse, 18è livr.

MAGGETTI, M., MAGGETTI, M., CHIAVERINI, J. & SERNEELS, V. (2012): Hartsandsteinbrüche für Pflastersteine des Kantons Freiburg.- Bull. Soc. Frib. Sc. Nat., ce volume.

STRUB, M. (1964): Les Monuments d'art et d'histoire de canton de Fribourg.- Tome I, La ville de Fribourg, Birkhäuser Bâle.

**Tab. 1:** Secteurs analysés, localisation, nombre de carrés, nombre d'échantillons prélevés et nombre d'analyses effectuées. DRX = Diffraction aux Rayons-X.

Secteurs	Localisation	Carrés	Échantillons	Analyses	
				Microscopiques	DRX
I	Place de l'Hôtel-de-Ville	16	31	23	12
II	Passage des Augustins, Plaetzli, Rue de la Lenda, Stalden	17	54	20	22
III	Auge: Place Jean-François-Reyff, Place du Petit-St-Jean, Rue d'Or, Rue de la Samaritaine, Ruelle des Tisserands	79	123	123	61
IV	Rue des Forgerons, Rue de la Palme	28	44	44	27
V	Court-Chemin	18	60	41	52
VI	Rue de la Grand -Fontaine	7	7	7	2
VII	Place du Pertuis	7	7	7	1
VIII	Place de Nova-Friburgo	9	13	13	5
IX	Rue de l'Hôpital	26	22	22	10
<b>Total</b>		<b>207</b>	<b>361</b>	<b>300</b>	<b>192</b>

## Annexe I: Typologie des roches cristallines par carré.

carré	éch.	typologie	carré	éch.	typologie
<b>V. COURT-CHEMIN</b>					
411a		métamorphique-quartzite			
413a		métamorphique-quartzite			
413a		magmatique-granite			
413b	4	métamorphique-méta arénite			
413b		magmatique-granite			
413b		métamorphique-quartzite			
413c		métamorphique-quartzite			
413d	1	métamorphique-méta arénite			
413d		métamorphique-quartzite			
413e		métamorphique-méta granite			
413e		métamorphique-quartzite			
413f	1	métamorphique-amphibolite			
413f		métamorphique-quartzite			
413f		magmatique-granite			
422a	1	métamorphique-méta arénite			
422a		métamorphique-quartzite			
422b		métamorphique-quartzite			
422b	5	métamorphique-méta arénite			
422b		magmatique-granite			
423a	2	métamorphique-méta arénite			
423a		métamorphique-quartzite			
424a		métamorphique-quartzite			
424a		magmatique-granite			
428a		métamorphique-quartzite			
428a		métamorphique-méta arénite			
428b	1	métamorphique-méta arénite			
428b		métamorphique-quartzite			
428b		métamorphique-serpentinite			

carré	éch.	typologie	carré	éch.	typologie
<b>IV. FORGERONS-PALME</b>					
355a		métamorphique-quartzite			
355a		magmatique-granite			
357a		magmatique-granite			
357a	4	métamorphique-origneiss			
357a	5	métamorphique-gneiss			
357a		métamorphique-quartzite			
357b	1	métamorphique-méta arénite			
357b	2	métamorphique-gneiss			
357b		magmatique-granite			
358a		métamorphique-quartzite			
358a		métamorphique-serpentinite			
358b		métamorphique-quartzite			
366a		magmatique-granite			
366b		magmatique-granite			
366b		métamorphique-quartzite			
366e	1	métamorphique-méta granite			
366e		métamorphique-quartzite			
366f		magmatique-granite			
366f		métamorphique-quartzite			
366g		magmatique-granite			
366h	2	magmatique-granite			
366h	1	métamorphique-méta arénite			
366h		métamorphique-quartzite			
371b		magmatique-granite			
375a	3	métamorphique-méta granite			
375a		magmatique-granite			
375a		métamorphique-quartzite			
377a		métamorphique-quartzite			

carré	éch.	typologie	carré	éch.	typologie
<b>III-AUGE</b>					
307a		métamorphique-quartzite			
307b	3	métamorphique-méta granite			
307b		métamorphique-quartzite			
318c		métamorphique-quartzite			
325a	3	métamorphique-méta granite			
325a	2	métamorphique-méta granite			
325a		magmatique-granite			
325a		métamorphique-quartzite			
325b		métamorphique-méta granite			
325b		métamorphique-quartzite			
325b		magmatique-granite			
325c		métamorphique-quartzite			
325d		métamorphique-serpentinite			
325e	1	métamorphique-méta arénite			
325e		magmatique-granite			
325e		métamorphique-quartzite			
325f		magmatique-granite			
325f		métamorphique-quartzite			
328a	1	magmatique-trachite			
330a		magmatique-basalte			
330b		magmatique-basalte			
330c		magmatique-basalte			
330d		magmatique-basalte			
330e	3	magmatique-basalte			
330f		magmatique-basalte			
68c		métamorphique-quartzite			
75a	1	métamorphique-méta arénite			
75b		métamorphique-quartzite			
75b		magmatique-granite			
76a		magmatique-granite			
76a		métamorphique-quartzite			
76b		métamorphique-méta arénite			
84b		métamorphique-méta arénite			
84b		métamorphique-quartzite			
84c		magmatique-granite			
84c		métamorphique-quartzite			

carré	éch.	typologie	carré	éch.	typologie
<b>II- AUGUSTINS-LENDAS-STALDEN</b>					
39b	3	métamorphique-quartzite			
39a		magmatique-granite			
39a		métamorphique-gneiss			
39a		métamorphique-quartzite			
39a		métamorphique-méta arénite			
39b		métamorphique-quartzite			
45a		métamorphique-méta arénite			
45a		métamorphique-quartzite			
45b	1	métamorphique-méta arénite			
45b	3	métamorphique-quartzite			
45b		métamorphique-serpentinite			
47a		métamorphique-quartzite			
48a		métamorphique-méta arénite			
48a		métamorphique-quartzite			
48b		métamorphique-quartzite			
54a		métamorphique-quartzite			
54b		métamorphique-quartzite			
54c		métamorphique-quartzite			
54d		métamorphique-quartzite			

carré	éch.	typologie
<b>I- PLACE DE L'HOTEL-DE-VILLE</b>		
13d		métamorphique-quartzite
17a		magmatique-granodiorite
17b	1	magmatique-granodiorite
17c		magmatique-granodiorite
17d	1	magmatique-granodiorite
18a		métamorphique-quartzite
19b		métamorphique-quartzite
20a		métamorphique-quartzite
20b		magmatique-granite
20b		métamorphique-quartzite
22a		métamorphique-quartzite

carré	éch.	typologie
<b>VI- RUE DE LA GRAND-FONTAINE</b>		
462a		métamorphique-gneiss
462a		métamorphique-quartzite
462b	1	métamorphique-origneiss

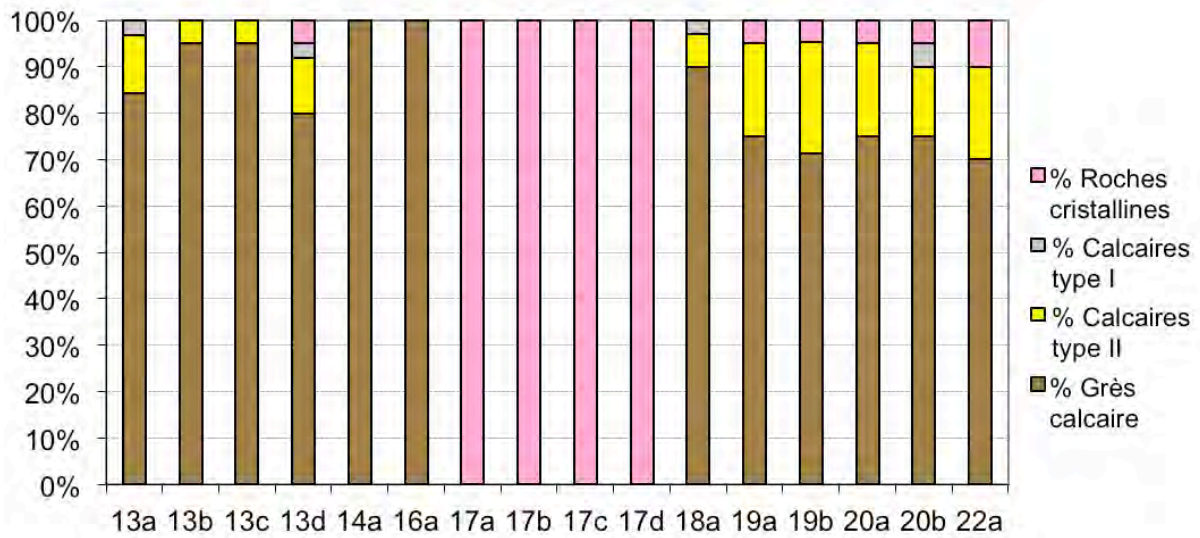
carré	éch.	typologie
<b>VII- PLACE DU PERTUIS</b>		
455a		magmatique-granite
455a		métamorphique-quartzite

carré	éch.	typologie
<b>VIII- PLACE DE NOVA-FRIBURGO</b>		
504g		métamorphique-quartzite
548a		métamorphique-quartzite

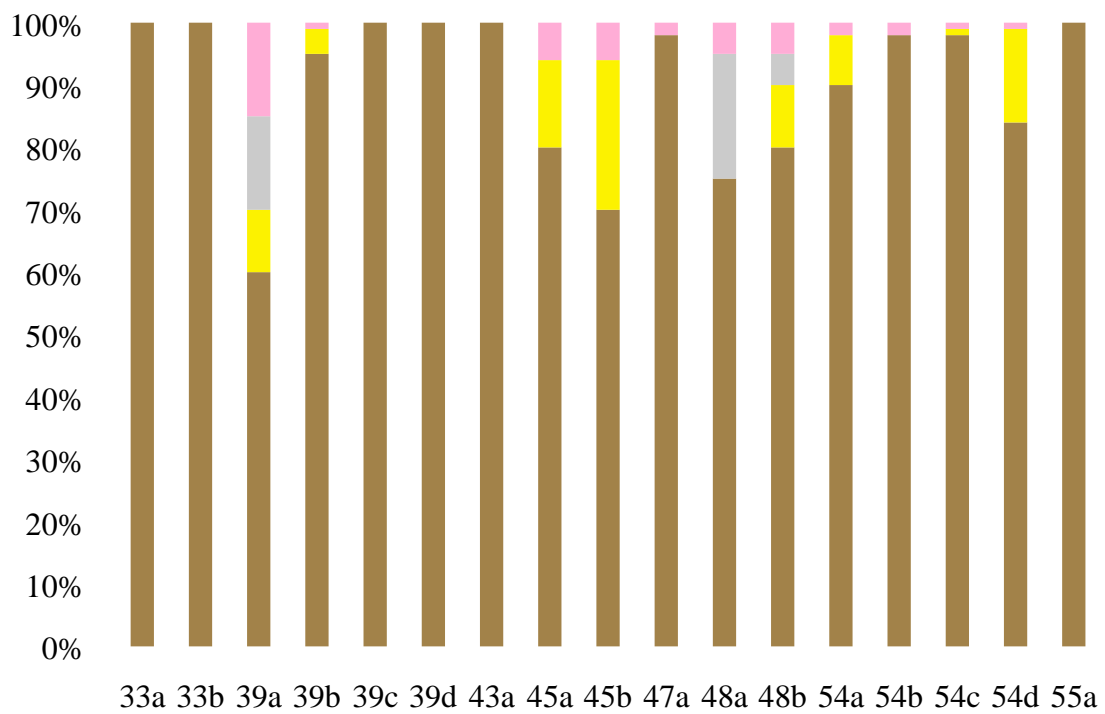
carré	éch.	typologie
<b>IX- RUE DE L'HOPITAL</b>		
231a		métamorphique-quartzite
231c		métamorphique-serpentinite
231c		métamorphique-quartzite
233a	4	métamorphique-méta arénite
239a		métamorphique-quartzite

**Annexe II: Pourcentages de la composition lithologique de chaque carré par secteur.**

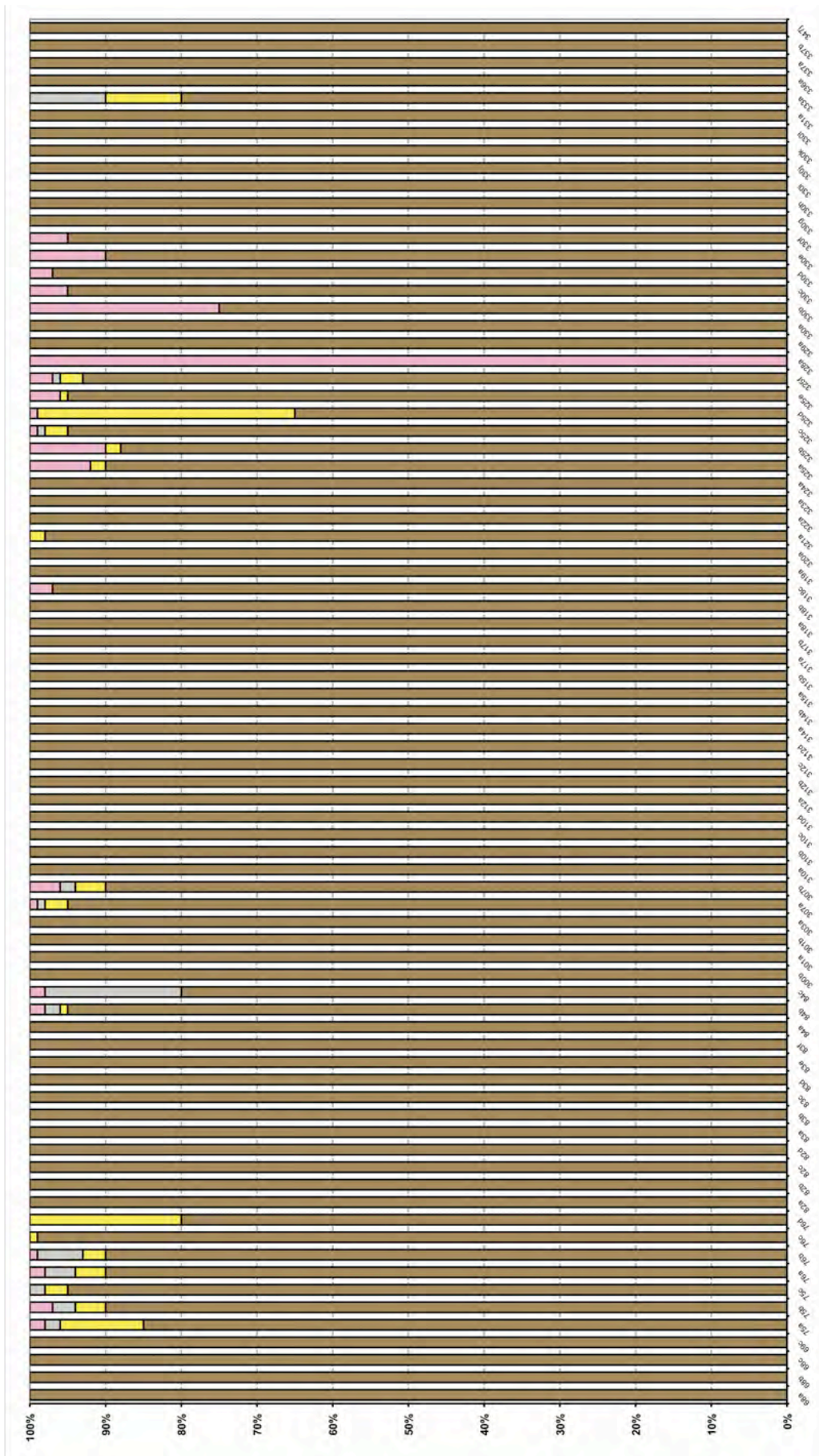
**Secteur I – Place de l’Hôtel-de-Ville**



**Secteur II – Passage des Augustins, Plaetzli, Rue de la Lenda, Stalden**

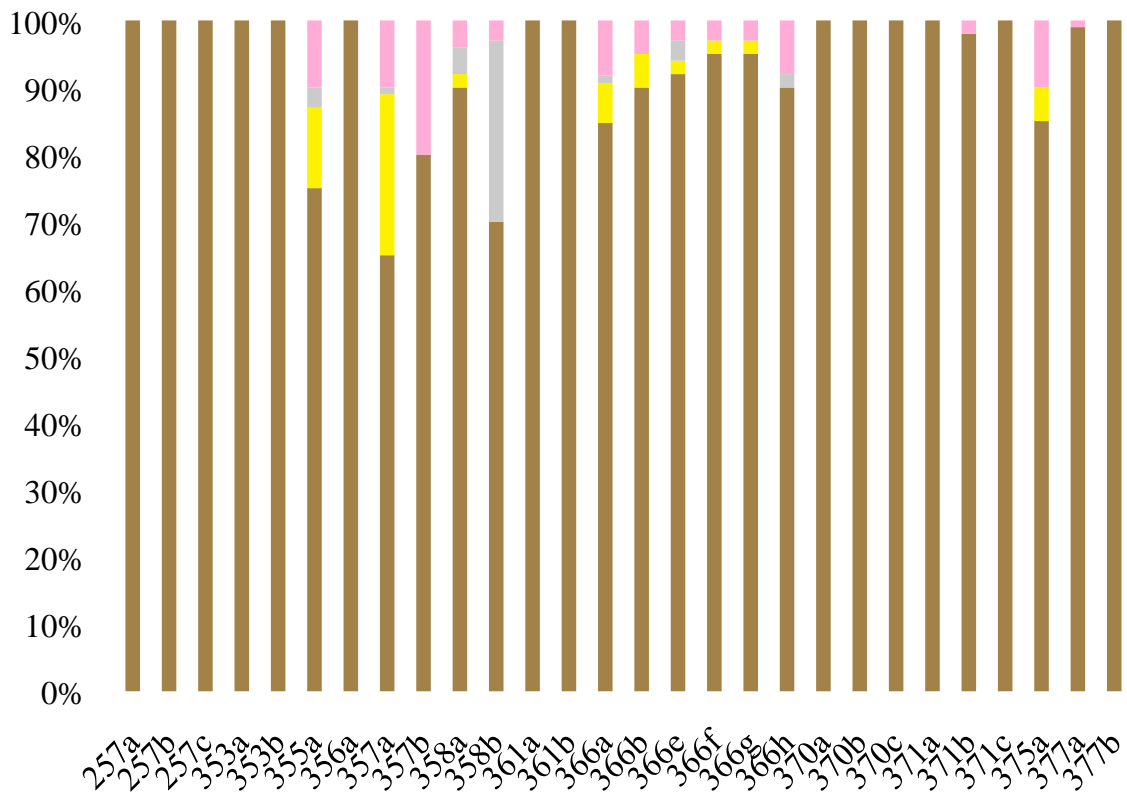


Secteur III – Auge : Place Jean-François-Reyff, Place du Petit-St-Jean, Rue d'Or, Rue de la Samaritaine, Ruelle des Tisserands

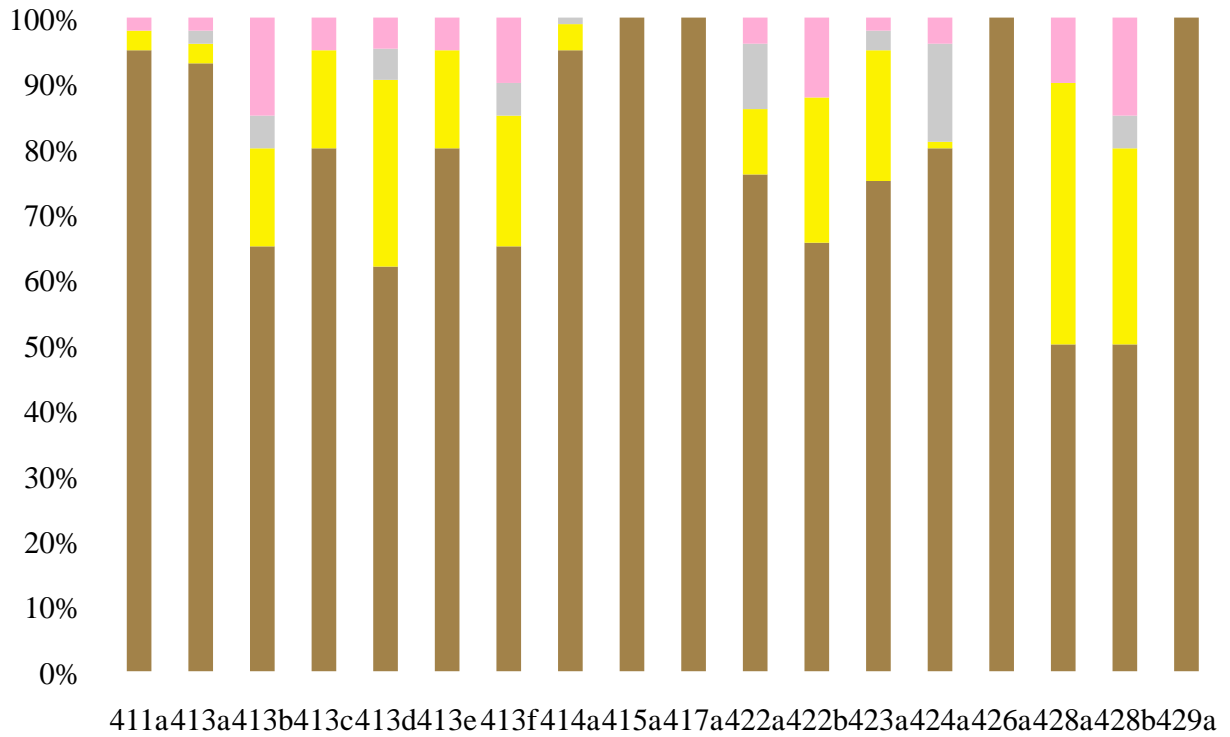




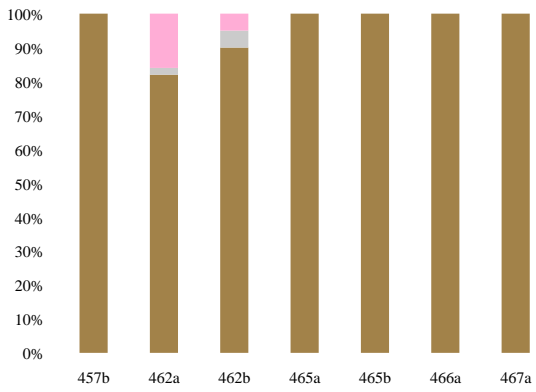
Secteur IV – Rue des Forgerons, Rue de la Palme



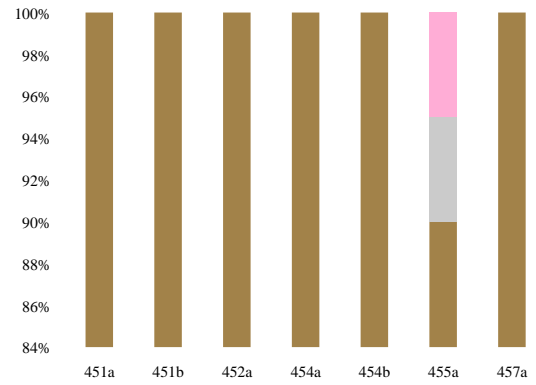
Secteur V – Court-Chemin



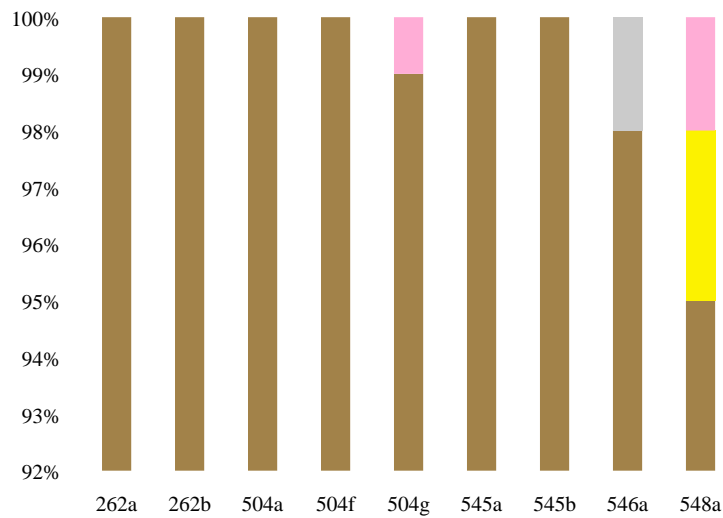
### Secteur VI – Rue de la Grand-Fontaine



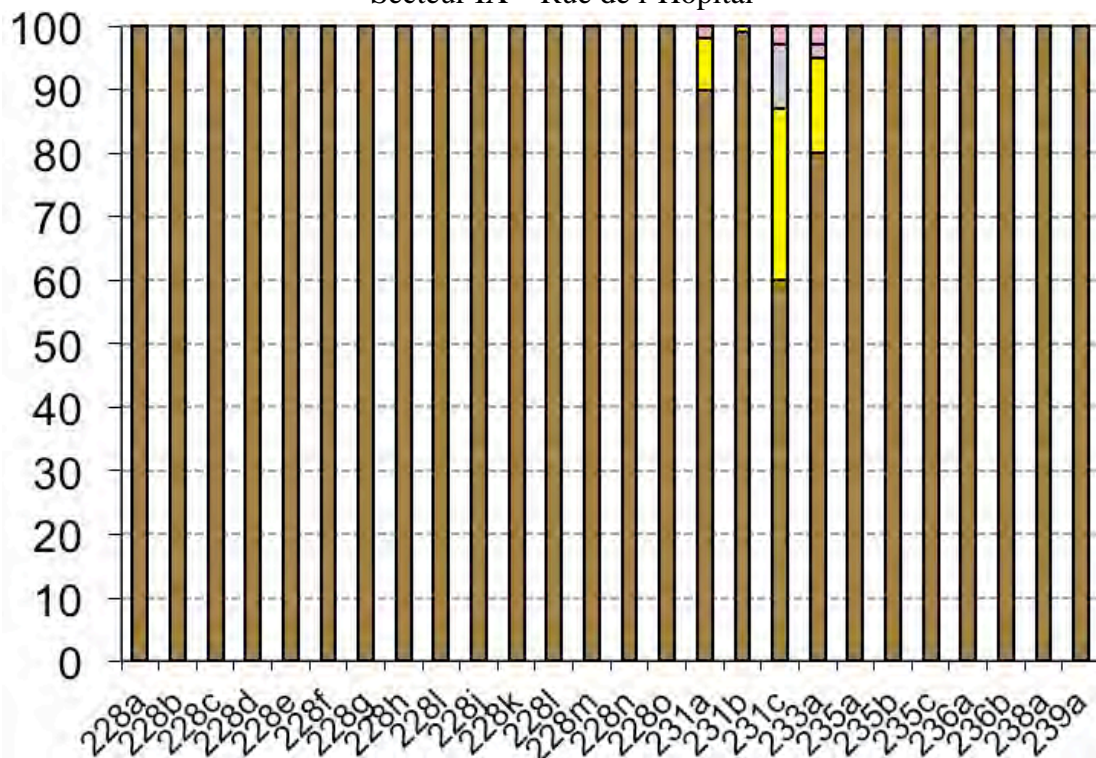
### Secteur VII – Place du Pertuis



### Secteur VIII – Place de Nova-Friburgo



### Secteur IX – Rue de l'Hôpital



***Annexe III: Typologie des pavements par secteur. Légende cf. Fig. 8. Secteur I cf. Fig. 6, secteur V cf. Fig. 7.***

**Secteur II – Passage des Augustins, Plaetzli, Rue de la Lenda, Stalden**

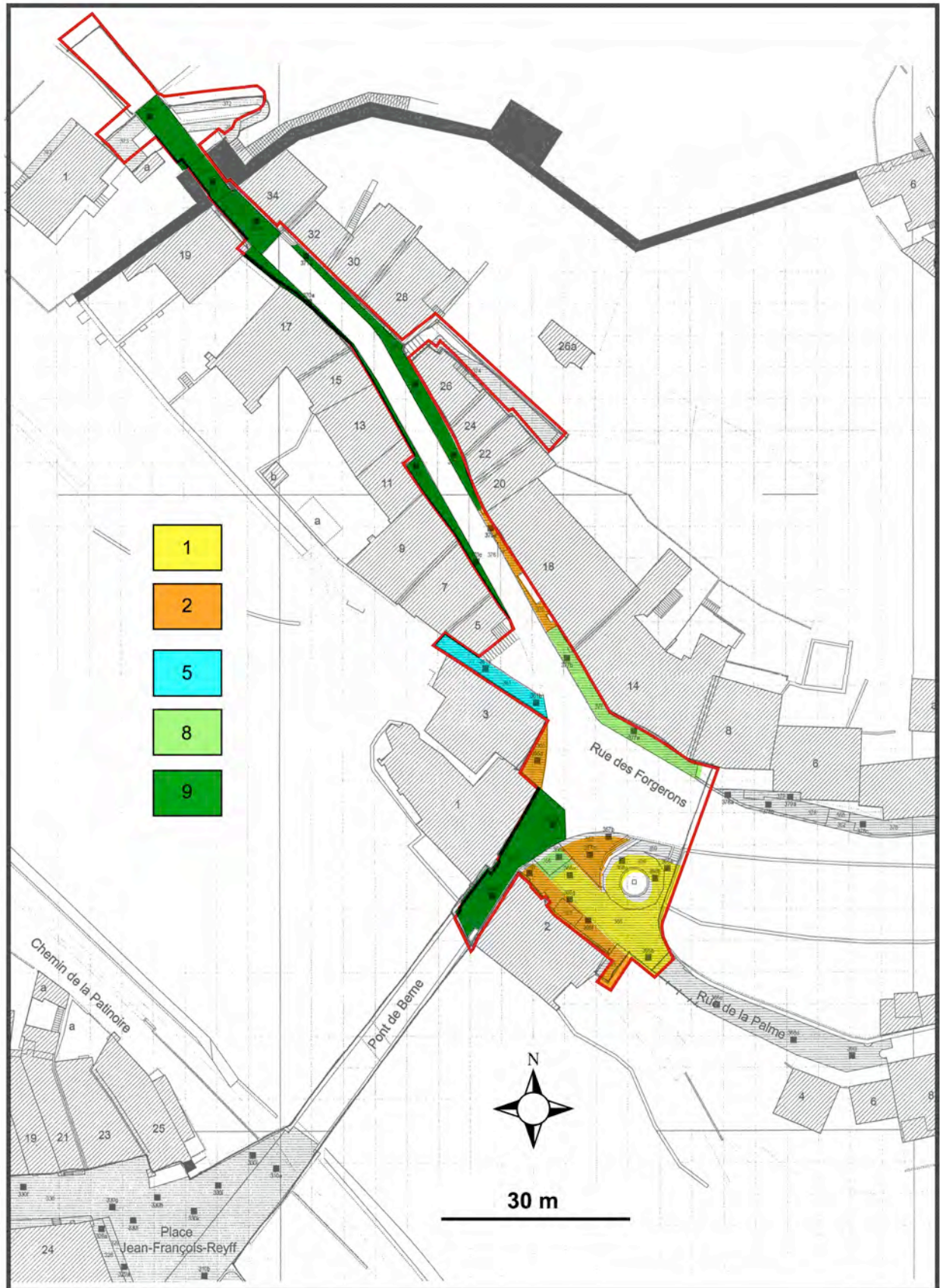


**Secteur III – Auge: Place Jean-François-Reyff, Place du Petit-St-Jean, Rue d'Or, Rue de la Samaritaine, Ruelle des Tisserands**



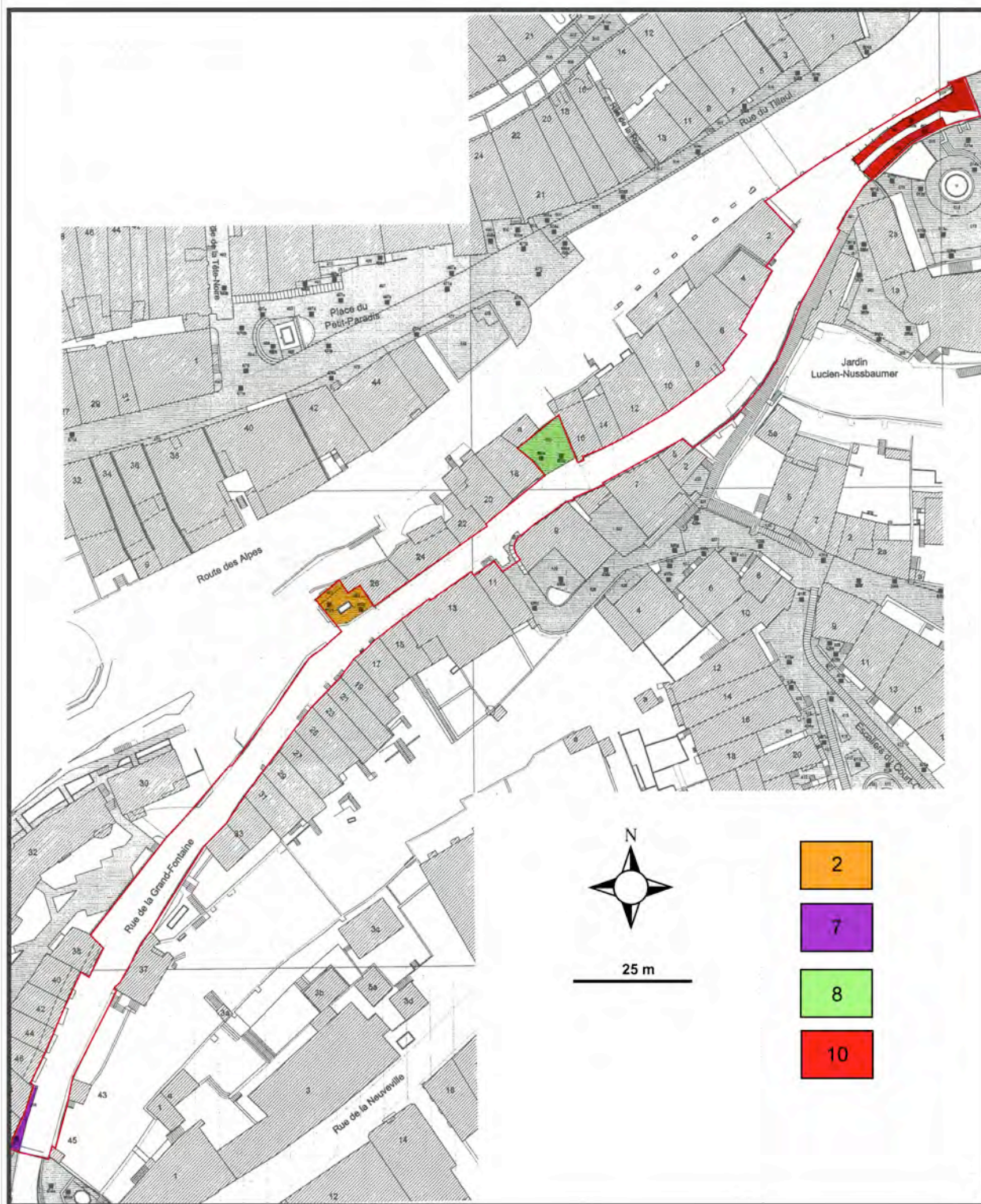


Secteur IV – Rue des Forgerons, Rue de la Palme



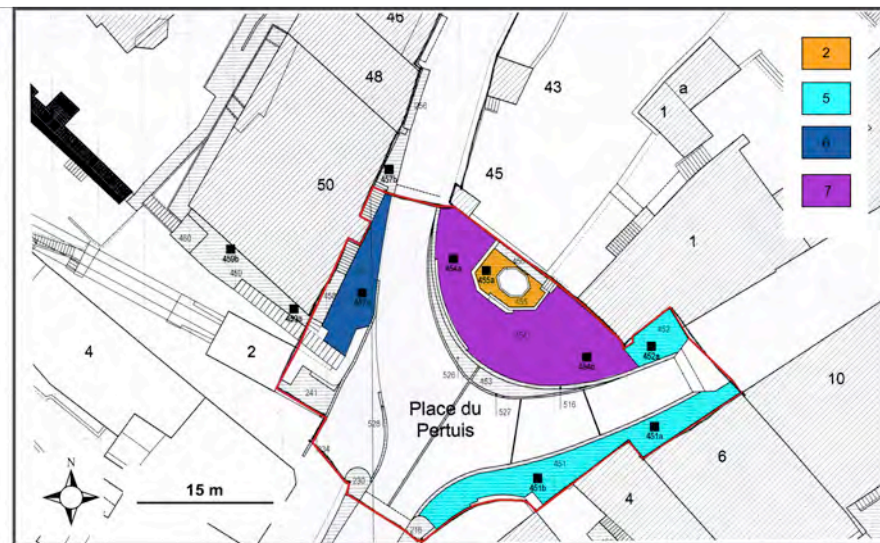


# Secteur VI – Rue de la Grand-Fontaine





### Secteur VII – Place du Pertuis



### Secteur VIII – Place de Nova-Friburgo



# Secteur IX – Rue de l'Hôpital



# Zum Internationalen Jahr der Chemie 2011: Die chemischen Elemente

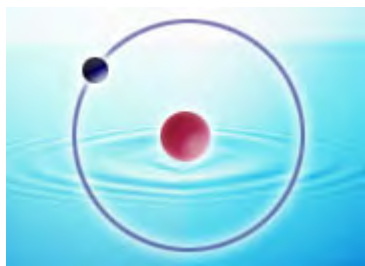
Anlässlich des Internationalen Jahres der Chemie 2011 haben die Freiburger Chemiker des Departements Chemie und des Adolphe Merkle Instituts der Universität Freiburg unter anderem die Stifte gespitzt und allgemeinverständliche Artikel zu den verschiedenen Elementen des Periodensystems verfasst. Diese Artikel sind über ein Jahr lang alle zwei Wochen in «La Liberté» auf französisch, und einmal im Monat auf deutsch in den «Freiburger Nachrichten» erschienen. Solch ein "Werk" lässt sich nicht allein auf die Beine stellen. Die Idee stammte von CHRISTIAN BOCHET, mitgewirkt haben dann MICHAEL ALLAN, CLAUDE DAUL, CHRISTIAN BOCHET, TITUS JENNY, NORBERT ENGEL, OLIVER SCHUSTER, PETER BELSER, ALKE FINK, sowie Mitarbeiter der Arbeitsgruppen von ALKE FINK: ISABELLE GEISSBÜHLER, REINALDO DIGIGOW, ANTHONY REDJEM, Mitarbeiter der Gruppe von CHRISTOPH WEDER: JOHAN FOSTER, GINA FIORE, MARKUS GEUSS, und Mitarbeiter der Gruppe von KATHARINA FROMM: JEAN-PIERRE BROG und JACINTHE GAGNON, sowie, natürlich, KATHARINA FROMM selbst.

Die Artikel haben vielerorts positives Echo hervorgerufen. Aus dem Rektorat war zu lesen «*Auf alle Fälle freute mich Ihr Beitrag in der Liberté zum Jahr der Chemie und es wird mich freuen, meine Kenntnisse der Elemente wieder aufzufrischen durch Ihre regelmässigen Artikel. Gute Idee!*» (Zitat Rektor GUIDO VERGAUWEN vom 09.01.2011 als Reaktion auf den ersten erschienenen Artikel). Auch emeritierte Kollegen, durchaus auch nicht unbedingt aus den Naturwissenschaften, gaben positives Feedback, und auch aus der breiteren Bevölkerung kamen schöne Rückmeldungen. Den meisten Lesern haben diese Artikel Freude und Informationen gebracht, weshalb sie hier noch einmal in einer Auswahl zusammengefasst sind. Mögen Sie auch jetzt dem Leser wieder Freude machen. Viel Spass bei der Lektüre!

\* \* \*

## Wasserstoff - das erste Element

Das Element Wasserstoff – „der Stoff aus dem Wasser ist“ – erfüllt wichtige Aufgaben in der Natur und der Technologie.



Wasserstoff heisst so weil es, mit Sauerstoff verknüpft, das Wasser ergibt, die Grundlage allen Lebens auf der Erde. Im Wasser wurde das Leben geboren, im Wasser fühlt sich das Leben am Wohlsten, und als Erinnerung an jene frühen Zeiten tragen wir bis heute das notwendige Wasser für unsere Zellen überall mit uns – unserer Körper besteht zu 75% aus Wasser.

### Die fleissigen Wasserstoffbrücken

Der Wasserstoff im Wasser und anderen Molekülen kann, was kein anderes Element kann – es bildet weiche, wiederverknüpfbare „Wasserstoffbrücken“ zwischen den Molekülen. Erst diese Brücken setzen die Proteine und die DNA in unseren Körpern zu den wunderbaren Gebilden zusammen, den Alleskönnern, die alle wichtigen Funktionen in unseren Körpern verrichten, so dass wir Energie aus der Nahrung gewinnen können, uns bewegen können, sehen können, denken können. Ohne die winzigen, fleissigen „Händchen“ der Wasserstoffbrücken würde das Leben sofort stehen bleiben.

## Sauberer Energieträger

Wasserstoffatome sind ungerne alleine – wenn sie keine anderen Partner haben, verknüpfen sie sich jeweils zwei zu Paaren, den Wasserstoffmolekülen, H-H oder H<sub>2</sub>. Diese Moleküle sind energiereich, sie setzen beim Verbrennen viel Energie frei, als Wärme oder als Elektrizität (mit Hilfe der Brennstoffzellen) wobei harmloses Wasser als einziger „Abfall“ entsteht. Alle haben bestimmt vom Wasserstoff als einem möglichen sauberen Energieträger der Zukunft gehört. Wird sich unsere Gesellschaft, nach der Epoche der rauchenden Holzverbrennung, der Kohleverbrennung, der Erdölverbrennung, zu einer sauberen Wasserstoff-Gesellschaft wandeln? Schön wäre es.

## Magnetische Resonanz

Die Wasserstoffatome sind winzig klein, so klein, dass man sie nicht sehen kann, auch mit dem stärksten optischen Mikroskop nicht. Der Teil in ihrer Mitte, Proton genannt, ist noch viel kleiner – absurd klein. Trotzdem haben Wissenschaftler Mittel und Wege gefunden, diese superwinzigen Dinger zu untersuchen, und fanden, dass es kleine Magnetchen sind – sie beschlossen, diese Eigenschaft „Spin“ zu nennen. Dieses Wissen schien zunächst nutzlos – wen interessiert schon etwas, das so klein ist, dass man es nie zu sehen bekommt, geschweige denn, wer will wissen, dass es kleine Magnetchen sind? Aber man darf Wissen nie zu früh verwerfen. Wissenschaftler fanden Wege, mit diesen winzigen Magnetchen zu „reden“, mit ihnen mit Hilfe von Radiowellen zu kommunizieren – und das auch wenn sie als Teil von Wasser tief im Körper versteckt sind. Auf diese Weise kann man Bilder vom Körperinneren machen, ohne den Körper zu öffnen – sehr nützlich für die Medizin. Die Methode heisst MRI – Magnet-Resonanz-Tomographie (oder Kernspintomographie).

## Die Verschmelzung

Schliesslich, wenn man zwei Wasserstoffatome sehr, sehr, sehr nahe aneinander bringt (was sehr schwierig ist – sie stossen sich heftig ab), dann verschmelzen sie und geben dabei sehr, sehr, sehr viel Energie ab. Auf diese Art gewinnt unsere Sonne die Energie – und somit verdanken wir Wasserstoff praktisch alle Energie die wir haben, nicht nur das Tageslicht und die Sonnenwärme, sondern auch die Energie aus Holz, Erdöl, Kohle, Wasser – denn die Energie aus all diesen Quellen ist ja letztendlich nichts anderes als umgewandelte Sonnenenergie. Wenn die Verschmelzung – Fusion genannt – auf der Sonne als Energiequelle so gut funktioniert, ist es verleitend, es auch auf der Erde zu versuchen, und damit unsere Energieversorgung zu sichern. Wissenschaftler an vielen Orten versuchen es. Der Bau einer grossen Testanlage, genannt ITER („der Weg“), hat soeben in Cadarache in Südfrankreich begonnen. Diese Technologie ist die grosse Hoffnung der Menschheit auf weitgehend saubere und nachhaltige Energiequelle, aber es bleiben noch viele technische Probleme zu lösen bis es – wenn überhaupt – tatsächlich Kraftwerke auf diesem Prinzip gibt.

\* \* \*

## Helium - das „Sonnenelement“

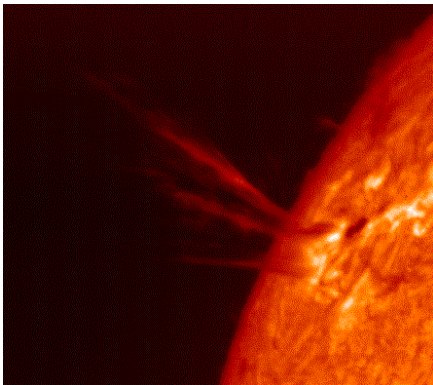
Helium ist ein chemischer Einzelgänger. Schauen wir, warum das so ist.

Der Name des zweiten chemischen Elements im Periodensystem ist vom Griechischen *Helios* (Sonne) abgeleitet, weil Helium zuerst in der Sonne entdeckt wurde. Wie ist das möglich? Der französische Astronom JULES JANSSEN hat 1868 bei einer totalen Sonnenfinsternis das Spektrum des Sonnenlichts betrachtet, dass heisst er hat das Licht am Rand der Sonne mit einem Prisma nach Farben zerlegt, und dabei eine gelbe Linie gefunden, die von keinem damals bekannten Element stammen konnte – es musste somit ein bisher unbekanntes Element sein. Auf der Erde ist Helium



äusserst selten, aber man findet es an einigen Stellen im Erdgas, von dem es abgetrennt werden kann, so dass es uns heute zur Verfügung steht.

### **Anders als alle anderen**



Helium ist in fast allen Hinsichten ein Sonderling unter den chemischen Elementen. Es ist ein „Einzelgänger“, ein Edelgas, in dem Sinne, dass sich Heliumatome, im Unterschied zu den allermeisten anderen Elementen, weder mit sich selbst, noch mit anderen Elementen verbinden. Helium ist sehr leicht, viel leichter als Luft, und wird von der Luft nach oben getragen – deshalb steigen mit Helium gefüllte Ballons an Kindergeburtstagen (was bekanntlich zu Tränen führen kann, wenn sie den Kleinen entweichen). Helium ist auf der Erde daher rar – es steigt auf und entweicht in den Weltraum. Im Weltraum ist es hingegen sehr häufig, nach Wasserstoff das

zweithäufigste Element. Aber damit ist die Liste der Sondereigenschaften noch lange nicht erschöpft. Es sei nur noch eine beinahe esoterische Eigenschaft erwähnt. Bei Temperaturen unter  $-271^{\circ}$  Celsius, nahe dem absoluten Nullpunkt, wird Helium unglaublich dünnflüssig – wir sagen dass es suprafluid wird – dabei kann es mühelos durch Röhren mit weniger als ein Tausendstel Millimeter Durchmesser fließen.

### **Für vieles unentbehrlich**

Im täglichen Leben begegnen wir Helium – von den Party-Ballons abgesehen – eigentlich sehr selten, man könnte meinen, es ist nutzlos. Dieser Eindruck ist falsch, eine Reihe von Technologien, deren Produkte wir alle nutzen, wäre ohne Helium undenkbar. Fangen wir mit der Chemie an – alle Chemiker und Chemikerinnen benutzen praktisch täglich ein Gerät, das Kernspinresonanz-Spektrometer, um die Identität unbekannter Substanzen zu ermitteln. Ohne dieses Gerät wäre die Chemie viel weniger fortgeschritten und auch die Entwicklung neuer Medikamente undenkbar. Dieses Gerät braucht grössere Mengen vom flüssigen Helium zum Kühlen des dafür benötigten so genannten supraleitenden Magneten. Eine Variante dieser Technik, die Kernspintomographie in der Medizin, kommt aus demselben Grund ohne viel Helium auch nicht aus. Helium wird weiter in grossen Mengen für die Herstellung von optischen Glasfasern benötigt, die immer mehr für die schnelle Übertragung von Daten – Telefongesprächen, Internet, Fernsehen, Radio – verwendet werden.

### **Knapper Rohstoff?**

Der Konsum von Helium steigt und es ist ein nicht erneuerbarer Rohstoff. Der Physik-Nobelpreisträger ROBERT RICHARDSON hat kürzlich die Alarmglocke geläutet, er befürchtet dass das Edelgas Helium bald knapp werden könnte, wenn mit den Vorräten verschwenderisch umgegangen wird, und dass unsere Generation diesen wenig bekannten aber für vieles unentbehrlichen Rohstoff für alle kommenden Generationen aufbrauchen könnte.

\* \* \*

## **Happy Lithium macht uns mobil**

Zwei völlig unterschiedliche Anwendungsgebiete zeichnen das kleinste Metall unter den chemischen Elementen aus.



Das Lithium, drittes Element des Periodensystems, ist das leichteste Metall, welches wir kennen. Sein Name beruht auf dem Griechischen „Lithos“ – der Stein, daher auch die korrekte Aussprache seines Namens (die Aussprache „Lizium“ mag es überhaupt nicht, denn das erinnert das Lithium zu sehr an das Silizium, mit dem es zwar nicht verwandt ist, durchaus aber Verbindungen eingehen kann). Den Namen verdankt das Lithium seinem Vorkommen in einigen Mineralien, wie beispielsweise dem *Lepidolith*, *Spodumen* oder *Petalit*.

Als Element stellt es ein silbrigweisses Metall dar, welches allerdings mit den Hauptbestandteilen der Luft, Stickstoff und Sauerstoff, sowie mit Wasser spontan reagiert. Basierend auf dieser Reaktivität findet es nicht als Werkstoff in seiner reinen Form Verwendung, sondern muss in Paraffinöl aufbewahrt werden. Es ist so weich, dass man es mit einem Messer schneiden kann, und so leicht, dass es auf dem Paraffinöl schwimmt. Mischt man es hingegen in geringen Mengen zu anderen Metallen dazu, erhält man recht resistente Legierungen, wie beispielsweise das Bahnmessing, welches als Lagermaterial für Eisenbahnen eingesetzt wird. Zugfestigkeit, Härte und Elastizität können durch Beimischen von Lithium zu anderen Metallen so deutlich verbessert werden. Zusammen mit anderen Leichtmetallen wie dem Aluminium bildet es einen interessanten Werkstoff für die Raumfahrt und wird beispielsweise für die Treibstofftanks der Spaceshuttles benutzt.

In unserem Alltag treffen wir das Lithium dann in seiner kationischen Form, bei der es sein „reaktives“ Elektron an ein anderes Element abgegeben hat – und das recht häufig: Trinkwasser enthält ebenso Lithium wie unser Körper. Lithiumstearat dient in geringen Mengen der Produktion von Bleistiften, wird in kosmetischen Produkten eingesetzt und war bis Mitte des 20. Jahrhunderts ein begehrter Zusatz in Schmierfetten. Lithiumniobat ist ein künstliches Material bestehend aus Sauerstoff, Niob und Lithium und besitzt wichtige physikalische Eigenschaften, die es für Anwendungen in der Optik und Elektronik, wie beispielsweise in Lasern, in der Holographie oder auch in der Hochfrequenztechnik für Fernseher und Mobiltelefone spannend machen. Das bringt uns gleich zu einem überaus wichtigen Anwendungsgebiet in unserer heutigen Informationsgesellschaft: die Lithiumionen-Batterien oder -Akkumulatoren. Diese zeichnen sich durch hohe Energiedichten aus und leiden nicht unter dem sogenannten Memory-Effekt. Während wir oben an der Batterie Strom abzapfen, wandern in der Batterie die Lithiumionen von einem Pol der Batterie zum anderen. Hierbei kommt uns zugute, dass das Lithium als Atom klein, und als Kation sogar noch kleiner ist, sodass es ohne grosse Mühe zwischen den Polen hin- und herwandern kann. Dabei bewegt es sich nicht durch ein Vakuum, sondern muss sich zwischen grösseren Bestandteilen hindurchbewegen. Beim Ladevorgang der Lithiumionen-Batterien schicken wir das Lithium-Kation dann wieder zurück in seine Ausgangsposition, von wo aus es dann wieder Strom liefern kann.

In den Raumstationen setzt man Lithiumperoxid zur Luftregeneration ein, um CO<sub>2</sub> aus der ausgeatmeten Luft herauszufiltern. Dabei entsteht Lithiumcarbonat, eine Verbindung, die wir hier auf der Erde in grossen Mengen zur Herstellung von Glas und Aluminium einsetzen. In deutlich kleineren Mengen kommt Lithiumcarbonat in der Medizin zum Einsatz. 1949 entdeckte der australische Psychiater JOHN CADE in Selbstversuchen, dass es zur Behandlung von bipolaren Störungen eingesetzt werden kann. In der Lithiumtherapie kommen Lithiumsalze wie das Carbonat auch gegen Manie oder Depressionen einerseits als Phasenprophylaktikum, andererseits auch zur Steigerung der Wirksamkeit in Verbindung mit Antidepressiva zum Einsatz. Vorbeugend wird es in der Behandlung von Cluster-Kopfschmerzen verwendet. Die Anerkennung von Lithiumverbindungen als Medikamente hatte jedoch einen Einfluss auf die Getränkeindustrie. So setzte man ab den wilden Zwanzigern bis Ende der 1940er Jahre einigen Erfrischungsgetränken Lithiumcitrat bei, die dann als stimmungsaufhellende, aufputschende Getränke nach durchzechten Nächten angepriesen wurden. In diesem Zusammenhang hat Lithium seinen Weg in die Künstlerkreise geschafft, wie Filme von WOODY ALLEN oder DARREN ARONOFSKY und Lieder der Gruppen Nirvana, Evanescence oder Sting zeigen.

## La beauté du béryllium – pour les dames et les messieurs

Le béryllium est un élément peu connu et dont on n'entend pas beaucoup parler. Et pourtant ... Quelle femme ne rêverait pas d'un collier d'aigue marine ou d'émeraude à la MARIA CALLAS ou ELIZABETH TAYLOR ? Quel voleur ne serait pas tenté par la dague aux émeraudes du palais Topkapi ? Et quel golfeur n'aimerait pas posséder des clubs en alliage spécial pour la touche douce lors du putting ?

Partout se cache le béryllium. Quelle est la qualité de cet élément ? C'est le 4<sup>ème</sup> élément du tableau périodique. Historiquement, son nom viendrait du latin *beryllus* – cristal clair, et on pense que le mot « Brille » (en allemand « les lunettes ») se dérive de ce mot et de la biréfringence du béryl. En effet, sur terre, on ne le trouve pas sous forme élémentaire, mais justement liée à l'oxygène, à l'aluminium et au silicium sous forme du minerai de béryl. Celui-ci est incolore, mais lorsqu'il contient des traces de titane ou de fer sous forme de  $Fe^{2+}$ , nous le connaissons sous le nom d'aigue marine, avec des traces de chrome, on l'appelle émeraude, et avec du fer sous forme  $Fe^{3+}$ , c'est l'héliodore. Avec du lithium et du césium, il prend la couleur rose à orange et se vend sous le nom de la morganite. Voilà pour les dames ... mais aussi pour les messieurs qui aimeraient s'inspirer pour un cadeau de Noël et qui aimeraient surprendre leur adorée de connaissances scientifiques sur la bague, le collier ou les boucles d'oreilles ...

Pour les messieurs golfeurs ou bricoleurs, l'alliage béryllium-cuivre contient jusqu'à 2 % de béryllium métallique. Cet alliage a des propriétés spéciales. En fonction de son traitement thermique, il peut avoir des duretés différentes, d'où l'application dans les clubs de golf. Il est chimiquement très résistant et ne donne point d'étincelles, même si on tape avec un marteau. C'est donc un matériau fortement intéressant partout là où les étincelles pourraient avoir des conséquences dramatiques : sur les plateformes de forage, les usines à gaz ou des raffineries de pétrole. On s'en sert comme ressorts dans les mouvements d'horlogerie ou dans des relais. Sa bonne conductivité électrique le rend utile dans les contacts des caténaires de bus ou de trams. Son oxyde par contre est un bon isolant très utilisé dans les isolateurs à haute tension.

Donc, à chacun son béryllium pour Noël ...

\* \* \*

## Le bore

Le bore est un élément en pleine frustration, pourtant plein de qualités : sa charge nucléaire élevée est que très partiellement blindé par ses électrons ce qui l'empêche de se comporter comme un métal, mais la charge nucléaire n'est pas assez élevée pour se doter d'assez de ligands voisins pour arriver à une couche électronique fermée. Condamné à « bricoler » son entourage, il se présente en état élémentaire sous forme d'un solide amorphe ou cristallin ayant une structure très compliquée. Dans la nature, il se trouve sous forme oxydée : le borax. Celui permet, mélangé avec du quartz (sable), de réduire fortement la température de fusion de ce dernier permettant ainsi la fabrication de verre. Le borax est également la poudre magique qui transforme des solutions aqueuses et diluées d'amidon miraculeusement en solide pâteux, maniable et pas collant malgré son énorme teneur en eau, mieux connu comme « slime » et aimé par les enfants.

Mais le bore est également un élément rêve : chauffé très fort, il émet une lumière verte d'une intensité sans pareil et glissé sous forme de traces infimes dans du diamant il tourne la couleur de ce dernier en bleu, une variété très rare en nature, mais facilement produit techniquement. Egalement sous forme d'une très faible participation (1% du poids) il prête à un alliage entre fer et néodyme

une propriété record en les faisant l'aimant le plus fort connu aujourd'hui que nous trouvons dans beaucoup d'objets et appareils électroniques.

Sous forme de perborate il était le premier produit blanchisseur et contribuait ainsi au développement de l'industrie chimique. Plus utilisé aujourd'hui à ces fins pour des raisons de protection d'environnement, il a néanmoins laissé une trace durable dans le nom d'un fabricant de produits de lessive, Per-sil, où le «sil» se réfère aux silicates. Pour l'homme, le bore est un oligoélément, nécessaire à différentes fonctions physiologiques, mais toxique à des doses peu élevées, il est mieux de l'éviter.

Possédant une très haute capacité d'absorber des neutrons, le bore est utilisé dans les centrales nucléaires pour pouvoir tempérer la fission nucléaire et ainsi permettre son utilisation civile.

L'élément partenaire idéal du bore est l'azote : les deux éléments sont les voisins gauche et droite du carbone et constituent ainsi un couple de rêve. Le matériel qui résulte de cette mariage, le nitrure de bore, a une dureté comparable à celle du diamant, peut être même supérieur car il est techniquement très difficile d'en faire des objets macroscopiques sans défauts structuraux.

\* \* \*

## **Le carbone: l'élément de la vie**

Une bague de fiançailles, un morceau de charbon, une mine de crayon et un nanotube d'une résistance mécanique extraordinaire, supérieure au métal le plus dur : quels en sont les points communs ? Ils sont tous des formes diverses du même élément : le carbone. Cet élément, très abondant (4<sup>ème</sup> dans l'Univers, 15<sup>ème</sup> sur la Terre) a la propriété de brûler en présence d'oxygène (y compris le diamant, qui contrairement au mythe, n'est manifestement pas éternel !) en libérant de la chaleur et en dégageant un gaz incolore et inodore, le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Cette propriété fait que le carbone est, et de très loin, notre source d'énergie principale. En brûlant, le carbone ne disparaît cependant pas, car le dioxyde de carbone, que l'on appelle aussi gaz carbonique, est en principe recyclé par les plantes (par exemple sous la forme de sucre) ... mais la production actuelle en dépasse leur capacité, d'où une accumulation dans l'atmosphère. Il est relativement peu toxique, contrairement à ses sinistres congénères monoxyde de carbone (CO) et cyanure (CN<sup>-</sup>) ! Mélangé au fer, le carbone devient acier, en lui concédant une dureté et une résistance très forte.

En plus de sa forme élémentaire, les atomes de carbone ont une propriété étonnante : ils peuvent se lier les uns aux autres, comme les maillons d'une chaîne. Ces chaînes de carbone forment des molécules très diverses (qui vont du pétrole à la margarine, en passant par le sucre, qui sont à l'origine de la vie ; c'est la raison pour laquelle la chimie du carbone est également appelée « chimie organique »). Ces molécules organiques constituent la matière vivante, qu'elle soit végétale ou animale, et sont à la base de notre alimentation. Elles sont également présentes dans une multitude de substances importante dans notre vie quotidienne. Certaines sont naturelles, d'autres artificielle : médicaments, colorants, parfums. Au cours du dernier siècle, les chimistes ont su dompter cet élément, et ont appris à l'assembler pour obtenir toutes sortes de molécules. Ainsi, la fabrication contrôlée de longues chaînes de carbone permet d'obtenir des matériaux aux propriétés modulables: ce sont les polymères, que l'on trouve dans les matières plastiques, les fibres de carbone et les colles.

Le carbone est donc absolument partout dans notre entourage, à commencer par nous-mêmes, le papier du journal que vous tenez dans les mains ainsi que son encre ... et si il se peut que le sucre que vous venez de mettre dans votre café contienne quelques atomes qui ont appartenu autrefois à

un dinosaure, il est certain que le plein d'essence que vous avez fait ce matin contient des atomes de carbone qui ont été témoins de l'émergence de la vie sur notre planète !

\* \* \*

## L'air que nous respirons – 1ère partie: l'azote

Inspirer, expirer, inspirer, expirer ... En fait, c'est quoi qui remplit nos poumons lorsque nous respirons? Eh bien, c'est un mélange de gaz, dont la majorité de 78 % l'azote, notre numéro 7 du tableau périodique. Ce gaz est formé de deux atomes de cet élément qui se lient très fortement l'un avec l'autre – tellement fort que l'azote est très inerte, non-toxique, non inflammable et ne brûle pas. Le fait d'étouffer en respirant de l'azote pur est uniquement dû au manque d'oxygène et non pas à la réactivité de l'azote. Nous utilisons cette propriété de „non-réactivité“ dans les emballages pour la nourriture, rendant celle-ci plus conservable. Les pneus des avions, qui se chauffent beaucoup lors de l'atterrissage sont remplis d'azote pour éviter que le caoutchouc des pneus réagisse avec l'oxygène si on utilise de l'air simple. Aussi, les réservoirs de fuel d'avions et de bateaux sont d'abord rincés avec de l'azote et non pas avec de l'air pour éviter la formation de mélanges explosifs de fuel avec l'oxygène. Sous forme d'azote liquide à env. -200°C, tels que nous en fabriquons aussi dans le département de chimie à Fribourg, il peut servir pour faire fonctionner certains appareils de mesure, par exemples les MRI dans les hôpitaux, à la cryoconservation d'embryons et de sperme ou à la cryothérapie contre les verrues. Dans la cuisine moléculaire, il sert à la création de glaces et d'autres effets spéciaux. Mais attentions aux brûlures de froid ...

Si l'azote est tellement inerte, il est quand même essentiel à la vie, que ce soit pour les plantes ou pour les animaux et l'homme: on en trouve dans notre ADN, et dans quasi toutes les biomolécules. Alors, la question se pose comment il peut arriver dans notre corps. Tout commence chez les bactéries, les *rhizobia*, qui vivent en symbiose sur les racines de certaines plantes – les légumineuses. Nous avons vu plus haut que l'azote est très inerte, et il faut donc apporter beaucoup d'énergie pour le faire réagir. Les bactéries en prennent chez la plante, ce qui leur permet, à l'aide d'une enzyme, de casser la molécule d'azote et d'en faire de l'ammonium, un cation essentiel pour les plantes. D'autres bactéries transforment l'ammonium en nitrate, anion essentiel pour les plantes. L'ensemble, le nitrate d'ammonium – aussi un explosif - présente alors un engrais, donc „l'azote sous forme soluble et assimilable“ pour les plantes. Nous en mangeons de ces plantes, d'où notre source d'azote pour former nos biomolécules. Vu la population mondiale, la production bactérienne en nitrate d'ammonium ne suffit de loin pas pour produire assez de plantes comestibles. L'homme a donc du trouver un moyen de faire du nitrate d'ammonium à partir d'azote de l'air. En effet, sous une pression élevée de 350 fois notre pression atmosphérique, et à 550°C, l'homme peut, à l'aide de catalyseurs, produire de l'ammoniaque à partir d'azote et d'hydrogène (voir la série d'articles sur les molécules qui ont changé notre vie). Une autre énergie, naturelle, nous donne de l'azote sous forme soluble: la foudre contient assez d'énergie pour faire réagir les composants principaux de l'air, l'azote et l'oxygène. Un de ces composés, qui contient deux atomes d'azote pour un atome d'oxygène, N<sub>2</sub>O, est aussi appelé gaz hilarant. Vous le trouvez comme gaz dans les siphons de crème Chantilly, et il a été utilisé pour ses propriétés calmantes et analgésiques lors de l'extraction de dents. Pour plus d'infos sur l'oxygène, l'autre composant principal de l'air, rendez-vous dans le prochain article.

\* \* \*

## L'épopée du fluor

La poêle antiadhésive contient du téflon, un fluoropolymère, et le dentifrice du fluorure. En tant qu'élément chimique, le fluor est un gaz formé de deux atomes de fluor. Pourtant, on ne le trouve pas sous cette forme dans la nature, car c'est l'élément le plus réactif de tous, et veut assimiler un électron par atome de fluor. Sacré défi que de le fabriquer: dès qu'il est formé, il réagit avec son entourage ...

L'épopée des expériences pour isoler le fluor rappelle la conquête de l'Everest. Grands chimistes du début du 19e, LAVOISIER, DAVY, GAY-LUSSAC et THÉNARD ont tous essayé de l'isoler – sans succès. Tous ont souffert d'intoxications par inhalation de petites quantités de HF, gaz lui aussi réactif et toxique. DAVY a observé que ses récipients en argent et platine étaient attaqués, et a proposé de travailler dans des ustensiles de fluorure de calcium, ou fluorine. Deux membres de l'académie royale irlandaise, GEORGE KNOX et son frère THOMAS, ont fabriqué cet appareillage. Mais ils n'ont pas réussi à isoler le fluor pour autant, et ont été intoxiqués. THOMAS en est mort, alors que son frère a dû s'aliter durant 3 ans.

Au courant de ce cas, LOUYET a continué la recherche – il est mort pour la science. JÉRÔME NICKLÈS pareil. EDMONT FRÉMY, qui avait observé les expériences de LOUYET, a essayé de décomposer du fluorure de calcium sec. Il a obtenu du calcium d'un côté et probablement du fluor de l'autre, mais vu la réactivité de ce dernier, il n'a pas pu l'isoler ni caractériser. L'Anglais GEORGE GORE a alors expérimenté avec des électrodes de matériaux différents, mais sans succès: ses électrodes sont parties en morceaux, mangées par la corrosion, et il a tout juste survécu à une explosion d'hydrogène et de fluor.

C'est finalement FERDINAND MOISSAN, élève de FRÉMY, qui a réussi. Il a d'abord essayé d'isoler le fluor à partir de ses composés, tels que le fluorure d'arsenic – et a failli s'intoxiquer à l'arsenic. Puis, dans un montage très spécial et sous des conditions inertes, il a réussi à isoler une petite bulle de gaz. Vu sa réactivité explosive avec le silicium, il a conclu que c'était du fluor. Il a dû répéter cette expérience devant l'Académie. Reconnu comme le père du fluor, MOISSAN reçu le Prix Nobel en 1906. Mais l'exposition aux gaz toxiques a altéré sa santé, et il est mort l'année suivante, à 55 ans. MOISSAN a laissé d'autres découvertes: la synthèse artificielle des diamants, et ... son épouse a été la première à cuisiner avec des ustensiles en alu!

*(Cette chronique est réalisée par le département. de chimie de l'Uni de Fribourg, l'Adolphe Merkle Institute et l'Ecole d'ingénieurs et d'Architectes de Fribourg EIA.)*

\* \* \*

## Le sodium – il est partout

Le sel dans la soupe, l'eau de Javel, les chauffeuses magiques, les savons divers, la poudre à lever et finalement notre corps en contiennent – du sodium. Cet élément se trouve quasi partout dans la nature et il est difficile de ne pas en avoir quelque part dans notre environnement. En tant qu'élément, c'est un métal avec toutes les propriétés typiques pour un métal: brillance, couleur gris-métallique, conductivité électrique et de chaleur. Mais ce métal ne se trouve pas tel quel dans la nature, car il est assez réactif. Pas autant que le fluor, il réagit avec par exemple l'oxygène, l'élément le plus abondant sur terre, et l'eau, composé le plus abondant, très facilement, réaction pendant laquelle il perd un électron pour donner un cation. Il faut donc le stocker sous l'huile de paraffine pour éviter le contact avec l'air et l'eau. Sous forme métallique, nous l'avons dans les



lampes à décharge qui donnent une lumière jaune, dans certains réacteurs nucléaires comme liquide de refroidissement, et dans la synthèse chimique industrielle.

C'est sous forme ionique que nous le trouvons donc dans les composés mentionnés plus tôt, et dans notre corps. Le sodium, qui fait env. 0.1 % de notre corps, est essentiel et aide à contrôler la quantité de fluide autour des cellules de notre corps et à réguler la pression et le volume du sang, ainsi que le fonctionnement des nerfs et des cellules. 60 % du sodium se trouvent à l'extérieur des cellules, 10 % à l'intérieur et 30 % dans les os. Une carence en sodium peut créer des pertes d'eau et une baisse de la pression, alors qu'un excès, beaucoup plus fréquent dans notre société peut déboucher sur une augmentation du volume et donc de la pression du sang.

Dans la nature, on trouve les composés de sodium, notamment le chlorure de sodium, connus sous le nom de sel de cuisine, sous forme de nitrate de sodium (salpêtre), de carbonate ou de *Feldspath* (silicate). La *cryolite* est un minerai très important dans la production de l'aluminium, comme on va voir plus tard. Bien sûr, les océans contiennent tellement de sel, que le goût de l'eau nous l'indique sans problème.

Une grande section de l'industrie chimie dépend de composés de sodium. Ainsi, le peroxyde de sodium sert par exemple dans la production de papier, de textiles, et pour le stockage d'oxygène pour la plongée et les sous-marins. La soude est utilisée dans la fabrication de toutes sortes de savons (aussi lessives) et de teintures cosmétiques et de colorants. Beaucoup de synthèses chimiques avec lesquelles on produit des médicaments utilisent quelque part des composés de sodium, les engrais en contiennent tout comme l'eau minérale. Finalement, chaque blue-jeans s'est vu traité par des composés de sodium pour obtenir la couleur typique bleue de l'indigo.

\* \* \*

## **Dans le passé, l'aluminium pur valait plus que de l'or**

L'aluminium, métal avec un lustre métallique blanc, est utilisé dans une grande variété d'applications : que les voitures, les avions, les fenêtres, les bateaux et même les pièces de monnaie.

L'aluminium est le 13<sup>ème</sup> élément du tableau périodique. Les anciens grecs et romains utilisaient ses sels comme astringents pour le pansement des blessures. L'alun, un sel d'aluminium, qui signifie en latin «sel amer» est d'ailleurs toujours utilisé pour stopper les hémorragies. Le scientifique allemand FRIEDRICH WÖHLER a isolé pour la première fois la forme métallique pure en 1827. On dit que NAPOLÉON III tint un banquet dans lequel les hôtes les plus honorables recevaient des services fait en aluminium tandis que les autres n'avaient le droit qu'à des services en or.

L'aluminium est l'élément métallique le plus abondant dans la croûte terrestre et le 3<sup>ème</sup> plus abondant après l'oxygène et le silicium, mais il n'y a aucune fonction connue de l'aluminium dans les cellules vivantes. Il se trouve rarement sous sa forme métallique, mais est habituellement trouvé lié à de l'oxygène (oxyde) ou du silicium (silicate). Il faut une quantité énorme d'énergie pour séparer sa forme pure de son minerai de bauxite. Ainsi, les usines qui le produisent se situent près de sources d'énergie abondantes et bon marché. Recyclé, l'aluminium ne nécessite qu'une fraction de l'énergie nécessaire à son extraction depuis le minerai et qu'il possède toujours les mêmes propriétés. Le recyclage d'une canette de soda en aluminium permet ainsi d'économiser assez d'énergie pour faire fonctionner une télévision pendant trois heures.

Alors que l'aluminium pur a une résistance à la tension relativement faible, il montre de très bonnes propriétés mécaniques lorsqu'il forme des alliages avec d'autres métaux, incluant un très haut ratio

résistance/poids et une incroyable capacité de résistance à la corrosion. La nature non-magnétique de ces alliages les rend utiles pour des pièces vitales dans les avions et les fusées, ainsi que dans l'électronique. Même les matériaux les plus communs, tel que le papier d'aluminium, utilisé pour emballer la nourriture, sont des alliages, contenant approximativement 95 % d'aluminium.

Les composés à base d'aluminium se retrouvent dans beaucoup d'objets domestiques communs, incluant les déodorants, les antiacides, les batteries de cuisine. Les pierres précieuses telles que les rubis, émeraude et saphir ne sont rien d'autre que des oxydes d'aluminium qui possèdent de petites quantités d'impuretés tel que le cobalt et le chrome.

\* \* \*

## **Le silicium – élément du sable et du verre**

Le silicium représente plus d'un quart de tout ce que l'on connaît et n'aime pas rester seul, en effet, il aime beaucoup s'associer à un autre élément abondant : l'oxygène. Ayant tous fabriqués des châteaux de sable, nous avons eu un contact direct avec l'oxyde de silice également nommée *silica*, qui est souvent abrégé sous la forme chimique  $\text{SiO}_2$ .

La fossilisation est une transformation chez les plantes, les bactéries et les animaux vertébrés mais aussi invertébrés, le minerai se forme en ou à l'entour de l'organisme généralement en présence abondante d'oxyde de silice. On peut donc très facilement associer la silice à un caillou, c'est donc sans surprise que d'un point de vue étymologique silice vient du mot latin *silex* qui signifie tout simplement caillou. Un autre exemple de la vie courante de l'oxyde de silice est le verre ; que ce soit dans les vitres, bouteilles ou certains éléments de notre vaisselle, si l'oxyde de silice est amorphe, on le retrouve partout dans notre maison. Depuis quelques années, on le retrouve également mais cette fois sous forme cristalline sur les toits, il est en effet l'élément principal de nos panneaux solaires qui permettent de convertir l'énergie du soleil en électricité. De nombreux types d'organisation cristalline ont été répertoriés, l'une des formes cristallines que l'on connaît tous sont les cristaux de quartz dont la silice est la composition chimique.

Et c'est à ce moment que l'on réalise que la silice est vraiment absolument partout. Il est clair que lorsqu'on regarde autour de nous, on se dit qu'on aurait du mal à passer la journée sans croisé du silicium surtout quand on sait qu'il est très présent dans l'électronique étant l'élément principal des transistors et de nombreux autres composants. Sans transistors, on met une croix sur nos puissants appareils électroniques, sur les ordinateurs personnels, téléphone portable, GPS, etc.

Il existe d'autres dérivés de la silice, sous forme d'huile ou de polymère : les mastics joints de silicones dans l'isolation par exemple mais également dans nos produits ménages, cosmétiques, matériels médicaux ou dans les implants mammaires, certaines formulations de silicones ont donc également l'avantage d'être biocompatibles ! En conclusion, la silice est omniprésente dans les cailloux, dans nos poches, dans nos maisons, sur nos maisons et dans quasiment l'ensemble de nos espaces de travail. Si on se dit qu'on en a peu dans nos automobiles, on oublie que la silice est une charge qui peut être dispersée et est un élément primordial dans la fabrications des pneus, sans silice nos pneus s'useraient à une vitesse impressionnante.

Il est donc clair que si cet élément n'existait pas, on en serait sûrement encore à l'âge de pierre, en fait ce n'est pas vrai car il n'y aurait même plus de pierres !

\* \* \*

# Phosphor in aller Munde

Phos – phor ... sprechen Sie es ruhig laut aus und lassen Sie es langsam auf Ihren Lippen zergehen. Ein Wort so geheimnisvoll wie ein Zauberspruch. Es ist deshalb wenig verwunderlich, dass die Entdeckung dieses Elements in eine Zeit zurückgeht in der noch mutmaßliche Hexen verbrannt wurden. Eine Zeit in der Alchemisten den Grundstein für die moderne Chemie gelegt haben.

Auf der Suche nach dem Stein der Weisen und einem Elixier der ewigen Jugend haben diese Alchemisten versucht Feuer und Wasser zu vereinigen, in der Hoffnung eine Wandlung vom Niederen zum Höheren zu erwirken. In diesem Sinne wurden alle möglichen Stoffe und Essenzen vermischt und erhitzt.

1669 kochte der Hamburger HENNING BRANDT einen ganz besonderen Saft, nämlich Urin. Nachdem das Wasser verdunstet war brachte er die Reste unter Luftausschluss zum Glühen und machte eine magische Entdeckung: Die zurückgebliebene Substanz leuchtete im Dunkeln. Er nannte sie *phosphorus mirabilis* - "wunderbarer Lichtträger".

Heute wissen wir, dass BRANDT durch Zufall elementaren weißen Phosphor hergestellt hat welcher an der Luft sofort oxidiert wird, d.h. verbrennt. Die freigesetzte Energie wird allerdings nicht, wie bei der Verbrennung von Kohlenstoff als wärmende Flamme, sondern als kaltes Licht abgegeben.

Wegen dieser spontanen Reaktion mit Luft findet man reinen (elementaren) Phosphor nicht in der Natur. Stattdessen bildet er vielfältige Verbindungen mit Sauerstoff, so genannte Phosphate. Deswegen war es übrigens wichtig, dass BRANDT unter Luftausschluss geblüht hat um seine Entdeckung machen zu können.

Neben den "toten" Erzvorkommen (z.B. *Fluorapatit*, *Phosphorit*, *Türkis*) sind Phosphate vor allem in der lebenden Materie essenziell: Zum Beispiel enthalten Zähne, Knochen, Blut, DNA und offensichtlich auch Urin Phosphorverbindungen.

Aber nicht nur Menschen und Tiere, sondern auch Pflanzen sind auf Phosphate angewiesen und gedeihen nur bei ausreichendem Angebot, weshalb diese als Dünger eingesetzt werden. Tatsächlich findet ein Großteil der geförderten Phosphate in der Düngemittelindustrie Anwendung.

Da bestimmte Phosphate auch die Bildung von Kalk verhindern können, wurden diese früher als Waschmittelzusätze verwendet. Nach der Wäsche gelangen diese jedoch in natürliche Gewässer und haben dort als Dünger extremes Algenwachstum zur Folge, welches diese Ökosysteme zum kollabieren bringt. Heute sind die meisten Waschmittel phosphatfrei.

Phosphor ist übrigens nicht nur als Bestandteil unserer Zähne in aller Munde. Auch Coca Cola besteht hauptsächlich aus Phosphorsäure. Lassen Sie es sich auf der Zunge zergehen ... Phos-phor.

\* \* \*

## Wie riecht der Teufel?

"Der Teufel riecht nach Schwefel!", heißt es landläufig. Das ist praktisch, denn wer will schon unwissentlich von Ihm verführt werden? Oder ist es gar nicht so einfach? Wie riecht Schwefel eigentlich?

"Geruch" ist bei uns Menschen eine Sinnes-Erregungen, die von der Nase an das Gehirn gemeldet wird. Verschiedene Rezeptoren reagieren auf unterschiedliche Chemikalien in der Luft. Um einen Stoff riechen zu können muss er also als Gas vorliegen: Sein Duft muss in der Luft liegen.

Schwefel ist erst über 444°C gasförmig, bei Raumtemperatur liegt er dagegen als gelber Feststoff vor. Er ist damit geruchlos - und schmeckt auch nach nichts. Woher hat er dann seinen zweifelhaften Ruf?

Schuld tragen sicherlich seine Verbindungen, denn schwefelhaltige Stoffe können äußerst streng im Geruch sein. Zum Beispiel verströmt Schwefelwasserstoff den unangenehmen Duft von faulen Eiern, den man aus schwefelhaltigen Thermalquellen kennt. Schwefelwasserstoff wird durch die Formel  $H_2S$  beschrieben und leitet sich von Wasser ( $H_2O$ ) ab, indem formal ein Sauerstoff- durch ein Schwefel-Atom ersetzt wird. Im Gegensatz zu Wasser ist dieses Fäulnisgas für Menschen allerdings extrem giftig. Da trifft es sich gut, dass unsere Sinne dafür so sehr geschärft sind, dass wir in 10'000'000 Luft-Molekülen bereits ein einziges  $H_2S$ -Molekül erschnuppeln können. Schon ab 30  $H_2S$ -Molekülen bei der gleichen Menge Luft "stinkt es uns".

Einen beißenden Geruch schreibt man Schwefeldioxid zu.  $SO_2$  kann man formal wiederum von dem besser bekannten  $CO_2$  ableiten, wenn man ein Kohlenstoff- durch ein Schwefel-Atom ersetzt. Es entsteht zum Beispiel bei der Oxidation (= Verbrennung) von reinem Schwefel. Mit der Feuchtigkeit ( $H_2O$ ) in unseren Atemwegen bildet es eine Säure und verätzt uns, daher das "Beißen".

Der gleiche Effekt wird bei der Schwefelung ausgenutzt um Lebensmittel haltbar zu machen, denn im schwefelsauren Milieu werden Mikroben abgetötet.  $SO_2$  entsteht aber nicht nur aus der Verbrennung reinen Schwefels, sondern aus allen schwefelhaltigen Brennstoffen. Darunter zählen unter anderen auch die wichtigen Energieträger Öl, Kohle und Erdgas. In der Atmosphäre ist es deshalb für den so genannten "sauren Regen" mitverantwortlich. Deswegen muss es zum Beispiel in Kohlekraftwerken aufwendig aus den Abgasen entfernt werden.

Übrigens, das an sich farb- und geruchslose Erdgas wird mit einer Schwefelverbindung, dem Tetrahydrothiophen, "duftend" gemacht um die Gefährlichkeit von Gasleck zu mindern. Vielleicht kann man sich beim Teufel auf ein ähnliches Vorgehen einigen?

\* \* \*

## **Le soufre – élément de l'enfer ?**

Le volcan tremble, grogne, fume et explose finalement en jetant le contenu de l'enfer sur terre, émettant une puanteur d'œuf pourri ... Sur les cratères des volcans, on trouve souvent l'élément responsable de ces odeurs désagréables, le soufre, sous forme de dépôt jaune. Elément de l'enfer ? De loin pas. Il est même assez fréquent sur terre, mais pas nécessairement sous sa forme élémentaire. En fait, il se lie à un bon nombre de métaux pour former des minerais, les sulfures de ces métaux. Surtout les métaux dont les atomes possèdent un grand diamètre préfèrent se lier au soufre plutôt qu'à l'oxygène. En effet, chimiquement, le soufre (élément solide à température ambiante) est le « grand frère » de l'oxygène qui lui est un gaz. C'est depuis 5000 AC que les hommes l'utilisent, par exemple pour blanchir les vêtements, comme médicament ou pour la désinfection. La bible en parle dans le premier livre de Moïse lors de la fameuse destruction de Sodome et Gomorrhe par le feu et le soufre.

\* \* \*

# Chlor – ein Fall für jedes Schwimmbad

Das Element Chlor – sein griechischer Name bedeutet hellgrün – ist, wie sein kleiner Bruder Fluor, ein Gas mit entsprechender Farbe und einem stechend frischen Geruch. Unter allen chemischen Elementen ist es das drittstärkste, um Elektronen aus anderen Elementen aufzunehmen, sprich, es ist sehr reaktiv und kommt daher nicht in elementarer Form auf der Erde vor. Seine Eigenschaft als Bleichmittel ist bekannt, entfärbt es doch zahlreiche Farbstoffe und Papier. Chlor ist giftig und stark oxidierend, greift die Schleimhäute an und verätzt diese. Unrühmlicherweise kam es als Giftgas im 1. Weltkrieg zum Einsatz, als Chlorgas oder in der Verbindung Phosgen, die, ungeahnterweise, keinen Phosphor enthält.

Heute ist elementares Chlor eine der wichtigsten Ausgangsverbindungen für z. B. zahlreiche Polymere, die uns umgeben. PVC, Polyvinylchlorid, ist ein Kunststoff, den man zu Fussböden, Fensterprofilen, Rohren oder Kabeln verarbeitet. Chlorierte Verbindungen sind auch unabdinglich in der Synthese von Medikamenten: 1995 wurden rund 85% aller Arzneistoffe über chlorierte Zwischenstufen hergestellt. Auch Pestizide und Desinfektionsmittel wie Hypochlorit, welches im Javel-Wasser enthalten ist benötigen Chlor zu ihrer Herstellung. Achtung übrigens bei der Verwendung von Javelwasser: bitte nicht mit sauren, z. B. Essig-Reinigern mischen, sonst entsteht giftiges Chlorgas!

Die Herstellung von Chlorgas (2006 waren es ca. 60 Mio. Tonnen weltweit) ist sehr energie- und - aufgrund seiner hohen Reaktivität- sicherheitsaufwendig. Dazu wird Salzlösung, Kochsalzlösung, chemisch Natriumchlorid, elektrolysiert. Während der Energieaufwand mit ca. 450 kJ für rund 20 Liter Chlorgas recht hoch ist, ist der Ausgangsstoff, das Salz, reichlich in der Natur vorhanden, beispielsweise zu 3% im Meerwasser. Als Natriumchlorid ist Chlorid – die anionische Form des Chlors – sogar lebenswichtig. Als Erwachsener von ca. 70 kg hat man knapp 100 Gramm davon im Körper. Einiges davon ist im Blutplasma enthalten und sorgt für den richtigen Wasser- und Mineralhaushalt. Da viel davon auch wieder im Schweiß und Urin ausgeschieden wird, sollte man dem erwachsene Körper täglich 3 g zuführen. Das meiste davon ist schon in der Nahrung enthalten; man muss also nicht alles Essen zusalzen.

Ein spannendes Milieu ist auch unser Magen. Er enthält eine Chemikalie, welche wir im Labor nur mit Vorsicht und unter dem Abzug handhaben würden: Es handelt sich um Salzsäure! Salzsäure ist chemisch gesehen eine Verbindung zwischen Wasserstoff und Chlor, nämlich HCl. Das ist eigentlich ein Gas, aber in Wasser gelöst ergibt sich wässrige Salzsäure. Beim Erbrechen merkt man schnell, dass es sich dabei um eine sehr unangenehme Chemikalie handelt ... Auch diese Verbindung findet Anwendung in der chemischen Industrie, wie auch als Lebensmittelzusatz (E507).

Eine im Sommer sehr weit verbreitete Anwendung von Chlorverbindungen sind die Schwimmbäder (im Winter auch die Hallenbäder). Sowohl grosse, kommerzielle Schwimmbäder, als auch die privaten Pools benutzen chlorhaltige Chemikalien um das Wasser zu desinfizieren. Dabei werden Coli-Bakterien und Legionellen effizient abgetötet. Die Regelung der Hypochlorit-Verbindung und des pH-Werts (sauer – neutral – basisch) ist sehr wichtig in diesem Verfahren. Aber Achtung: Benutzt man das Schwimmbecken als Toilette, so entstehen leicht Chloramine – und die sorgen für irritierte, rote Augen beim Tauchen und den typischen Schwimmbadgeruch. Denn ideal chloriertes Schwimmbadwasser sollte fast geruchfrei sein. Also, immer das WC aufsuchen, nicht ins Schwimmbad. ...

\* \* \*



## Le titane – élément avec des propriétés mythiques

Avez-vous déjà lavé vos dents aujourd'hui? Oui ? Alors très probablement avec un dentifrice blanc – et ce joli blanc appartient à un des pigments blanc préférés : le dioxyde de titane, ou, pour être précis, le *rutile*. C'est aussi le *rutile*, minéral naturel, qui fut au début de la découverte du titane comme élément chimique. En 1791, le chimiste écossais WILLIAM GREGOR avait déjà découvert un minéral de fer contenant du titane, mais c'est seulement le chimiste allemand MARTIN HEINRICH KLAPROTH qui l'a identifié en tant que tel et le nomma « titane » d'après les titans de la mythologie grecque. Le métal se caractérise par sa grande dureté alors que sa densité est environ un tiers de celle du fer, c'est donc un métal léger. En plus, il résiste à la corrosion en milieu aqueux ou humide, et il résiste aux températures élevées avec un point de fusion de 1668°C. C'est pourquoi nous trouvons le métal et ses alliages souvent en médecine, par exemple en tant qu'implants dentaires, hanches artificielles ou vices pour stabiliser les fractures compliquées. Nous le touchons tous les jours si nous avons un téléphone ou un PC portable dont la coque est souvent faite de ce métal léger ou d'un de ses alliages. Et qui ne connaît pas encore les lunettes super-flexibles en titane ? En alliage avec l'acier, on obtient des propriétés exceptionnellement bonnes au niveau mécanique et résistance à la corrosion, raison pour laquelle on en fabrique des roues de trains ou des turbines. Mais, le titane est aussi 10 fois plus cher que l'acier.

Les composés du titane avec l'azote (= les nitrures), avec le carbone et l'azote (les carbonitrures) et avec le carbone (=les carbures) se caractérisent par une grande dureté et résistance à l'abrasion. Lors de votre prochaine visite dans un brico-loisir, allez voir la perceuse de haute performance dont l'alésoir doré vous indique la présence de nitrure de titane. A propos « or », si vous avez récemment acheté une montre dorée et que vous êtes déçus parce que quelque mois après, votre montre devient couleur orange du cuivre, c'est que l'or est effectivement très mou et ne résiste pas bien à l'abrasion. Par contre, une montre peut-être moins chère, mais revêtue de nitrure de titane, restera couleur dorée pendant des années....

\* \* \*

## Le Vanadium – découverte internationale

Voilà encore un élément moins connu par le grand public, un métal qui porte le numéro 23 du tableau périodique, et le symbole V. Son nom vient de la déesse germanique de la beauté et de la fertilité, Vanadis (Freya) – et en effet, les composés du vanadium sont souvent très colorés et donc beaux à voir. Même si c'est un élément fréquent, on ne le trouve pas souvent en haute concentration. C'est ainsi que l'élément a été découvert une première fois en 1801 par ANDRÉS MANUEL DEL RIO, chimiste espagnol, dans des minerais de plomb au Mexique. Mais ALEXANDER VON HUMBOLDT et le chimiste français H. V. COLLET-DESCOTILS ont critiqué cette découverte, croyant que ces composés provenaient du chrome. 29 ans plus tard, le Suédois NILS GABRIEL SEFSTRÖM redécouvre l'élément dans des minerais de fer, et FRIEDRICH WÖHLER en Allemagne porta preuve à cette découverte.

Le chimiste anglais, HENRY ENFIELD ROSCOE, qui avait fait des études avec ROBERT BUNSEN à Heidelberg en Allemagne, fut en 1867 le premier à isoler le métal lourd pur. Ses recherches sur cet élément lui amenèrent par la suite le titre noble de « Knight ». En 1903 commença l'industrialisation du vanadium lors de la fabrication d'acier, soutenue par la demande accélérée par l'industrie de l'automobile poussée par HENRY FORD aux Etats-Unis. Aujourd'hui, on extrait env. 60'000 tonnes de minerais de vanadium par an pour en faire le métal, à 90 % mélangé avec le fer pour en faire des aciers. Les aciers au vanadium se caractérisent par une bonne résistance et sont

donc utiles dans la construction de bâtiments et la fabrication d'outils. On peut aussi en faire des ressorts ou des hélices dans les propulsions des aéronefs.

Vu sa fréquence sur terre, il n'est pas surprenant que la Nature l'utilise aussi : Dans les plantes, le vanadium joue un rôle indirect dans la photosynthèse. Quelques bactéries possèdent des enzymes pour fixer l'azote de l'air qui contiennent du vanadium. Des algues et des lichens en contiennent aussi, sans que son rôle soit très clair à présent. Dans l'être humain, le vanadium peut réguler l'absorption de glucose dans le foie, il stimule la glycolyse et inhibe la néoglucogenèse. Ainsi, le taux de glucose dans le sang diminue. La recherche actuelle est en train d'évaluer alors les composés au vanadium pour le traitement du diabète de type II. Pour les adeptes du « Heavy Metal », allez trouver le groupe rock du nom de cet élément...

\* \* \*

## Eisen

Wer an Eisen denkt, denkt automatisch auch an Stärke, an Kraft!

Eisen verdrängte einst aufgrund seiner Widerstandsfähigkeit die Bronzezeit und Eisen war der Grund, warum POPEYE zum Spinat griff, um sich für seine Abenteuer zu wappnen.

Heute wissen wir, dass Eisen rostet und dass im Spinat weit weniger Eisen steckt als POPEYE dachte.

Und trotzdem hätten wir ohne Eisen keine Kraft zu leben.

Aber fangen wir von ganz vorne an. Zum Beispiel mit der Frage, wo das mengenmäßig zweithäufigste Element auf der Erde eigentlich herkommt.

Riesensterne bauen bis zum Ende ihres Lebens in ihrem Kern Eisen durch Fusionsreaktionen auf. Wenn sie groß genug sind, ziehen sie sich zusammen um dann zu explodieren und ihr Eisen durch das Universum zu schießen: der Ursprung allen Eisens.

Während unserer Geschichte, veränderte sich unsere Lebensweise durch den Einsatz von Eisen vollkommen.

Die bis heute älteste gefundene Verwendung von Eisen in verarbeiteter Form wurde in Mesopotamien um 2700-3000 v. Chr. entdeckt; weit vor dem Übergang von der Bronzezeit in die Eisenzeit, die erst um 1200 v. Chr. stattfand.

Der Einsatz von Eisen beeinflusste nicht nur die Bauweise, sondern auch Kampf und Krieg. Schwerter aus Eisen waren stärker als die bisher verwendeten Bronzeschwerter und charakteristisch für diese Zeit - Krieg bedeutete Leben oder Tod für jede Nation.

Und doch gab es ein Problem: in der Gegenwart von Sauerstoff und Feuchtigkeit rostet Eisen.

Aber gerade dieses Problem des Rostes führte zu einer brillanten Entdeckung: jener von Eisen-Legierungen.

Legierungen entstehen, wenn einem Metall, eine kleine Menge eines anderen Elements beigemischt wird. Es kommt zu einem neuen Material mit neuen Eigenschaften. Wenn Eisen beispielsweise 0,2 % bis 2,1 % Kohlenstoff zugemischt wird, bildet sich Stahl, das noch stärker ist als Eisen selbst.

Legierungen wie diese werden vielseitig eingesetzt: Autos, Züge, Gebäude oder Uhren.

So stellt Eisen einen sehr wichtigen Rohstoff dar. Weltweit widmet sich 95 % der Metallproduktion dem Eisen. Die weltweiten Top-Drei-Länder der Eisenproduktion sind dabei China, Brasilien und Australien mit 71 % des gesamten Produktionsvolumens. Eine nützliche Eigenschaft von Eisen, die im modernen Leben genutzt wird, ist der Magnetismus. Eisen ist von Natur aus magnetisch, kann aber durch plötzliche Stöße oder magnetische Felder, entmagnetisiert werden. Dies ermöglicht die Kontrolle über sein Magnetfeld, was in einer Vielzahl von Gebieten Anwendung findet: in VHS, Festplatten, Bankomatkarten, Fernsehern, Lautsprechern und als magnetische Nanopartikel in der Medizin.

Eine interessante Anwendung des Magnetismus waren Unterwasserminen im 2. Weltkrieg. Minen wurden so eingestellt, dass sie explodierten, sobald ein magnetisches Material in der Nähe war. Schiffskörper wurden aus Eisen-Legierungen gemacht und wurden magnetisiert, wenn sie sich durch die Magnetfelder der Erde bewegten. Dies konnte jede in der Nähe gelegene Mine zum Explodieren bringen.

Der Kanadier CHARLES F. GOODEVE entwickelte eine neue Technologie, um den Magnetismus vom Rumpf zu entfernen – bekannt als "degaussieren", nach dem berühmten deutschen Wissenschaftler JOHANN GAUß.

Eisen ist also tatsächlich lebensnotwendig. Allerdings weniger, weil wir es für unsere Bankomatkarten und i-Phones brauchen, vielmehr weil wir es in Form des Hämoglobins für den Transport von Sauerstoff im Körper benötigen. Auch Pflanzen sind ohne Eisen nicht überlebensfähig: Sie brauchen es, um Chlorophyll herzustellen und so Photosynthese zu betreiben. Zudem benötigen alle Lebewesen auf der Erde Eisen, um die DNA, welche die Anweisungen für alles Leben kodiert, produzieren zu können.

Ein Mangel an Eisen kann folglich ernst sein und ist die häufigste Ursache von Anämie, da zu wenig Hämoglobin gebildet wird. Weltweit leiden geschätzt mehr als eine Milliarde Menschen darunter. Die Menge an Eisen im Körper kann durch den Verzehr von eisenreichen Lebensmitteln wie Bohnen, Linsen, Getreide und Fleisch erhöht werden.

POPEYE hätte also wohl besser zum Steak gegriffen ...

Aber woher kommt die weit verbreitete Fehlannahme, dass Spinat ein eisenreiches Gemüse sei?

Es ist dies die Geschichte des deutschen Wissenschaftlers E. VON WOLF, dem bei der Veröffentlichung des Eisengehalts von Spinat im Jahre 1870 ein Fehler unterlief, was zu einem 10-mal höheren Eisengehalt als dem tatsächlichen führte. Dieser Fehler wurde erst in den 30er Jahren behoben.

\* \* \*

## **Cuivre & Zinc**

Pourrions-nous nous passer de l'ordinateur ou du téléphone mobile? Sans cuivre, nous en serions obligés! Le cuivre est utilisé dans des milliers d'applications, comme la voiture (50 kilos), les tuyaux en cuivre d'où l'on tire l'eau, et les câbles électriques (200 kilos dans chaque maison). Cette gamme d'applications est due à ses propriétés exceptionnelles : il est souple et malléable, avec une excellente conductivité mais en même temps résistant à la corrosion. L'homme connaît ce métal depuis plus de dix mille ans et il est maintenant si précieux que les articles en cuivre, à la fin de leur vie, ne sont jamais jetés, mais refondus et retraités. La qualité du métal « neuf » ou recyclé est la

même, et le recyclage permet ainsi d'économiser l'énergie, qui provient de l'extraction, du transport et de plusieurs traitements.

On n'utilise pas seulement le cuivre tout seul, mais aussi mélangé avec un autre métal, obtenant des « alliages » aux propriétés nouvelles. Les mieux connus sont le bronze, alliage de cuivre et d'étain, et le laiton, alliage de cuivre et zinc.

Le zinc est un métal relativement commun, plus que le cuivre ou le plomb, mais il est difficile à préparer et on ne le connaît pur que depuis 'seulement' 250 ans. Le zinc est fragile à basse température, c'est-à-dire que l'on ne peut pas le déformer sans le casser; on dit d'ailleurs que les boutons de uniformes de l'armée de NAPOLÉON étaient en zinc et que cela n'était point favorable en hiver ! Par contre, entre 100 et 200 °C, le zinc est ductile et peut être déployé en feuilles ou tiré en fils. Grâce à sa grande résistance à la corrosion, il est souvent utilisé pour 'recouvrir' un objet d'une couche mince qui lui donne une vie presque infinie, comme les glissières de sécurité des autoroutes.

Mais nos cellules aussi ont besoin de zinc! Il est impliqué dans la conversion de la vitamine A en rétinol, nécessaire pour la vision et la formation osseuse, il soutient la détoxification de l'alcool par le foie ; il est essentiel pour le système immunitaire et accélère la guérison des blessures. Le cuivre aussi est un élément d'importance biologique : le sang bleu non pas des nobles, mais des homards, des escargots et des araignées par exemple contient du cuivre à la place du fer pour transporter l'oxygène par l'hémocyanine.

Le cuivre et le zinc, deux métaux qui sont, seuls ou en combinaison, part importante de notre vie!

\* \* \*

## **Rubidium et Strontium – deux éléments « rouges »**

L'année 2012 vient de commencer avec des feux d'artifices colorés magnifiques. Mais, d'où viennent ces couleurs ? Aujourd'hui, on va parler du rouge...

Le rubidium (*rubidus* = rouge foncé) est un métal alcalin dont l'existence a été prouvée d'abord par ROBERT W. BUNSEN (voir le bec du même nom) et GUSTAV KIRCHHOFF. Il fallait évaporer et traiter les résidus de 44'200 litres d'eau minérale pour en extraire neuf grammes d'un sel de rubidium pur, et en chauffant ce sel, ils ont pu observer la flamme rouge pourpre foncée typique pour cet élément.

Dans la nature, on le trouve par exemple dans le *lépidolite*. Sous forme métallique, il est extrêmement mou et fond déjà à env. 40°C. On peut même le distiller ! A l'air, ce métal s'enflamme spontanément, et sa réaction avec l'eau est vive, voir explosive. Le rubidium sert, comme le césium, de standard dans l'horlogerie et on parle aussi d'horloge atomique. Comme il est moins cher que le césium, il est très fréquemment utilisé pour contrôler les fréquences de stations de télévision, de téléphone portable ou de GPS. On le trouve aussi ingrédient dans certains verres d'applications spéciales et dans l'étude de canaux ioniques biologiques où il remplace le potassium. Un de ses isotopes (= formes) peut servir en tomographie, par exemple pour étudier le fonctionnement du cœur. Notre corps contient environ 0.4 g de cet élément et c'est certaines eaux minérales, le café et le thé qui contiennent la quantité utile pour nous. Similaire au lithium, dont le strontium est le grand frère, il agirait aussi comme neurotransmetteur et antidépresseur.

Un autre élément « rouge » et très populaire dans les feux d'artifice est le strontium. Son nom vient de Strontian, un village en Ecosse où des minerais contenant du strontium ont été découverts. Une de ses premières applications fut la production de sucre de la betterave sucrière dès 1849 qui se basait sur la cristallisation du sucre en présence de l'hydroxyde de strontium, un processus utilisé pen-

dant 100 ans avec une production annuelle de plus de 100'000 tonnes. Il forme des alliages avec l'aluminium ou le magnésium très résistants pour former des blocs moteurs de voitures ou de motocycles. Grand frère du calcium, il peut jouer le rôle de neurotransmetteur, ou alors remplacer le calcium dans les os. Alors qu'un isotope de longue durée de vie peut alors détruire des cellules, ce même phénomène à plus courte échelle peut aider à traiter le cancer des os. Nettement plus fréquent que le rubidium, c'est principalement le strontium qui donne la couleur rouge aux feux d'artifice.

\* \* \*

## Ruthenium – eines der seltensten Elemente der Erde

Als in den Jahren 1803 und 1804 die vier neuen Elemente Palladium, Rhodium, Iridium und Osmium in Platinerzen entdeckt wurden, begann ein regelrechter Wettlauf um weitere unbekannte Elemente aus solchen Erzen zu isolieren und in reiner Form darzustellen. Es dauerte aber noch weitere 40 Jahre bis der deutschbaltische Chemiker KARL ERNST CLAUS 1844 etwa 6 Gramm eines neuen, bislang unbekanntes grau glänzenden Metalls aus Platinerzen, aus einer damals neu entdeckten Lagerstätte im Ural, rein darstellen konnte. Er nannte dieses Metall Ruthenium (Ru, Ordnungszahl 44) in Anlehnung an den Fundort welcher in Russland lag (v. lateinisch *ruthenia* „Ruthenien“ ist „Russland“).

Das Ruthenium ist eines der seltensten Elemente und kommt in der Erdkruste in einer Konzentration von 1 zu 1 Billion vor. In den wichtigsten Erzlagerstätten wie z.B. in Südafrika reicherte sich das Ruthenium immerhin bis zu 12 % an. Das reine Metall (reines Element) kommt auch wegen seiner chemischen Robustheit gediegen an 21 Fundorten auf der Welt vor. Es existieren auch einige wenige Ruthenium-haltige Minerale, welche als Legierungen, oder an Schwefel (Sulfide) oder Arsen (Arsenide) gebunden gefunden wurden.

Wie schaffte es dieses praktisch nicht existente Element, die Aufmerksamkeit der Wissenschaftler zu gewinnen? Es sind seine einzigartigen Eigenschaften und die seiner Verbindungen, welche ihm eine Spitzenstellung in Bezug auf seine Anwendungen im Bereich der Katalyse, der Elektronikindustrie und der Photovoltaik verschafften.

Im Bereich der Katalyse ist das Element Ruthenium nicht mehr weg zu denken. Bei der Produktion von Plexiglas beispielsweise, dem Polymethylmethacrylat (PMMA), wird eine Rutheniumverbindung benötigt, um die notwendige Reaktionsgeschwindigkeit zur Bildung dieses Polymers zu erreichen. Das bedeutet, dass alle Gegenstände, welche aus Plexiglas gefertigt sind, wie z.B. Scheiben, Zahnprothesen oder Kunstfiguren, Schüsseln oder Uhrgläser, bei ihrer Herstellung mit Ruthenium in Berührung gekommen sind.

Auch in der Elektronikindustrie, beispielsweise in Festplatten, wird Ruthenium eingesetzt. Es hilft beim platz sparenden Speichern von Daten und erlaubt daher die Herstellung von Festplatten mit über 40 GB Speicherkapazität. Der größte Teil der jährlich gewonnenen Menge an Ruthenium (ca. 20 Tonnen) wird für diesen Industriezweig benötigt. Aufgrund seiner hohen Abriebbeständigkeit kommt es auch in elektrischen Kontakten oder Füllfederhalterspitzen vor.

In der Photovoltaik werden die ausgezeichneten Eigenschaften einer Rutheniumverbindung ausgenutzt, um Sonnenenergie in elektrische Energie umzuwandeln. In diesen Solarzellen wird das Ruthenium, „eingepackt“ in einem so genannten Metallkomplex, benutzt, um eine elektrische Spannung aufzubauen, welche in alltäglichen Anwendungen wie z.B. dem Betrieb von Taschenrechnern die notwendigen Batterien ersetzen kann. Die Solarzelle, welche mit Ruthenium betrieben wird, hat gegenüber der konventionellen Silizium-Zelle den Vorteil, dass auch mit schwachem Licht ein



hoher Wirkungsgrad erreicht wird. Der photovoltaische Prozess der Umwandlung von Licht in elektrische Energie ist der natürlichen Photosynthese der Pflanzen nachgeahmt.

Diese kurze und unvollständige Zusammenstellung der Einsatzmöglichkeiten von Ruthenium als Element oder auch seiner Verbindungen zeigt, dass ein Atom welches nur in geringsten Mengen vorkommt, die Industrialisierung der Erde entscheidend beeinflusst hat.

\* \* \*

## **Au und Hg (Gold und Quecksilber)**

Gold (chemisches Symbol Au), mit seinen einzigartigen Eigenschaften und seinem hohen Marktwert ist ein Metall, das seit Jahrtausenden begehrt ist. Gold wird seit Jahrtausenden für rituelle Gegenstände und Schmuck sowie seit dem sechsten Jahrhundert v. Chr. in Form von Goldmünzen als Zahlungsmittel verwendet.

Das Schwermetall ist extrem form- und dehnbar, während andere Metalle geschmolzen und in eine Form gegossen werden müssen. Die chemischen Eigenschaften des Golds sind selten und interessant: zum Beispiel kann man es im Gegensatz zu Geldmünzen und anderen Basismetallen nicht in Salpetersäure auflösen. Aus diesem Grund wird Salpetersäure verwendet, um das mögliche Vorhandensein von Gold in einem Objekt zu diagnostizieren. Dementsprechend ist Gold chemisch inert, d.h. es reagiert mit den meisten Chemikalien nicht. Vom Zahnersatz bis zu elektronischen Schaltkreisen, der Einsatz des Edelmetalls ist extrem vielfältig. Gold wird zunehmend auch der Nanotechnologie (1 Nanometer entspricht  $10^{-9}$  Meter) eingesetzt. Forscher am MIT (Massachusetts Institute of Technology, USA) nutzen Gold-Nanopartikel, um Medikamente gezielt an ihren Wirkungsort im Körper zu bringen. Dazu wird das Medikament chemisch an der Oberfläche dieser Goldpartikel verankert und am Wirkungsort im Körper durch Infrarotstrahlung wieder entfernt. Dies ermöglicht eine hohe lokale Dosis des Medikaments.

In der griechischen Antike symbolisierte das Quecksilber (chemisches Symbol Hg) den Gott und den Planeten Merkur. Dies wurde von den Römern und den Alchemisten übernommen. Daher ist im Englischen « mercury » sowohl die Bezeichnung für das Quecksilber als auch für den Planeten und den Gott.

QIN SHI HUANG, der erste Kaiser Chinas, strebte nach Unsterblichkeit. Er hielt Quecksilber für einen besonderen Stoff mit vitalisierenden Eigenschaften, und offenbar verordneten andere es als Bestandteil seiner Arznei- oder Zaubertänke. In Indien wurden Quecksilberinjektionen als Aphrodisiaka angewandt.

Quecksilber ist das einzige Metall und neben Brom das einzige Element, das bei Normalbedingungen flüssig ist. Die thermische Ausdehnung des Quecksilbers ist recht hoch und zwischen 0 °C und 100 °C direkt proportional zur Temperatur. Außerdem benetzt Quecksilber Glas nicht. Daher eignet es sich zum Einsatz in Flüssigkeitsthermometern und Kontaktthermometern. Bedingt durch seine starke Toxizität ist der Einsatz heutzutage auf den wissenschaftlichen Bereich beschränkt, es kann teilweise durch gefärbten Alkohol oder elektronische Thermometer ersetzt werden.

## **En mémoire de Jean-Claude Monney (25.07.1958 – † 29.12.2012)**

Le musée d'histoire naturelle ouvrait les portes de l'exposition « Vipères », le 8 février 2013. Ce vernissage aurait pu être une fête car c'était aussi la veille de Carnaval et du Nouvel-An Chinois avec le début de l'Année du Serpent.

Mais JEAN-CLAUDE MONNEY, le commissaire de cette exposition venait de décéder le 29 décembre 2012 des suites d'un cancer fulgurant. Cette exposition avait été conçue par lui, tout avait été préparé : le carton d'invitation, le vernissage, le programme ... Le musée a décidé de faire l'envoi des invitations comme préparées par Jean-Claude pour montrer aussi à quel point il s'était investi dans cette exposition.

Avec son départ, le musée a été très touché par la collaboration qui s'est instaurée, la solidarité qui s'est créée avec tous les herpétologues. Qu'ils soient ici tous remerciés.

Ce vernissage fut aussi l'occasion de rappeler quelques souvenirs personnels de Jean-Claude et comment il s'était mis à l'herpétologie.

Sa petite cousine « Mado » disait que c'était tout gamin – il avait peut-être 4 ou 5 ans – qu'il avait « piqué » une petite tortue et qu'il l'avait mise dans sa poche et subrepticement apportée à ses parents. Par la suite, Jean-Claude allait chez sa marraine à Genève et il allait aussi en vacances en Haute-Savoie et là, puisque c'était déjà un petit garçon connaisseur de serpents, il était appelé pour déplacer des serpents, les enlever. Collégien, sa passion l'habitait encore : il « décorait » sa chambre de petits terrariums avec des mygales, des serpents ... Sa maman n'osait plus entrer dans sa chambre !

Par la suite, sa petite cousine « Mado » avait repris la gestion d'un magasin d'animaux domestiques « La faune exotique » à la rue Pierre-Aeby. Mais là, Jean-Claude était déjà le conseiller scientifique et c'est lui qui s'occupait des reptiles et des poissons. « Mado » lui avait laissé à disposition une cave jouxtant le minuscule magasin et dans cette cave, Jean-Claude entreposait ses protégés. C'était épique d'y aller ; il fallait d'abord frapper contre la porte parce qu'il y avait peut-être le crocodile qui était sorti de son enclos. Il fallait le repousser avec une planche. Parmi les cartons entreposés ou entre les terrariums, sur les étagères, il y avait peut-être un reptile ou l'autre qui s'était échappé. Cette cave vétuste devait rejoindre quelques canalisations ou égouts et les rats qui y circulaient n'avaient aucune chance de survivre parmi tous ces reptiles.

En 1981 - 1982, Jean-Claude a commencé un apprentissage de laborant à l'institut de zoologie de l'université de Fribourg. Il découvrit ainsi le milieu académique et là, il a su que c'était sa voie, qu'il voulait aller étudier à l'Université de Neuchâtel où il y avait les Professeurs ANDRÉ AESCHLIMANN et CLAUDE MERMOD. C'était une pépinière de zoologues, de biologistes de terrain dont certains ont été commissaires d'expositions pour notre musée comme PASCAL STUCKI et JEAN-STEVE MEIA, LOUIS FÉLIX BERSIER est devenu professeur de zoologie ici à l'Université de Fribourg et a été aussi expert lors du doctorat de Jean-Claude.

En 1986, Jean-Claude a fait son travail de diplôme sur les Hauts de Neirivue où il a passé l'été : il a fait plus de 1'500 observations de vipères.

Dès 1990, Jean-Claude collabore avec le musée pour la mise sur pied d'expositions.

En 1992, le musée l'avait engagé pour établir l'inventaire des amphibiens et reptiles du canton de Fribourg. Dès 1993, il travaillait pour le KARCH «*Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz*» dont l'antenne fribourgeoise était hébergée au musée.

En 1996, il a terminé son doctorat consacré à la «Biologie comparée de *Vipera aspis* et *Vipera berus* dans une station des Préalpes bernoises».

Au total, Jean-Claude a préparé, au Musée d'histoire naturelle, six expositions temporaires et une exposition permanente :

- Nos vipères : aspic et péliade 12.06.90 - 23.09.90 (Déplacée à la Chaux-de-Fonds (mai-septembre 1993))
- Couleuvres 2.6. - 17.9.1995 (Déplacée à la Chaux-de-Fonds (mai à septembre 1998)).
- Poissons, amphibiens, reptiles, dès le 21.6.1998
- Amphibiens 8.03. - 7.09.2003
- Croco&Co 12.05.2008 - 20.01.2008
- Le clan de la Tortue 04.07.2009 - 18.04.2010
- Vipères 9.2. - 5.01.2014

Il organisait aussi des colloques herpétologiques à Fribourg, le premier samedi du mois de décembre ... à la Saint-Nicolas ! Il s'est aussi investi pour le comité de pilotage pour la réintroduction de la cistude. Il conduisait régulièrement des excursions avec Pro Natura, la Société des Amis du Musée, ou encore le Club Alpin. Lors de ces excursions, c'était impressionnant : comme le mycologue qui d'un coup d'œil repère la morille dans des tas de feuilles, il repérait, en un instant, dans un tas de bois, ou dans un pierrier, la queue d'une vipère. Il la déterminait et aussitôt, il indiquait son âge et son sexe. Pour les besoins des démonstrations, tout d'un coup on le voyait courir, plonger au milieu d'un pâturage pour saisir un serpent et ensuite le montrer aux participants ... ce qui lui a valu d'ailleurs quelques morsures.

Chaque printemps, Jean-Claude, en collaboration avec le bureau de la protection de la nature du canton de Fribourg, organisait la pose de barrières aux bords des routes que traversent les batraciens pour aller frayer. Il vérifiait les déterminations et tenait un inventaire des sites d'importance cantonale et nationale pour leur reproduction.

Jean-Claude était d'abord un scientifique comme en atteste sa bibliographie. Il était aussi appelé pour des expertises, entre autres, dans les Préalpes fribourgeoises où il piquait des rognons monumentales concernant ces pierriers qui étaient détruits par les bulldozers pour la construction de routes de montagne ; il s'énervait à juste titre. Botaniste hors pair, il connaissait admirablement bien la flore du canton.

C'était aussi un bon sportif : il faisait du vélo, il courait fréquemment, il avait participé à plusieurs marathons et avait couru d'ailleurs le dernier « Morat-Fribourg », au début octobre 2012. Il était membre actif du Club athlétique de Belfaux.

Discret et serviable, il était toujours prêt à donner des coups de mains ici ou là; comme au Papillorama, où il déplaçait l'anaconda. Il lui mettait un petit mouchoir sur la tête et, sans crainte, le prenait sous son bras.

La passion de Jean-Claude pour les reptiles l'a amené à parcourir l'Europe avec son fourgon VW. Il a sillonné l'Italie, le Monténégro, la Grèce et s'est rendu en Namibie avec quelques amis herpétologues.

Avec Jean-Claude, il y avait d'interminables discussions : pourquoi est-ce qu'il n'y a plus de vipère dans la région de la Valsainte, pourquoi il n'y a pas de vipère en Irlande. Pourquoi, comment, et par qui est morte Cléopâtre, et ainsi de suite. C'était aussi l'occasion de rire, je le vois encore se frotter les mains quand il était content. « Jean-Claude tu nous manques » !

A son épouse Angèle, à ses trois fils et à sa famille va toute notre sympathie.

### Bibliographie de Jean-Claude Monney

(25.07.1958 – † 29.12.2012)

MONNEY JEAN-CLAUDE : Menaces sur la vipère aspic : à Neirivue, étude d'un reptile mésestimé, La Gruyère. – Bulle, 1987

MONNEY JEAN-CLAUDE : Le problème de compétition interspécifique entre *Vipera berus* et *Vipera aspis*, 1987

MONNEY JEAN-CLAUDE : Eco-ethologie d'une population de vipères (*Vipera aspis* L.) dans les Préalpes fribourgeoises. Travail de licence, Neuchâtel, 1988

MONNEY JEAN-CLAUDE : Habitat, morphométrie et cycles annuels d'activité de la vipère aspic, *Viperia aspis* (L.), dans une station de l'Intyamon (Préalpes fribourgeoises), Bulletin de la Société fribourgeoise des sciences naturelles, 1990

MONNEY JEAN-CLAUDE : Régime alimentaire de *Vipera aspis* L. (*Ophidia*, *Viperidae*) dans les Préalpes fribourgeoises (Ouest de la Suisse), Bulletin de la Société herpétologique de France [S.1.] : [s.n.], 1990

MONNEY JEAN-CLAUDE : Régime alimentaire de *Vipera aspis* L. (*Ophidia*, *Viperidae*) dans les Préalpes fribourgeoises (Ouest de la Suisse), Bulletin de la Société herpétologique de France, 1990

MONNEY JEAN-CLAUDE : Les reptiles du canton de Fribourg, MHNF, 1991

MONNEY JEAN-CLAUDE : Impact des activités humaines sur l'habitat des vipères (*Vipera aspis* L., *Ophidia*, *Viperidae*) dans l'Intyamon (Préalpes fribourgeoises), Revue Suisse Zool., 1991

MONNEY JEAN-CLAUDE : Bemerkungen zur Biologie des Aspispiper (*Vipera aspis*) in einem Gebiet gemeinsamen Vorkommens im Berner Oberland, In: HOFER U.: Die Reptilien des Kantons Bern. Mitt. Naturf. Ges. Bern NF – 1991

MONNEY JEAN-CLAUDE : Note sur l'utilisation de l'habitat et les déplacements chez la vipère aspic, *Vipera aspis* (L.), dans une station de l'Intyamon, Bulletin de la Société fribourgeoise des sciences naturelles, 1992

MONNEY JEAN-CLAUDE : Péliade des tourbières, Rev. Ligue Suisse Protect. Nat. / 1992

SCHNEGG FRÉDÉRIC : Les vieux murs, un patrimoine en péril / [FRÉDÉRIC SCHNEGG, PASCAL STUCKI et JEAN-CLAUDE MONNEY] Le Gouvernail. - Saint-Blaise, 1993

JACQUAT MARCEL S. : Les reptiles / MARCEL S. JACQUAT. Suivi de Nos vipères aspic et péliade, La Chaux-de-Fonds : Ed. de la Girafe, Musée d'histoire naturelle, 1993

MONNEY JEAN-CLAUDE : Predation of lizards and frogs by adult vipers, *Vipera aspis*, in the Bernese Prealpine region (West Switzerland). Amphibia-Reptilia, 1993, 14, 93-95

MONNEY JEAN-CLAUDE : Comparaison des cycles annuels d'activité de *Vipera aspis* et *Vipera berus* (*Ophidia*, *Viperidae*) dans une station des Préalpes bernoises (ouest de la Suisse), Bulletin de la Société Herpétologique de France, 1994

MONNEY JEAN-CLAUDE : Note sur la reproduction et la taille des nouveaux-nés chez la vipère aspic (*Vipera aspis*) et la vipère péliade (*Vipera berus*) dans l'Oberland Bernois, Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences naturelles, 1994 (1995)

- MONNEY JEAN-CLAUDE : Notes sur la biologie de *Vipera aspis* L. et de *Vipera berus* L. en zone alpine. Rev. Valdôtaine d'Histoire Naturelle, 1994
- MONNEY JEAN-CLAUDE : Note sur la reproduction et la taille de *Vipera aspis* et *Vipera berus* en montage (abstracts). Revue Suisse Zool., 1994
- MONNEY JEAN-CLAUDE : Couleuvres : texte de l'exposition temporaire consacrée aux couleuvres et réalisée dans le cadre de l'Année européenne de la conservation de la nature : Musée d'histoire naturelle, Fribourg, 2 juin - 17 septembre 1995 / Fribourg : Musée d'histoire naturelle, [1995]
- MONNEY JEAN-CLAUDE : Nattern : Texte zur Sonderausstellung Nattern : eine Ausstellung im Rahmen des europäischen Naturschutzjahres (ENSJ Europarat), [Naturhistorisches Museum Freiburg], 2. Juni - 17. September 1995 / Freiburg [Schw.] : Naturhistorisches Museum, [1995]
- MONNEY JEAN-CLAUDE : Comparaison du régime alimentaire de *Vipera aspis* et *Vipera berus* dans l'Oberland Bernois, Bulletin de la Société fribourgeoise des sciences naturelles, 1995
- MONNEY JEAN-CLAUDE, LUISELLI L., CAPULA M. : Notes on the natural history of the Smooth Snake (*Coronella austriaca*) in the Swiss Alps. British. herpet.Soc.bull., 1995
- MONNEY JEAN-CLAUDE, LUISELLI L., CAPULA M. : Correlates of melanism in a population of adders (*Vipera berus*) from the Swiss Alps and comparisons with other alpine populations., Amphibia-Reptilia, 1995, 16, 323-330
- MONNEY JEAN-CLAUDE : Biologie comparée de *Vipera aspis* L. et de *Vipera berus* L. (Reptilia, Ophidia, Viperidae) dans une station des Préalpes bernoises, Neuchâtel: [s.n.], 1996 (thèse de doctorat, non publié)
- MONNEY JEAN-CLAUDE : Taille et mélanisme chez *Vipera aspis* dans les Préalpes suisses et en Italie centrale et comparaison avec différentes populations alpines de *Vipera berus*, Revue Suisse Zool., 1996
- AEBISCHER A., CLÉMENT B., MONNEY J.-CL. : Amphibienwanderung und Strassenverkehr an den Etangs d'Echarlens. Bericht. Fribourg : Kant. Fachstelle für Natur- und Landschaftsschutz, 1996
- AEBISCHER A., CLÉMENT B., MONNEY J.-CL. : Amphibienwanderung und Strassenverkehr am Rohrmoos (Gemeinde Plaffeien). Bericht. Fribourg : Kant. Fachstelle für Natur- und Landschaftsschutz, 1996
- AEBISCHER A., CLÉMENT B., MONNEY J.-CL. : Amphibienwanderung und Strassenverkehr 1996. Rettungsaktionen, neue Konfliktstellen, Massnahmen. Fribourg : Kant. Fachstelle für Natur- und Landschaftsschutz, 1996
- AEBISCHER A., CLÉMENT B., MONNEY J.-CL. : Protection des batraciens sur la route cantonale entre Enney et Villars-sous-Mont. Rapport. Fribourg: Bureau cant. Pour la protection de la nature et du paysage, 1996
- MONNEY JEAN-CLAUDE : Couleuvres : textes de l'exposition temporaire du Musée d'histoire naturelle de Fribourg, présentée au Musée d'histoire naturelle de La Chaux-de-Fonds, du 14 mai au 13 septembre 1998 / [préf. MARCEL S. JACQUAT] La Chaux-de-Fonds : Ed. de la Girafe Musée d'histoire naturelle, 1998
- AEBISCHER A., CLÉMENT B., MONNEY J.-CL. : Protection des batraciens sur la route cantonale entre Echarlens et Corbières. Rapport 1998, Fribourg: Bureau cantonal pour la protection de la nature et du paysage
- AEBISCHER A., CLÉMENT B., MONNEY J.-CL. : Protection des batraciens dans le village de Villariaz. Rapport 1998, Fribourg: Bureau cantonal pour la protection de la nature et du paysage
- JACQUAT MARCEL S. : Les reptiles / MARCEL S. JACQUAT. Les reptiles du canton du Jura / ANDRÉ SCHAFFTER. Nos vipères aspic et péliade, La Chaux-de-Fonds : Ed. de la Girafe Musée d'histoire naturelle, 1999
- AEBISCHER A., CLÉMENT B., MONNEY J.-CL. : Amphibienschutzzäune 1998. Resultate der Rettungsaktionen in Courlevon, Düdingen, Ferpicloz, Le Mouret/Praroman, Rohrmoos, Plaffeien, Lehwil, St. Antoni, Fribourg: Kant. Fachstelle für Natur- und Landschaftsschutz
- AEBISCHER A., CLÉMENT B., MONNEY J.-CL. : Amphibienschutzzäune 1999. Resultate der Rettungsaktionen in Courlevon, Düdingen, Echarlens, Ferpicloz, Le Mouret/ESSERT, Rohrmoos, Plaffeien, Villariaz, Fribourg : Kant. Fachstelle für Natur- und Landschaftsschutz



MONNEY JEAN-CLAUDE : Nos vipères aspic et péliade. In : Brochure du Musée d'histoire naturelle de La Chaux-de-Fonds, publiée dans le cadre de l'exposition temporaire. du 8 mai au 31 octobre 1999. La Chaux-de-Fonds : Musée d'histoire naturelle, 1999

SCHAFFER A., MONNEY J.-CL. : Revitalisation d'un habitat à reptiles à Bellefontaine sur la commune de Ocourt (JU). Les Genevez, 1999

HOFER U., ZUMBACH S., MONNEY J.-CL. : Amphibien und Reptilien in der Schweiz : Gefährdung und Schutz. In: SCHLUMPF M., LICHTENSTEIGER W. Hormonaktive Chemikalien, Bern: Verlag Hans Huber

MONNEY JEAN-CLAUDE, DUŠEJ GORAN, HOFER ULRICH mit Beitr. von ANTOINE GUISAN ... [et al.] : Die Reptilien der Schweiz : Verbreitung, Lebensräume, Schutz = Les reptiles de Suisse : répartition, habitats, protection = I rettili della Svizzera : distribuzione, habitat, protezione / Hrsg. KARCH, Centre Suisse de Cartographie de la Faune, Basel ; Boston ; Berlin : Birkhäuser, cop. 2001

MONNEY JEAN-CLAUDE : *Vipera berus*, Die Reptilien der Schweiz. – Birkhäuser, (2001)

SURGET-GROBA Y., HEULIN B., GUILLAUME G.P., THORPE R.S., KUPRIYANOVA L., VOGGRIN N., MASLAK R., MAZZOTTI S., VENCZEL M., GHIRA I., ODIERNA G., LEONTYEVA O., MONNEY J.C. & SMITH N. (2001) : Intraspecific phylogeography of *Lacerta vivipara* and the evolution of viviparity. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **18**, 449-459

MONNEY JEAN-CLAUDE : La salamandre tachetée dans le canton de Fribourg : répartition, biologie et protection = Der Feuersalamander im Kanton Freiburg : Verbreitung, Lebensweise und Schutz; [Musée d'histoire naturelle de Fribourg, Centre de coordination pour la protection des amphibiens et des reptiles de Suisse] Fribourg : Musée d'histoire naturelle, cop. 2002

PERRET C., FALLOT P., MONNEY J.-C. & CLAUDE F. : Inventaire des sites à reptiles de l'arc jurassien de suisse occidentale. In. Mandat de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 2002

MEYER ANDREAS, MONNEY JEAN-CLAUDE & HARTMANN ROMAN : Reptiles en milieu alpin [Ensemble multi-supports] : les reptiles du versant nord des alpes suisses et leurs habitats - Reptilien im Alpenraum: Die Reptilienfauna des Schweizerischen Alpennordhanges und ihre Lebensräume. Berne: KARCH, 2003

URSENBACHER S. & MONNEY J.C. : Résultats de 5 années de suivi d'une population de vipère péliade (*Vipera berus*) dans le jura suisse: Estimation des effectifs et discussion des méthodes d'estimation. Bulletin de la Société Herpétologique de France, **107**, 2003

MONNEY JEAN-CLAUDE : Les reptiles du canton de Fribourg, Bulletin de la Société fribourgeoise des sciences naturelles, 2004

MEYER ANDREAS, MONNEY JEAN-CLAUDE & HARTMANN ROMAN : Reptiles en milieu alpin [Ensemble multi-supports] : les reptiles du versant nord des alpes suisses et leurs habitats – Reptilien im Alpenraum: Die Reptilienfauna des Schweizerischen Alpennordhanges und ihre Lebensräume, Berne: KARCH, 2004

MEYER A. & MONNEY J.-C.: Die Kreuzotter, *Vipera berus* (LINNAEUS, 1758), in der Schweiz. Mertensiella, 2004

MEYER ANDREAS & MONNEY JEAN-CLAUDE : Liste rouge des espèces menacées en Suisse : reptiles Berne : OFEFP : KARCH, 2005

MONNEY JEAN-CLAUDE : Les reptiles du Canton de Fribourg [Image fixe] / photos: JEAN-CLAUDE MONNEY [Bern] : KARCH, [ca 2005]

URSENBACHER S., SASU I., ROSSIE M. & MONNEY J.C. : Are there morphological differences between two genetically differentiated clades in the adder *Vipera berus berus*? *Herpetologica petropolitana* (ed. by N. ANANJEVA and O. TSINENKO), (2005) pp. 102-104.

URSENBACHER S., CONELLI A., GOLAY P., MONNEY J.-CL., ZUFFI M.A.L., THIERY G., DURANT T., FUMAGALLI L. : Phylogeography of the asp viper (*Vipera aspis*) inferred from mitochondrial DNA sequence data: Evidence for multiple Mediterranean refugial areas, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **38**, 2006

MONNEY JEAN-CLAUDE & MEYER A. : Standpunkt der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (Karch) hinsichtlich der Wiederansiedlung der Europäischen Sumpfschildkröte *Emys orbicularis* in der Schweiz, *Testudo*, 17, 2008

MEYER A. & MONNEY J.-C. : Zur Situation der Ringelnatter *Natrix natrix* (LINNAEUS, 1758), in der Schweiz, *Mertensiella*, 2008

GOLAY P., MONNEY J.-C., CONELLI A., DURAND T., THIERY G., ZUFFI M. A. L. & URSENBACHER S. : Systematics of the swiss asp viper : Some implications for the european *vipera aspis* (LINNAEUS 1758) complex (serpentes : *Viperidae*) — a tribute to EUGEN KRAMER, *Amphibia-Reptilia*, **29**, 71-83 (2008)

MEYER A., ZUMBACH S., SCHMIDT B. & MONNEY J.-C.: Les amphibiens et les reptiles de Suisse. Haupt Verlag. Bern, Stuttgart, Wien, 2009

URSENBACHER S., MONNEY J.-C. & FUMAGALLI L. : Limited genetic diversity and high differentiation among the remnant adder (*vipera berus*) populations in the swiss and french jura mountains. *Conservation Genetics*, **10**, (2009)

MAZZA, G., MONNEY J.-C. & URSENBACHER S. : Structural habitat partitioning of *natrix tessellata* and *natrix maura* at Lake Geneva, Switzerland. *Mertensiella band 18: Die Würfelnatter* (ed. by K. MEBERT and U. JOGER), pp. 80-85. Reinach, DE. DGHT, (2011)

01.03.2013

# Nachrufe im Bulletin der FNG Nécrologie publiées dans le Bulletin de la SFSN

(Par ordre alphabétique des auteurs)

Nom - Titre	Auteur(s)	Volume/année	Page(s)
Dr <b>Maurice Musy</b> (1853-1927)	Bays, S.	29, (1929)	250-263
Le Professeur <b>Michel Plancherel</b>	Bays, S.	57(3), (1968)	233-234
Nachruf auf Prof. <b>Heinrich Kleisli</b> (1930–2011)	Berrut, J.-P.	100, (2010)	152f
<b>René Thomas-Mamert</b> (1866-1902)	Bistrzycki, A.	11, (1903)	51-57
<b>Alfred Ursprung</b>	Blum, G.:	41, (1952)	195-207
<b>Hermann Gamma</b>	Blum, G.:	44, (1955)	302-303
<b>Ignace Musy</b> , pharmacien à Fribourg	Bourgknecht, A.	28, (1927)	206-208
<b>Louis Gobet</b> (1869-1907)	Brunhes, J., et Musy, M.	15, (1907)	103-108
<b>J. B. Thurler</b> , docteur en medecine (1823-1880)	Buman, M.	1, (1880)	I-XI
In Mémoiriam Prof. <b>Giuseppe Conti</b> (1918–2011)	Celio, M.	100, (2010)	169f
<b>Antonin Berset</b> , professeur (1863-1910)	Chardonnens, A	18, (1910)	92-96
<b>Albert Burdel</b>	Chardonnens, L.	38, (1948)	114
Le Professeur <b>Henri de Diesbach</b>	Chardonnens, L.	59(2) (1970)	104-106
R.: <b>Jean Tercier</b>	Chardonnens, L. et Truempy, R.	50, (1961)	287-295
<b>Conrad Keller</b> , l'homme et l'œuvre	Collaud, J.	30, (1931)	140-146
<b>M. Laurent Fragnière</b> (1843-1926)	Corpautaux, G.	28, (1927)	238-240
Dr <b>Alexis Pégaitaz</b> (1842-1907)	Cuony, X.:	15, (1907)	109-115
<b>M. Hyppolite Cuony</b> (1838-1904)	Cuony, X. et Musy, M.	13, (1905)	73-76
<b>Paul Joye</b>	Diesbach, H. de	45, (1956)	239-241
<b>Louis Wantz</b> , membre du Comite de la SFSN	Dubas, J.	81, (1992)	26
Nachruf auf <b>Friedrich Zschokke</b>	Erhard, H.	33, (1937)	153-162
Professor <b>Walter Graffunder</b> in memoriam	Faller, A.	43, (1954)	321-323
Honoraryprofessor <b>Friedrich Dessauer</b>	Faller, A.	52, (1963).	126-131
<b>Joseph Kälin</b>	Faller, A.	54, (1966)	198-208
<b>Ladislaus Laszt</b> 1908-1981 in memoriam	Faller, A.	71(1/2), (1982)	78-90
Centenaire de la mort de <b>J. L. R. Agassiz</b> (1807-1873)	Fasel, A.	63(1), (1974)	39
Monsieur <b>Hans Pochon</b> (1900-1977)	Fasel, A.	66(2), (1977)	101-103
Nachruf auf Prof. <b>Gerolf Lampel</b>	Herger, P., Bur, M., Zurwerra, A., Hefti, D., Jörg, E. und Wyss, Ch.	97/98, (2008/09)	133ff
Nachruf auf Prof. <b>Helmut Schneider</b> (1919–2011)	Hoegger, B.	100, (2010)	149ff
Sur la tombe d'un ami: M. <b>John Briquet</b> botaniste	Jaquet, F.	31, (1933)	84-95
<b>Edmond Brasey</b>	Joye, P.	41, (1952)	192-194
<b>Louis Chardonnens</b>	KIPA	65(2), (1976)	121-122

<b>Othmar Büchi</b>	Klaus, J	55, (1966)	26-31
<b>Jean-Jacques Goël</b>	Kleisli, H., et Antilli, A	67(1), (1978)	44
<b>Charles Dhéré</b>	Laszt, L.	44, (1955)	304-313
<b>Aloys Müller</b>	Liard, J. F.	69(1), (1980)	62-63
Nachruf auf Professor <b>Erwin Nickel</b>	Maggetti, M.	95, (2006)	77
Professor <b>Gebhard Blum</b> (1888-1972)	Meier, H.	61(1), (1972)	63-64
<b>Michel Yerly</b> , docteur es sciences naturelles	Meier, H.	70(1/2), (1981)	32-33
<b>Nicolas d'Ovsiannikoff-Cuony</b> (1863-1921)	Musy, I:	26, (1923)	91-94
M. le Chanoine <b>R. Horner</b> (1842-1904)	Musy, M.	12, (1904)	98-102
<b>M. Martin Strebel</b> (1827-1904)	Musy, M.	12, (1904)	103-107
Centenaire de la naissance de <b>L. Agassiz</b>	Musy, M.	15, (1907)	70-79
<b>Amédée Gremaud</b> , ingénieur cantonal, Fribourg	Musy, M.	20, (1912)	87-92
<b>François-Alphonse Castella</b> , rév. curé-doyen de Romont (1850-1913)	Musy, M.	21, (1913)	83-90
Le Dr <b>Xavier Cuony</b> (1841-1915)	Musy, M.	22, (1914)	66-71
<b>Emile-Hilaire Amagat</b>	Musy, M	22, (1914)	72-75
Le Dr <b>Paul Repond</b> (1856-1919)	Musy, M	24, (1918)	224-228
Professor <b>Leonhard Weber</b>	Nickel, E.	57(3), (1968)	234-237
Le Professeur <b>Séverin Bays</b> (1885-1972)	Piccard, S.	62(2), (1973)	86-95
L'œuvre du physicien valaisan <b>W. Ritz</b>	Plancherel, M.	24, (1918)	144-145
Professor Dr. <b>Albert Gockel</b> (1860-1927)	Reichensberger, A.	28, (1927)	227-234
L'activité scientifique du Dr <b>Firmin Jaquet</b> , botaniste	Savoy, H.	31, (1933)	196-213
Le Dr <b>Joseph Aebischer</b>	Savoy, H.	36, (1943)	160-166
<b>Maximilien Westermaier</b> (1852-1903)	Savoy, H. et Ursprung, A.	11, (1903)	58-69
Nachruf auf Prof. <b>Otto Huber</b>	Schaller, L. und Völkle, H.	97/98, (2008/09)	138ff
In Mémoire Dr. <b>Panayotis Petropoulos</b> (1938–2011)	Spiegel, M., Hahnloser, P., Nicoulin, M. et «La Liberté»	100, (2010)	171ff
A propos du décès d'un de nos membres d'honneur: <b>Adolf Faller</b> , un idéaliste obstiné	Sprumont, P.	78, (1989)	51
In Mémoire Prof. <b>Jean-Pierre Berger</b> (1955–2012)	Strasser, A. et al.	100, (2010)	154ff
<b>Raymond de Girard</b> (1862-1944)	Tercier, J.	37, (1945)	125-131
<b>Paul Girardin</b>	Tercier, J.	40, (1951)	191-193
<b>Henri Baumhauer</b> (1848-1926)	Tercier, J. et Weber, L.	28, (1927)	209-227
Nachruf auf Prof. <b>Joachim Wattendorff</b>	Völkle, H.	97/98, (2008/09)	143f
<b>Marcel von der Weid</b>	Von der Weid, F.	39, (1950)	63-64
Mgr <b>Hubert Savoy</b>	Weber, L.	40, (1951).	194-196
In Memoriam Dr. Dr. h.c. <b>Adolphe Merkle</b> (1924–2012)	Weder, Ch. Adolphe Merkle Institute (AMI)	100, (2010)	166ff