



HAL
open science

Centre de recherches pétrographiques et géochimiques : rapport annuel 1989-1992

- Centre de Recherches Pétrographiques Et Géochimiques

► **To cite this version:**

- Centre de Recherches Pétrographiques Et Géochimiques. Centre de recherches pétrographiques et géochimiques : rapport annuel 1989-1992. [Rapport de recherche] CNRS. 1992, 204 p. hal-01358121

HAL Id: hal-01358121

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-01358121>

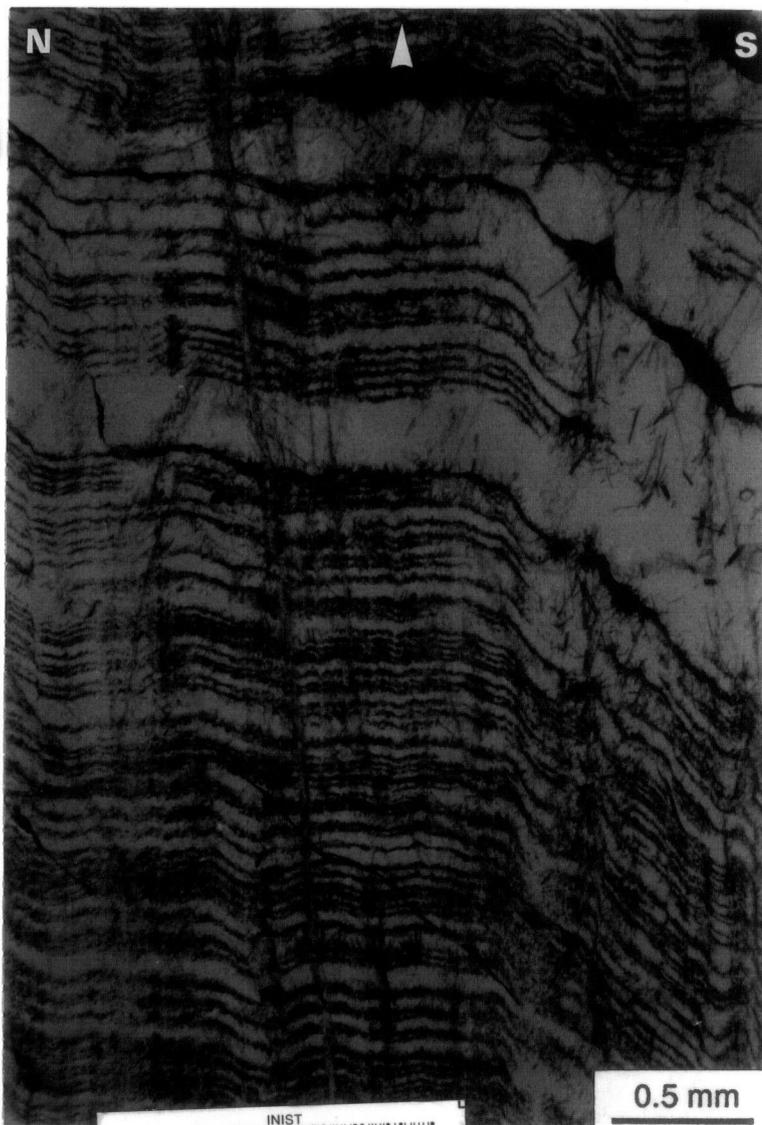
Submitted on 31 Aug 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques

Rapport d'activité 1989-1992



G 128 199

Légendes des photographies:

Page 1 de couverture: Microphotographie en lumière polarisée d'une lame épaisse taillée dans une veine aurifère à quartz et tourmaline de la mine Sigma (Val d'Or, Abitibi, Québec). Empilement représentant la succession d'incréments d'ouverture et de cicatrisation ("crack-seal"). Ces structures sont interprétées comme traceurs des épisodes intersismiques dans un système à très forte pression fluide (extension verticale, donc pression fluide supralithostatique). Les microfractures se propagent lentement (propagation sous-critique) à l'interface veine-éponge, reproduisant très exactement la géométrie de cette dernière (Boullier & Robert 1992).

Page 4 de couverture, en haut: Gneiss du Sapey, socle (?) de la Zone Houillère briançonnaise, dans la région du glacier de Pécllet (Val Thorens, Savoie). Orthogneiss ocellés et aplite déformés lors d'un cisaillement anté-alpin (photo J. Macaudière 1993).

Page 4 de couverture, en bas: Association symplectique à feldspath alcalin, inclusions vitreuses (noir), biotite (vert-brun), muscovite (bleu) et andalousite (cristaux gris à fort relief) dans un monzogranite à cordiérite du "Groupe Crucero" (âge $40\text{Ar}/39\text{Ar} = 24,1 \pm 0,7 \text{ Ma}$). Région de Macusani-Puno, SE Pérou. Lumière polarisée (x400). Photographie A. Cheilletz.

Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques



(A)

TOAE

GLD

ØE

ØI

Rapport d'activité Période 1989 - 1992

Dossier de Renouvellement

C.R.P.G. , 15 rue Notre Dame des Pauvres,
BP 20, 54501 Vandoeuvre-lès-Nancy, France

Centre National de la Recherche Scientifique
Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques

Rapport d'activité 1989-1992 - Dossier de Renouvellement

Sommaire

Avant-propos, Bilans et Perspectives	2
Liste du personnel du C.R.P.G.	5
Organigramme du Centre	8
Mouvements de personnel	9
Formation Permanente	12
Liste des Publications Majeures du Centre et Brevets	15
Rapports des Services et Equipes et fiches individuelles des Chercheurs	21
Service d'Analyse des Roches et Minéraux	21
Equipe Caractérisation des Matériaux, Bases de Données	29
Equipe Déformation et Métamorphisme	39
Equipe Géo chimie des Gaz et Applications	59
Equipe Géo chimie Isotopique	73
Equipe Informatique Géologique et Modélisation, L.I.A.D.	93
Equipe Minéralogie Pétrologie Expérimentales	109
Equipe Transfert et Concentration des Métaux dans la Croûte	127
Liste des Publications du Centre	137
Publications (A, B et C)	139
Communications à des Congrès	156
Thèses	178
Brevets	181
Demandes de Rattachement	183
Jeune Equipe DRED "Magmas et Métaux"	185
Daniel Ohnenstetter	193
Maryse Ohnenstetter	201

Avant propos

Bilans et perspectives

Le CRPG offre une grande diversité d'approches et de thèmes qui font sa richesse et son efficacité, comme en témoigne le bilan de son activité dans la période de référence (1989-1992), telle qu'elle ressort par exemple du tableau synoptique des publications (tableau 1), ou de la liste des références majeures produites par le laboratoire (page 15):

- diversité des approches: observation et mesure à toutes échelles, du terrain aux microstructures, analyses chimiques et géochimiques, expérimentation, modélisation.

- diversité des thèmes: érosion continentale, cycles de l'eau, du bore et des gaz rares, fluides et déformation, fluides minéralisateurs, métallogénie, équilibres fluides-minéraux, transferts de chaleur et de masse, solubilité des volatils dans les magmas, relations de phase dans les magmas (système CMAS-Fe ou -Cr), caractérisation minéralogique et microtexturale des phases, caractérisation des magmas et pétrologie structurale, migmatites, géochronologie et tectogenèse, paléométallurgie, analyse d'images, modélisation géométrique des interfaces géologiques...

Cette situation entraîne de constantes confrontations d'idées et des collaborations internes (voir figure 1) et se traduit par l'existence de grandes thématiques transversales aux équipes (interactions fluides-roches, origine et dynamique des magmas, composition du manteau supérieur, croissance crustale, par exemple).

Un autre atout du CRPG est son grand potentiel en instrumentation de pointe (sonde ionique, spectromètre Finnigan, ICP-MS), en logiciels performants (GOCAD, analyse d'image), renforcé par son implantation au sein de l'Institut Lorrain des Géosciences qui lui donne accès à d'autres instruments et à d'autres collaborations (existence d'une équipe intercentre, accords avec la JE DRED).

Rappelons aussi l'action nationale et internationale du Service d'Analyse des Roches et Minéraux du CNRS dans le domaine de l'analyse des roches et des géostandards. Le Centre a également un rôle actif dans le domaine de la diffusion des résultats scientifiques (Geostandards Newsletter, Informatique Géologique) et de l'organisation de conférences internationales (SEDBA, congrès OTAN "Feldspars", GOCAD meetings, Ecole de Géomathématiques et de Géostatistiques).

Durant cette période 1989-1992, le Centre a eu à surmonter les perturbations liées aux départs de plusieurs chercheurs, dont beaucoup étaient animateurs d'équipe, et de personnel ITA. Les arrivées de nouveaux chercheurs confirmés ont commencé à compenser ces départs et permettent de développer de nouveaux thèmes de recherche. L'implantation de l'IMS 1270 et de l'ICP-MS ouvre aussi de grandes perspectives. Cependant, il est certain que le Centre devra faire des efforts en vue du recrutement de jeunes chercheurs, d'une part, et l'accueil de nouveaux doctorants, d'autre part. Il devra aussi s'impliquer davantage dans les programmes européens.

Sans renoncer à la diversité de ses approches et de ses thèmes, le Centre envisage de mettre l'accent sur trois axes de développement:

- développer la modélisation, renforcer l'expérimentation.

- utiliser au mieux toutes les capacités de mesure en favorisant les coopérations interéquipes. De nombreux thèmes de recherche s'articuleront ainsi autour de l'utilisation de l'IMS 1270, attendue par toute la communauté scientifique Nancéienne et Française.

- ouvrir sur des problématiques plus appliquées dans les domaines de l'environnement, des changements globaux (les aérosols par exemple), des risques naturels et des matériaux. Un G.D.R. "Analyse et Inertage des Déchets Ultimes" a été créé cette année et regroupe le C.R.P.G. (équipe Minéralogie Pétrologie Expérimentales), le L.E.M. (Laboratoire Environnement et Minéralurgie), le Laboratoire Central d'Analyses du C.N.R.S. (Lyon), la société S.I.T.A. et auquel participe la "Jeune Equipe "DRED de Nancy I.

Néanmoins, le Centre gardera son orientation de recherche fondamentale sur les grands thèmes suivants, qui restent dans une grande mesure transversaux aux équipes et qui sont détaillés dans les projets de ces dernières:

- interactions fluides/roches et magmas/déformation,
- bilan de masse et d'énergie,
- mesure du temps,
- origine et dynamique des magmas, microstructures,
- composition et évolution du manteau supérieur et cosmochimie.

Des contacts ont été pris avec plusieurs personnes pour remplacer W.L.Brown à la direction du C.R.P.G. Aucune solution ferme et définitive ne peut être proposée au CNRS pour l'instant.

Tableau 1 . Tableau synoptique des publications C.R.P.G. 1989-1992

	1989	1990	1991	1992	Total
Rang A					
internationales	24	20	11	34	89
françaises	7	3	6	11	27
total A	31	23	17	45	116
Rang B et Livres	29	20	33	11	93
Rang C	4	4	3	3	12
Total A+B+C	64	47	53	59	
Résumés	69	79	67	83	298

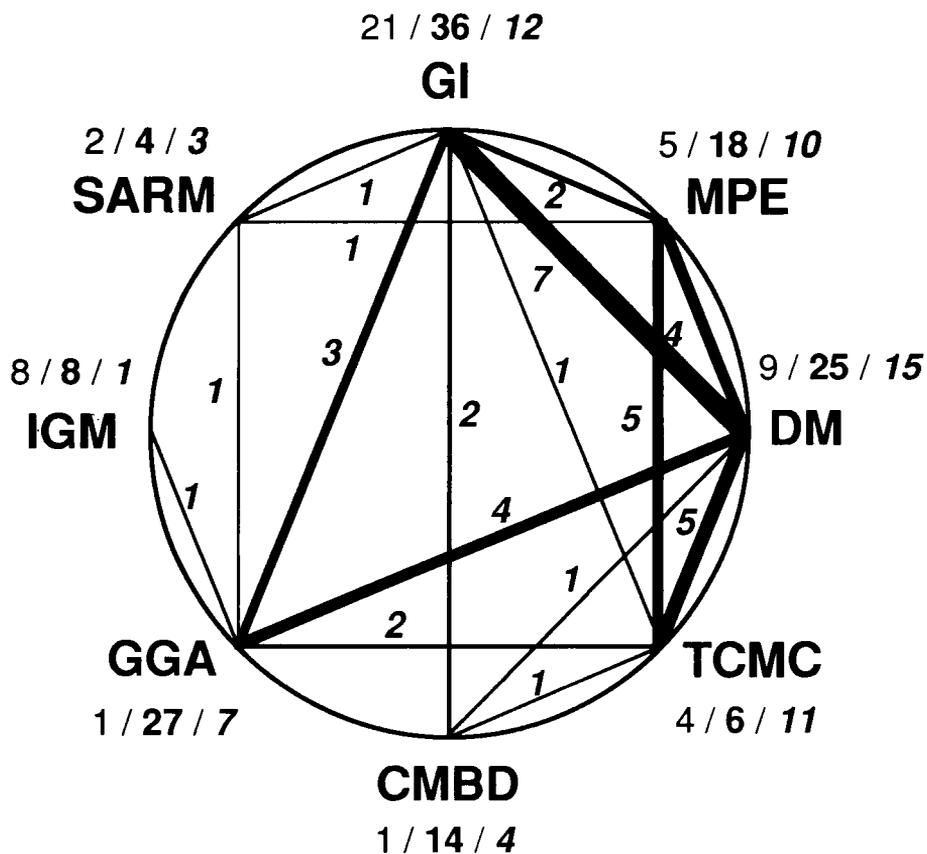
Commentaire

Le tableau récapitulatif montre une moyenne annuelle de publications, pour l'ensemble des chercheurs du CRPG, de 29 A et 23 B. Cependant, le taux moyen de publications par chercheur et par an est difficilement appréhendable sur un tel récapitulatif, d'autant qu'un certain nombre de publications ont été réalisées par des chercheurs qui ont maintenant quitté le Centre. L'effet de leur départ n'est donc pas encore réellement tangible.

Plus significative de l'activité réelle des chercheurs présents actuellement dans le Centre, est la moyenne de publication par chercheur et par an, donnée par équipe (se reporter au bilan par équipe).

C.R.P.G.

PERIODE 1989-1992



11: Articles intra-équipes

27: Articles 1 équipe + extérieur(s) au CRPG

7: Articles inter-équipes CRPG ± extérieur(s)

SARM Service d'Analyse des Roches et Minéraux

CMBD Caractérisation des Matériaux, Bases de Données

DM Déformation et Métamorphisme

GGA Géochimie des Gaz et ses Applications

GI Géochimie Isotopique

IGM Informatique Géologique et Modélisation

MPE Minéralogie et Pétrologie Expérimentales

TCMC Transfert et Concentration des Métaux dans la Croûte

Figure 1 : Diagramme montrant les publications réalisées en collaboration entre les équipes du CRPG. L'épaisseur des traits est proportionnelle au nombre de publications inter-équipes dont la somme est supérieure au chiffre reporté pour chaque équipe car certaines publications sont triangulaires.

ORGANIGRAMME DU CENTRE DE RECHERCHES PETROGRAPHIQUES ET GEOCHIMIQUES

Service d'Analyse des Roches et Minéraux

Laboratoire de Chimie	Laboratoire de Spectrochimie et de Géostandards
M. VERNET IR 1	K. GOVINDARAJU IR 0
L. MARIN IE 2	G. MEVELLE IE 1
J. LHOMME T 1	J. MOREL IE 2
S. BOULMIER T 1	P. HILD AI
F. DREUX T 3	N. LHOMEL AI
Laboratoire de Diffractométrie X	C. GAUDE T 3
F. LHOTE IE 1	C. BLANCHARD AJT 2
J.P. URIOT IE 2	M.T. NOEL AJT 2
	C. RAIGUE AJT 2

Equipe Caractérisation des Matériaux, Bases de Données

Permanents

A. PLOQUIN	CR1	animateur.
M. ARNOLD	CR1	

ITA

G. DREUX	IE 2	Retraite 01/09/93
E. BOYMOND	T2	

Equipe Déformation et Métamorphisme

Chercheurs permanents:

BERTRAND	Jean-Michel	DR2
BOULLIER	Anne-Marie	DR2
DESMONS	Jacqueline	CR1
LETERRIER	Jacques	CR1

Enseignants-chercheurs permanents:

MACAUDIERE	Jean	Pr
GASQUET	Dominique	MC

I.T.A.:

CHAMPENOIS	Michel	IE 2
------------	--------	------

Equipe Géochimie des Gaz et ses Applications

Chercheurs permanents

ZIMMERMANN	Jean-Louis	CR 1
------------	------------	------

Enseignants-Chercheurs permanents

CHAROY	Bernard	MC
CHEILLETZ	Alain	MC

Chercheurs associés

GIULIANI	Gaston	Chercheur ORSTOM
----------	--------	------------------

I.T.A.

GUYETAND	Gilbert	IE 2 (décédé le 23.12.1992)
----------	---------	-----------------------------

remplacement accepté par le C.N.R.S. : poste I.E., BAP VII, recrutement externe en cours

Equipe Géochimie Isotopique*Chercheurs permanents :*

ALIBERT	Chantal	CR1	Départ le 28-02-93
CHAUSSIDON	Marc	CR1	
DELOULE	Etienne	CR1	
FRANCE-LANORD	Christian	CR1	
REISBERG	Laurie	CR1	
SAUPE	Francis	CR1	

Enseignant-chercheur

MARTY	Bernard	Prof. ENSG
-------	---------	------------

Enseignants-chercheurs associés

CHALOT-PRAT	Françoise	MC (Jeune équipe DRED, Nancy I)
DERRY	Louis	Harvard University, postdoc 1991-92

ITA-CNRS

ALLE	Paul	IR2	mi-temps depuis 1992
COGET	Pierre	AI	
DAUTEL	Danièle	AI	
DEMANGE	Jean Claude	IE2	
JACQUIER	Bertrand	T1	
MANGIN	Denis	T3	

ATOS-ENSG

JAEGY	Robert	T2
-------	--------	----

Equipe Informatique Géologique et Modélisation, L.I.A.D. (Laboratoire Informatique et Analyse des Données)*Enseignants-chercheurs permanents*

MALLET	Jean-Laurent	PR (ENSG, CRIN)
--------	--------------	-----------------

Enseignants-chercheurs associés

BOUCHET	Pierre	MC (CRIN)
FAY	Christine	MC (ENSG)

ITA

ROYER	Jean-Jacques	IR1
JACQUEMIN	Pierre	IR2
LE CARLIER	Christian	IR2
ALLE	Paul	IR2 (rattaché à temps partiel depuis le 1/1/93)

Equipe Minéralogie Pétrologie Expérimentale*Chercheurs permanents*

BROWN	William	DR
-------	---------	----

Enseignants-chercheurs permanents

WEISBROD	Alain	PR
----------	-------	----

Enseignants-chercheurs associés (JE-DRED Nancy I)

BARBEY	Pierre	PR
LIBOUREL	Guy	MC

ITA

ROUILLIER	Alain	IE 2
-----------	-------	------

Equipe Transfert et Concentration des Métaux dans la Croûte*Chercheurs permanents*

BOIRON	Marie-Christine	CR	(CREGU)
CATHELINEAU	Michel	CR	(CREGU)
CUNEY	Michel	DR	(CREGU)
DUBESSY	Jean	DR	(CREGU)
STUSSI	Jean-Marc	CR	(CRPG)

Enseignants-chercheurs permanents

MARIGNAC	Christian	MC (CRPG)
----------	-----------	------	-------

Secrétariat, Comptabilité, Bibliothèque

FRAPIER	Laurence	AJT 2	Secrétariat	
GERBAUT	Janine	T1	Administration	Retraite 01/09/93
JEANNOT	Annie	T3	Bibliothèque	
LEHMANN	Chantal	AI	Administration	
NOEL	Martine	AI	Comptabilité	
PAGEL	Suzanne	T3	Comptabilité	

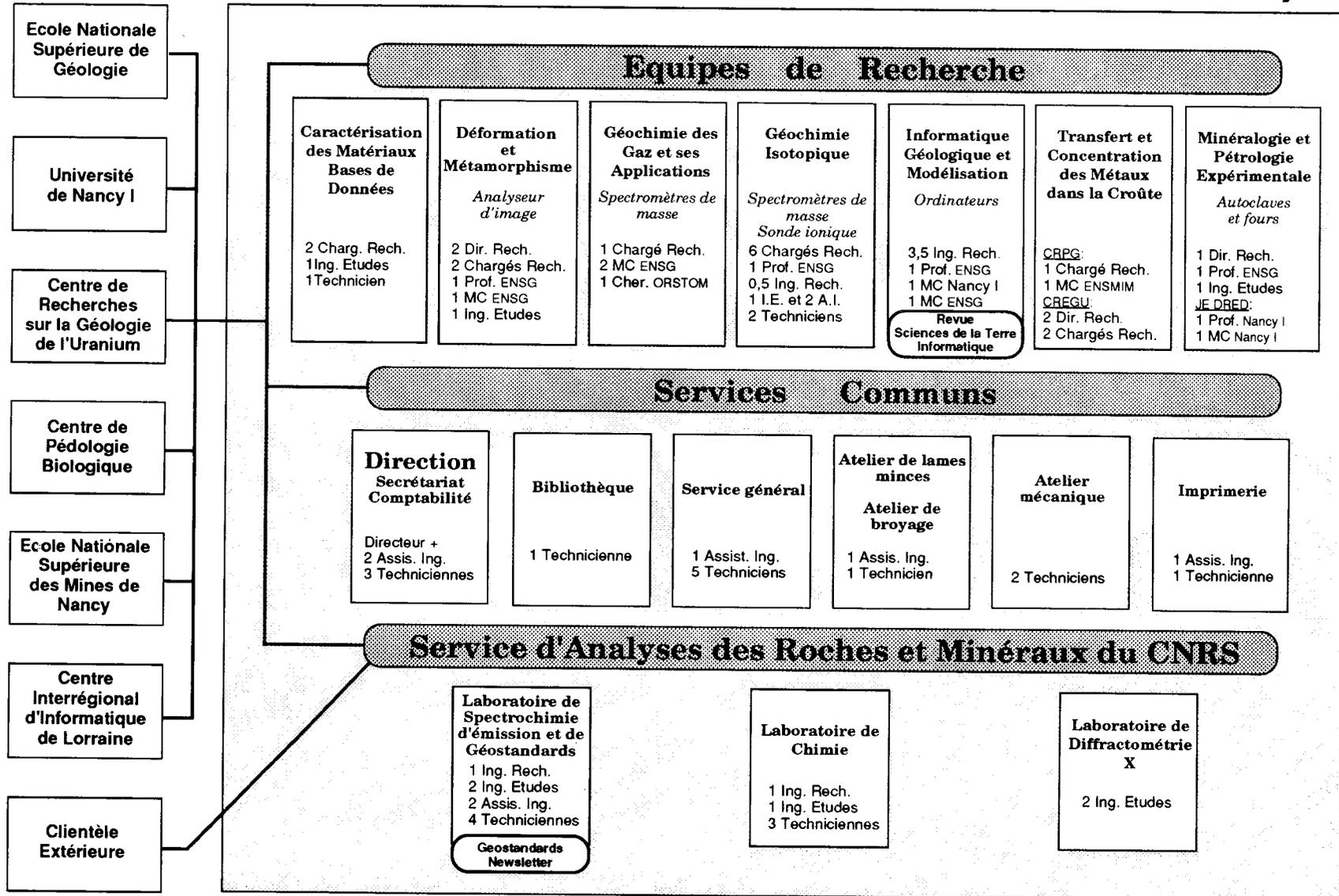
Service Général et Ateliers

BLANCHARD	Jean-Pierre	AI	Responsable du Service Général
BLANCHARD	Gaston	T2	Service Général
CHRETIEN	Gilbert	AI	Responsable Imprimerie
CORGIATTI	Louissette	AJT2	Concierge
DE GEORGE	Jacques	AGT1	Atelier Fer
FRANCAIS	Caroline	AGT2	Service Général
HILLEMbrand	Roger	T2	Service Général
LEHMANN	Robert	T1	Litholamellage
MULOT	André	T2	Atelier Fer
PARMENTIER	Christiane	AJT2	Imprimerie
PORCU	Bruno	AJT2	Service Général
SANDRIN	Lucien	AI	Litholamellage

ITA détachés au CREGU

NGUYEN	Chinh	IE2
RAMBAUX	Robert	T2
SEGUIN	Michèle	SAR1

Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques



Entrées-Départs CHERCHEURS - C.R.P.G. 1989 - 1992 (et projection 1993)

	Entrées	Départs	Domaine	Né en	Remarques
1989	DELOULE E. (CR1) DESMONS J. (CR1)		Géochimie Sonde Ionique Pétrologie	1956 1936	Réaffectation de Paris (URA 196) Réaffectation de Nancy I (URA735)
1990	LIBOUREL G. (MC, Univ. Nancy I)	PICHAVANT M. (DR2) RAMBOZ C. (CR1)	Pétrologie expérimentale Pétrologie expérimentale Physicochimie des fluides	1956 1954 1954	CRSCM à Orléans CRSCM à Orléans
1991		ALBAREDE F. (Prof. ENSG) DEBON F. (CR1) MICHARD A. (DR2) SHEPPARD SMF (DR1)	Géochimie Isotopes Pétrographie Géochimie Isotopes Géochimie Isotopes Stables	1947 1937 1941 1938	Ecole Normale Supérieure de Lyon Institut Dolomieu à Grenoble (UA 69) Lab. Géosciences Environnement (URA 132) Ecole Normale Supérieure de Lyon
1992	MARTY B. (Prof., ENSG) REISBERG L. (CR1)	BARBEY P. (Prof. Nancy I) LIBOUREL G. (MC, Univ. Nancy I)	Géochimie isotopique Géochimie isotopique Pétrologie Pétrologie expérimentale	1953 1957 1947 1956	Jeune Equipe DRED, Nancy I Jeune Equipe DRED, Nancy I
	5 entrées	8 départs			
1993	GASQUET D. (MC, ENSG) THOMAS A. (CR1)		Pétrographie Traitement de minerais	1953 1942	période probatoire de 2 ans à compter 02.04.
	7 entrées	8 départs			

Entrées-Départs I.T.A. - C.R.P.G. (1989-1992)

	Entrées	Corps Grades	Départs	Corps Grades	motif départ		
1989	Champenois M. Degeorge J. Mangin D., 1/2 poste (plein temps au 9/89) Hild P.	IE2 AGT2 AI	Chouard C. Marchal M. Marchal P. Sarre M.	T2 IE2 IE2 T3		mutation mutation mutation mutation	
1990			Aubry H. Favier J. Médard F. Tomaszewski F.	T3 T3 T3 T2	retraite retraite retraite		décédé
1991	Français C. Jeannot A.	AGT2 T3	Brisson M.T. 1/2 poste Gorau J. Monteragioni A.L. F. Dreux, 1/2 poste	7B T3 SAR3 T3	retraite retraite	mutation	C.P.A. (*)
1992	Porcu B. Le Carlier de Veslud C.	AJT2 IR2	Corgiatti R. Guyetand G.	T3 IE2	retraite		décédé
	8 entrées dont (7 à temps plein, 1 demi-poste)		14 départs dont (12 à temps plein, 2 demi-postes)				

(*) C.P.A. (Cessation Progressive d'Activité)

I.T.A. Mouvements en 1993 - 1994

			Grade	Motif
Départs effectifs et annoncés				
1993				
1er janvier 1993	LEROY S.		T3	congé pour conv. pers.
1er septembre 1993	DREUX G.		IE2	retraite
1er septembre 1993	GERBAUT J.		T1	retraite
1994				
1er janvier 1994	HILLEMBRAND R.		T2	retraite
10 août 1994	CORGIATTI L.		AGT1	retraite
31 octobre 1994	GOVINDARAJU K.		IR0	retraite
Agents en Cessation Progressive d'Activité (C.P.A.)				
1993				
1er mars 1993	LHOMEL N.		AI	C.P.A.
1994				
1er janvier 1994	BLANCHARD G.		T3	C.P.A.
1er mars 1994	CHRETIEN G.		AI	C.P.A.

Plan de Formation permanente du C.R.P.G.

Bilan 1989-1992

Le C.R.P.G. a subi, ces dernières années, d'importants changements: départs de chercheurs et d'I.T.A., changements de Directeurs. Il en est résulté une certaine restructuration dans l'organigramme du centre ainsi que la constitution de nouvelles équipes de recherche.

Dans un même temps, la mise en oeuvre de nouvelles méthodes analytiques, l'acquisition d'appareils de mesure très sophistiqués (sonde ionique 1270, ICP-MS), le développement de certains programmes scientifiques intra C.R.P.G. ou en collaboration et les départs non remplacés de personnel entraînent des évolutions obligatoires dans les fonctions d'un certain nombre de chercheurs et d'I.T.A.

	1989	1990	1991	1992
Instrumentation scientifique			4	6
Techniques d'analyses			2	2
Electronique - Acquisition des données	1	6		
Technologie			1	5
Anglais	4	3	3	7
Allemand				1
Informatique	6	12	7	15
Administration - Communication	1	3	3	3
Hygiène et sécurité	2	2	1	1
Total	14	26	21	40

Tableau: Participants C.R.P.G. à des stages de formation permanente.

La formation constitue un moyen d'acquérir les connaissances nécessaires à ces évolutions. Pour les chercheurs, elle prend la forme de séjours de longues durée dans des Laboratoires extérieurs, à l'Etranger (3 séjours de un an au Canada à la Commission Géologique du Canada à Ottawa et à l'Université de Kingston, concernant la géochronologie U/Pb et $^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$; un séjour d'un an en Australie sur l'étude des formations ferrifères archéennes et un séjour de 7 mois aux Etats Unis à l'Université de Californie sur l'analyse isotopique in situ, par sonde ionique, de micro-grains de météorites) ou en France (plusieurs séjours plus courts dans les universités de Clermont-Ferrand, Nice et Strasbourg).

La culture des chercheurs est également alimentée par des séminaires de recherches organisés par le C.R.P.G. dans le cadre de l'I.L.G.; environ 25 séminaires sont programmés annuellement, pour lesquels les trois-quarts des intervenants sont des Extérieurs.

En outre, lors des dernières années, le personnel du centre, chercheurs et I.T.A., a pu profiter de stages proposés par le C.N.R.S. ou par d'autres organismes (souvent les constructeurs de gros appareillages), comme en témoigne le tableau ci-dessus.

Perspectives

Ces actions de formation doivent se poursuivre dans différents axes afin d'encadrer les évolutions du laboratoire (équipes de recherche, services d'analyse, administration et service général), des techniques et des personnes (comme en témoignent les Entretiens Annuels d'Activité mis en place en 1992). Elles seront d'autant plus nécessaires qu'elles devront accompagner un indispensable recrutement, tant en chercheurs qu'en I.T.A., puisqu'en l'an 2000, 40% des chercheurs et 42% des I.T.A. auront 60 ans et plus.

D'autre part, le C.R.P.G. peut faire bénéficier les communautés scientifique et industrielle de ses compétences et de ses techniques en organisant, dans le cadre de la formation C.N.R.S., des stages spécifiques: comme le stage d'initiation à l'acquisition et à l'interprétation des spectres électroniques réalisé en 1992 et renouvelé pour 1993.

Le plan de formation pour le personnel du C.R.P.G., qui en découle, est le suivant:

1 - Formation concernant des techniques nouvelles au C.R.P.G.

- Chromatographie ionique : principe, initiation et application
- Spectrométrie d'absorption atomique électrothermique: initiation et application.
- Analyse SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometer)
- Analyse ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer)

Utilisation et maintenance (Stages Constructeurs). Electronique, programmation, logiciels de commande et de mesures.

2 - Perfectionnement concernant des techniques et méthodes déjà développées à Nancy.

2.1- Formation directement axée sur l'utilisation d'un appareil.

Principe et initiation à la manipulation sur l'appareil:

- Techniques Laser : mise en oeuvre et utilisation de laser CO₂.
- Microscopie électronique à balayage et cathodoluminescence.
- Microscopie électronique à transmission.
- Mesures de transmittance et de réflectance sur microscope optique.
- Spectrométrie de masse source gazeuse (Ar/Ar).
- Autoclaves à chauffage interne.
- Techniques de spectroscopie.

2.2- Formation technique.

- Soufflage du verre, perfectionnement : réalisation de lignes à extraction sous vide.
- Techniques de soudure sous atmosphère inerte, techniques d'oxycoupage.
- Menuiserie: initiation au travail sur machine-outil.
- Techniques de photogravure.
- Chimie : préparation d'échantillons en vue d'analyses spectroscopiques

2.3- Formation théorique.

- Analyse d'images: amélioration des images, application de la Morphologie Mathématique à des problèmes scientifiques.
- Le vide appliqué à la spectrométrie de masse.
- Communication.
- Organisation et gestion du temps.

3 - Formation en informatique.

- Systèmes d'exploitation : MS-DOS (perfectionnement), UNIX (tous niveaux)
 - Langages de programmation sous WINDOWS: C, C++, PASCAL (perfectionnement et avancé).
 - Utilisation de logiciels: Initiation et perfectionnement.
- Excel 3 sur Macintosh, Word sur Macintosh et sur PC, Informix, Paradox.
- Initiation à X-Windows et à MOTIF
 - Accès à l'information spécialisée pour les sciences (bases de données, serveurs, vidéotex, CD-ROM).

4 - Formation en anglais

Tous niveaux, tant écrit que parlé.

5 - Communication interne au C.R.P.G.

- Communication regroupant les I.T.A. et les chercheurs afin de :
- prendre connaissance des projets scientifiques en cours au C.R.P.G. et ceux prévus à moyen terme.
 - prendre connaissance des techniques et outils courants, de leurs justifications et de leurs performances.
 - participer aux discussions sur les perspectives d'équipement et de développement des équipes et des services.

**PUBLICATIONS MAJEURES DU CRPG
PERIODE 1989-1992**

REMARQUE: Cette liste a été constituée en prélevant dans chaque fiche individuelle, les quatre publications les plus significatives de chaque chercheur ou ingénieur et réalisées au C.R.P.G.. Elle inclut les publications des personnes ayant quitté le centre après 1989 mais pas celles des personnes nouvellement arrivées au Centre.

- ABOUCAMI W, BOHER M, MICHARD A, ALBAREDE F** (1990). A major 2.1 Ga event of mafic magmatism in West Africa: an early stage of crustal accretion. *J. Geophys. Res.*, **95**, 17605-17629.
- ALABERT F, MALLET JL** (1989). A local grid updating scheme for interpolation. *Computer and Geosciences*, **15**, 1019-1023.
- ALBAREDE F** (1989). Sm/Nd constraints on the growth of continental crust. *Tectonophysics*, **161**, 299-305.
- ALBAREDE F** (1992). How deep do common basaltic magmas form and differentiate? *J. Geophys. Res.*, **97**, 10997-11009.
- ALIBERT C** (1991). Mineralogy and geochemistry of a basalt from site 738 : implications for the tectonic history of the southernmost part of the Kerguelen Plateau. *Proc. ODP, Sci. Res.*, : College Station, TX (Ocean Drilling Programme), **119**, 293-298.
- ALIBERT C, MARTIN P, LAPIERRE H** (1991). The origin of geochemical variations in a late Permian volcanic arc, eastern Klamath Mountains, California. *J. volcanol. geotherm. res.*, **46**, 299-322.
- BARBEY P, BERTRAND JM, ANGOUA S, DAUTEL D** (1989). Petrology and U/Pb geochronology of the Telohat migmatites , Aleksod, Central Hoggar, Algeria. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **101**, 207-219.
- BARBEY P, MACAUDIERE J, NZENTI JP** (1990). High-pressure dehydration melting of metapelites : Evidence from the migmatites of Yaoundé (Cameroon). *J. Petrol.*, **31**, 401-427.
- BERTRAND JM, DIA A, DIOH E, BASSOT JP** (1989). Réflexions sur la structure interne du craton Ouest-Africain au Sénégal oriental et confins guinéo-maliens. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **309**, 751-756.
- BERTRAND JM, JARDIM DE SA EF** (1990). Where are the Eburnian-Transamazonian collisional belts? *Can. J. Earth Sci.*, **27**, 1382-1393.
- BERTRAND JM, RODDICK JC, VAN KRANENDONK M, ERMANOVICS I** - U-Pb geochronology of deformation and metamorphism in the Early Proterozoic Torngat Orogen, North River map area, Labrador. *Can J. Earth Sc.* (sous presse)
- BLAMART D, BOUTALEB M, SHEPPARD SMF, MARIGNAC C, WEISBROD A** (1992). A comparative thermobarometric (chemical and isotopic) study of a tourmalinized pelite and its Sn-Be vein, Walmès, Morocco. *Eur. J. Mineral.*, **4**, 355-368.
- BOULLIER AM** (1991). The Pan-African Trans-Saharan belt in the Hoggar shield (Algeria, Mali, Niger): a review. In: *The West African Orogens and Circum-Atlantic Correlatives*, R.D. Dallmeyer, J.P. Lecorché (Eds), New York : Springer-Verlag, 85-105.
- BOULLIER AM, FRANCE-LANORD C, DUBESSY J, ADAMY J, CHAMPENOIS M** (1991). Linked fluid and tectonic evolution in the High Himalaya mountains (Nepal). *Contrib. Mineral. Petrol.*, **107**, 358-372.
- BOULLIER AM, MICHOT G, PECHER A, BARRES O** (1989). Diffusion and/or plastic deformation around fluid inclusions in synthetic quartz: new investigations. In: *Fluid movements - Element transport and the composition of the deep crust*, D. Bridgwater (Ed.), N.A.T.O. A.S.I., Klüwer Academic Press, 345-360.
- BOULLIER AM, ROBERT F** (1992). Paleoseismic events recorded in Archean gold-quartz vein networks, Val d'Or, Abitibi, Quebec, Canada. *J. Struct. Geol.*, **14**, 161-179.
- BROUXEL M, LAPIERRE H, ZIMMERMANN JL** (1989). Upper Jurassic mafic magmatic rocks of the eastern Klamath Mountains, northern California : Remnant of a volcanic arc built on young continental crust. *Geology*, **17**, 273-276.
- BROWN WL** (1993) Fractional crystallization and zoning in igneous feldspars: ideal water-buffered liquid fractionation lines and feldspar zoning paths. *Contrib Mineral Petrol* **113**: 115-125
- BROWN WL, PARSONS I** (1989) Alkali feldspars: ordering rates, phase transformations and behaviour diagrams for igneous rocks. *Mineral Mag* **53**: 25-42
- BURBANK DW, DERY LA, FRANCE-LANORD C** (1993) Diminished Himalayan detrital sediment delivery despite intensified monsoon at 8 Ma. *Nature* (sous presse).

- CASES JM, BEREND I, BESSON G, FRANCOIS M, **URIOT JP**, THOMAS F, POIRIER JE (1992). Mechanism of Adsorption and Desorption of Water Vapor by Homoionic Montmorillonite .1. The Sodium-Exchanged Form. *Langmuir*, **8**, 2730-2739.
- CHAKRABORTY S, DINGWELL D, **CHAUSSIDON M** (1993) Chemical diffusivity of boron in melts of haplogranitic composition. *Geochim. Cosmochim. Acta.* **57**, 1741-1751.
- CHAMPENOIS M** (1990). Quantifier la déformation d'une roche. *Courrier du CNRS.*, n° **76**, p. 95.
- CHAROY B**, **LHOTE F**, DUSAUSOY Y, NORONHA F (1992). The crystal chemistry of spodumene in some granitic aplite-pegmatite of Northern Portugal. *Can. Mineralog.*, **30**, 639-651.
- CHAROY B**, POLLARD PJ (1989). Albite-rich, silica-depleted metasomatic rocks at Emuford, Northeast Queensland: mineralogical, geochemical and fluid inclusion constraints on hydrothermal evolution and tin mineralization. *Econ. Geol.*, **84**, 1850-1874.
- CHAUSSIDON M**, **ALBAREDE F** (1992). Secular boron isotope variations in the continental crust: an ion microprobe study. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **108**, 229-241.
- CHAUSSIDON M**, **LIBOUREL G** - Boron partitioning in the upper mantle: an experimental and ion probe study. *Geochim. Cosmochim. Acta.* (sous presse).
- CHAUSSIDON M**, **SHEPPARD SMF**, **MICHARD A** (1991). Hydrogen, sulphur and neodymium isotope variations in the mantle beneath the EPR at 12°50'N. In : Stable isotope geochemistry : a tribute to Samuel Epstein, H.P. Taylor, J.R. O'Neil, I.R. Kaplan (Eds), *Geochemical Society, Special Publication*, **3**, 325-337.
- CHEILLETZ A**, ARCHIBALD DA, CUNEY M, **CHAROY B** (1992). Ages $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ du leucogranite à topaze-lépidolite de Beauvoir et des pegmatites sodolithiques de Chédeville (Nord du Massif Central, France). Signification pétrologique et géodynamique. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **315**, 329-336.
- CHEILLETZ A**, **BERTRAND JM**, **CHAROY B**, MOULAHOU M, BOUABSA L, FARRAR E, **ZIMMERMANN JL**, **DAUTEL D**, ARCHIBALD DA, **BOULLIER AM** (1992). Géochimie et géochronologie Rb-Sr, K-Ar et $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des complexes granitiques pan-africains de la région de Tamanrasset (Algérie) : relations avec les minéralisations Sn-W associées et l'évolution tectonique du Hogar central. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **163**, 733-750.
- CHEILLETZ A**, CLARK AH, FARRAR E, PAUCA GA, PICHAVANT M, SANDEMAN HA (1992). Volcano-stratigraphy and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of the Macusani ignimbrite field: monitor of the Miocene geodynamic evolution of the Andes of southeast Peru. *Tectonophysics*, **205**, 307-328.
- CHEILLETZ A**, FERAUD G, **GIULIANI G**, RODRIGUEZ CT (1991). $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ laser-probe dating of the Colombian emerald deposits : metallogenic implications. In : Source, transport and deposition of metals, M. Pagel & J.L. Leroy (Eds.). *Proceedings of the 25 years S.G.A (Society for Geology Applied to Mineral Deposits) Anniversary Meeting, Nancy, 30 August-3 September 1991*, Rotterdam : A.A. Balkema, 373-376.
- CHIPOT Y, HUANG Y, **JACQUEMIN P**, **MALLET JL** (1990). Présentation du programme de recherche GOCAD et premiers résultats. Journées AFCET Groplan, Strasbourg, 1989, *BIGRE Informatique Géométrie et Graphique*, **67**, 75-85.
- CUNEY M, **MARIGNAC C**, **WEISBROD A** (1992). The Beauvoir topaz-lepidolite albite granite (Massif central, France) : the disseminated magmatic Sn-Li-Ta-Nb-Be mineralization. *Econ. Geol.*, **87**, 1766-1794.
- DEBELMAS J, CABY R, **DESMONS J** (1991). Notice explicative de la carte géologique de France (1/50.000e), feuille Ste Foy-Tarentaise (728). *Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 43p.
- DEBON F** (1991). Comparative major element chemistry in various "microgranular enclave-plutonic host" pairs. In : *Enclaves and Granite Petrology*, J. Didier, B. Barbarin (Eds.), (Developments in Petrology. 13), Amsterdam : Elsevier, 293-312.
- DEBON F**, ENRIQUE P, **DREUX G**, **BOYMOND E**, **DESMIDT A** (1991). Composition chimique et nomenclature de 1724 roches plutoniques (et filoniennes) hercyniennes des Pyrénées (France, Espagne). *Géologie de la France*, **4**, 39-70.
- DELOULE E**, **ALBAREDE F**, **SHEPPARD SMF** (1991). Hydrogen isotope heterogeneities in the mantle from ion probe analysis of amphiboles from ultramafic rocks. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **105**, 543-553.
- DELOULE E**, **FRANCE-LANORD C**, **ALBAREDE F** (1991). D/H analysis of minerals by ion probe. In : *Stable isotope geochemistry : a tribute to Samuel Epstein*, H.P. Taylor, J.R.O'Neil, I.R. Kaplan (Eds), *Geochemical Society, Special publication*, **3**, 53-62.
- DELOULE E**, KENNEDY AK, HUTCHEON ID, GLORESY A (1993) Isotopic and trace element characteristics of an unusual refractory inclusion from ESSEBI, L.P.S., **24**, 399-400.

- DELOULE E, TURCOTTE DL** (1989). The flow of hot brines in cracks and the formation of ore deposits. *Econ. Geol.*, **84**, 2217-2225.
- DESMONS J** (1989). Different metamorphic evolutions in the Alpine-Appenninic ophiolites (France - Italy - Switzerland - Austria). *Chem. Geol.*, **77**, 229-250.
- DESMONS J** (1991). The Briançon basement (Pennine Western Alps): mineral composition and polymetamorphic evolution. *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.*, **72**, 37-55.
- DEVEY CW, ALBAREDE F, CHEMINEE JL, MICHARD A, MUHE R, STOFFERS P** (1990). Active submarine volcanism on the Society hotspot swell (West Pacific) : A geochemical study. *J. Geophys. Res.*, **95**, 5049-5066.
- DIAMOND LW, JACKMAN JA, CHAROY B** (1991). Cation ratios of fluid inclusions in a gold-quartz vein at Brusson, Val d'Ayas, northwestern Italian Alps: comparison of bulk crush-leach results with SIMS analyses of individual inclusions. *Chem. Geol.*, **90**, 71-78.
- DJAMA .M, LETERRIER J, MICHARD A** (1992). Pb, Sr and Nd isotope study of the basement of the Mayumbian belt (Guena gneisses and Mfoubou granite, Congo) : implications for crustal evolution in Central Africa. *J. Afr. Earth Sci.*, **14**, 227-237.
- DUBESSY J, POTY B, RAMBOZ C** (1989). Advances in C-O-H-N-S fluid geochemistry based on micro-Raman spectrometric analysis of fluid inclusions. *Eur. J. Mineral.*, **1**, 517-534.
- DUPUY C, MICHARD A, DOSTAL J, DAUTEL D, BARAGAR WRA** (1992). Proterozoic flood basalts from the Coppermine River area, Northwestern Territories- Isotope and trace element geochemistry. *Can. J. Earth Sci.*, **29**, 1937-1943.
- FRANCE-LANORD C, DERRY L, MICHARD A** (1993) Evolution of the Himalaya since Miocene time: Isotopic and sedimentologic evidence from the Bengal Fan. in "*Himalayan Tectonics*", *Geol. Soc Spec. Pub.* (sous presse)
- FRANCE-LANORD C, MICHARD A, KARPOFF AM** (1992). Major element and Sr isotope composition of interstitial waters in sediments from Leg 129 : the role of diagenetic reactions. *Proc. ODP, Sci. Res.*, **129**, 267-281.
- FRANCE-LANORD C, SHEPPARD SMF** (1992). Hydrogen isotope composition of pore waters and interlayer water in sediments from the Central Western Pacific, Leg 129. *Proc. ODP, Sci. Res.*, : College Station, TX (Ocean Drilling Programme) **129**, 295-302.
- GASQUET D** (1992). Mise en évidence d'intrusions emboîtées dans le massif du Tichka (Haut Atlas occidental, Maroc). *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **314**, 931-936.
- GASQUET D, LETERRIER J, MRINI Z, VIDAL P** (1992). Petrogenesis of the Hercynian Tichka plutonic complex (Western High Atlas, Morocco) : Trace element and Rb-Sr and Sm-Nd isotopic constraints. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **108**, 29-44.
- GERARD G, BOUCHET P, JACQUEMIN P, LE MELINAIRE P, MALLET JL** (1991) A new method for computer aided-3D reconstruction of the human embryo from serial, non consecutive histologic sections. *Acta Stéréologica* **11**, 187-192.
- GIULIANI G, CHEILLETZ A, ZIMMERMANN JL** (1989). The emplacement, geochemistry and petrogenesis of two central Morocco hercynian granites. Geotectonic implications. *J. Afr. Earth Sci.*, **9**, 617-629
- GIULIANI G, RODRIGUEZ CT, RUEDA F** (1990). Les gisements d'émeraude de la Cordillère orientale de la Colombie : nouvelles données métallogéniques. *Mineral. Deposita*, **25**, 105-111.
- GIULIANI G, SHEPPARD SMF, CHEILLETZ A, RODRIGUEZ C** (1992). Contribution de l'étude des phases fluides et de la géochimie isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ à la genèse des gisements d'émeraude de la Cordillère orientale de la Colombie. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **314**, 269-274.
- GIULIANI G, SILVA LJHD, COUTO P** (1990). Origin of emerald deposits of Brazil. *Mineral. Deposita*, **25**, 57-64.
- GOVINDARAJU K** (1989). 1989 compilation of working values and sample description for 272 geostandards. *Geostandard. Newslett.*, **13**, Spec. Issue, 1-113.
- GOVINDARAJU K** (1992) Geostandards: preparation, sources and evaluation; In: C. Riddle, Ed., *Handbook on the Analysis of Geological Materials*, Marcel Dekker (sous presse).
- GOVINDARAJU K, ROELANDTS I** (1989). 1988 compilation report on trace elements in six ANRT rock reference samples: Diorite DR-N, Serpentine UB-N, Bauxite BX-N, Disthene DT-N, Granite GS-N and Potash Feldspar FK-N. *Geostandard. Newslett.*, **13**, 5-67.
- GOVINDARAJU K, ROELANTS I** (1989) 1988 compilation report on trace elements in six ANRT rock reference samples: Diorite DR-N, Serpentine UB-N, Bauxite BX-N, Disthene DT-N, Granite GS-N and Potash Feldspar FK-N, *Geostandards Newsletter*, **13**: 5-67.

- GRANDJEAN P, ALBAREDE F** (1989). Ion probe measurement of rare earth elements in biogenic phosphates. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **53**, 3179-3183.
- HOLTZ F, BARBEY P** (1991). Genesis of peraluminous granites II. Mineralogy and chemistry of the Tourem Complex (North Portugal). Sequential melting vs. restite unmixing. *J. Petrol.*, **32**, 959-978.
- HOLTZ F, PICHAVANT M, BARBEY P, JOHANNES W** (1992). Effects of H₂O on liquidus phase relations in the haplogranite system at 2 and 5 kbar. *Am. Mineral.*, **77**, 1223-1241.
- HUNZIKER JC, DESMONS J, MARTINOTTI G** (1989). Alpine thermal evolution on the Central and Western Alps. In : Alpine tectonics, MP Coward, D. Dietrich & R.G. Park (Eds.), *Geological Society of London, Spec. Publ.*, **45**, 353-367.
- IJAALI M, MALAMAN M, GLEITZER C, PICHAVANT M** (1989). Fe₄(PO₄)₃(OH)₃. A ferric hydroxyphosphate with an ordered iron-deficient Fe₂(PO₄)O structure. *Eur. J. Solid State Inorg. Chem.*, **26**, 73-89.
- JAMBON A, ZIMMERMANN JL** (1990). Water in oceanic basalts : evidence for dehydration of recycled crust. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **101**, 323-331.
- KANG YS, ROYER JJ, CHAMBON C, DEMASSIEUX L** (1992). Estimation of the transfer function by autoregressive deconvolution techniques. An application to time series analysis. *Math. Geol.*, **24**, 479-498.
- KARPOFF AM, FRANCE-LANORD C, LHOE F, KARCHER P** (1992). Miocene tuff from Mariana basin, leg 129, site 802 : a first deep-sea occurrence of thaumasite. *Proc. ODP, Sci. Res.*, : College Station, TX (Ocean Drilling Programme), **129**, 119-135.
- LAPIERRE H, ORTIZ LE, ABOUCHAMI W, MONOD O, COULON C, ZIMMERMANN JL** (1992). A crustal section of an intra-oceanic island arc : the late Jurassic-early Cretaceous Guanajuato magmatic sequence, Central Mexico. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **108**, 62-77.
- LE CARLIER DE VESLUD C, MAURICE G, ROYER JJ** (1993) Un solveur auto-adaptatif associé à une structure de données multigrilles, *Colloque National en Calcul des Structures*, Giens 11-14 mai 1993, Hermès, 1114-1121.
- LEROY M., FORRIERES C, PLOQUIN A** (1990). Un site de production sidérurgique du haut Moyen Age en Lorraine. *Archéologie Médiévale*, **XX**, 141-179.
- LETERRIER J, YUWONO YS, SOERIA-ATMADJA R, MAURY RC** (1990). Potassic volcanism in Central Java and South Sulawesi, Indonesia. *J. Afr. Earth Sci.*, **4**, 171-187.
- LIBOUREL G, GEIGER CA, MERWIN L, SEBALD A** (1992). ²⁹Si and ²⁷Al MAS-NMR spectroscopy of glasses in the system CaSiO₃-MgSiO₃-Al₂O₃. *Chem. Geol.*, **96**, 387-397.
- MACAUDIERE J, BARBEY P, JABBORI J, MARIGNAC C** (1992). Le stade initial de fusion dans le développement des dômes anatectiques : le dôme du Velay (Massif Central français). *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **315**, 1761-1767.
- MALLET JL** (1989). DSI : Discrete Smooth Interpolation. *Assoc. for Comp. Machinery, Transactions on graphics*, **8**, 121-144.
- MALLET JL**. (1992) Discrete smooth interpolation in geometric modelling. *Computer aided Design*, **4**, 178-191.
- MARIGNAC C** (1989). Sphalerite stars in chalcopyrite : are they always the result of an unmixing process ? *Mineral. Deposita*, **24**, 176-182.
- MARIGNAC C, ZOUHAIR M** (1992). Fluid evolution in an unmineralized greisen-tourmaline system in the Ment granite (central Morocco) : a fluid-inclusion study. *Eur. J. Mineral.*, **4**, 949-964.
- MICHARD A** (1989). Rare earth element systematics in hydrothermal fluids. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **53**, 745-750.
- MICHOT L, YVON J, CASES JM, ZIMMERMANN JL, BAEZA R** (1990). Apparente hydrophobie du talc et affinité de l'azote pour ce minéral. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **310**, 1063-1068.
- MÖLLER P, CERNY P, SAUPÉ F** (1989). Lanthanides, Tantalum and Niobium : Mineralogy, Geochemistry, Characteristics of Primary Ore Deposits, Prospecting, Processing and Applications. *Society for Geology Applied to Mineral Deposits, Spec. Publ.*, **7**, 482-510.
- MONTEL JM, LHOE F, CLAUDE JM** (1989). Monazite end members and solid solutions : synthesis, unit-cell characteristics, and utilization as microprobe standards. *Mineral. Magazine*, **53**, 120-123.
- MONTEL JM, MARIGNAC C, BARBEY P, PICHAVANT M** (1992). Thermo-barometry and granite genesis : the Hercynian low-P high-T Velay anatectic dome (French Massif Central). *J. Metamorphic Geol.*, **10**, 1-15.
- NETTO AM, FABRE J, POUPEAU G, CHAMPENOIS M** (1992). Datation par traces de fission de la structure circulaire des Richat (Mauritanie). *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **314**, 1179-1186.

- NORONHA F, DORIA A, DUBESSY J, **CHAROY B** (1992). Characterization and timing of the different types of fluids present in the barren of ore-veins of the W-Sn deposit of Panasqueira, Central Portugal. *Mineral. Deposita*, **27**, 72-79.
- PAILLAT O**, ELPHICK SC, **BROWN WL** (1992). The solubility of water in $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ melts : a re-examination of Ab-H₂O phase relationships and critical behaviour at high pressures. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **112**, 490-500.
- PLOQUIN A** (1991). Encoding Textbook for a Global Data Base. In : *Sedimentary Petrology, SEDBA-IGCP 269*. Paris : Géodiffusion, **1**, 1-100.
- PLOQUIN A** (1992) Du minerai au fer, ... avant le haut fourneau et le passage au haut fourneau, apports de l'analyse chimique des scories et autres déchets. XIIIe colloque de l'A.F.E.A.F. (Association pour la Recherche archéologique en Limousin), Guéret, mai 1989. In: *Actes du XIIIe colloque de l'A.F.E.A.F.*, D. Vuailat (Ed.), 1992, 21-28.
- PLOQUIN A**, LAGADEC JL, LEROY M (1992). Apports de la pétrographie et de la géochimie à l'interprétation du site protohistorique dit "camp d'Afrique" (Messein, Meurthe et Moselle, Lorraine) : métallurgie, rempart à "noyau calciné". *Mémoire Soc. Géol. France*, **160**, 55-65.
- PLOQUIN A**, **STUSSI JM** (1989) Felsic plutonism and volcanism in the French Massif Central: in: *Igneous Activity, French Caledonian-Variscan Orogen*, Spec. Vol. IGCP 233, sous presse.
- POTHERAT P, AIT KASSI M, NICOT P, **MACAUDIERE J**, **MARIGNAC C** (1991). Structural evolution of gold-bearing quartz veins in the Precambrian exposures of the "Tagragra d'Akka" (western Anti-Atlas, Morocco). In : Source, transport and deposition of metals, M. Pagel & J.L. Leroy (Eds.). *Proceedings of the 25 years S.G.A (Society for Geology Applied to Mineral Deposits) Anniversary Meeting, Nancy, 30 August-3 September 1991*, Rotterdam : A.A. Balkema, 477-480.
- POTTS PJ, GOWING CJB, **GOVINDARAJU K** (1992). Preparation, homogeneity evaluation and cooperative study of two new chromitite reference samples CHR-Pt+ and CHR-BKG. *Geostandard. Newslett.* **16**, 81-108.
- RAMBOZ C**, **DANIS M** (1990). Superheating in the red Sea ? The heat-mass balance of the Atlantis II deep revisited. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **97**, 190-210.
- ROLIN P, **STUSSI M** (1991). Décrochements intracrustaux et intrusions granitiques carbonifères dans le Morvan (Massif Central français). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **162**, 123-130.
- ROYER JJ** (1989). Multivariate Geostatistics and Sampling Problems. In : Geostatistics, M. Armstrong (Ed.), Kluwer Academic Publ., **2**, 823-836.
- ROYER JJ**, **FLORES L** (1993) Two dimensional natural convection in an anisotropic and heterogeneous porous medium with internal heat generation. *Int. Journal of Heat and Mass Transfer* (sous presse)
- SAMAMA JC, **ROYER JJ**, N'GANZI C (1989). Prise en compte de la surface spécifique des prélèvements en prospection géochimique : exemple de l'uranium dans les sédiments de ruisseau. *J. Geochem. Explor.*, **32**, 453-466.
- SANJUAN B, MICHARD G, **MICHARD A** (1990). Origine des substances dissoutes dans les eaux des sources thermales et des forages de la région Asal-Ghoubbet (République de Djibouti). *J. volcanol. geotherm. res.*, **43**, 333-352.
- SAUPÉ F** (1990). Geology of the Almadén mercury deposit, Province of Ciudad Real, Spain. *Econ. Geol.*, **85**, 482-510.
- SAUPE F**, **ARNOLD M** (1992). Sulphur isotope geochemistry of the ores and country rocks at the Almadén mercury deposit, Ciudad Real, Spain. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **56**, 3765-3780.
- SAUPÉ F**, TOLLON F (1990). Gold '89 in Europe. *Mineral. Deposita*, **25**, suppl., 140 p.
- SA JM**, **BERTRAND J**, **LETERRIER J** (1991). Evolution géodynamique et géochronologie (U-Pb, Rb-Sr et K-Ar) de la ceinture plissée d'Oros, NE du Brésil. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **313**, 231-237.
- SHI P, **LIBOUREL G** (1991). The effects of FeO on the system CMAS at low pressure and implications for basalt crystallization processes. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **108**, 129-145.
- SIGURDSSON H, BONTE P, TURPIN L, **CHAUSSIDON M**, METRICH N, STEINBERG M, PRADEL P, D'HONDT S (1991). Geochemical constraints on source region of Cretaceous/Tertiary impact glasses. *Nature*, **353**, 839-842.
- STUSSI JM** (1989). Granitoid chemistry and associated mineralization in the French Variscan. *Econ. Geol.*, **84**, 1363-1381.
- STUSSI JM**, CUNEY M. Modèles d'évolution géochimique de granitoïdes peralumineux. L'exemple du complexe plutonique varisque du Millevaches (Massif central français). *Bull. Soc. Géol. France*, sous presse.

- TOTEU SF, **BERTRAND JM**, PENAYE J, **MACAUDIERE J**, **ANGOUA S**, **BARBEY P** (1990). Cameroon : a tectonic keystone in the Pan-African network. J. Lewry (Ed.), *Geol. Assoc. Canada, Spec. paper*, **37**, 483-496.
- TOTEU SF, **MACAUDIERE J**, **BERTRAND JM**, **DAUTEL D** (1990). Metamorphic zircons from North Cameroon. Implications for the Pan-African evolution of Central Africa. *Geolog. Rundsch.*, **79**, 777-788.
- TURPIN L, LEROY J, **SHEPPARD SMF** (1990). Isotopic systematics (O, H, C, Sr, Nd) of superimposed barren and U-bearing hydrothermal systems in a Hercynian granite, Massif Central (France). *Chem. Geol.*, **88**, 85-98.
- VROLIJK P, **SHEPPARD SMF** (1991). Syntectonic carbonate veins from the Barbados accretionary prism (ODP Leg 110) : record of palaeohydrology. *Sedimentology*, **38**, 671-690.
- WEISBROD A** (1989) Caractères généraux des phases fluides dans les indices et gisements de tungstène et d'étain. *Document B.R.G.M.*, **158**, 9-14.
- WEISBROD A** (1989) Chemical composition of hydrothermal fluids buffered by vein and pegmatites forming mineral assemblages: an experimental calibration at high temperature and pressure. *Chem. Geol.*, **70**: 166.
- WORDEN RH, WALKER FDL, PARSONS I, **BROWN WL** (1990). Development of microporosity, diffusion channels and deuteric coarsening in perthitic alkali feldspars. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **104**, 507-515.

BREVETS PERIODE 1989-1992

GOCAD Modélisation géométrique des surfaces complexes (Brevet International n° 89-12341)

Dépôt initial: (septembre 89)

Ce brevet (No 89-12341) consiste en la description d'un procédé de codage et d'ajustement de surfaces complexes rencontrées par exemple lors de la modélisation d'interfaces entre zones de natures ou de propriétés différentes, de couches géologiques ou de corps d'organismes biologiques.

Extensions Géographiques: (Septembre 90)

Ayant pris conscience de l'importance de la méthode DSI, les compagnies, membres du consortium GOCAD ont décidé de financer et soutenir juridiquement l'extension du brevet d'invention à l'ensemble des pays du monde industriel.

GEOL Logiciel intégré de cartographie automatique (Brevet ANVAR 78-010)

C.R.P.G - C.N.R.S.
Renouvellement du Centre

• **SERVICE D'ANALYSES
DES ROCHES ET MINÉRAUX**

SERVICE D'ANALYSE DES ROCHES ET DES MINÉRAUX DU CNRS

Le Service d'Analyse des Roches et des Minéraux (SARM) est composé de trois laboratoires: Laboratoire de Spectrochimie et de Géostandards, Laboratoire de Chimie, Laboratoire de Rayon-X et d'un atelier de broyage. Le SARM a été fondé en 1972 pour mettre en commun l'énorme potentiel analytique du CRPG à la disposition de la communauté géochimique nationale. Au fil des années, le SARM est devenu un Service International car une grande partie de notre production analytique va vers l'extérieur, notamment vers les pays développés en Europe.

AUDIT - MARS 1991

Sur la demande de l'INSU, un groupe de réflexion s'est réuni au CRPG en mars 1991 pour examiner les activités et l'avenir du SARM; ce groupe, composé de cinq personnalités extérieures au CRPG (J. Kornprobst, G. Manhès, C. Mevel, J. Schott et P. Vermeulen), a présenté un rapport sur cet audit (juin 1991).

Ce rapport n'indique aucun dysfonctionnement du SARM; au contraire, il souligne la qualité de production des analyses de roches, reconnue à l'échelle internationale. Le groupe recommande qu'il est important de maintenir les motivations de qualité de ce service:

- la composante recherche et développement: l'amélioration de l'outil analytique et le développement des géostandards,
- la complémentarité des laboratoires de spectrochimie et de chimie,
- l'interaction forte avec les équipes du CRPG.

Il est souhaitable de confirmer le caractère "central d'analyse du CNRS" pour ce service par:

- une gestion plus autonome: nous recommandons un budget propre pour le service et une facturation effective des prestations du CRPG,
- la désignation à terme d'un responsable de service appuyé par un comité scientifique.

PERSONNEL DU SERVICE D'ANALYSES DES ROCHES ET DES MINÉRAUX

Laboratoire de Chimie

M. VERNET	Ingénieur de Recherche 1
L. MARIN	Ingénieur d'Etudes 2
J. LHOMME	Technicien 1
S. BOULMIER	Technicien 2
F. DREUX	Technicien 3

Laboratoire de Diffractométrie X

F. LHOPE	Ingénieur d'Etudes 1
J.P. URIOT	Ingénieur d'Etudes 2

Laboratoire de Spectrochimie et de Géostandards

K. GOVINDARAJU	Ingénieur de Recherche 0
G. MEVELLE	Ingénieur d'Etudes 1
J. MOREL	Ingénieur d'Etudes 2
P. HILD	Assistant Ingénieur
N. LHOMEL	Assistant Ingénieur
C. GAUDE	Technicien 3
C. BLANCHARD	Adj Technique 2
M.T. NOEL	Adj Technique 2
C. RAIGUE	Adj Technique 2

LABORATOIRE DE SPECTROCHIMIE ET DE GEOSTANDARDS (LSG)

La période 1989-1992 rend le LSG **unique** dans le monde grâce à l'emploi d'une seule technique analytique, la spectrométrie d'émission plasma (ICP), et grâce à la simplification extrême et à l'automatisation intégrale d'analyse chimique d'une roche pour 40 éléments majeurs, mineurs et en traces (y compris les terres rares) en utilisant une seule mise en solution. L'installation d'un spectromètre de masse couplé à une source de plasma (ICP-MS) permet, en 1993, d'étendre ce cortège de 40 éléments à 60 en utilisant la solution déjà préparée pour la spectrométrie d'émission plasma. Le nombre de géostandards préparés passe de 20 à 27. Parmi les revues géochimiques internationales, le journal Geostandards Newsletter passe du 10ème rang en 1987 au 6ème rang en 1990. Enfin, ces efforts dans le domaine de l'analyse des roches sont récompensés par la remise du Cristal du CNRS (1992) à Mr. K. Govindaraju.

SPECTROCHIMIE

Potentiel Analytique

Le LSG est équipé de deux spectromètres d'émission (JY48P et JY70P), installés respectivement en 1982 et 1987. Chacun de ces spectromètres est équipé d'une source à plasma induit. Les 27 éléments dosés simultanément avec JY70P sont:

- 11 éléments majeurs et mineurs: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, TiO₂, Na₂O, K₂O, P₂O₅, perte au feu

- 16 éléments en traces: Ba, Be, Co, Cr, Cu, Ga, Nb, Ni, Rb, Sc, Sr, Th, V, Y, Zn, Zr

Deux groupes d'éléments, 11 terres rares (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Er, Yb, Lu, Y) et U et Th sont dosés simultanément mais en deux groupes. Pour le dosage de ces 40 éléments une seule solution de l'échantillon est préparée, après une fusion au borate de lithium, suivie d'une mise en solution. Cette solution est analysée telle qu'elle pour le dosage de 27 éléments majeurs, mineurs et en traces. Une aliquote de cette solution est prise pour la séparation de deux groupes d'éléments avec deux systèmes automatisés (LabRob™) avant leur analyse avec le spectromètre JY48P. D'ailleurs, toutes les opérations concernant la préparation des échantillons, depuis les pesées jusqu'à la mise en solution et les séparations sont automatisées (LabRobStation™).

La préparation d'une seule solution pour le dosage de 40 éléments et l'infrastructure automatisée qui entourent l'étape de la préparation et aussi de l'analyse proprement dite au spectromètre nous a permis de sauvegarder le même prix de revient d'analyse qu'il y a 15 ans, c'est à dire 12 F par élément. En tant que prestataire de service, le facteur "prix de revient" a toute son importance car notre "clientèle" est largement universitaire donc dotée de budgets limités. La production, en nombre d'échantillons, est présentée dans le tableau suivant:

PRODUCTION (en nombre d'échantillons)	1989	1990	1991	1992	Total
27 Eléments Majeurs et traces	3856	4601	2212	2079	12748
27 Majeurs + 11 REE	-	-	2677	1604	4281
11 REE	1879	1883	758	465	4985
U & Th	1004	676	1125	841	3646

Perspectives

En décembre 1992, le spectromètre JY48P est rendu hors d'usage par une panne définitive. L'installation du spectromètre "ICP-MS" en janvier 1993 compense cette perte. De plus, les recherches en cours avec l'ICP-MS nous permettent de prévoir les dosages suivants:

- Dosage de 42 éléments en traces, y compris les terres rares, en utilisant la solution déjà préparée pour les éléments majeurs: As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Ga, Gd, Hf, Ho, La, Lu, Mo, Nb, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, Sb, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr.
- Platinoïdes.
- Analyse des eaux.

GEOSTANDARDS

Le LSG est responsable pour la préparation et l'évaluation de 25 géostandards internationaux:

CRPG		ANRT		GIT	
Granite GA (1963)	40 Kg	Diorite DR-N (1968)	850 Kg	Anorthosite AN-G (1980)	900 Kg
Granite GH (1963)	110	Serpentine UB-N (1968)	500	Basalte BE-N (1980)	850
Basalte BR (1963)	10	Bauxite BX-N (1969)	1300	Granite MA-N (1980)	950
Biotite Mica-Fe (1967)	45*	Disthène DT-N (1969)	1300	Albite AL-I (1983)	180
Phlogopite (1968)	75*	Granite GS-N (1974)	900	Iron Form. sample (1983)	740
		Feldspath FK-N (1974)	520	Granite AC-E (1987)	290
		Glauconite GL-O (1974)	28*	Chromitite CHR-Pt+ (1992)	200
* - en grains et en poudres				Chromitite CHR-Bkg (1992)	200
(action locale - 1959 à 1968)		(action nationale 1968 à 1976)		Trachyte MDO-G (1992)	200
				Trachyte ISH-G (1992)	200
				Dolerite (1993)	300
				Microgabbro (1993)	400
				Zinnwaldite (1993)	350

Le Groupe International de Travail (GIT), formé en 1977, est fort aujourd'hui de 400 membres venant de 40 pays. Le potentiel analytique des Membres du GIT est énorme ce qui nous permet de caractériser 60 éléments chimiques dans un candidat étalon dans un délai court de 12 mois. En règle générale, un tel niveau de caractérisation chimique exige une période de 25 ans. La plupart de nos géostandards ont été préparés en quantité importante (200 à 1300 kg) et ils pourront être disponibles dans les 50 ans à venir ou même plus.

Geostandards Newsletter

Le journal Geostandards Newsletter a été fondé en 1977 en tant que support pour les activités du GIT. Ce journal est devenu aujourd'hui le journal principal ("primary journal") dans le domaine des géostandards. La reconnaissance internationale du Journal est bien mise en évidence par l' "Institute of Scientific Information" (ISI) qui publie tous les ans le rang ("rank") de journaux internationaux ("journal rankings") en calculant le facteur d'impact. En 1990, l'ISI a analysé plus de 4000 revues scientifiques de toutes disciplines et le Geostandards Newsletter arrive au 260^{ème} rang; parmi les journaux géoscientifiques le Geostandards Newsletter se classe au 6^{ème} rang:

1	J GEOPHYS RES	5.004
2	REV GEOPHYS	3.530
3	TECTONICS	3.200
4	ANNU REV EARTH PL SC	3.194
5	METEORITICS	3.153
6	GEOSTANDARDS NEWSLETTER	3.088
7	GEOCHIM COSMOCHIM ACTA	3.006
8	EARTH PLANETARY SC LETTERS	2.609
9	GEOPHYS RES LETTERS	2.172
10	J GEOPHYS -2 GEOPHYS	1.833

Le journal (500 à 600 pages par an) est "fabriqué" avec le concours d'une secrétaire et d'une vingtaine de Rédacteurs Régionaux. Le journal est mis en page et imprimé au CRPG. Le nombre d'abonnés au journal est de 600 y compris les Membres.

En juillet 1989, un numéro spécial a été édité en 1000 exemplaires. Ce numéro, en 113 pages, contient les données et les descriptions sur 272 géostandards internationaux mais il est en voie d'épuisement. Pour le remplacer, une version sur ordinateur, appelée GeoStan a été développée. GeoStan est disponible aujourd'hui avec 2 manuels et 4 disquettes. GeoStan devient une série évolutive car il contient non seulement le numéro spécial de 1989 mais également l'index du journal (vol. 1 à 15) et les trois compilations sur les géostandards du CRPG, de l'ANRT et sur la granite AC-E, en tout 359 pages de texte.

PUBLICATIONS

K. Govindaraju and I. Roelandts (1988)

Compilation report (1966-1987) on trace elements in five CRPG geochemical reference samples: Basalt BR; Granites, GA and GH; Micas, Biotite Mica-Fe and Phlogopite Mica-Mg, Geostandards Newsletter, 12: 119-201.

K. Govindaraju and I. Roelandts (1989)

1988 compilation report on trace elements in six ANRT rock reference samples: Diorite DR-N, Serpentine UB-N, Bauxite BX-N, Disthene DT-N, Granite GS-N and Potash Feldspar FK-N, Geostandards Newsletter, 13: 5-67.

K. Govindaraju (1989)

1989 compilation of working values and sample description on 272 geostandards, Geostandards Newsletter, 13: Special Issue:113p

P.J Potts, C.J.B. Gowing and K. Govindaraju (1992)

Preparation, homogeneity, evaluation and cooperative study of two new chromitite reference samples CHR-Pt+ and CHR-Bkg, Geostandards Newsletter, 16: 81-108.

K. Govindaraju (1992)

Geostandards: preparation, sources and evaluation; In: C. Riddle, Ed., Handbook on the Analysis of Geological Materials, Marcel Dekker (sous presse).

LABORATOIRE DE CHIMIE

De 1989 à 1992, le laboratoire de chimie a effectué plus de 37000 déterminations réparties sur 11500 échantillons et concernant 44 éléments. Cette production est axée principalement sur le dosage des anions et l'analyse des matériaux à compositions particulières. Les dosages de Pb et Ag ont été améliorés et le Cd est venu compléter la liste des éléments dosés. La chromatographie ionique et la spectrométrie d'absorption atomique avec four graphite sont les orientations principales des années futures.

Depuis plusieurs années, les travaux du laboratoire de chimie peuvent se répartir en trois groupes:

- dosages complémentaires avec détermination des différents états de valence ou différents composés physico-chimiques d'un même élément: FeO, CO₂ total et C organique, S total et SO₄ solubles, H₂O de constitution et H₂O d'humidité.
- dosages d'anions à l'état de traces ou fortes teneurs: Cl, F, P, Si, Mo, W, As, B.
- dosages d'éléments majeurs ou de traces par spectrométrie d'absorption atomique (26 éléments).

De plus, la diversité des méthodes utilisées tant au point de vue techniques analytiques que mises en solution donne au laboratoire de grandes possibilités d'adaptation et la souplesse nécessaire à la réalisation de travaux spécifiques:

- analyse de fluides naturels ou expérimentaux
- analyse de minéraux particuliers (barytines, apatites, émeraudes, chromites, etc)
- analyse de produits finis ou de matières premières industrielles
- analyse de déchets dans le cadre de la protection de l'environnement
- établissement de standards pour la microsonde ionique.

Enfin le laboratoire participe aux campagnes interlaboratoires pour l'établissement des standards géochimiques de référence dont les résultats paraissent dans Geostandards Newsletter.

VOLUME DES TRAVAUX 1989- 1992

Elément	S	F	S+F	Elément	S	F	S+F
Ag	92		92	Mg	961	205	1166
Al	722	427	1149	Mn	597	22	619
As	540	68	608	MnO ₂	8		8
B	561	584	1145	Mo	397	39	436
Ba	179	37	216	Na	652	1238	1890
Be	43		43	Ni	480	18	498
Ca	818	567	1385	P	610	66	676
Cd	234	9	243	Pb	865	18	883
Cl	1249	472	1721	Rb	189	62	251
CO ₂ tot	2641	78	2719	S tot	2577		2577
C org	634		634	SO ₃	61	137	198
Co	189	7	196	Si	724	657	1381
Cr	526	18	544	Sn	1835	6	1841
Cs	189	40	229	Sr	141	74	215
Cu	144	24	168	Ti	442	20	462
F	2692	35	2727	V	197	4	201
FeO	2091		2091	W	490		490
Fe tot	853	333	1186	Zn	221	104	325
Hg	271	151	422	Zr	2		2
H ₂ O tot	659		659	PF	251		251
H ₂ O+	1069		1069	pH		39	39
H ₂ O-	733		733				
K	843	327	1170				
Li	1886	128	2014	TOTAL	31558	6014	37572

S: Nombre de dosages dans les matériaux solides; F: nombre de dosages dans les fluides.

L'ensemble de ces déterminations concerne plus de 11500 échantillons et représente 126255 unités d'oeuvre.

Développements - Mises au point

Malgré une demande importante d'analyses à laquelle nous avons dû faire face, quelques méthodes analytiques ont été développées:

- dosage du Cadmium par SAA après extraction dans la méthyl-isobutylcétone à partir de 0.1 ppm. Cet élément vient s'ajouter à la liste des métaux lourds déjà dosés au laboratoire.
- abaissement des limites de détection pour Pb (1 ppm) et Ag (0.05 ppm), également par SAA.
- dosage du soufre par chromatographie ionique. Des essais ont montré que la limite de un ou quelques ppm peut être atteinte dans la détermination du soufre.
- dosage des chlorures en fortes teneurs par volumétrie avec détection potentiométrique du point final. Cette méthode est applicable à l'analyse des déchets.

Publications

Un article intitulé " Mise en solution des matériaux avant analyse" est accepté par "Les techniques de l'ingénieur" et paraîtra dans le traité "Analyse chimique et caractérisation".

Perspectives d'avenir

Dans un premier temps, il est nécessaire que l'effectif du laboratoire retrouve un équilibre pour pouvoir répondre aux demandes analytiques et mettre en oeuvre de nouvelles méthodes. Si cette condition est réalisée, plusieurs projets devraient voir le jour:

- dosage de F, Cl, et S à partir d'une fusion au carbonate de sodium, séparation sur résine échangeuse d'ions et détermination quasi simultanée par chromatographie ionique. De cette façon, un grand pas pourrait être franchi puisque ces trois éléments représentent environ 17 % de notre production analytique.

- dosage du mercure par SAA en four de quartz après réduction et amalgame sur de l'or. L'utilisation de la technique de l'amalgame nous permettra d'obtenir une meilleure séparation et une meilleure précision à tous les niveaux de concentration.

- dosage du bore par spectrophotométrie

La limite inférieure actuelle de 20 ppm, insuffisante dans de nombreux cas devrait être abaissée considérablement en effectuant une extraction/concentration par solvant (éthyl 2 - hexanediol 1,3) et détermination par spectrophotométrie soit à l'acide carminique soit à l'azométhine H.

- mise en oeuvre de la SAA avec four graphite pour, d'une part, l'amélioration des limites de détection de nombreux métaux (Co, Cr, Ni, V, Ag, Sn) et d'autre part, la détermination de Sb, Se, Bi, et Ge

Enfin, l'investissement du laboratoire, entrepris depuis plusieurs mois, dans le domaine de l'analyse en vue du traitement et de l'inertage des déchets devrait se poursuivre et s'intensifier dans les années futures.

LABORATOIRE DE DIFFRACTOMETRIE X

PRODUCTION analytique : 2500 diagrammes par an et leurs interprétations.

Thèmes Scientifiques

L'orientation des demandes d'analyses conditionne l'essentiel des préoccupations du service. C'est ainsi qu'actuellement nos déterminations en minéralogie fine sont centrées sur :

- Le traitement des déchets industriels. Ce problème est d'autant plus délicat que, dans un premier temps, les entreprises chargées du retraitement n'ont pas eu pour souci essentiel la qualité du produit. C'est-à-dire que l'homogénéité du "magma" et les temps de refroidissement ne sont pas contrôlés et cela ne favorise pas notre tâche. Toutefois, les conclusions récentes indiquent que les ions métalliques qui rentrent dans des structures bien cristallisées sont fixés de manière plus efficace que lors d'une simple vitrification. Ces résultats devraient changer les habitudes.

- Dans le même esprit, les analyses d'échantillons archéologiques provenant de foyers et de déchets métallurgiques permettent de mieux comprendre l'évolution des techniques de traitement des minerais et la sidérurgie ancienne.

- Enfin l'étude des matériaux argileux susceptibles de jouer le rôle de filtres ou de pièges fait également partie des demandes de notre clientèle. Nous avons équipé l'un de nos diffractomètres d'une chambre haute température et d'un détecteur courbe. On peut ainsi hydrater et déshydrater les structures argileuses tout en contrôlant la pression de vapeur d'eau à l'intérieur de la chambre, fixer la température de l'échantillon et saisir l'ensemble du spectre dans un temps très court donc suivre des cinétiques rapides.

Encadrement et formation

Les résultats analytiques du laboratoire servent également de support aux travaux dirigés de cristallographie physique dispensés aux élèves de 2ème année de l'E.N.S. de géologie.

Publications

(1) J. Yvon, M. Kongolo, F. Villiéras, F. Lhote (1990)

Etude de matériaux minéraux issus d'une arène granitique cristallographie-minéralogie quantitative. Rapport de fin d'étude, Convention de Recherche: 47 p. + annexes.

(2) B. Charoy, F. Lhote, Y. Dusausoy, F. Noronha (1992)

The crystal chemistry of spodumene in some granitic aplite-pegmatite of northern Portugal. *Can. Mineralog.*, 30: 639-651.

(3) J.M. Cases, I. Bérend, G. Besson, M. François, J.P. Uriot, F. Thomas et J.E. Poirier (1992)

Mechanism of adsorption and desorption of water vapor by homoionic montmorillonite. 1. The sodium-exchanged form. In: *Langmuir, American Chem. Soc.*, Vol. 18: 2730-2739.

(4) A.M. Karpoff, C. France-Lanord, F. Lhote et P. Karcher (1992)

Miocene tuff from Mariana basin, leg 129, site 802 : a First deep-sea occurrence of thaumasite. *Proc. ODP, Sci. Res.*, 129: 119-135.

C.R.P.G - C.N.R.S.
Renouvellement du Centre

• **EQUIPE CARACTÉRISATION DES MATÉRIAUX
ET BASES DE DONNÉES**

• **FICHES INDIVIDUELLES - CHERCHEURS**

Michel

ARNOLD

Alain

PLOQUIN

1 Intitulé

CARACTERISATION DES MATERIAUX, BASES DE DONNEES

Dans sa forme actuelle, le lien de cette équipe est l'étude de scories industrielles, archéologiques ou actuelles:

- fixer des éléments indésirables ("inertage") liés aux déchets industriels actuels ou récents.
- comprendre les déchets archéologiques associés à la sidérurgie ancienne.

2 Composition de l'équipe

Remarque préliminaire

Courant 1991 cette équipe a été profondément remaniée: F. DEBON a quitté le CRPG pour l'Institut Dolomieu (Grenoble); à la suite de la dissolution de l'équipe "Métallogénie", M. ARNOLD a rejoint A. PLOQUIN.

La gestion du Service EDTA incombait, depuis 1985, à A. PLOQUIN; les départs sans remplacement de Mmes MARCHAL (IE, responsable technique) et SARRE (T3) vers l'INIST au début 1989, puis de M. DREUX, en retraite cet été 1993, entraînent la fin de ce service. Cependant, nous tentons de préserver l'outil pour un usage limité (c'est l'un des outils privilégiés de quelques chercheurs CRPG et CREGU). E. BOYMOND (T2) sera le seul " survivant " du Service EDTA; sa qualification ne lui permettra pas d'en assurer la continuité; cependant il pourra, occasionnellement, aider l'un ou l'autre des chercheurs utilisateurs. Il a amorcé sa reconversion vers les programmes SEDBA et PALEOMETALLURGIE pour lesquels j'ai demandé sa collaboration, donc son rattachement à l'équipe.

Permanents

A. PLOQUIN (CR1) animateur.
M. ARNOLD (CR1)

ITA

E. BOYMOND (T2)

Doctorants, DEA, stagiaires, etc.

Quelques thésards et DEA ont été dirigés par un permanent, mais un plus grand nombre, généralement extérieurs au CRPG, ont été suivis pour l'un des volets de leurs travaux, notamment via l'EDTA. 1 à 3 stagiaires (2d ou 3ème cycle) sont pris chaque année. Cf le paragraphe "Encadrement".

On peut considérer comme participant actuellement et effectivement :

N. CHAROY, DEA
L. FEBVAY-CHOFFEL, thèse d'université
B. LAM, contrat de 6 mois
S. NION, thèse d'université

3 Thèmes scientifiques

Thèmes

Lors de la création de cette équipe, les thèmes de recherches furent naturellement définis par les activités respectives de F. Debon et A. Ploquin: géochimie des granitoïdes. Par la suite (départ de F. Debon et rattachement de M. Arnold, ces thèmes furent abandonnés au profit de la caractérisation chimique et pétrographique des scories actuelles et anciennes.

La participation (A.P.) au programme international SEDBA et au programme national Paléométaballurgie, dans une moindre mesure, est une retombée de l'expérience acquise "bases de données".

Depuis 1985, progressivement, la collaboration de A.P. avec des archéologues et historiens des sciences et techniques s'est développée: "faire parler" les déchets des activités paléométaballurgiques, fer essentiellement, avec l'aide des analyses chimiques et pétrographiques et développement de raisonnements ad hoc. A ceci s'est naturellement ajoutée une activité de formation des étudiants et collègues concernés. Cette communauté a maintenant atteint un niveau international reconnu. Le CNRS, SHS, a créé l'UPR A423, "Paléométaballurgie du Fer et Cultures" à laquelle A.P. est de fait associé.

En 1990, M.A. s'est reconverti de la métallogénie et la géochimie du Soufre aux problèmes de l'"inertage" des déchets industriels (scories issues de l'incinération de substances organo-métalliques riches en métaux de transition); la voie de la stabilisation par ajouts favorisant des cristallisations est explorée; le paramètre "temps" est (sera) abordé via des échantillons archéologiques, cf A.P. Doctorant en contrat industriel, collaboration avec le LEM (Blazy P.).

Une instrumentation adaptée est en développement :

- chambre de cathodoluminescence sous-ultravide permettant de visualiser (imagerie) et d'analyser le spectre de luminescence de 170 à 900 nm,
- modification d'un spectrophotomètre permettant d'analyser le spectre électronique et le spectre Raman sur une cible quasi-ponctuelle (environ diamètre 1 µm),
- microscopie optique transmission/réflexion, certes plus classique mais avec ses particularités.

Interactions

- * géochimie (surtout des fins de programmes)
cf publications avec J. Desmons, J.M. Quenardel et J.M. Stussi, principalement.
- * SEDBA
Groupe de travail international (PICG 269)
Groupe de travail français et Institut de Géologie, Rennes
GES, Nancy
ILG : projet "Bassins sédimentaires"
CRPG, CREGU, ENSG, Univ.: consultation des "spécialistes" lors de l'élaboration du prototype,
- * Paléométaballurgie
Universités : Paris 1, Besançon, Poitiers...
CNRS : P 1 C Sevenans, CRA,
Culture : CSRA (programme H27 puis H3), LAM
UISPP: CSA
AFEAF
Divers
- * Inertage
ILG : LEM
Société EMC Service.
- * Instrumentation
Cathodoluminescence : ENSG et CREGU

Spectroscopie Raman : EMC Sevice

4 Acquis scientifiques*** Géochimie**

Les compilations à large échelle (cf publication, notamment avec J. Desmons et J.M. Stussi) ont clairement montré que les analyses, même non récentes, sont très souvent utilisables, après quelques tests, pour la typologie des gneiss granitoïdes du moment que l'échantillonnage a été correctement conduit (principale exception : les déformation en faciès Schistes Verts).

F.D. a consacré ses dernières années au CRPG à deux synthèses : le chapitre magmatisme dans l'ouvrage sur les Pyrénées piloté par le BRGM (plus une disquette réalisée par l'EDTA) et un chapitre sur les enclaves des granitoïdes pour la refonte du livre de Didier.

*** SEDBA**

Réalisation du prototype de base de données internationale dévolue aux sédiments, PICG 269, conformément au "cahier des charges" initial.

*** Paléosidérurgie**

Mise à mal de quelques "mythes" (i.e. concepts traditionnellement acceptés par des archéologues et des historiens des sciences et techniques, souvent par décalque de documents "modernes" ou "contemporains") tels que: usage "récent" de la minette, assimilation trop systématique de "procédé direct" et bas-fourneaux versus "procédé indirect" et haut-fourneaux, "critères" de distinction entre scories de forges, scories de réduction directe et scories d'affinage (en indirecte).

Mise en place d'une démarche nouvelle qui considère les "déchets" et "rebut" de ces activités métallurgiques comme des "objets" dignes d'intérêt que des études raisonnées peuvent "faire parler" et qui montre que la somme des acquis dispersés apporte des idées et des solutions nouvelles. Ex. indices de fonctionnement en "indirecte" de structures typiques du procédé direct, et inversement ; typologie des minerais utilisés, et détection d'ajouts éventuels, au travers des compositions des scories ; puissance des notions d'héritage chimique, de traceurs, de coefficients de partage (différents de ceux en oeuvre dans les hauts-fourneaux) et de bilan chimique.

Retombées: aide à l'interprétation de sites ou d'ensembles régionaux; modalités d'observation et échantillonnage lors de prospection ou fouille; modalités de la conduite de reconstitutions expérimentales (ex. le film video "les Forges de Vulcain"); anomalies géochimiques liées à certains minerais de fer (Be, Y, Sc, Th...); etc.

*** Inertage**

Une enveloppe Solleau (pré-brevet) concernant l'incorporation, et ses modalités, d'ajouts favorisant l'inertage de scories d'incinération de déchets organo-métalliques a été déposée en juin 1992. Le brevet a été déposé en août 1993 (Arnold, Blazy, Thauront & Febvay-Schoffel)

Les scories pro parte vitreuses sont systématiquement sous contrainte ; leur relaxation, par fracturation, augmente les interfaces entre ce matériau et le milieu ambiant et favorise donc les agressions.

*** Instrumentation**

La chambre à cathodoluminescence est construite et les essais débutent.

La modification du spectrophotomètre a bien produit des spectres Raman à 1 ou 2 phonons. Se pose le problème de l'adjonction d'un analyseur de spectre de plus haute définition.

La platine microthermométrie sous vide, conçue au CRPG, a été transférée à Orléans où elle est en cours d'interfaçage avec PC (C. Ramboz).

5 Perspectives de recherche

SEDBA

Le premier contrat étant terminé, l'avenir du projet est suspendu à la décision du Comité PICG; tous les avis recueillis ont été très favorables.

La demande est conforme aux avis de diverses commissions: tenues d'Ecoles, incitation à saisies de données, développement d'applications, développement d'une version Macintosh, examen de la possibilité "bon marché et simple" d'introduire des données graphiques (logs, cartes schémas relationnels, ...).

Paléoméallurgie

Ces dernières années c'est l'approche chimique qui a surtout été développée (notion d'héritage et de bilan matières). Maintenant il faut compléter plus avant par une approche de type "pétrographique" (et métallographique), et ainsi tenter de décortiquer les textures et minéralogies en vue de mieux saisir les processus opératoires. Rappelons qu'actuellement il n'y a guère de "bons" critères permettant de distinguer ex abrupto des scories de forges (=mise en forme), d'épuration de loupes ou éponges, d'affinage (en indirect donc), voire même de réduction directe; le passage du procédé direct à l'indirect est très mal connu; la mise en évidence de "quasi-laitiers" est une piste. Les "reconstitutions" archéologiques apportent quelques éléments de réflexion mais de véritables expérimentations seraient à élaborer...

Suivant le souhait d'archéologues, la structure d'une base de données paléoméallurgique est élaborée en concertation, le prototype sera testé pendant les campagnes 1993, actuellement sur PC mais une version Mac sera mise en oeuvre aussitôt la structure fixée.

De fortes pressions se manifestent pour aborder les problèmes des non-ferreux, beaucoup plus difficiles à saisir par leurs déchets...

Inertage

Certaines convergences de textures, minéralogie, voire compositions, entre les scories archéologiques et les scories de traitements de déchets industriels actuels ont conduit M.A. et A.P. à proposer un thème de recherche : dans l'étude de la stabilité (ou résistance à certaines agressions) de ce type de matériaux, vitreux ou plus ou moins cristallisés, les scories archéologiques peuvent introduire le facteur temps en mode réel. Les collègues archéologues consultés sont d'accord sinon enthousiastes. Nous avons trouvé une candidate, reste à lui trouver un contrat ou une bourse (négociations en cours).

Instrumentation

Cathodoluminescence: développement d'une imagerie et d'une spectroscopie (UV à visible: 200 à 700 nm par cathodoluminescence sous ultravide; les essais du montage réalisé paraissent concluants.

Spectroscopie électronique et spectroscopie Raman: la connaissance de la composition chimique d'un matériau, vitreux ou cristallisé, et de son spectre d'absorbance permet

généralement de déterminer la répartition des éléments de transition parmi les différents sites d'une charpente aluminosilicatée ordonnée à courte (verre) ou à grande distance (cristal). L'obtention de spectres électroniques de haute résolution sur un domaine spectral étendu est de ce fait intéressante en science des matériaux. L'élargissement de la bande spectrale analysable (170 nm à 4 μ m contre 350 nm à 850 nm) et de la résolution (0,07 nm contre 0,2 nm) va permettre d'acquérir des informations sur les bandes d'absorption liées aux transitions intervalentielles (UV), d'une part, et sur celles résultant des vibrations moléculaires de l'eau libre ou des groupements OH, d'autre part, dans les matériaux naturels ou anthropiques.

6 Animation scientifique

6.1 Encadrement

* En suivi plein, au CRPG :

G. Banzet, thèse d'université	F. Debon
S. Nion, DEA 1989	A. Ploquin
I. Picquet, DEA 1992	M. Arnold
R. Martinez, thèse d'université soutenue 01.1993	M. Arnold
L. Febvay-Choffel thèse d'université	M. Arnold
N. Charoy, DEA	M. Arnold
B. Lam, stagiaire EMC Service, 6 mois	M. Arnold

* En suivi limité à un volet thématique :

N. Santarelli, thèse d'Etat 1989 Paris VI	A. Ploquin
N. Dieudonné-Glad, n th 1991 Paris 1	A. Ploquin
M.J. Essomba, th 1990 Paris 1/Yaoundé	A. Ploquin
H. Laurent, DEA 1990 Besançon	A. Ploquin
C. Jarrier (BDI, Toulouse) fin 1993	A. Ploquin
F. Yandia (th Paris 1)	A. Ploquin
M. Boukkezoula, K. Duniskovski, A. Faivre, H. Laurent, M. Leroy et B. Raïssouni (th Besançon) et divers "occasionnels".	A. Ploquin

6.2 Formation permanente

Préparation et encadrement de stages: initiation à l'acquisition et au traitement de spectres électroniques; Paradox; métallographie appliquée à la paléosidéurgie; 1ère Ecole internationale SEDBA.

A.P. a été "correspondant formation TOAE/DR6" et fait partie de la Commission FP de la Délégation Nord-Est.

6.3 Enseignement

Enseignement :

A.P., après avoir contribué à l'élaboration du programme, participe au nouveau DESS "méthodes scientifiques et techniques appliquées à l'archéologie" (Dijon) en ce qui concerne les métallurgies anciennes du fer (dont quelques notions de géologie et minéralogie, méthodes d'étude), 8H.

M.A. participe au module "fluides" en 3ème année ENSG, 10 H.

6.4 Organisation de congrès, etc.

Organisation de congrès, colloques, etc...:

SEDBA, PICG 269, à Nancy (A.P.): 2de réunion internationale octobre 1989; groupe de travail international "rédaction du manuel" octobre 1990; Ecole SEDBA décembre 1992 (idem à Rennes avec J.J. Chauvel, groupe octobre et 5ème réunion avril 1992).

Paléoméallurgie :

- Participation au Comité scientifique et d'organisation du Symposium international du Comité pour la Sidérurgie Ancienne tenu à Sévenans, novembre 1990 (A.P.).
- Président de l'association H3 en 1991 et 92 (A.P.).

Culture Scientifique et Technique, Lorraine, octobre 1989 : groupe d'organisation et animateur d'un thème.

6.5 Programmes

Programmes scientifiques (A.P.) :

SEDBA, programme PICG 269 dévolu à l'élaboration d'un prototype de base de données mondiale sur les sédiments, à vocation "sédimentologique"; responsabilités: "Europe", développement sous Pradox, manuel de saisie (version papier de base), école.

Paléoméallurgie, H3:

Initiateur et animateur du volet "analyses chimiques et pétrographiques" du programme "H27" puis "H3" (= Mines et Métallurgie) du conseil Supérieur de la Recherche Archéologique,

Président 1991 et 1992 de l'association animant ce programme.

Responsable du projet "base de données paléosidérurgiques" (lancé à la demande des archéologues concernés).

Membre du comité d'organisation et scientifique du Symposium international du Comité pour la Sidérurgie ancienne (UISPP), Paléoméallurgie et Culture, Sévenans 1-4 novembre 1990.

6.6 Edition

Alain Ploquin est membre du groupe de travail qui prépare la reprise du titre de la revue "Histoire des Mines et de la Métallurgie " (1er n° et 1er mémoire en 1993).

6.7 Culture scientifique et technique

Boutique de Science de Lorraine (Alain Ploquin membre du bureau)
 Sciences en Fête
 Reconstitutions publiques de bas-fourneaux
 Conférences

7 Financements

7.1. Contrats

* **Inertage**

Contrat EMC Service, géré par P. Blazy (LEM)

* **Paléométagallurgie**

Chaque partenaire s'efforce de trouver le financement correspondant aux travaux et traitements effectués (AFAN, SRA, collectivités,...)

Un soutien DBMIST a permis un bon démarrage

7.2 ATP

* **ATP Archéologie Métropolitaine**, participation à 3 contrats (Benoit P., Demazy F., Mangin M.) successifs

7.3 PICG, etc.

Le Comité Français pour les PICG a régulièrement soutenu le projet 269 (SEDBA) tous les ans depuis sa création: voyages à l'étranger (1 à Nara 88, 2 à Pékin en 90, 3 au Caire en 91), deux réunions annuelles internationales (89 et 92) et l'Ecole (92) tenues en France, aide à la diffusion du manuel.

Le séjour et la moitié du voyage, pour deux participants au 29ème CIG, Kyoto, a été payé par le PICG 269 et ? nippon.

8 Tableau résumé des publications

Remarque

Après vérification sur le JCR 1991, il est confirmé que l'Archéologie ne figure pas parmi les domaines dépouillés ; les rubriques "History and Philosophy of Sciences" (p 101), et "Metallurgy and Mining" (p 104), ne contiennent aucune revue à vocation archéologique. Les articles soumis à "lecture" ont donc été classés en B. Suivant sa réputation soulignée par des collègues, Archéologie Médiévale a été classé en A ; il aurait peut-être pu en être de même avec la RAE que j'ai laissé en B du fait de sa vocation régionale.

	A	AF	B	C	COM/Rés
89			6	1	6
90	1	2	2		7
91			5	1	6
92			3		5
Total	1	2	16	2	24
F.D.			3		2
M.A.			1		7 + "Solleau"
A.P.		2	13	2	14

ANNEES 1989-1992

RAPPORT D'ACTIVITE
Michel ARNOLD

Entré au CNRS en 1969 avec pour mission de développer la géochimie isotopique du Soufre dans ses applications à la recherche minière, je me suis reconverti aux problèmes de l'inertage des déchets industriels fin 1989. Cette nouvelle direction de recherche nécessitait de développer une instrumentation directement applicable aux problèmes posés par le partenaire industriel, de mener parallèlement une recherche visant à inerte des déchets industriels hautement toxiques. Ces impératifs à court terme ne devaient pas oblitérer des travaux plus fondamentaux visant à étudier la stabilité des verres, matériau le plus souvent utilisé pour immobiliser les métaux toxiques. Ceci permet d'éclairer l'activité déployée durant ces quatre dernières années.

I - RESULTATS

a) Conception d'un spectrophotomètre permettant l'acquisition de spectres électroniques et RAMAN sur une large bande passante (170 nm à 10 μ m). Ce dispositif permet de mesurer les bandes d'absorption liées aux transitions intravalentielles inter-ioniques, intra-ioniques et aux bandes d'absorption intraliées aux groupements hydroxyls afin de localiser les métaux de transitions dans les matériaux vitreux ou cristallisés. Cet instrument est directement appliqué aux problèmes d'interface.

b) Conception et construction d'une chambre de la cathodoluminescence sous ultra vide (10^{-9} torr) cet instrument permet de produire des images dans la partie visible du spectre. Il est également possible d'acquérir des spectres dans la bande passante 170 nm - 10 μ m. Une demande de brevet auprès de L'ANVAR doit être déposée au terme des essais préliminaires en cours actuellement. (En collaboration avec G. DAGALLIER de l'ENSG et M. PAGEL du CREGU).

c) Mise au point d'un procédé permettant d'inerte des déchets industriels hautement toxiques en collaboration avec P. BLAZY et L. FEBVAY-CHOFFEL du LEM pour le compte de la Société "EMC Service". Ce procédé a fait l'objet d'une enveloppe SOLLEAU. La demande de brevet est en cours.

II PROJETS

Deux autres procédés sont actuellement en cours de mise au point pour la même société en collaboration avec Mme B. LAM et Mlle N. CHAROY.

La stabilité temporelle de verres ou des matériaux pro parte vitreux destinés à fixer les métaux toxiques est très étudiée dans le domaine nucléaire. Elle l'est beaucoup moins dans le domaine des déchets ménagers et industriels. Ces produits métastables et sous tension peuvent s'auto-fragmenter au cours du temps ce qui a pour effet immédiat de réduire leur capacité de rétention des métaux toxiques. L'analyse des scories paléométallurgiques d'âge et de provenances diverses pourrait permettre d'apporter des éléments de réponse à cette question importante. Une candidate s'est déclarée. Une bourse CIFRE a été obtenue grâce à différents partenaires industriels. Les travaux débiteront à la rentrée 1993. Ce travail sera conduit en collaboration avec A. PLOQUIN et des chercheurs de l'UPR A 423 de l'Université de BESANCON.

Fiche individuelle - A. PLOQUIN, CR1**Principales activités 1989-1992****RECHERCHE***** Paléosidérurgie**

Participation active au programme "H3", mines et métallurgies, du Conseil Supérieur de la Recherche Archéologique,

Mise en oeuvre de la géochimie appliquée à l'interprétation des déchets archéologiques de la sidérurgie ancienne : reconnaissance des minerais et ajouts éventuels, approche des critères de détermination des étapes et processus technologiques.

*** SEDBA, PICG 269**

Un des animateurs du groupe international mise au point du prototype de base de données mondiale dévolue aux sédiments.

*** Géologie, géochimie****VALORISATION, CST***** Boutique de Sciences de Lorraine.****FORMATION***** Paléosidérurgie**

Participation au DESS "Archéo-Sciences", Dijon Séminaires et suivis de travaux.

***SEDBA**

Organisation et encadrement de la 1ère Ecole SEDBA, 20 participants, Atelier et démonstrations lors du 29ème CIG, KYOTO.

CHOIX DE QUATRE PUBLICATIONS.

PLOQUIN A, LAGADEC JL, LEROY M (1992) Apports de la pétrographie et de la géochimie à l'interprétation du site protohistorique dit "camp d'Afrique" (Messein, Meurthe et Moselle, Lorraine) : métallurgie, rempart à "noyau calciné" *Mémoire Soc. Géol. France*, 1992, 160, 55-65.

PLOQUIN A, (1992) Du minerai au fer, ...avant le haut fourneau et le passage au haut fourneau, apports de l'analyse chimique des scories et autres déchets. XIIIe colloque de l'A.F.E.A.F. (Association pour la Recherche archéologique en Limousin), Guéret, mai 1989. In: Actes du XIIIe colloque de l'A.F.E.A.F., D. Vuailat (Ed.), 1992, 21-28.

LEROY M, FORRIERES C, PLOQUIN A (1990). Un site de production sidérurgique du haut Moyen-Age en Lorraine. *Archéologie Médiévale*, XX, 141-179.

PLOQUIN A (1991) Encoding Textbook for a Global Data Base in sedimentary petrology SEDBA-IGCP 269. *Géodiffusion*, 1, 1-100.

C.R.P.G - C.N.R.S.
Renouvellement du Centre

• EQUIPE
DÉFORMATION ET MÉTAMORPHISME

• FICHES INDIVIDUELLES - CHERCHEURS

Jean-Michel	BERTRAND
Anne-Marie	BOULLIER
Jacqueline	DESMONS
Dominique	GASQUET
Jacques	LETERRIER
Jean	MACAUDIERE

1 - Intitulé de l'équipe:

EQUIPE DEFORMATION ET METAMORPHISME

L'équipe "Déformation et Métamorphisme" du CRPG est composée de structuralistes et de pétrographes. Tous ont des activités fortement ancrées sur le travail de terrain et la diversité des spécialités devient alors un atout dans la mesure où un même objet ou une même région (Brésil, Alpes, Portugal) peut être abordée suivant des approches différentes (structure, pétrographie, chimie, géochimie isotopique).

Les travaux de l'équipe dans certains domaines sont reconnus par la communauté scientifique française ou internationale. Les thèmes principaux développés, le plus souvent en collaboration avec d'autres équipes du centre, sont les suivants:

- déformation et géologie structurale appliquée;
- interaction fluides et déformation (zones paléosismiques archéennes et dômes migmatitiques);
- géochronologie U-Pb sur monozircons ou très petites fractions (applications à la déformation et aux magmas orogéniques);
- mélanges de magmas et modalités de mise en place;
- déformation et métamorphisme des zones internes alpines;
- analyse d'image appliquée à différents problèmes géologiques;

2 - Composition de l'équipe au 01-01-1993

Chercheurs permanents:

BERTRAND	Jean-Michel	DR	Co-animateur
BOULLIER	Anne-Marie	DR	
DESMONS	Jacqueline	CR	
LETERRIER	Jacques	CR	

Enseignants-chercheurs permanents:

MACAUDIERE	Jean	Pr	Co-animateur
GASQUET	Dominique	MC	

I.T.A.:

CHAMPENOIS	Michel	IE	
------------	--------	----	--

Doctorants:

AILLERES	Laurent	1	Macaudière/Bertrand
ALTHOFF	Fernando	2	Boullier/Barbey
BRIEDJ	Moussa	4	Bertrand/Letterrier
FIRDAOUS	Karima	2	Boullier
HOXHA	Mynyr	4	Boullier
JABBORI	Jamila	2	Macaudière/Barbey

DEA:

MAHE	Cécile	Gasquet/Fernandez
AIT MALEK	Halima	Gasquet/Weisbrod
MELLET	Olivier	Allouc/Gasquet

3 - Thèmes scientifiques

Compte tenu des nécessités de l'enseignement et du petit nombre de structuralistes à Nancy, la philosophie de l'équipe a toujours été de favoriser des thèmes de recherche situés aux marges d'autres spécialités (par ex: fluides, géochimie et géochronologie). Dans le cas d'approches régionales, la combinaison de l'étude de la déformation, du métamorphisme et du plutonisme associé justifie la participation de pétrologistes à l'équipe et renforce la collaboration avec les autres équipes du centre.

Les outils utilisés sont les outils classiques de la géologie structurale, de la pétrologie du métamorphisme et des roches ignées auxquels s'ajoutent:

- la géochronologie U-Pb sur petites fractions de zircons ($\pm 100 \mu\text{g}$) pour dater les épisodes de déformation et de magmatisme,
- l'analyse d'image pour la quantification de la déformation et autres applications comme la mesure de l'orientation des microfractures.

Les interactions avec les autres équipes du CRPG sont les suivantes:

- équipe de Minéralogie et Pétrologie Expérimentale et Jeune Equipe DRED Nancy I pour caractérisation pétrologique des roches déformées et des migmatites (P. Barbey).
- équipe de Géochimie Isotopique pour la géochronologie U-Pb, la caractérisation des sources des magmas orogéniques (L. Reisberg, C. Alibert, D. Dautel, L. Kinsley), et les caractéristiques isotopiques des fluides présents lors de la déformation (C. France-Lanord, A. Galy).
- équipe de Métallogénie Endogène (C. Marignac) pour le contexte structural de gîtes minéraux ou d'indices de l'Anti-Atlas marocain et du nord de l'Algérie.
- équipe de Géochimie des Gaz pour la caractérisation des transformations hydrothermales des roches (B. Charoy)
- l'analyse d'image offre des logiciels utilisables par l'ensemble des équipes du centre ou d'autres laboratoires: déformation finie, analyse modale, réseaux de fracturation, traces de fission...

4 - Acquis scientifiques et bilans.

1 - Principaux résultats acquis.

- Déformation et géologie structurale appliquée

Etude structurale des roches anisotropes, genèse du clivage et fracturation, comportement mécanique et stabilité (voir rapports industriels, J. Macaudière et D. Gasquet).

Rôle du polyphasage et de la déformation dans la genèse des indices aurifères des quartz filoniens dans les boutonnières précambriennes de l'Anti-Atlas occidental (J. Macaudière) et dans la métallogénie des socles nord-algériens (D. Gasquet).

- Fluides et déformation:

L'importance de la tectonique en cisaillement pour le collectage des produits de fusion dans les migmatites a été démontrée au Cameroun : la nature et la composition minéralogique et géochimique des mobilisats et des restites s'expliquent par la ségrégation et le filtrage mécanique de ces produits. Une approche similaire a été appliquée au dôme migmatitique du Velay (J. Macaudière).

L'utilisation des plans d'inclusions fluides comme marqueurs tectoniques couplée à une étude texturale fine et appliquée à un système de veines hydrothermales archéennes à la transition fragile-ductile a permis de préciser les mécanismes de déformation dans une zone sismique fossile, de reconnaître des variations cycliques des contraintes de cisaillement et de pression fluide, et donc de prouver la validité du modèle de valve sismique proposé par Sibson et al. (1988) (A-M. Boullier).

- Géochronologie et tectogénèse:

La technique de datation U-Pb par dilution isotopique sur monozircon et minéraux accessoires a été mise en oeuvre à Ottawa (stage 89-90, Canada) et appliquée à la chaîne Protérozoïque inférieure du Torngat (Labrador), caractérisée par une grande zone de cisaillement en contexte granulitique. Il a été possible d'approcher la durée des événements tectoniques et métamorphiques dans cette portion de croûte profonde (J-M. Bertrand).

- Caractérisation des magmas et pétrologie structurale:

L'étude de la pétrogenèse de complexes plutoniques granitoïdes, marqueurs de l'évolution géodynamiques de segments orogéniques a mis en évidence des processus d'interaction entre matériaux crustaux et mantelliques et a permis de les préciser sur deux

exemples: le domaine de Braga, Portugal (J. Leterrier) et le massif de Tichka, Haut-Atlas marocain (D. Gasquet et J. Leterrier).

La cartographie et l'étude des structures magmatiques du massif de Tichka ont permis en outre, de comprendre les processus de mise en place d'un pluton composite au cours d'une phase tectonique en cisaillement et de mettre en évidence des structures claires d'immiscibilité de magmas (D. Gasquet).

- **Métamorphisme:**

La reconnaissance du polymétamorphisme et de l'âge pan-africain des associations les plus anciennes identifiables dans les socles penniques alpins a des conséquences très importantes sur la cinématique et la reconstruction géodynamique des Alpes (J. Desmons).

2 - Développements méthodologiques.

- Les techniques de géochronologie précise en U-Pb sur monozircons ou minifractions utilisées à Ottawa (Canada) et dans plusieurs autres labos américains ont été adaptées et implantées à Nancy: mise au point de l'abrasion des zircons, aménagement d'une salle blanche et, en utilisant avec C.Pin la salle blanche de Clermont-Ferrand, d'un protocole de chimie pour minimiser les blancs de Pb commun (J.-M. Bertrand et J. Leterrier).

- Analyse d'images: mise au point d'une méthode de mesure de longueur de traces de fission et d'orientation en 2D puis en 3D de microfractures. Développement d'algorithmes de traitement d'images numériques relatifs à la quantification de la déformation finie (méthode de Fry normée) et au calcul de proportions relatives (M. Champenois).

5 - Perspectives de recherche.

Les projets sont présentés selon la même classification thématique utilisée pour les résultats avec indication des chercheurs impliqués. Le lecteur est renvoyé aux fiches individuelles des chercheurs pour plus de détails sur ces projets et les collaborations impliquées.

Déformation et géologie structurale appliquée

Collision et extension dans les Alpes. La cartographie de la déformation finie dans la zone houillère Briançonnaise est en cours le long du chevauchement pennique frontal. Associée à une étude cinématique, elle permettra de reconnaître la part due à la collision ou à l'extension dans les Alpes et de comparer les structures de surface aux structures profondes mises en évidence par la sismique. Analyse de la géomorphologie et des rejeux actuels des failles grâce aux données de nivellement et à l'étude des éboulements vivants permettra d'évaluer les risques naturels le long du chevauchement pennique frontal et constitue un thème de recherche nouveau dans l'équipe (L.Aillères, J.M.Bertrand, J.Macaudière, D.Gasquet, M.Champenois).

Fluides et Déformation

La propagation lente de microfractures est un phénomène bien connu expérimentalement mais dont les équivalents naturels sont peu documentés. Nous pensons que les structures de crack-seal en sont un exemple. Nous chercherons donc à mieux connaître et quantifier ces structures. Pour cela, des expériences sur la cinétique de cicatrisation de microfractures en présence de fluides aqueux chargés en sels ou aquocarboniques seront nécessaires et pourraient trouver une certaine utilité pour connaître la durée de vie de microfractures dans des zones de stockage de déchets. La compréhension de ces mécanismes de crack-seal et l'estimation des variations de pression fluide et de l'orientation des contraintes dans une zone sismogénique fossile permettra de préciser le rôle des fluides dans les mécanismes de rupture sismique (A.M. Boullier, J. Macaudière, K. Firdaous). Ce projet sera réalisé en collaboration avec M.C. Boiron.

- Collectage des produits de fusion dans les migmatites du Dôme du Velay (J. Macaudière, J. Jabbori) en collaboration avec P. Barbey.

- Enfin, un projet est en cours d'élaboration avec F. Chalot-Prat, E. Deloule, L. Reisberg, C. Alibert sur la percolation de fluides et/ou de magmas dans le manteau: aspects structuraux, pétrographiques, chimico-minéralogiques et géochimiques (A.M.Boullier).

Géochronologie et tectogenèse

En parallèle avec l'amélioration des techniques et la recherche du meilleur accord entre l'approche isotopique et la compréhension des structures de cristallisation et de croissance, plusieurs projets régionaux ou thématiques seront développés (J.M. Bertrand et J. Leterrier). Plusieurs de ces projets seront considérablement facilités par l'éventuelle utilisation de la future sonde ionique et se feront en accord avec l'équipe de Géochimie Isotopique.

- Datation directe de la déformation dans les zones de cisaillement des Alpes, des Pyrénées, du Nordeste Brésil, du bouclier canadien.

- Datation et signification tectonique du magmatisme polychrone du Protérozoïque du Nordeste Brésil.

- Protérozoïque inférieur de l'Anti-Atlas marocain (coopération ENSG-CRPG avec l'Université d'Agadir).

- L'Adamaoua protérozoïque (Cameroun). Projet Campus Nancy-Yaoundé.

- Les zircons détritiques de la zone Houillère briançonnaise et la recherche de l'origine géotectonique du domaine pennique alpin.

Par ailleurs une compilation cartographique de toutes les données géochronologiques existant dans les Alpes, de la Ligurie à la Silvretta, permettra une nouvelle interprétation de l'évolution de la chaîne (J. Desmons). On s'efforce aussi de combler des lacunes dans la distribution de ces données (J. Desmons).

Caractérisation des magmas et pétrologie structurale

- Pétrologie, géochimie et géochronologie des granites hercyniens du Nord Portugal (J. Leterrier, projet Stride Portugal avec G. Dias).

- Granitoïdes brésiliens et Transamazoniens du NE Brésil (J. Leterrier, J.M.Bertrand)

- Propriétés rhéologiques de magmas synchrones au cours du refroidissement (D. Gasquet)

- Relations entre l'acquisition des structures dans les granitoïdes et la pétrologie (D. Gasquet, J. Leterrier, J.Macaudière, F.Althoff et A.M.Boullier).

Les deux derniers thèmes seront abordés en étroite collaboration avec P. Barbey.

Métamorphisme

- Datation et interprétation des associations métamorphiques successives des différentes unités internes des Alpes. Conséquences cinématiques. (J. Desmons)

- Dictionnaire des termes métamorphiques (J.Desmons dans la S.C.M.R., I.U.G.S.).

- Différentes cartes métamorphiques du monde à petite échelle : Amérique du N et Amérique du S (J.Desmons dans la C.C.G.M.).

6 - Animation scientifique.

Déformation et Métamorphisme**Thèses soutenues:**

Nom	Responsable	Soutenance	Université
BRIEDJ Moussa	Leterrier/Bertrand	1993	Nancy I
CHAMPENOIS Michel	Boullier/Bertrand	1989	INPL.
GASQUET Dominique	Leterrier	1991	Etat Nancy I
HOXHA Mynyr	Booullier	1993	I.N.P.L.
OUGUIR Hassan	Macaudière codir.	1991	INPL
POINT Raymond	Leterrier	1990	Etat Paris VII.
ROMANO Antonio W.	Bertrand	1989	Nancy I
SA Jaziel M.	Bertrand/Leterrier	1990.	Nancy I
SIMOS Eugenios	Sheppard/Boullier	1990	I.N.P.L.

Thèses en cours

Nom	Nb inscr.	Responsable	
AILLERES Laurent	1	Bertrand/Macaudière	
ALMEIDA M.-Angela		Leterrier	Porto, Portugal
ALTHOFF Fernando	2	Boullier/Barbey	
EL AOULI Al Hassan		Gasquet	Agadir, Maroc
FIRDAOUS Karima	2	Boullier	
JABBORI Jamila	2	Macaudière/Barbey	

Formation permanente: participation aux cours du CESEV (J.M.).

Enseignements universitaires:

Nom	Volume horaire	Formation
Macaudière J.	>192h	ENSG + directeur des Etudes
Gasquet D.	>192h	E.N.S.G. + E.M.N.
Bertrand J.M.		E.N.S.G./ D.E.A./ 2 ^{ème} cycle Nancy I
Champenois M.		E.N.S.G. / 2 ^{ème} cycle Nancy I
Boullier A.M.		E.N.S.G.

Organisation de congrès, colloques:

Macaudière J.	15 ^e Colloque Géologie africaine, Nancy, septembre 1990
Bertrand J.M.	Atelier "Structures internes des minéraux accessoires et géochronologie", Nancy, Mars 1992.
Boullier A.M.	Coordinatrice du thème "Fluides et Déformation", Journées de la SFMC., Orléans, septembre 1992.
Gasquet D.	Comité d'organisation de la 15 ^{ème} R.S.T.

Ouvrages scientifiques collectifs internationaux, comités de lecture

Desmons J.	Secrétaire de la Sous-Commission de nomenclature des roches métamorphiques (I.U.G.S.) Présidente de la Sous-Commission pour les cartes métamorphiques (Carte Géologique du Monde, I.U.G.S.).
Bertrand J.M.	Comités éditoriaux de Géologie Alpine et d'Ofioliti. Comités éditoriaux de Precamb. Res. et du Canad. J. Earth Sci.

7 - Financements et valorisation de la recherche:

Déformation et Métamorphisme			
<i>Contrats dirigés par des membres de l'équipe:</i>			
1991	Convention Univ. Agadir	Protérozoïque Anti-Atlas	Macaudière/Gasquet
1989-93	Accord CNRS-INIC	Granites Nord Portugal	Leterrier
199?	Convention Univ. Yaoundé	Protérozoïque Cameroun	Macaudière/Barbey
1988	DBT	Fluides crustaux	Boullier
1991	DBT	Instabilités	Boullier
1991	Géosciences Marines	ODP 219	Boullier
1992	GDR 914	Géomécanique	Boullier/Macaudière
1989-93	ANDRA	Roches anisotropes	Macaudière/Gasquet
<i>Contrats auxquels participaient des membres de l'équipe:</i>			
1989-92	CEE	Shear-zones Nordeste Brazil	Bertrand/Leterrier
1993-95	STRIDE-Portugal	Granites Nord-Portugal	Leterrier/Bertrand
1989	DBT	Croissance crustale	Bertrand/Leterrier
1992	DBT	Instabilités	Boullier
1989-91	Conv. USTHB	Métallogénie Nord-Algérie	Gasquet

8 - Tableaux résumés des publications

Déformation et Métamorphisme						
	<i>Publications</i>					<i>Communications</i>
	<i>A</i>	<i>AF</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>Total</i>	
1989	3	2	8	0	13	13
1990	4	1	5	2	12	24
1991	1	4	6	1	12	21
1992	2	7	1	1	11	18
	10	14	20	4		
sous presse	1	1	6	2	10	
soumis	9	1			10	
<i>Moyenne</i>						
<i>/an/chercheur</i>	1,7	2,3	3,3	0,6		12,7

Déformation et Métamorphisme			
<i>A étrangères</i>			
Contrib. Mineral. Petrol.		2	
J. Petrol.		1	
Can. J. Earth Sci.		1	1 soumise
J. Struct. Geol.		1	2 soumissions
Tectonophysics		1	
Geology		1	
Chem. Geol.		1	
Earth Planet Sci. Lett.		1	
Geol. Rundschau		1	
J. Geol. Soc. London			1 soumise
Lithos			3 soumissions
Precambrian Res.			1 soumise
J. Geophys. Res.			1 soumise
Total		10	1 sous presse 9 soumissions

Déformation et Métamorphisme**A françaises:**

C.R. Acad. Sci. Paris	12		
Bull. Soc. géol. Fr.	2	1 sous presse	1 soumise
Total	14	1 sous presse	1 soumise

B:

Géologie Alpine	2		
Ofioliti	2		
Geoscience Canada	1		
J. Southeast Asian Earth Sci.	1		
Gallia Préhistoire	1		
Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.	1	1 sous presse	
J. African Earth Sci.	1		
Mitt. Östt.		1 sous presse	
Chronique Rech. Min.		1 sous presse	
NATO ASI Series	1		
Geol. Soc. London, Spec. Pub.	1		
Geol. Assoc. Canada Spec. paper	1		
Carte géologique	3	1 sous presse	
Notice carte géologique	2	1 sous presse	
Springer Verlag	1	1 sous presse	
Résumés congrés Balkema	2		
Total	20	6 sous presse	

C:

Lithoprobe report	1		
Cours univ. étrangère	2		
Mémoire Univ. Lausanne		1 sous presse	
Résumés étendus		1 sous presse	
Total	3	2 sous presse	

Thèses **6**

Rapports d'études **5**

Fiche individuelle - Jean-Michel BERTRAND**Bilan 1989-1992**

Le TRANSAMAZONIEN au Nordeste Brésil (Province Borborema et craton de Sao Francisco). Encadrement de deux thèses: 1) **A.Romano** - Tectonique Transamazonienne affectant les terrains Archéens de Rio das Velhas et la série Protérozoïque, 2) **J.M.Sa** - Pétrologie et structure d'un bassin tardi- à post-Transamazonien, tectonique en extension et magmatisme associé.

GEOCHRONOLOGIE U-Pb et STRUCTURE. Analyse de très petites fractions ($\pm 100\mu\text{g}$) avec recherche de blancs minimum pour pouvoir dater précisément, grâce à des mesures quasi-punctuelles, des épisodes de déformation ou de métamorphisme Parallèlement, observation systématique des microstructures internes des minéraux accessoires au MEB.

Activités techniques: 1) Installation à Nancy de la technique d'abrasion des zircons (1991); 2) Redémarrage avec C.Pin de la salle blanche de Clermont Ferrand et mise au point de techniques pour obtenir des blancs très bas (niveau actuel de 25 à 60 pg); 3) équipement de la salle blanche de Nancy.

Zircons granulitiques du Labrador.

Contrats réalisés et en cours

DBT 1989: Croissance crustale à l'Archéen ancien et transition Archéen-Protérozoïque, l'exemple du craton de Sao Francisco, Brésil. Resp. Ph. Vidal.- **CCE Brésil 1989-1992:** Ductile shear zones within Pan-African cratons and Phanerozoic basins of Nordeste Brazil. Resp. A.Vauchez.- **Programme STRIDE-Portugal 1992 - 1996.** Estudo geoquímico e isotópico de granitoides da zona centro iberica. Resp. G.T. Dias

Encadrement de thèses et de DEA

Laurent Aillères, Techniques d'analyse structurale et reconnaissance des structures profondes. Approche préliminaire, cas du Chevauchement Pennique Frontal (Alpes françaises), DEA Nancy soutenu en Septembre 1991; thèse engagée en Septembre 1992 (bourse MRT).

Moussa Briedj, Etude pétrographique du volcanisme de l'Arefsa, Hoggar. Soutenue en juin 1993.

Michel Champenois, Apport de l'analyse interactive d'images à l'étude de l'évolution structurale de zones déformées: application à une zone de cisaillement pan-africaine de l'Adrar des Iforas (Mali) et aux orthogneiss du massif du Grand Paradis (Alpes, Italie). Soutenue en Juin 1989.

Antonio Wilson Romano, Evolution tectonique de la région NW du Quadrilatère ferrifère, Minas Gerais, Brésil, thèse Nancy I soutenue en Octobre 1989.

Jaziel Martins Sa, Evolution géodynamique de la ceinture protérozoïque d'Oro, Nordeste Brésil, thèse Nancy I soutenue en Décembre 1991.

Principales collaborations extérieures

C.Roddick et I.Ermanovics, Ottawa, Geological Survey of Canada; C.Pin, Clermont-Ferrand; E.Jardim de Sa et J.Martins Sa, UFRN, Natal, Brésil; D.Marquer, Université de Neuchatel; D.Garcia, Ecole des Mines de St Etienne

Organisation de réunions, comités éditoriaux.....

Organisation d'un atelier "Structures interne des minéraux accessoires et géochronologie", Nancy, Mars 1992.

Comités éditoriaux: Canadian Journal of Earth Sciences, 1989 -..., Precambrian Research, 1990 -...

Sélection de quatre publications

BERTRAND J.M., DIA A., DIOH E. et BASSOT J.P. (1989) Reflexions sur la structure interne du craton Ouest-Africain au Sénégal oriental et confins guinéo-maliens. C.R.Acad.Sc.Paris, II 309, 751-756.

Cette publication résume une implication de plusieurs années sur l'évolution tectonique des terrains Protérozoïque inférieur de l'Afrique de l'Ouest. Le manque de moyens (missions et possibilités de soutien

logistique sur place), la rareté et la mauvaise qualité des affleurements en zone sahélienne expliquent que cette voie ait été abandonnée.

TOTOU S.F., BERTRAND J.M., PENAYE J., MACAUDIERE J., ANGOUA S. and BARBEY P. (1990) - Cameroon, a tectonic keystone in the Pan-African network. In "The Early Proterozoic Trans-Hudson Orogen of North America", J.F. Lewry and M.R. Stauffer eds, Geol. Assoc. Canada Special aper, 37, 483-496.

Synthèse de travaux (1985 et 1989) en collaboration avec J.Macaudière et P.Barbey pour l'encadrement de thèses de chercheurs camerounais. La cartographie structurale de zones clefs et la géochronologie U-Pb ont permis de produire un modèle cohérent de l'évolution pan-africaine du Cameroun avec la mise en évidence d'un domaine nord dominé par l'accrétion crustale au Protérozoïque supérieur et un domaine sud où la collision avec le craton archéen du Ntem est l'événement principal. Après un sommeil de plusieurs années, les recherches devraient repartir dans la zone médiane, autour du lineament de l'Adamaoua, équivalent et prolongement des grands cisaillements du Nordeste Brésil.

BERTRAND J.M. and JARDIM de SA E.F.(1990) - Where are the Eburnean-Transamazonian collisional belts? Canadian Journal of Earth Sciences, 27: 1382-1393.

Cette publication a été choisie car elle développe la problématique qui a sous-tendu mon engagement au Brésil dans le cadre d'un contrat CCE à savoir les liens étroits entre l'Afrique de l'Ouest et le Brésil au Protérozoïque et, particulièrement pour le PR inférieur, les nombreuses questions non encore résolues concernant l'évolution géodynamique à cette époque: chaînes de collision, OU? grands domaines d'accrétion crustale? extension d'échelle continentale? L'approche structurale, géochimique et géochronologique combinée, avec des chercheurs brésiliens et, coté français avec J.Leterrier et H.Martin, est encore active.

BERTRAND J.M., RODDICK J.C., VAN KRANENDONK M. and ERMANOVICS I. - U-Pb geochronology of deformation and metamorphism in the Early Proterozoic Torngat Orogen, North River map area, Labrador. Soumis à Can J. Earth Sc.

Cette publication développe le travail réalisé pendant une année de stage au laboratoire de géochronologie du Geological Survey of Canada. Intégré dans un projet pluridisciplinaire, j'y ai étudié les zircons et monazites d'échantillons sélectionnés pour caler au plus près l'évolution tectonique d'un large segment de croûte granitique d'âge Protérozoïque inférieur. L'étude minéralogique des zircons s'est poursuivie après mon retour à Nancy. Ce travail correspond à la première synthèse géochronologique réalisée dans cette région. (Publication acceptée avec quelques modifications, Février 93).

Projets 92-96

Ils sont tous centrés sur une association étroite entre analyse microtectonique, minéralogie détaillée et microscopie électronique et analyse isotopique de très petites fractions et de monozircons. Dans la mesure des possibilités et des collaborations pour l'accès aux appareils, des analyses complémentaires à la sonde ionique sont souhaitées.

Collision et extension dans les ALPES - Zone Houillère et Chevauchement Pennique Frontal, Mise en évidence des grandes structures en utilisant la déformation finie.(c11, c14, c17). Cartographie structurale et analyse cinématique. Thèse de L.Aillères commencée en Septembre 1992.

Comportement du zircon dans les zones de cisaillement (c13): préparation d'un projet CNRS pour E. Delaperrière, candidat 1992 et 1993. Des échantillonnages tests ont été effectués dans les Alpes suisses (D.Marquer), dans les Pyrénées (D.Garcia), en Ardèche (J.Macaudière, C.Marignac) et au Brésil (A.Vauche, R.Caby) ainsi que des analyses préliminaires au MEB.

Zircons détritiques de la Zone Houillère Briançonnaise: la paléogéographie du domaine pennique alpin est encore une énigme, s'agit-il vraiment d'un morceau de croûte européenne varisque? L'étude des spectres d'âges de zircons détritiques, réalisées sur des monozircons en IDTIMS ou en évaporation devrait pouvoir aider à résoudre ce problème. Ce type d'étude est particulièrement adapté à l'utilisation de la sonde ionique.

Collaboration à divers projets régionaux: Brésil (J.M.Sa, J.Leterrier, H.Martin), Portugal (G.Dias, J.Leterrier), Anti-Atlas (D.Gasquet, J.M.Stussi), Cameroun (J.P. Nzenti, P.Barbey, J.Macaudière), bouclier canadien (I.Ermanovics, C.Roddick, J.Henderson).

Fiche individuelle - Anne-Marie BOULLIER

1 - Résultats acquis.

Depuis quatre ans mes projets de recherches touchent principalement aux problèmes des fluides dans la croûte continentale ou océanique, les inclusions fluides étant utilisées comme marqueurs tectoniques et marqueurs des fluctuations de la pression fluide.

Chevauchement, M.C.T. Himalayen.

Le M.C.T. himalayen permet d'appliquer nos résultats expérimentaux sur le rééquilibrage des inclusions fluides (Boullier et al. 1989). Dans la dalle du Tibet, les fluides à H₂O+CO₂ ont circulé par microfissuration selon un angle fort par rapport à la foliation et à la linéation. Des figures de décrépitation suggèrent que les inclusions fluides se sont rééquilibrées selon un champ de contrainte régional tel que σ_3 était subverticale. Le sommet de la dalle du Tibet se caractérise par des fluides aqueux salés tardifs, souvent associés à une déformation plastique froide tardive attribuée à la tectonique en extension (projet DBT 88-3855, thème fluides crustaux).

A l'inverse, dans les séries sédimentaires tibétaines, les fortes densités et la forme annulaire de certaines inclusions sont interprétées comme secondaires et liées à la surcharge locale induite par le glissement et l'empilement des séries tibétaines vers le nord (Boullier et al. CMP 1991).

Faille inverse, Abitibi, Québec.

Les gisements d'or mésothermaux archéens de l'Abitibi (Québec) correspondent à des réseaux de veines en cisaillement et en extension. Sibson et al. (1988) les considèrent comme l'exemple type de valve sismique.

Pendant mon détachement à Ottawa (1989-90), j'ai étudié la structure interne des veines et la dynamique des fluides lors de leur formation. Des incréments de remplissage en extension verticale et d'affaissement vertical des veines subhorizontales peuvent être attribués respectivement à des épisodes de blocage et de glissement sur les failles inverses. D'autre part, on met en évidence des variations de la nature du fluide et de la géométrie des chemins de percolation **pendant le fonctionnement du système**. Tout ceci s'intègre dans un cycle de fluctuation de la pression fluide relié à des épisodes sismiques sur les failles inverses à fort pendage (Boullier et Robert JSG 1992).

Ce projet s'est prolongé au CRPG à Nancy (projet DBT 1991 thème instabilités, et année sabbatique en 1990-91 de Francois Robert). Nous sommes en voie de quantifier les fluctuations de pression fluide au moment des ruptures sismiques grâce à l'étude des inclusions fluides (thèse K. Firdaous).

Ces veines hydrothermales archéennes trouvent un équivalent géométrique dans des veines en cisaillement et en extension dans des schistes ardoisiers du massif armoricain qui ont fait l'objet d'une étude de détail des mécanismes d'ouverture et de propagation de la fracturation (D.E.A. de M. Nasraoui et projet GDR 914 avec J.Macaudière).

Veines hydrothermales de la croûte océanique du Pacifique Ouest.

Le Leg 129 de la campagne ODP a atteint la croûte océanique jurassique (trous 801B et C) dans laquelle de nombreuses veines hydrothermales ont été observées. L'orientation, le remplissage et la nature des inclusions fluides dans ces veines permettent d'étudier l'orientation des contraintes dans une croûte océanique ancienne, de relier ces orientations à la position de la croûte près ou loin de la ride (projet Géosciences marines 91 GEO2/3.03, en collaboration avec G.Manac'h, C.France-Lanord et A.Galy).

Variations de pression fluide et de perméabilité.

L'étude des structures sur un granite en Australie montrent que l'hydrothermalisme tardi-magmatique s'accompagne de variations de la porosité (porosité intrinsèque, puis induite chimiquement, puis de fracture) et de la pression fluide (en collaboration avec B. Charoy et P.J. Pollard).

2 - Projets

L'interaction fluides-déformation sera le thème principal de mes recherches. Outre la poursuite des projets en collaboration avec F. Robert (G.S.Canada) et M.C.Boiron (CREGU) et cités ci-dessus (zone sismogénique fossile de l'Abitibi, variations de la pression fluide), nous envisageons de nous focaliser sur les mécanismes de propagation de microfractures en nous aidant des exemples naturels (crack-seal, structure interne des veines...). Une meilleure compréhension de la cinétique de ces phénomènes peut nous apporter des contraintes sur la périodicité des événements sismiques par exemple. Un aspect expérimentation s'avère indispensable pour connaître la cinétique de cicatrisation des fractures et nous l'aborderons en circuit fermé au CRPG puis, si les résultats sont positifs, en circuit ouvert avec J.P. Gratier (Grenoble).

Par ailleurs, il est possible que cette étude fluides/déformation s'étende au manteau supérieur à l'occasion d'une collaboration avec F. Chalot-Prat, L. Reisberg et C. Alibert (projets en cours d'élaboration).

Outre ce thème principal, je suis aussi impliquée dans d'autres thèmes par le biais des thèses que j'encadre (voir thèses en cours).

3 - Encadrement.

D.E.A.: 5 diplômes soutenus depuis 1989 sous ma direction.

Thèses soutenues:

- Michel Champenois 1989 (en co-direction avec J.M.Bertrand). Apport de l'analyse interactive d'images à l'étude de l'évolution structurale de zones déformées: application à une zone de cisaillement pan-africaine de l'Adrar des Iforas (Mali) et aux orthogneiss du massif du Grand Paradis (Alpes, Italie). Thèse INPL

- Eugène Simos, 1990 (en co-direction avec S.M.F.Sheppard). Géologie et géochimie des indices aurifères de la région de Stanos, Grèce septentrionale. Thèse I.N.P.L.

- Mynyr Hoxha. Etude structurale et pétrologique de l'ophiolite de Kukës: cinématique de la déformation et géométrie de la ride (soutenance le 25 mars 1993).

Thèses d'université en cours.

- Karima Firdaous. Etude des inclusions fluides des gisements mésothermaux aurifères de l'Abitibi. Mise en évidence de fluctuations de la pression fluide (2ème année). Travail en collaboration étroite avec M.C. Boiron;

- Fernando Althoff. Structures magmatiques et tectoniques dans les gneiss archéens de la région de Rio Maria (craton brésilien) et dans la charnockite d'Ansignan (Pyrénées). En co-direction avec Pierre Barbey. (2ème année).

Il est prévu que deux étudiantes faisant actuellement une thèse avec J.P.Burg à Montpellier, viennent poursuivre leurs travaux sous ma direction à Nancy.

4 - Quatre publications significatives.

BOULLIER A.M., MICHOT G., PECHER A. & BARRES O. (1989) Diffusion and/or plastic deformation around fluid inclusions in synthetic quartz: new investigations. In: "Fluid movements. Element transport and the composition of the deep crust". D.Bridgwater éd., N.A.T.O. A.S.I., Kluwer Academic Pub. Dordrecht 345-360.

BOULLIER A.M. (1991) The Pan-African Trans-Saharan belt in the Hoggar shield (Algeria, Mali, Niger): a review. In: The West African Orogens and Circum-Atlantic Correlatives. Ed. R.D.Dallmeyer and J.P.Lécorché. 85-105.

BOULLIER A.M., FRANCE-LANORD C., DUBESSY J., ADAMY J. & CHAMPENOIS M. (1991) Linked fluid and tectonic evolution in the High Himalaya mountains (Nepal). Contrib. Mineral. Petrol. 107, 358-372.

BOULLIER A.M. & ROBERT F. (1992) Paleoseismic events recorded in Archaean gold-quartz vein networks, Val d'Or, Abitibi, Québec. J. Struct. Geol. 14, 161-179.

5 - Charges d'enseignement.

Cours en troisième année de l'E.N.S.G. (modules "microstructures et déformation" et "fluides") et participation au D.E.A. "Géosciences".

Fiche individuelle - Jacqueline DESMONS

Sujets d'activités.

1. Alpes :
 - leurs métamorphismes, alpins et anté-alpins ;
 - les socles ;
 - la géochronologie ;
 - leur évolution cinématique et leur paléogéographie.
2. Ophiolites :
 - Alpes, Yougoslavie, ophiolites péri-arabes.
3. Cartographie :
 - métamorphique des Alpes (où je suis responsable de l'ensemble des Alpes occidentales) ;
 - de la France (participation à la feuille au millionième, à plusieurs feuilles des Alpes au 50 000e) ;
 - métamorphique du monde (comme présidente de la Sous-Commission des cartes métamorphiques de la C.C.G.M.)
4. Nomenclature des roches métamorphiques (comme secrétaire de la Sous-Commission correspondante de l'I.U.G.S.).

Résultats

- Le métamorphisme crétacé des Alpes occidentales se subdivise en fait en deux phases, l'une du Crétacé inférieur au moins (Eo-Alpin précoce) ayant atteint les conditions du faciès éclogitique, la seconde au Crétacé supérieur-Paléocène (Eo-Alpin tardif) ayant formé des schistes à glaucophane \pm jadéite \pm lawsonite ou à épidote.

Cette distinction, exposée dès 1987 et publiée en 1989 (*réf. 1 ci-dessous*), commence à être admise par la communauté géologique alpine et sera reprise dans les cartes géochronologiques des Alpes occidentales et centrales (préparées en collaboration avec Lausanne et Londres).

Dans mon esprit il s'agit de phases tout à fait distinctes, dynamiquement différentes et séparées par un intervalle de temps orogéniquement calme.

- Les associations métamorphiques anté-alpines principales dans les socles penniques (de faciès amphibolite à disthène, staurotide et grenat, lui-même postérieur à un faciès éclogitique) ne sont pas varisques, mais probablement pan-africaines. Les événements varisques n'ont apparemment pas laissé de traces dans les socles Briançonnais.

Cette opinion, qui résulte en premier lieu de l'analyse des associations minérales (*réf. 2 ci-dessous*), est confirmée par les caractères chimiques et par les seuls âges anté-permiens obtenus pour cette zone dans les Alpes occidentales ; mais on ne peut encore l'étendre de manière indubitable au Briançonnais ligure et aux Alpes méridionales, ni même aux socles penniques internes, où des données géochronologiques et certaines synthèses pétrographiques tendraient à indiquer une histoire différente.

- L'ensemble du Pennique dans les Alpes appartenait à la marge de Gondwana jusqu'au moment de sa collision avec l'Eurasie et l'incorporation du Pennique à cette dernière plaque. Ce résultat, obtenu grâce à la collaboration avec L. Radelli et fondé sur les caractères des couvertures mésozoïques et des socles, est particulièrement fertile dans le domaine de la paléocinématique des Alpes (*réf. 3 ci-dessous*).

- En ce qui concerne la cartographie, morceau de choix du géologue, je citerai la feuille Ste-Foy-Tarentaise, une de celles pour lesquelles j'ai eu l'honneur de collaborer avec J. Debelmas (*réf. 4 ci-dessous*).

Beaucoup de travaux de cartographie, des Alpes, de France et du monde (supervision des cartes métamorphiques d'Amérique du N et du S), sont en cours et pourront être décrits dans de futurs rapports au C.N.R.S.

- Enfin la Sous-Commission de Nomenclature des Roches Métamorphiques dont je suis maintenant secrétaire approche petit à petit de la fin de ses travaux qui se traduiront dans peu d'années par un livre frère du "blue book" de Le Maître sur la nomenclature des roches ignées. Cette activité, à laquelle collaborent des géologues du monde entier, semble être intermédiaire entre la formation et la vulgarisation.

Quatre publications parmi d'autres

1. **Desmons J.**, 1989. Different metamorphic evolution in the Alpine-Apenninic ophiolites (France - Italy - Switzerland - Austria). *Chemical Geol., I.G.C.P. No. 195*, 77, 229-250.
2. **Desmons J.**, 1991. The Briançon basement (Pennine Western Alps) : mineral composition and polymetamorphic evolution. *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.* 72, 37-55.
3. **Hunziker J.C., Desmons J. & Martinotti G.**, 1989. Alpine thermal evolution of the Central and Western Alps. In : M.P. Howard, D. Dietrich & R.G. Park (Eds.), Alpine tectonics. *Geol. Soc. London, Spec. Publ.* No.45, 353-367.
4. **Debelmas J., Caby R. & Desmons J.**, 1991. Notice explicative de la carte géologique de France (1/50000), feuille Ste Foy-Tarentaise (728). *Bur. Rech. Géol. Min.*, Orléans, 43 p.

Fiche individuelle - Dominique GASQUET

La période 1989-1991 a été consacrée à l'exploitation des données accumulées pendant mon séjour marocain (Fac des Sciences de Marrakech de 1980-1987) et à la rédaction de ma thèse d'Etat sur le Massif du Tichka. Depuis 1991 une collaboration s'est naturellement faite avec l'équipe Déformation et Métamorphisme du C.R.P.G. Mon rattachement officiel à cette équipe a eu lieu en Mars 1993. Les recherches effectuées pendant cette période sont centrées sur le Tichka. Ma thèse comporte plusieurs volets (terrain, pétrologie, minéralogie, études des isotopes Sr et Nd, des foliations magmatiques, des viscosités des magmas et à la thermobarométrie) qui ont permis une étude complète d'un massif composite tardihercynien.

- D. GASQUET (1991) - Genèse d'un pluton composite hercynien. Le Massif du Tichka, Haut-Atlas occidental (Maroc). Thèse Doct. Etat, Univ. Nancy I, 413 p.
- D. GASQUET (1992) - Mise en évidence d'intrusions emboîtées dans le Massif du Tichka (Haut -Atlas occidental, Maroc). C.R. Acad. Sci., Paris, 931-936.
- D. GASQUET, J. LETERRIER, Z. MRINI and P. VIDAL (1992) - Petrogenesis of the Hercynian Tichka Plutonic Complex (Western High Atlas, Morocco): Trace element and Rb - Sr and Sm - Nd isotopic constraints. Earth Planet. Sci. Lett., 108, 29-44.

Pendant cette période mon expérience de la géologie du Maghreb a été mise à contribution dans 2 publications sur cette région : mélange de magmas d'Agouns dans le Haut Atlas Occidental et étude tectono-métamorphique des minéralisations Pb-Zn-Ba de Grande Kabylie.

J'ai également collaboré (avec J. Macaudière) à la rédaction de 6 rapports industriels (de 15 à 70 p.) pour l'étude du comportement mécanique des roches anisotropes. Liaisons entre structures microtectoniques - fracturation - propriétés mécaniques. Cette action, conduite par le Laboratoire de Mécanique des Roches de l'E.N.S.G. (contrat ANDRA) est achevée.

Encadrement de thèses et DEA en 1992/1993

DEA : Cécile Mahé (coll. A. Fernandez) ; Halima Ait Malek (coll. A. Weisbrod) ; Olivier Mellet (coll. J. ALLOUC).

THESE DETAT (Agadir) : El Hassan El Aouli.

Principales collaborations extérieures

A. Fernandez (Limoges); J. Bouloton, P. Vidal et Z. Mrini (Clermont); C. Lecuyer (Rennes).

Activités d'enseignement

Mon volume d'enseignement à l'ENSG a toujours dépassé 192h eq. TD. Il est composé de deux volets principaux : (1) TP/TD de géologie structurale et de cartographie en 1^{ère} et 2^{ème} années (≈100h eq. TD); (2) encadrement de stages de terrain et d'excursion (≈4 semaines / an). De plus, j'assure un dizaine d'heures de cours dans les modules de 3^{ème} année ("tectonique approfondie" et "microstructures et déformation"). Je participe également aux TD de géologie générale et aux travaux de terrain de l'Ecole des Mines de Nancy (35h eq. TD en 1992).

Responsabilités administratives pendant la période 1989-1992

- (1) Directeur adjoint des études (de 1989 à 1992). - (2) Responsabilités pédagogiques : TP/TD de géologie structurale de 1^{ère} année ; stage de terrain (15j) depuis 1992.- (3) Elu au Conseil d'administration de l'ENSG (1988-1992). - (4) Nommé à la Commission d'Enseignement de l'ENSG depuis 1989.- (5) Elu à la commission de spécialistes 35-36^{ème} section de l'INPL depuis 1992.- (6) Elu au Conseil Scientifique de l'INPL (1991-1992). - (7) Co-animation de l'Action Intégrée avec l'Université d'Agadir. - (8) Membre du comité d'organisation de la RST 1994.

Perspectives 92-96

Etude des granitoïdes et des associations acide-basique : relations entre l'acquisition de leur structures et la pétrologie

Ce thème d'étude est la suite logique de l'expérience acquise pendant ma thèse qui est dans sa phase finale d'exploitation. Deux articles sont en préparation :

- A. FERNANDEZ et D. GASQUET - Relative rheological evolutions of chemical contrasted magmas exemplified by the Tichka complex (Morocco). Revue visée : Contrib. Mineral. Petrol.
 - J. BOULOTON et D. GASQUET - Melting of felsic xenoliths by a dacitic magma and subsequent crystallization in hypabyssal setting, Jebilet Massif (Morocco). Soumis à Lithos.
- L'étude des minéraux des différentes roches du Tichka par les isotopes stables est en cours (C. Lecuyer, Rennes). Elle permettra de mieux comprendre la genèse des magmas synchrones.

A l'avenir ce thème sera plus centré sur la déformation des roches plutoniques depuis l'état magmatique jusqu'à leur entière cristallisation et refroidissement. Les relations structures - pétrologie seront étudiées pour mieux comprendre la genèse des rubanements, des mélanges et des plutons composites. Trois terrains sont en cours d'étude dans la chaîne hercynienne :

Maroc hercynien : étude du fonctionnement de l'accident du Tizi n°Test pendant la mise en place du Tichka (coll. avec J. Macaudière avec qui des travaux de terrain ont été réalisés en 1992).

Massif de Brignogan : les structures de ce massif, sont étudiées (coll. avec A.M. Boullier et A. Fernandez) dans le cadre du DEA de C. Mahé. Le but est de préciser la dynamique de la formation des structures rubanées dans les granites hétérogènes.

Massif du Velay : structuration des vaugnérîtes associées aux séries métamorphiques des Cévennes médianes (coll. avec J. Macaudière) et conditions d'acquisition de leurs fabriques : à l'état magmatique, à l'état solide ou par phénomène de bordure figée. La minéralogie, la pétrographie et la structure des échantillons a été en grande partie étudiée et sera achevée dans le DEA de H. Ait Malek.

Etude des boutonnières précambriennes de l'Anti-Atlas occidental (Maroc)

Ce travail s'inscrit dans l'action intégrée AI 90/497 (dont je suis un des initiateurs et responsables) entre, d'une part, le CRPG et l'ENSG et, d'autre part, le département de Géologie de la Faculté des Sciences d'Agadir. Cette coopération vise à étudier la pétrologie et l'évolution structurale des ensembles métamorphiques et magmatiques précambriens dans le socle de l'Anti-Atlas marocain, les implications métallogéniques et les conséquences géodynamiques. Cette partie de l'Anti-Atlas, peu connue, demande un gros travail de terrain. Deux missions (1991 et 1992) ont contribué à mieux identifier les ensembles lithostratigraphiques et leurs relations mutuelles. D'autres missions sont prévues pour étudier plus spécifiquement les granitoïdes et les roches basiques (Thèse El Aouli) tant du point de vue pétrologique que structural. Ces études régionales comportent un volet géochronologique (U/Pb sur zircon) important qui se fera en collaboration avec J.M. Bertrand.

Fracturation et Néotectonique

Le développement de ce thème répond aux nouvelles orientations de l'E.N.S.G vers la géologie exogène, l'environnement, les risques géologiques et à ma participation à de nouveaux enseignements dans ce cadre. Cette recherche s'appuiera sur l'expérience acquise lors d'études de fracturation de la galerie Arc-Isère (3ème cycle) et de roches anisotropes (ANDRA), ou pendant mon séjour au Maroc (étude de la faille Sud-Atlasique).

(1) *Le premier terrain* d'étude choisi fait partie d'une étude plus vaste de L. Aillères concernant les Alpes occidentales et l'analyse structurale de la Zone houillère et de l'étude du Chevauchement Pennique Frontal. Le volet néotectonique, non développé par L.A. mais que je prendrai en charge, consistera en : une étude de la morphologie et une analyse des rejeux actuels des failles, une synthèse des données de nivellement, une analyse des éboulements vivants proches du CPF. Des travaux sur le terrain sont programmés avec G. Ménard (Chambéry) et J.L. Blès (B.R.G.M) pour 1993 dans la zone houillère et dans la région d'Isola 2000.

(2) *Le deuxième terrain* choisi est le Sénégal occidental avec l'étude de la genèse des formations volcano-sédimentaires quaternaires. En fonction des résultats obtenus pendant le DEA de O. Mellet et des financements possibles la prolongation en thèse peut être envisagée.

En plus de ces trois thèmes principaux des participations à des actions plus ponctuelles seront menées avec d'autres chercheurs du C.R.P.G.: JM Stussi (sur les granitoïdes hercyniens marocains), C. Marignac et A. Cheilletz (volet structural des études métallogéniques de Kabylie et de l'Edough).

Fiche individuelle - Jacques LETERRIER**Bilan 1989-1992****Thèmes scientifiques**

Mon activité de recherche au cours des quatre années écoulées a été centrée sur la pétrogénèse de séries volcaniques et plutoniques avec comme objectifs: définition des sources des magmas; caractérisation des processus ayant contrôlé la genèse et l'évolution des magmas; approche du cadre géodynamique de mise en place de ces séries.

Ces études ont été développées en collaboration avec à la fois des chercheurs de l'Equipe "Déformation et Métamorphisme" à laquelle je suis rattaché, et d'autres Equipes du CRPG (Géochimie), françaises (GDR GEDO, Brest) et étrangères (Universités de Braga et Porto, Portugal; Université de Natal, Brésil). Elles ont été soutenues financièrement par des contrats: CEE (Shear-zones Nordeste Brazil), DBT (Croissance crustale), CNRS-INIC (Portugal).

Parmi ces études exposées dans le cadre de l'activité de l'Equipe "Déformation et Métamorphisme" je retiens particulièrement:

Potassic volcanism in Central Java and South Sulawesi, Indonesia. J. Southeast Asian Earth Sci.,(1990),4, 3, 171-187.LETERRIER J.,YUVONO Y.S.,SOERIA-ATMADJA R. and MAURY R.C

Le volcanisme d'arrière-arc Néogène à Quaternaire du centre de Java et du sud Sulawesi se subdivise en trois ensembles: (1) des séries potassiques sursaturées en silice (SK); (2) des séries potassiques faiblement alcalines (AK); (3) séries ultra-potassiques fortement alcalines.

Les trois séries présentent une signature chimique "orogénique compatible avec un environnement d'arc insulaire. Toutefois, les séries de Sulawesi post-datent la dernière subduction connue et celles de Java présentent une distribution spacio-temporelle indépendante du fonctionnement de la subduction active. Elles semblent, par contre, être issues de la fusion partielle, à différents degrés, d'un manteau préalablement enrichi en éléments incompatibles sous l'effet de subductions antérieures.

Evolution géodynamique et géochronologie (U-Pb, Rb-Sr et K-Ar) de la ceinture plissée d'Oros, NE du Brésil. C.R.Acad Sci. Paris, (1991) 313, II, 231-237.SA J.M., BERTRAND J.M. et LETERRIER J.

Caractérisation géochimique et datation (Rb-Sr, U-Pb sur zircon et K-Ar sur minéraux) des unités plutoniques de la Ceinture d'Orós établissant:

Son initiation à la base du Protérozoïque Moyen (ca 1.8 GA) dans un climat de distension crustale suivant l'orogénèse Transamazonienne.

Existence pour les différentes unités de sources mantelliques et crustales distinctes.

Petrogenesis of the Hercynian Tichka plutonic complex (Western High Atlas, Morocco): Trace element and Rb-Sr and Sm-Nd isotopic constraints.Earth. Planet Sci. Lett.,(1992), 108, 29-44. GASQUET D., LETERRIER J., MRINI Z. and VIDAL P.

Par une approche combinant données géochimiques (éléments majeurs, traces et Terres Rares) et isotopiques (Rb-Sr et Sm-Nd) mise en évidence de:

La structuration du massif en 5 unités génétiquement distinctes mises en place de façon quasi synchrone dans des conditions post-tectoniques hercyniennes.

L'évolution de ces unités par la combinaison de plusieurs processus pétrogénétiques complexes: Fusion, à des taux variables, d'un manteau appauvri et d'une croûte continentale hétérogène après un court temps de résidence crustale; Processus AFC et rééquilibrages partiels (chimiques et isotopiques) entre les magmas durant leur mise en place synchrone.

The genesis of acid-basic plutonic associations: A Sr and Nd isotopic study of the granitoid massif (Northern Portugal). DIAS G. and LETERRIER. J. Accepté pour publication à Lithos.

Le complexe tardi-hercynien de Braga (Zone Centro-Ibérique, N. Portugal), dont la mise en place a été contrôlée par le cisaillement de Vigo-Regua, est constitué par l'association

de trois unités synchrones: le granite à biotite de Braga, le granite peralumineux de Gonça et des masses hectométriques de composition gabbroïque à granodioritique.

Par une approche combinant les données chimiques (éléments majeurs et traces) minéralogiques (biotites) et isotopiques (Rb-Sr et Sm-Nd) on a mis en évidence:

L'origine mantellique (manteau enrichi) des gabbros et crustale du granite de Gonça et le caractère hybride du granite de Braga.

L'évolution générale reliant les trois unités du massif serait contrôlée par un processus complexe associant cristallisation fractionnée et une hybridation dont les pôles seraient représentés par les gabbros et le granite de Gonça.

Projets de recherche

Mes projets de recherche pour les années à venir s'inscrivent dans la suite des études précédentes selon deux axes principaux:

1- *Géochronologie et tectogénèse*: Développement méthodologique de l'analyse U-Pb sur petites fractions de zircon utilisée comme traceur chronologique des déformations. Application au magmatisme polychrone du Nordeste Brésil et au plutonisme syn- à tardi-hercynien du Nord Portugal.

2- *Pétrogénèse des magmas*: Caractérisation chimique et isotopique (Rb-Sr et Sm-Nd) des granitoïdes brésiliens et transamazoniens du NE Brésil et hercyniens du N Portugal dans le but de définir leurs sources et la nature des processus ayant contrôlé leur genèse et leur évolution.

Encadrement scientifique

Direction ou co-direction de thèses

Soutenues:

R. Point	Thèse d'Etat	Paris VII	1990
D. Gasquet	Thèse d'Etat	Nancy I	1991
J. M. Sá	Thèse d'Université	Nancy I	1991

En cours

M. Briedj	Nancy I	soutenance Juin 1993
M.A. Almeida	Université de Porto	
P. Pimenta	Université de Braga, Portugal.	
A. Mendes	Université de Braga, Portugal.	

Fiche individuelle - Jean MACAUDIERE

A - ACTIVITES DE RECHERCHE

- (a) Axe métamorphisme et déformation

- **Le métamorphisme des Cévennes médianes.** Une activité de longue date a pour cadre la région des Cévennes médianes. Elles s'est traduite par plusieurs communications et publications récentes. *Cette activité se développe avec pour thème la déformation liée aux migmatites dans le dôme du Velay . Un travail de DEA a été soutenu en 1991 et une thèse est en cours (en coll. avec P. BARBEY.- Université de Nancy I)*

- MACAUDIERE J., BARBEY P., JABBORI J. et MARIGNAC C. (1992). Le stade initial de fusion dans le développement des dômes anatectiques : le dôme du Velay (Massif Central français). C. R. Acad. Sci., Paris, 315, p.1761-1767.

- **L'orogène pan-africain du Cameroun.** Une activité importante a résulté, au Cameroun, de la coopération avec l'Institut de Recherches Géologiques et Minières, l'Université de Yaoundé et le Centre de Recherches Géologiques et Minières de Garoua. Ma contribution personnelle a concerné les problèmes géodynamiques du Pan-africain, les études de déformation et de migmatisation. Ces travaux sont susceptibles de développements dans la région charnière de l'Adamaoua *dans le cadre d'un projet Campus pour lequel j'ai déposé une lettre d'engagement.*

- BARBEY P., MACAUDIERE J. & NZENTI J.P. (1990). High pressure dehydration melting of metapelites. Evidence from the migmatites of Yaoundé (Cameroun). J. Petrol., 31, 401-427.
- TOTEU S.F., MACAUDIERE J., BERTRAND J.M. et DAUTEL D. (1990). Metamorphic zircons from North Cameroon; implications for the Pan-African evolution of Central Africa. Geol. Rundsch., 79, 777-788.

- **Action Intégrée entre l'E.N.S.G., le C.R.P.G. et l'Université d'AGADIR.** Cette action dont je suis le responsable français a pour but l'étude pétrographique, structurale et métallogénique des boutonnières précambriennes de l'Anti-Atlas occidental. *Elle a démarré en 1991 et correspond annuellement à un flux de six chercheurs marocains vers Nancy et de deux missionnaires français vers Agadir.*

- **La déformation finie aux abords de Chevauchement pennique frontal.** Etude de la cinématique de la déformation alpine dans la zone houillère briançonnaise. Quantification de la déformation par analyse d'image. Liaisons avec les structures profondes connues par géophysique. *Cette étude initiée en 1990 a fait le sujet d'un DEA et une thèse INPL a démarré en 1992 (En coll. avec J.M. BERTRAND - C.R.P.G.).*

- (b) Axe application de l'étude de la rupture et de la déformation à des cibles économiques

- **Rupture et déformation dans les gîtes minéraux.** Etudes des gîtes W-Sn associés au granite d'Oulmès (action dans le cadre du laboratoire de Pétrologie et de Minéralogie appliquées de l'E.N.S.G.). Etude de la fracturation du gîte de Mibladen (en coll. avec G. DAGALLIER). Cette étude a mis en évidence le rôle de la tectonique synsédimentaire dans la constitution du gîte. *Les résultats ont été publiés et les recherches sont closes depuis 1991.*

- **Cadre structural du gîte d'Imiter - Maroc.** (en coll. avec G. DAGALLIER - une thèse I.N.P.L. soutenue). Le fonctionnement d'une zone de faille d'abord normale puis en transtension durant l'épisode volcanique du P III explique les principaux caractères structuraux du gîte. *Un certain nombre de résultats ont été publiés ou sont en cours de publication et une thèse d'Etat marocaine est engagée sur le gîte d'Imiter.*

- **Etude structurale des filons à or de l'Anti-Atlas occidental marocain** (en coll. avec le B.R.G.M. et le B.R.P.M). Le rôle des tectoniques superposées éburnéennes et pan-africaines sur la déformation des filons de quartz et la concentration de l'or a été mis en évidence. *Cette étude est terminée par suite du désengagement du B.R.P.M (restrictions budgétaires) mais un certain nombre de thèmes non menés à terme font l'objet d'une reprise dans le cadre de la coopération avec l'Université d'AGADIR.*

- POTHERAT P., MACAUDIERE J., MARIGNAC C., AIT KASSI M. ET NICOT P. (1991) Structural evolution of gold-bearing quartz veins in the Precambrian exposures of the "Tagragra d'Akka" (western Anti-Atlas, Morocco). Proceedings of the 25 Years SGA anniversary meeting. Nancy, M. PAGEL & J. LEROY edit., Balkema, p. 477-480.

- **Etude du comportement mécanique des roches anisotropes.** Liaisons entre les structures microtectoniques, la fracturation et les propriétés mécaniques (en collaboration avec le Laboratoire de Mécanique des Roches de l'E.N.S.G.). *Cette action, menée dans le cadre d'un contrat ANDRA a représenté un gros travail (6 rapports industriels de 15 à 70 pages). Elle est dans sa phase terminale (rédaction des rapports de synthèse). Sur le plan scientifique, elle a débouché sur un DEA et se poursuit par des études spécifiques financées sur le GRD 914 (Géomécanique des roches profondes) en collaboration avec A.M. BOULLIER (CRPG).*

- (c) Axe microscopie électronique à transmission

- **Coronites de l'anorthosite d'Harris (Ecosse).** Il s'agit de la poursuite de l'étude de la rupture et de la déformation dans l'anorthosite d'Harris (en coll. avec W.L. BROWN - C.R.P.G.). Ce travail initialement conçu comme une étude au MET s'est développé et a permis de cerner le problème des contrôles structuraux et des échanges chimiques lors de la mise en place de couronnes rétrogrades à anorthite-amphibole. *Ce thème est actuellement en sommeil à cause de ma non disponibilité liée à mes charges administratives.*

B - ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT DEPUIS L'ANNEE 1989-90

Compte tenu du volume important de mon activité enseignante, j'ai obtenu depuis l'année 1991 un contrat pédagogique, contrat que j'ai rempli depuis sa signature. J'ai pris, en outre, comme politique de continuer à assurer une part significative des TP et TD correspondant aux cours que je donne.

a) - A l'ENSG - (1) Cours de géologie structurale, TD et TP pour les trois années (99h) - (2) Encadrement de stages (22 j).

b) - Dans le cadre du CESEV (formation continue) - (1) Déformation et fracturation des roches" (21h) - (2) Excursion de mise en pratique (5 j).

c) - A l'extérieur - Enseignement dans le cadre de la licence de l'Université de Nancy I "Physicochimie des matériaux naturels" et conférence à l'Université d'AGADIR.

C - TACHES ADMINISTRATIVES DE LA PERIODE 1989-1993

- (1) Direction des Etudes à l'ENSG (depuis 1991). - (2) Préparation et présentation du nouveau programme pédagogique. Concertation et arbitrages entre les différentes parties prenantes, rédaction et mise en page définitives pour les diverses versions (volumes de 120 à 130 pages) qui se sont succédées dans l'année 1992 (Conseil de l'Ecole, Ministère, Commission du Titre de l'Ingénieur). - (3) Responsabilité pédagogique de la filière "Matières premières" (1992-93) - (4) Responsabilité pédagogique des modules "Tectonique approfondie" et "microstructures et déformation (1990-1993). - (5) Elu au Conseil Scientifique de l'I.N.P.L. (1984-1991). - (6) Elu à la Commission des Spécialistes 34-35-36^{ème} Sections de l'INPL (1988-1991). - (7) Vice-président de la Commission des Spécialistes 34-35-36^{ème} Sections de l'INPL (1992-1993). - (8) Elu au Conseil d'Administration de l'I.N.P.L. (1992-93). - (9) Représentant du Directeur de l'E.N.S.G. auprès de la Commission des Relations Internationales de l'INPL (1989-91). - (10) Co-animation de l'Equipe de recherche "Métamorphisme et déformation" du CRPG. - (11) Responsabilité de l'action intégrée avec l'Université IBN ZOHR d'Agadir. - (12) Responsabilité de l'accord de coopération avec l'Université de YAOUNDE. - (13) Trésorier du 15^{ème} Colloque de Géologie africaine (400 participants-Nancy, sept 1990).

C.R.P.G - C.N.R.S.
Renouvellement du Centre

**• EQUIPE GÉOCHIMIE DES GAZ
ET SES APPLICATIONS**

• FICHES INDIVIDUELLES - CHERCHEURS

Bernard	CHAROY
Alain	CHEILLETZ
Gaston	GIULIANI
Jean-Louis	ZIMMERMANN

1- Intitulé de l'Équipe**GÉOCHIMIE DES GAZ ET SES APPLICATIONS****Résumé**

Créée en septembre 1991, suite à la restructuration des Équipes du C.R.P.G. après le départ de plusieurs chercheurs des Équipes de Géochimie isotopique et Géochronologie et de Physico-Chimie des Fluides, cette Équipe regroupe des compétences complémentaires acquises dans le domaine de la géochronologie K-Ar et Ar-Ar, ainsi que dans celui de l'étude des fluides : microthermométrie et spectrométrie. Une partie des travaux des membres de cette Équipe a donc été effectuée dans leur précédente Équipe.

Un des premiers déficits a consisté dans la rénovation et le remplacement d'un matériel spectrométrique et microthermométrique fournissant encore des résultats corrects mais insuffisants pour répondre aux exigences internationales actuelles.

Cette étape a certes freiné le développement de certains projets, mais elle n'a pas empêché la poursuite des recherches sur les thèmes qui ont présidé à la formation de cette Équipe, la géochronologie appliquée aux domaines magmatiques, tectoniques, hydrothermaux et l'étude des gaz occlus dans différents matériaux géologiques, ceci en collaboration avec les autres Équipes du C.R.P.G. et avec différents laboratoires extérieurs.

2- Composition de l'Équipe*Chercheurs permanents*

ZIMMERMANN	Jean-Louis	C.R.	Co-animateur
------------	------------	------	--------------

Enseignants-Chercheurs permanents

CHAROY	Bernard		
CHEILLETZ	Alain	M.C. ENSG	Co-animateur

Chercheurs associés

GIULIANI	Gaston		
----------	--------	--	--

I.T.A.

GUYETAND	Gilbert	(décédé le 23.12.1992) I.E.	
----------	---------	-----------------------------	--

remplacement accepté par le C.N.R.S. : poste I.E., BAP VII, recrutement externe en cours

Post-Doc.

SCAILLET	Stéphane	(1.9.92 - 31.8.93)	
----------	----------	--------------------	--

Doctorants

LAMA	Chafik	3	J.L. Zimmermann
RIBEIRO ALTHOFF	Ana-Maria	1	A. Cheilletz
VALLE PINTO COELHO	Cristina	1	B. Charoy

D.E.A.

DUMONDELLE	Hervé	1991-1992	
ARHAN	Thierry	1992-1993	

Stagiaires d'autres laboratoires

MOISSETTE	Alain	(CREGU, Nancy I) du 12.2.90 au 27.2.90
VILLIÉRAS	Frédéric	(LEM) 22.5.91 au 24.7.91

3- Thèmes scientifiques

Un des objectifs de l'Équipe est de constituer, compte tenu de l'expérience acquise sur le matériel ancien existant au C.R.P.G. (spectromètre de masse THN 205 de 1969), une nouvelle infrastructure capable d'apporter à la communauté des Géosciences à Nancy, un outil performant dans le domaine de la géochronologie et de la géothermométrie à partir des isotopes du Potassium et de l'Argon : méthodes K-Ar et Ar^{40}/Ar^{39} . Les secteurs d'application concernent le magmatisme avec l'étude géochronologique et géothermométrique du magmatisme panafricain (thèse Lama), des leucogranites du Nord Limousin, la tectogenèse avec l'étude des répercussions de la collision Inde-Eurasie, des géotraverses concernées par les phénomènes d'accrétion par subduction puis collision de l'Arc crétaé inférieur du Guanagnato (Mexique Central), de la chronosismicité du Graben du Rhin (CEE, BRGM, PIRSEM, INCOMINES), l'hydrothermalisme associé au plutonisme avec la genèse des minéralisations à émeraudes associées au bouclier précambrien du Brésil et aux formations sédimentaires de Colombie (PIRSEM/ORSTOM). Un second objectif consiste à définir les phases minérales porteuses dans les pegmatites et les granites à métaux rares (PIRSEM).

Le développement de l'analyse par spectrométrie de masse des gaz permanents (H_2O , CO_2 , N_2 , He, CH_4 , SH_2 , SO_2 ...) concerne également les domaines magmatiques et hydrothermaux auxquels il convient d'ajouter l'environnement avec l'étude des fluides dans les matériaux de stockage. Ces programmes de recherches sont développés d'une part en interaction avec les Équipes du C.R.P.G. mais aussi avec les laboratoires extérieurs : CREGU, LEM, ENSMines, laboratoire de Cristallographie à Nancy, laboratoire de Magmatologie et Géochimie Inorganique et Expérimentale de Paris VII, laboratoire de Métallogénie et de Géochimie, et laboratoire de Géologie Structurale d'Orléans, Institut Dolomieu de Grenoble, Institut de Géodynamique de Nice, Institut de Physique du Globe de Strasbourg, Société Diastata de Villeurbanne, Université de Kingston (Canada).

4- Acquis scientifiques et bilan

1- Constitution de l'Équipe

L'Équipe Géochimie des Gaz et ses Applications constituée en septembre 1991 est composée d'un chercheur du C.R.P.G., de deux enseignants-chercheurs de l'E.N.S.G. qui effectuent leurs recherches au C.R.P.G. et d'un chercheur associé de l'ORSTOM, au C.R.P.G. depuis mars 1991 jusqu'à décembre 1994.

Elle résulte de la volonté de regrouper des chercheurs impliqués depuis longtemps dans des problèmes concernant la physico-chimie des fluides - 1) fluides comme l'eau, le CO_2 , l'azote, le méthane... reliquats des cristallisations et leur application à la connaissance des conditions et des milieux de cristallisation et - 2) gaz radiogénique, comme l'Argon, avec ce qu'il peut fournir comme informations géochronologiques et thermochronologiques.

Un Ingénieur d'Étude, électronicien opérateur en gros instruments avait la responsabilité technique des deux spectromètres de masse; il est décédé accidentellement fin décembre 1992. Le principe de son remplacement a été accepté et le processus de recrutement en cours.

2- Instrumentation

Afin de doter le laboratoire d'un outil géothermochronologique plus performant, répondant aux exigences internationales actuelles de la méthode Ar/Ar, nous avons entrepris de rénover le spectromètre THN 205E de 1969, utilisé pour les datations K-Ar, à défaut de le remplacer puisqu'en dépit d'un rapport favorable, le Comité Scientifique de l'INSU n'a pas retenu son financement. Ceci a impliqué un investissement en formation (A. Cheilletz séjour d'un an à Queen's University, E. Farrar et plusieurs séjours à Nice, G. Féraud; J.L. Zimmermann plusieurs séjours à l'I.P.G. de Strasbourg et stage de formation à la radioprotection; et visites de différents laboratoires pour les deux), un investissement en temps de mise au point et en argent pour acquérir du matériel. Le résultat est un gain en ultra-vide pour la ligne d'extraction de l'Argon, un gain en résolution du spectromètre de masse par la

modification des systèmes d'introduction et de collection des gaz, permettant de gérer les masses 36, 37, 38, 39 et 40; toutefois nous n'avons pas obtenu un gain suffisant en sensibilité permettant d'incrémenter de manière satisfaisante l'extraction des isotopes de l'Argon. Cette dernière étape implique, à défaut d'un nouveau spectromètre, une modification de la géométrie de l'appareil pour un gain de sensibilité multiplié au maximum par 4.

Le spectromètre de masse THN 205 de 1965 utilisé pour l'analyse des gaz occlus a été remplacé dans le courant de l'année 1992 par un spectromètre quadripolaire QMG 420 de Balzers muni d'un groupe de pompage turbomoléculaire. Le crédit de 60.000 F. proposé par le Comité Scientifique de l'INSU n'ayant pas été attribué, les collaborations scientifiques avec d'autres laboratoires, les analyses en prestation de service ainsi que le budget du C.R.P.G., ont permis son financement. Cet appareillage ainsi que la nouvelle ligne d'extraction et de séparation des gaz sont en cours d'installation.

Un ensemble microscope-platine vidéo pour l'analyse microthermométrie par flux gazeux (système USGS) a été installé en 1991. L'Équipe assure également en partie la maintenance du laboratoire d'analyse microthermométrie.

3- Bilan

L'activité de l'Équipe, en tant qu'unité, ne peut être jugée qu'à partir de septembre 1991, date de la création.

Les deux enseignants-chercheurs doivent assurer plus de 192 heures de cours annuels.

Depuis cette date, une bonne part du travail de deux des membres (A. Cheilletz et J.L. Zimmermann) est consacrée à des mises au point expérimentales (ensembles Ar^{39}/Ar^{40} et analyse des gaz).

En terme de publications de rang A, AF et B, la moyenne annuelle est comprise entre 2 et 5 comme le montre le tableau ci-dessous.

T A B L E A U

	A	AF + B	TOTAL	MOYENNE/AN
Charoy	5	5	10	2.5
Cheilletz	3 (dont 1 soumise)	9 (dont 1 soumise)	12	3
Giuliani	7 (dont 4 soumissions)	14 (dont 1 soumise)	21	5.2
Zimmermann	4	11 (dont 3 soumissions)	15	3.75

Certains travaux concernant les gaz dans les milieux de stockage des déchets radioactifs, comme les roches halitiques, ne pourront être publiés qu'avec l'autorisation de l'ANDRA.

En terme de participation à des congrès, le nombre de communications tourne autour de 10 par an :

- les axes de recherches couvrent la métallogénie-pétrologie, la géochronologie K-Ar et Ar^{40}/Ar^{39} , la spectrométrie des gaz occlus et la microthermométrie;
- les collaborations scientifiques s'exercent avec l'ensemble des laboratoires des Géosciences de Nancy, ainsi qu'avec de nombreux laboratoires français (Clermont, Grenoble, Paris, Orléans, Nice, Strasbourg) et étrangers (Kingston Canada, Porto, Sonora Mexique, Bahia et Brasilia Brésil, USTHB Alger) ainsi qu'avec différentes sociétés (Mineralco SA Colombie, Total, Société Diastrata Villeurbanne).

Trois thésards effectuent leurs recherches au sein de l'Équipe ainsi qu'un stagiaire post-doc. (du 1.9.92 au 31.8.93) et 1 DEA par année.

Ce bilan ne saurait masquer les faiblesses dont nous devons tenir compte pour le bon fonctionnement et l'avenir de l'Équipe.

Le nombre des chercheurs permanents est trop faible : un seul chercheur C.N.R.S., deux enseignants-chercheurs avec d'importantes charges d'enseignement, un chercheur associé ORSTOM qui doit rejoindre son organisme fin 1994. L'âge moyen est trop élevé ce qui implique un recrutement à court terme.

L'embauche d'un ingénieur, en remplacement de G. Guyetand, est indispensable le plus rapidement possible, pour l'implantation et la maintenance des deux spectromètres de masse. Pour ce qui est du potentiel analytique, si l'appareillage pour l'analyse des gaz a pu être renouvelé et si une nouvelle installation de microthermométrie à flux gazeux est mise en place, le spectromètre de masse pour l'analyse des isotopes de l'Argon nécessite encore un investissement technologique important, à défaut d'un renouvellement, afin d'obtenir une sensibilité qui lui permettrait d'être compétitif avec les autres laboratoires de géothermochronologie. Il serait dommageable que l'investissement consenti par les personnes depuis plusieurs années reste improductif par manque de moyens matériels.

5- Perspectives

1- Développements méthodologiques

Comme nous l'avons mentionné plus haut, nous allons poursuivre l'aménagement du laboratoire de Géothermochronologie Argon, en effectuant, avec les moyens dont nous disposons, les transformations nécessaires pour accroître la sensibilité.

Le spectromètre quadripolaire est en cours d'installation. Couplé à une nouvelle ligne d'extraction et de séparation des gaz, il remplacera l'ensemble analytique constitué autour du spectromètre THN 205 de 1965.

2- Développements scientifiques

Les compétences acquises et les moyens techniques disponibles, dans les domaines de la métallogénie-pétrologie, de la géochronologie Potassium-Argon et Ar^{39}/Ar^{40} , de la spectrométrie des gaz occlus et de la microthermométrie orientent nos recherches vers deux axes principaux :

(1) La métallogénie des environnements magmatiques (W, Sn, Be, Ta, Li, U), métamorphiques (Au, Be) et sédimentaires (Be, Zn, Cu) et la thermochronologie des domaines orogéniques associés (Précambrien du Brésil et d'Afrique, Hercynien d'Europe et du Maroc, Alpin d'Algérie, d'Himalaya et des Andes, Yanshanien de Chine.

(2) L'étude des phases fluides associées à l'activité magmatique, hydrothermale, diagénétique ainsi que les applications aux problèmes du stockage et de l'évolution des déchets. La géochimie des gaz permanents (H_2O , CO_2 , N_2 , H_2 .) se joint à la géochimie isotopique des gaz rares (B. Marty) pour l'étude des problèmes de recyclage de matériel crustal dans le manteau (subduction et magmatisme associé).

6- Animation scientifique

- Stage post-doctoral d'une année de A. Cheilletz au laboratoire de Géochronologie $^{40}Ar/^{39}Ar$ de Queen's University (Canada).

- Visites et stages dans les laboratoires français de Géochronologie (Nice, Clermont-Ferrand, CEA Saclay et Strasbourg) par A. Cheilletz et J.L. Zimmermann.

- Stage et examen de radioprotection et législation des matériaux radioactifs par J.L. Zimmermann (10 jours).

- Participation à l'organisation du Congrès SGA (B. Charoy et A. Cheilletz).

- Encadrement de thèses (voir ci-dessus).

- Enseignement: B. Charoy et A. Cheilletz sont Maîtres de Conférences à l'E.N.S.G. G. Giuliani et J.L. Zimmermann interviennent dans le module "Fluides" en 3ème année de l'E.N.S.G.

- Participation de l'Équipe à "Nancy-Points forts".
- Affectation de G. Giuliani à l'Université de Brasília (1988-1991). Participation à la formation des étudiants de Mestrado et à la recherche sur des thèmes métallogéniques (gisements d'or, émeraudes et stannifères), dans le cadre d'un programme de coopération scientifique internationale ORSTOM-Université de Brasília.

7- Financement et valorisation de la recherche

1989 - Programme "Dynamique globale" participation J.L. Zimmermann au projet "modélisation d'un arc intra-océanique complet", l'Arc crétaé inférieur de Guanagnato (Mexique Central) responsable H. Lapierre et O. Monod.

1990 - Société Diastrata pour l'ANDRA

1991-1992-1993 - Contrats PIRSEM ATP "Métallogénèse des métaux de haute technologie"

8- Tableau résumé des publications - Liste des publications (89-92)

Equipe Géochimie des Gaz et ses applications

Nombre de publications par revue de rang A

Earth Planet. Sci. Lett.	2
Econ. Geol.	2 + 1 soumise
Geology	1
Mineralium Deposita	3 + 1 soumise
Can. Mineral.	1
J. Metamorphic Geol.	1
Chemical Geology	1 + 1 soumise
Europ. J. Mineral.	1
Ore Geol. Review	1 soumise
Tectonophysics	1

Nombre de publications par revue de rang A F

C. R. Acad. Sci.	10
Bull. Soc. Fr. Geol.	1

Nombre de publications par revue de rang B

J. Afr. Earth Sci.	2
Inter. Symp. Andean Geodyn.	1
XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia	1
Proceedings of the 25 years S.G.A. Brazil Gold91	5
III Congresso Brasileiro de Geoquímica	1
Chronique de la Recherche Minière	1
Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitteil.	1 soumise
J. South Amer. Earth Sci.	2 soumises

Nombre de publications par revue de rang C

50 Communications ou Résumés

Fiche individuelle - Bernard CHAROY

Bilan de l'activité de Recherche 1989-1992

Mes activités de Recherche pour cette période concernent plusieurs axes qui ont comme point commun les granites et leurs "contextes" (altérations hydrothermales liées aux minéralisations).

(1)- Magmatisme de type-A : le pluton granitique de Suzhou (Chine). Convention CNRS-Academia Sinica et ATP Transferts dans la croûte. Le rôle du Fluor dans la différenciation. Plusieurs étapes: source spécialisée, fractionnement magmatique, expression d'une phase fluide riche en F et métaux "exotiques", réaction métasomatique avec le granite encaissant sont reconnues (minéralogie, géochimie, REE, isotopes stables et Sm-Nd) qui expliquent les minéralisations en Zr, Th, REE exprimées dans des corps "biotitiques" métasomatiques. 1 publicat. (en collab. avec L.Raimbault, ENSMines, Paris) acceptée à J Petrol.; 1 publicat. ss presse.

(2)-Magmatisme de type-S : le batholite peralumineux de Darongshan (Chine). Convention CNRS-Academia Sinica. Importance du magmatisme crustal et néogénèse de croûte continentale. la part du magmatisme et du "restitisme"(enclaves ou minéraux isolés). Epuration du volume restitique en fonction du niveau de mise en place, intrusif ou extrusif. Génération des liquides granitiques en ambiance granulitique: rôle de H₂O à basse P. Les paragenèses minérales Fe-Mg (Al) en ou hors équilibre: OPX, grenat, cordiérite, biotite et leurs conséquences pétrogénétiques en termes de P, T et aH₂O. Collab. avec J.M. Montel (CNRS, Clermont Ferrand). 1 comm. et 1 public. en cours.

(3)-Magmatisme peralumineux évolué à métaux rares : 3 exemples sont approchés
 -Le granite de Beauvoir (Programme GPF Echassières). Caractérisation pétrogénétique et le rôle des volatils (Li, F, P). Les phases minérales porteuses: explication des anomalies en Sr (transfert à partir de l'encaissant et expression tardive sous forme de phosphate: goyazite) et Be (concentration apicale hydrothermale sous forme de phosphates beryllonite et herdélite). 1 comm., 1 public.A. (ATP PIRSEM, Métaux de haute technologie)

-Le microgranite d'Argemela (Portugal): Convention CNRS-INIC-Univ. Porto. un exemple de magma pegmatitique enrichi en Li, F, P, Be, Sn, Nb, Ta.. en contexte subéruptif. Le rôle et l'importance des paragenèses superposées (l'équivalence de la zonalité centripète des pegmatites évoluées). La zonalité cristalochimique des phases micacées. 3 comm.+ 2 public. en cours d'achèvement.

-Le cortège aplo-pegmatitique des granites à 2 micas du Nord Portugal (Convention CNRS-INIC-Univ.Porto). Découverte du spodumène d'intérêt économique (début d'un programme de prospection stratégique). 1 public.A+ 2 comm.

-La liaison génétique entre granites spécialisés à mica-Li, topaze et les minéralisations Sn-W du Hoggar central (Algérie). Aspects pétrologiques, chronologiques et métallogéniques. 1 public.B + 2 comm.

(4)-Les différentes formes de l'hydrothermalisme

-Les "albitites" du district d'Emuford (Australie) et leur liaison avec la minéralisation Sn. 1 public.A (collab. avec P.J.Pollard, Townsville, Queensland).

Chimisme des fluides hydrothermaux liés à un gîte d' Au alpin. 1 public.A + 1 comm. (collab. avec L.Diamond, Zurich).

Caractérisation des phases tectoniques, des fluides et des minéralisations associées dans le gisement de W de Panasqueira (Portugal). 1 public.A en collab. avec J.Dubessy (CREGU) et F. Noronha (Porto).

Rôles respectifs de l'hydrothermalisme et de la diagenèse dans les arkoses minéralisées (Pb, Zn, Ba) du Maroc Atlasique. 1 public.B en collab. avec G; Dagallier (ENSG).

(5)-Les quatre publications les plus significatives

Charoy B. & Pollard P.J. 1989. Albite-rich, silica-depleted metasomatic rocks at Emuford, Northeast Queensland: mineralogical, geochemical and fluid inclusion constraints on hydrothermal evolution and tin mineralization. Econ. Geol.: 84, 1850-1874.

- Diamond I.W., Jackman J.A. & Charoy B. 1991. Cation ratios of fluid inclusions in a gold-quartz at Brusson, Val d'Ayas, southwest Italian Alps: comparison of bulk crush-leach results with SIMS analyses of individual inclusions. *Chem. Geol.*, 89,
- Charoy B., Lhote F., Dusaussoy Y. & Noronha F. 1992. The crystal chemistry of spodumene in some granitic aplite-pegmatites of Northern Portugal. *Can. Miner.*, 30, 639-651.
- Noronha F., Doria A., Dubessy J. & Charoy B. 1992. Characterization and timing of the different types of fluids present in the barren and ore-veins of the W-Sn deposit of Panasqueira, Central Portugal. *Miner. Deposita*, 27, 72-79.

(6)-Publications, communications avec résumé, communications

A=5 B=2 Livre=1 Résumés=9 Communications=2

Autres activités 1989-92

Activités d'enseignement à l'ENSG (1,5 service assuré): Cours magistraux (Cristallographie, Minéralogie des Silicates), Travaux dirigés, Travaux pratiques. Travaux de terrain (4 semaines).

Activités administratives: membre élu Collège B au CA de l'INP; Responsabilité de plusieurs ITA de l'ENSG et du CRPG.

Projets de Recherche

Poursuite de l'étude sur le magmatisme peralumineux avec 2 volets:

- 1) magmatisme fondamental (larges batholites de type S);
- 2) magmatisme hyperévolué à éléments rares; le cycle du Be.

Suivi de la prospection stratégique du spodumène (Portugal).

Les granites à Sn et In de la Province de Goias (Brésil). thèse de C. Valle Pinto-Coelho.

Fiche individuelle - Alain CHEILLETZ

Activités d'enseignement

Service d'enseignement réglementaire à l'ENSG: 192 heures équivalent TD.

Activités de recherche

Année sabbatique au Canada (Queen's University, Kingston) en 1988-1989
Bénéficiaire d'un contrat d'encadrement doctoral et de recherche (1993-1998).

Responsabilités

Co-animateur de l'équipe "Géochimie des gaz et ses applications" au CRPG. L'équipe est également intégrée au laboratoire "Dynamique et bilans géologiques" de l'ENSG
Direction d'une ATP PIRSEM
Co-direction d'un accord programme inter-universitaire INPL/Université d'Alger
Direction d'un programme de recherche CNRS/entreprise avec le CREGU. Responsable d'un étudiant en post-Doctorat
Direction d'un contrat de collaboration scientifique CEE/pacte Andin avec MINERALCO SA, Colombie, (en cours d'examen).

Section CNU 35
Section CNRS 11
Elu au CNU 35ème section
Elu au CA de l'INPL
Elu au Conseil Scientifique du CRPG
Elu au Conseil Scientifique de l'ILG

Domaines d'activité

1- Instrumentation: Modernisation de l'installation de géochronologie K-Ar et développement de la méthode $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. Installation de la platine microthermométrique à flux gazeux "Fluid Inc." (1991). Développement d'un analyseur d'image interactif en collaboration avec l'équipe "déformation et métamorphisme" (1988).

2- Programmes de recherche: Métallogénie granitique, péri-granitique et métamorphique, structurologie, géochronologie, géochimie majeurs et traces. Cycle géochimique du béryllium (Brésil et Colombie). Pétrologie et thermochronologie des granitoïdes protérozoïques (Brésil, Hoggar, Afrique de l'Ouest), hercyniens (Limousin, Velay, rift Rhénan, Maroc), alpins (Algérie, Hymmalaya), Andins (Pérou). Corrélation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et traces de fission.

3- Collaborations extérieures
Université de Nice (Laboratoire de Géodynamique) et de Queen's (Canada) pour les mesures $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ à la sonde laser. Institut Dolomieu pour les traces de fission.

4- Encadrement de thèses
Actuellement, encadrement de 1 DEA (T. Arhan), 1 thèse de Doctorat INPL (A.M. Ribeiro Althoff), et 3 thèses de Doctorat INPL en co-direction (C. Lama, O. Kolli et D. Aïssa).
Responsabilité d'un post-doctorat (S. Scaillet) pour 9 mois (1992-1993).

5- Publications
Rang A: 8 dont 6 en premier auteur, 1 soumise
Rang AF 12 dont 7 en premier auteur
Rang B 28
Rang C 34

dont pour la période 1991-1993 correspondant au fonctionnement de l'équipe Géochimie des gaz et ses applications:

Rang A 1 Tectonophysics (premier auteur), 1 acceptée Economic Geology (premier auteur), 1 acceptée EPSL (premier auteur).
 Rang AF 1 BSGF (premier auteur), 4 CRAS (1 premier auteur)
 Rang B 1 Chr. Rech. Minière
 Rang C 10

1- The emplacement, geochemistry and petrogenesis of two central Morocco Hercynian granites. Geotectonic implications. Giuliani G., Cheilletz A. and Zimmermann J.L., Journ. Afric. Earth Sci., 1989, v.9, 617-629.

2- Volcano-stratigraphy and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of the Macusani ignimbrite field: monitor of the Miocene geodynamic evolution of the Andes of SE Peru. Cheilletz A., Clark A.J., Farrar E., Arroyo Pauca G., Pichavant M. and Sandeman H., Tectonophysics, 1992, 205, 307-327.

3- Géochimie et géochronologie Rb/Sr, K/Ar et $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des complexes granitiques pan-africains de la région de Tamanrasset (Algérie): relations avec les minéralisations Sn-W associées et l'évolution tectonique du Hoggar Central. Cheilletz A., Bertrand J.M., Charoy B., Moulahoum O., Bouabsa L., Farrar E., Zimmermann J.L., Dautel D., Archibald D.A. et Boullier A.M., Bull. Soc. Géol. Fr., 1992, 5, 733-750.

4- Age $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ du leucogranite de Beauvoir et des pegmatites sodolithiques de Chèdeville (Nord Massif Central): signification pétrologique et géodynamique. Cheilletz A., Archibald D.A., Cuney M. et Charoy B., C.R. Acad. Sc., 1992, Série II, 329-336.

Projets de recherche

1- Géochronologie K-Ar, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et Géothermométrie. Poursuite de la modernisation du laboratoire de Géochimie isotopique K-Ar du CRPG et développement $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$.

2- Métallogénie des concentrations de béryllium (Brésil et Colombie essentiellement). Thèse en cours.

3- Géodynamique des chaînes alpines (Andes et Alpes maghrébides essentiellement). Thèses en cours.

4- Participation sous l'angle géochronologique à divers projets de recherche: Velay (coll. BRGM), Limousin (Coll. CREGU et post-Doc en cours), Himalaya (Coll. Grenoble), Chronosismicité du graben du Rhin (Coll. BRGM).

La plupart de ces projets sont réalisés en forte interaction avec les autres équipes du CRPG ou les centres Nancéiens de l'ILG.

Fiche individuelle - Gaston GIULIANI

Bilan de l'activité de recherche 1989-1992

La recherche que je conduis depuis 1989 et que je poursuis actuellement à l'ORSTOM et au C.R.P.G. est consacrée à la métallogénie accompagnée d'une forte composante de géochimie.

Depuis 1985, j'appartiens à l'**Equipe de recherche de l'UR 1H "Géodynamique et concentrations minérales"** dirigée par P. Soler, du Département Terre, Océan, Atmosphère à l'ORSTOM.

Les grands programmes de recherche (GISEMAN, MAGMA, SEDYMAN) qui sont développés par cette équipe sont axés sur la géodynamique de la chaîne andine (Bolivie, Chili, Pérou, Equateur, Colombie) et aussi sur l'étude des cratons et chaînes péricratoniques (Brésil). Je suis également associé depuis 1991 à l'**Equipe "Géochimie des gaz et ses applications"** du CRPG/CNRS UPR 6821, dirigée par J.L. Zimmermann et A. Cheilletz.

Les thèmes de recherche développés dans le cadre de mes affectations au Brésil (1986-1991) et en Colombie (missions en 1988 et 1991) concernent:

- l'étude métallogénique des gisements de béryllium (émeraude) du Brésil (**publications 2A, 4B et 11 C**) et de Colombie (**publications 3A, 2B et 5C**).
- la pétrologie et la métallogénie notamment du molybdène, des granites de l'Etat de Bahia (**publications 5C**), de l'Etat du Goiás (**publications 1C**) et de l'Etat du Sergipe (**publications 1C**).
- l'étude métallogénique de certains types de gisements d'or de l'Etat de Bahia (**publications 3C**), du Minas Gerais (**publications 1B et 1C**), de l'Etat du Pará (**publications 1C**) et de l'Etat du Goiás (**publications 5B et 8C**).

Ces thèmes de recherche ont été réalisés avec des partenaires universitaires (Université Fédérale de Bahia et Université de Brasília) mais aussi en étroite collaboration avec les Services Géologiques du Ministère des Mines et de l'Energie (DNPM-Brésil, CPRM-Brésil, MINERALCO-Colombie) et/ou des sociétés minières nationales ou privées (DOCEGEO, CVRD, METAGO, RTZ-Brésil) et le C.R.P.G./C.N.R.S.

Les thèmes choisis ont permis de contribuer à la connaissance du cycle géochimique de ces métaux comme par exemple le béryllium, dans les domaines magmatiques, métamorphiques et sédimentaires, mais aussi d'apporter une notable contribution suivant les cas au développement minier et aux problèmes pratiques de prospection posés par certains prospects miniers.

Les résultats de la recherche ont été principalement utilisés dans la prospection des gisements aurifères de l'Etat du Goiás ainsi que les occurrences à molybdène de l'Etat de Bahia et stannifères de l'Etat du Goiás.

Un autre exemple de l'utilisation de la recherche peut être illustré par l'étude des gisements d'émeraude du Brésil et de Colombie. Suite à nos recherches et expertises, un groupe de géologues du DNPM (Brésil), s'intéresse à la question de l'exploration de ces gisements pour l'extraction du béryllium métal qui est considéré de nos jours comme un métal stratégique.

I- Projet : Geoquímica dos fluidos hidrotermais associados a genese dos depositos minerais na região centro-oeste do Brasil.

Projet ORSTOM/CNPq/Université de Brasília/ collaboration extérieure avec le CRPG

Organisme d'exécution : Université de Brasília

Coordination : Prof. O.J. Marini et G. Giuliani

Durée : 01/01/1988 au 28/02/1991

Thème du projet : Etude métallogénique des minéralisations associées à la région centre-ouest du Brésil :

- stannifères liées aux granites anorogéniques de l'Etat du Goiás.

- aurifères associées à certains greenstones-belts et zones de cisaillement des Etats du Goiás, Bahia et Minas Gerais.

- à émeraude liées aux formations précambriennes du Brésil.

Liste des thèses soutenues (Master thesis) :

- Olivo G.R., 1989 : Le gisement d'or de Santa Rita, 296 p.
- Santos M.M., 1989 : Le gisement d'or de la mine Pontal, 150 p.
- Pulz G.M., 1990 : Le gisement d'or de Maria Lazara, 139 p.
- Fortes P.T., 1991 : Le gisement d'or de Crixás, 230 p.

2- Projet : ATP-PIRSEM : Métallogénèse des métaux de haute technologie. Contribution à la connaissance du cycle géochimique du béryllium dans les domaines magmatiques, métamorphiques et sédimentaires.

- projet CNRS/CRPG/ORSTOM/ENSG

- organisme d'exécution : CRPG
- Coordination : Cheilletz A. et Giuliani G.
- durée : Juillet 1990 à décembre 1993

- Résultats: Ce projet de recherche vise à l'étude de l'élément béryllium par son traçage géochimique dans les environnements magmatiques, métamorphiques et sédimentaires associé à l'étude de sa concentration dans les gisements d'émeraude du Brésil et de la Colombie.

Outre les études de minéralogie analytique classiques, ce projet comporte une détermination précise de l'âge des minéralisations ($^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$), l'étude des phases fluides associées au transport et au dépôt des minéralisations, et une application des isotopes stables dans le but de caractériser l'origine des fluides et d'éventuels processus de mélange.

3- Les quatre publications les plus significatives

Giuliani G., Silva J.L.H., Couto P. (1990): Origin of emerald deposits of Brazil. *Mineralium Deposita*, V.25, 57-64.

Giuliani G., Rodriguez C.T., Rueda F. (1990): Les gisements d'émeraude de la Cordillère orientale de la Colombie: nouvelles données métallogéniques. *Mineralium Deposita*, V.25, 105-111.

Giuliani G., Sheppard S.M.F., Cheilletz A., Rodriguez C.T. (1992): Contribution de l'étude des phases fluides et de la géochimie isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ à la genèse des gisements d'émeraude de la Cordillère orientale de la Colombie. *C.R. Acad. Sci.* 314, 269-274.

Cheilletz A., Féraud G., Giuliani G., Rodriguez C.T. (1992): Time-pressure-temperature formation of Colombian emerald: an $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ laser-probe and fluid inclusion-microthermometry contribution. Accepté à *Economic Geology*.

4- Publications, manuscrits sous presse et résumés de communications

A= 3 AF, B= 10 Total= 13 moyenne/an>3
Résumés= 27

5- Autres activités 89-92

Outre mes activités de recherche, j'ai assuré des activités d'enseignement à l'Université de Brasília (190h au total) et à l'École Nationale Supérieure de Géologie (7 heures au total). D'autre part, j'ai assuré la responsabilité administrative du projet de coopération internationale avec le Brésil (période 1988-1991) et la maintenance du laboratoire d'inclusions fluides du C.R.P.G./C.N.R.S. (à partir de 1991).

L'objectif du programme de recherche à venir est de poursuivre l'étude du comportement géochimique du béryllium en environnement sédimentaire (gisements d'émeraude de Colombie) dans le cadre de l'ATP PIRSEM et d'une future collaboration avec les partenaires colombiens (affectation en Colombie prévue en 1995).

Fiche individuelle: J.L.Zimmermann

Membre de l'équipe Géochimie Isotopique et Géochronologie jusqu'à septembre 1991, je fais partie depuis cette date à la nouvelle équipe Géochimie des Gaz et ses Applications dont j'assume, avec A.Cheilletz, la co-responsabilité. Ceci n'implique pas, pour moi, un changement d'orientation, mais un renforcement de la partie géochronologie puisque A.Cheilletz s'est formé à la méthode $^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$ et que j'ai effectué plusieurs séjours à l'IPG de Strasbourg et suivi un stage en radioprotection. Une bonne partie du travail des années 1991-1992 a été consacré à la transformation de la méthode K-Ar, pour l'adapter aux normes de la méthode $^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$.

En ce qui concerne la géochimie des traces de gaz, mes collaborations m'ont permis de financer partiellement le remplacement du spectromètre THN 205 de 1965 par un spectromètre quadripolaire, en cours d'installation.

Bilan des travaux

1) Géochronologie Argon

Les travaux de géochronologie ne constituent généralement pas un but en eux-mêmes, mais, ils s'intègrent dans des programmes plus globaux impliquant des collaborations locales ou extérieures où, je n'interviens que pour la partie géochronologie.

Magmatisme.

- Etude des roches magmatiques de l'Est Klamath, vestiges d'un arc volcanique construit sur une croûte continentale jeune, et, mise en évidence d'un domaine océanique paléozoïque dans la centrale belt de la Sierra Nevada (Nord Californie) *En collaboration avec M.Brouxel, H.Lapierre, C.Lecuyer et O.Rouer (1 publication A, IAF)*

- Géochronologie des complexes granitiques pan-africains d'Algérie (Hoggar central) et du Maroc. *En collaboration avec J.M. Bertrand, A.M. Boullier, B.Charoy, A.Cheilletz et G.Giuliani. (IAF, IB).*

- Géochronologie et géothermométrie des formations précambriennes de l'Ouest Africain (thèse Ch.Lama, soutenance juin 1993). *En collaboration avec P.Barbey, A.Cheilletz et J.M.Stussi.*

Tectogénèse.

- Etude des répercussions de la collision Inde-Eurasie, au Nord (Karakorum et Transhimalaya) et au Sud (Himalaya) de la suture. *En collaboration avec P.Le Fort et F.Debon. (IA).*

- Géochronologie des traverses concernées par les phénomènes d'accrétion par subduction puis collision, sur l'exemple de l'Arc créacé inférieur de Guanajuato (Mexique Central). Programme DBT 1989. *En collaboration avec H.Lapierre et O.Monod. (1 AF, 1B).*

Hydrothermalisme et plutonisme associés.

- Datations des minéralisations à émeraude (et Mo, W) associées aux métasomatites et aux granites périalumineux de Carnaiba et de Campo Formoso (Bahia, Brésil). *En collaboration avec G.Giuliani et A. Cheilletz.*

Méthodologie.

Afin de mettre en oeuvre la méthode $^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$, j'ai effectué plusieurs séjours à l'IPG de Strasbourg (R.Montigny), ainsi qu'un stage, avec examen, de formation de la personne compétente en radioprotection.

En dépit d'un rapport favorable, l'INSU n'a pas retenu le remplacement du spectromètre THN205 E de 1969. , nous avons entrepris les transformations qui devraient permettre de développer la méthode $^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$, en construisant une nouvelle ligne d'extraction de l'argon et en modifiant le système d'introduction des gaz afin d'accroître la résolution et la sensibilité de l'appareillage.

2) Géochimie des traces de gaz

Magmatisme.

Etude des problèmes de recyclage du matériel crustal dans le manteau, avec l'analyse des verres basaltiques de différentes provenances: Rides, Arcs, Hotspots. *En collaboration avec A.Jambon (Paris VII). (1A+ communications).*

Hydrothermalisme

Analyse des fluides occlus dans des matériaux opaques ou laiteux, associés aux minéralisations à Au, Be, Sn, W. En complément aux autres méthodes (microthermométrie, spectrométrie Raman). *En collaboration avec d'autres équipes de Nancy ainsi qu'avec le Laboratoire de Métallogénie et de Géochimie Minérale d'Orléans. (1 AF).*

Gaz issus de réactions chimiques ou de traitements thermiques.

- réactions du graphite avec les solutions sulfatées. *En collaboration avec le CREGU (Nancy).*
- désorption thermique des matières talco-chloriteuses. *En collaboration avec le LEM (Nancy). (2 AF + communications)*

Environnement.

Les gaz dans les milieux de stockage des déchets radioactifs. Travaux effectués sur des roches halitiques, pour le compte de l'ANDRA. *En collaboration avec le Laboratoire de Géodynamique de Paris VI, le CREGU (Nancy) et la Société DIASTRATA de Villeurbanne.* Certains résultats sont en cours de rédaction, d'autres ne peuvent être publiés sans l'autorisation de l'ANDRA.

Les quatre publications les plus significatives.

Brouxel M, Lapiere H, Zimmermann JL. (1989). Upper Jurassic mafic magmatic rocks of the eastern Klamath Mountains, northern California : Remnant of a volcanic arc built on young continental crust. *Geology*, **17**, 273-276.

Lapiere H. , Ortiz L.E. , Abouchami W. , Monod O. , Coulon C. , Zimmermann J.L. (1992). A crustal section of an intra-oceanic island arc : the late jurassic-early cretaceous Guanajuato magmatic sequence, Central Mexico. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **108**, 62-77.

Jambon A, Zimmermann JL (1990). Water in oceanic basalts : evidence for dehydration of recycled crust. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **101**, 323-331.

Michot L, Yvon J, Cases JM, Zimmermann JL, BAEZA R (1990). Apparente hydrophobie du talc et affinité de l'azote pour ce minéral. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **310**, 1063-1068.

Projets de recherches

1) Developpements méthodologiques

- Poursuite, avec A. Cheilletz, de la mise oeuvre de la méthode $^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$.
- Nous venons d'acquérir un spectromètre quadripolaire BALZERS QMG.420, ainsi qu'un groupe de pompage turbo-moléculaire. Ce matériel en cours d'installation, couplé à une nouvelle ligne d'extaction et de séparation des gaz, remplacera l'ensemble d'analyse continué autour du spectomètre THN205 de 1965.

2) Géochronologie Argon.

- Participation aux programmes de l'équipe Géochimie des Gaz, pour ce qui concerne la thermochronologie des domaines orogéniques auxquels sont associées des minéralisations. Un appareillage plus performant permettrait d'entreprendre de nouvelles études sur la diffusion de l'argon afin de construire la courbe de refroidissement et de déterminer la température de fermeture d'un système.

3) Géochimie des traces de gaz

- Poursuite de l'étude des gaz permanents (H_2O , CO_2 , N_2 , H_2 , SH_2 , SO_2 , CH_4 ,...) dans les matériaux magmatiques (subduction et magmatisme associé) en relation avec les recherches de B. Marty, à partir des isotopes des gaz rares.
- Etude des gisements minéralisés en Au, Be, Sn, W,... L'analyse spectrométrique des gaz constitue un outil indispensable concernant les minéraux opaques ou laiteux.
- Les résultats obtenus à propos des fluides dans les matériaux de stockage, comme les halites, nous conduisent à poursuivre nos travaux dans ce domaine environnemental, notamment sur la diffusion des gaz, pour cela, nous allons disposer d'un nouvel ensemble analytique.

C.R.P.G - C.N.R.S.
Renouvellement du Centre

• **EQUIPE GÉOCHIMIE ISOTOPIQUE**

• **FICHES INDIVIDUELLES - CHERCHEURS**

Marc	CHAUSSIDON
Etienne	DELOULE
Christian	FRANCE-LANORD
Bernard	MARTY
Laurie	REISBERG
Francis	SAUPE

1 - Intitulé de l'équipe**GÉOCHIMIE ISOTOPIQUE****Caractérisation et évolution des réservoirs géo- et cosmochimiques, temps de résidence et dynamique de transfert****2 - Composition de l'équipe (au 01-01-93)***Chercheurs permanents :*

ALIBERT Chantal	CR1	Départ le 28-02-93
CHAUSSIDON Marc	CR1	
DELOULE Etienne	CR1	
FRANCE-LANORD Christian	CR1	
REISBERG Laurie	CR1	
SAUPE Francis	CR1	

Enseignant-chercheur

MARTY Bernard	Prof. ENSG	Animateur
---------------	------------	-----------

Chercheurs associés

CHALOT-PRAT Françoise	Jeune équipe DRED, Nancy I	
SOBOLEV Alexander	Vernadsky Institute, Moscou	1990-1992
DERRY Louis	Harvard University, Postdoc	1991-1992
BARTH Susan	ETH Zurich,	arrivée en sept 1993
SUN CHENG Wen.	Acad. Sci. Guyang	arrivée en Sept. 1993
GURENKO Andrei	Vernadsky Institute, Moscou,	arrivée en juin 1993

ITA-CNRS

ALLE Paul	IR2	mi-temps depuis 1992
COGET Pierre	AI	
DAUTEL Danièle	AI	
DEMANGE Jean Claude	IE2	
JACQUIER Bertrand	T1	
MANGIN Denis	T3	

ATOS-ENSG

JAEGY Robert	T2	
--------------	----	--

Doctorant

HENRY Philippe		
----------------	--	--

DEA, stagiaires

BASILE Isabelle		
CHICHA Elisabeth		
GABENS Olivier		
HANNON Pascal		

3 - Thèmes scientifiques

Des thèmes de recherche très variés ont traditionnellement été développés dans l'équipe de géochimie isotopique grâce à de nombreux développements analytiques et à l'utilisation des traceurs isotopiques et des éléments en traces à la fois dans les domaines de surface (océans, croûte superficielle, sédiments) et les domaines profonds (croûte profonde, manteau supérieur). Les thèmes majeurs de recherche ont été dans les années passées les échanges fluides-roches, la formation et l'évolution de la croûte continentale, l'hydrothermalisme océanique, la géochimie du manteau et la métallogénie. Les thèmes de recherche actuels, même s'ils s'inscrivent pour partie dans la continuité des thèmes précédents, essaient de toucher de nouveaux domaines. Cette ré-orientation qui date d'environ 1 à 2 ans est nécessaire à cause de l'évolution des domaines d'intérêt en Sciences de la Terre et à cause des connaissances acquises dans les dernières années. Ces nouveaux thèmes bénéficieront des capacités d'analyse in situ de la nouvelle sonde ionique ims 1270, que nous voulons utiliser dans les domaines les plus pertinents à l'heure actuelle (aérosols, cosmochimie, environnement fossile et actuel). Les spécificités des chercheurs récemment arrivés dans l'équipe (utilisation des gaz rares dans le domaine sédimentaire ainsi que comme traceurs des changements de composition de l'atmosphère, en particulier) seront aussi pleinement utilisées.

Les principaux thèmes de recherche actuels peuvent être classés de la manière suivante:

- L'ÉROSION CONTINENTALE :
 - traçage géochimique de l'érosion himalayenne depuis le Miocène
 - contraintes apportées par l'enregistrement sédimentaire du golfe du Bengale sur la structure de l'Himalaya depuis 20Ma, les paléo-environnement et l'évolution de la mousson
 - traçage géochimique des sources de la molasse péri-alpine
- CYCLE DE L'EAU
 - bilan isotopique de l'hydrogène (océan-sédiments-croûte océanique) :
 - δD de l'eau interfoliaire des argiles
 - diagénèse
 - mise en évidence de la variation de δD des océans depuis le Miocène
 - l'eau dans le manteau
 - δD des minéraux hydratés du manteau et teneurs en eau des magmas
 - temps de résidence des cristaux dans un magma
 - origine de l'hydrogène du manteau
 - bilan de l'eau lors de la subduction
- CYCLE DU BORE
 - variations séculaires de $\delta^{11}B$ de la croûte continentale et des océans
 - teneurs en B et $\delta^{11}B$ du manteau
 - variations de $\delta^{11}B$ dans les météorites et conséquences cosmochimiques
- LES OCÉANS ARCHÉENS
 - REE et isotopes du Nd dans les BIF d'Hamersley
- HISTOIRE ET CYCLE DES GAZ RARES, DU CARBONE ET DE L'AZOTE
 - Evolution primitive des gaz rares terrestres et radioactivités éteintes
 - Couplage N-C-gaz rares dans les basaltes océaniques et histoire de N, C
- MÉTALLOGENIE
 - origine du soufre des gisements Hg d'Almaden
 - modélisation du dépôt de minéraux dans des fractures hydrothermales

Ces travaux ont été menés pour partie avec d'autres équipes du CRPG:

- équipe "métamorphisme et déformation" : origine et traçage de l'origine des fluides dans la croûte, REE dans les zircons,...
- équipe "géochimie des gaz et applications" : hydrothermalisme ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) du granite de Beauvoir, minéralogie et cristallogénèse des micas lithinifères,...
- équipe "métallogénie endogène" : origine du soufre de gisements algériens
- équipe "Minéralogie et pétrologie expérimentale" : partage du B dans le manteau, eau dans les boninites,...

Ils ont également donné lieu à de nombreuses collaborations françaises (ENS Lyon, Clermont-Ferrand, Paris 6, LGQ Marseille, Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, Université de Rennes) et internationales (Lamont Doherty Geological Observatory, California Institute of Technology, Narragansett School of Oceanography, University of Cambridge, UK, Max Planck Institut, University of Tokyo)

4 - Acquis scientifiques et bilan

Cette équipe a connu de profondes transformations dans ces dernières années, liées au départ pour différentes raisons des trois cadres A en 1991. Ces départs ont failli porter un coup fatal à l'équipe et sont intervenus pendant une période charnière où le projet de sonde ionique à grande sensibilité (conduit par des chercheurs de l'équipe restant au CRPG) était déjà bien avancé. La reconstruction de l'équipe autour de nouveaux objectifs (variations de l'environnement fossiles et actuelles, érosion continentale, bassins sédimentaires, premiers 500Ma de l'histoire de la Terre et cosmochimie) et avec de nouveaux moyens (sonde ionique 1270, gaz rares) est en cours. De nombreux efforts ont été faits depuis 1991 au niveau de l'équipe et des instances dirigeantes en Sciences de la Terre à Nancy, efforts qui ont permis l'embauche d'un chercheur CNRS (L. Reisberg) et l'attribution en géochimie isotopique d'un poste de Professeur à l'ENSG (B. Marty). Ces efforts ne sont pas terminés et l'équipe n'a pas encore retrouvé la capacité de recherche qu'elle avait avant 1991. L'attraction dans l'équipe de nouveaux chercheurs (post docs, sabbatiques, CNRS,...) et l'encadrement de nouveaux thésards sont clairement des objectifs très importants pour l'avenir, dans l'espoir de retrouver le dynamisme nécessaire au développement des programmes mi-lourds (spectrométrie de gaz rares, spectrométrie de masse osmium) et lourds (sonde ionique CAMECA 1270) des prochaines années.

4-1 Mouvements de personnel

Outre les départs de Francis Albarède (Prof. ENSG), Annie Michard et Simon M.F. Sheppard (D.R. CNRS), l'équipe a également vu le départ en sabbatique de Chantal Alibert (CR1) à l'ANU de Canberra pour 2 ans, celui d'Etienne Deloule en sabbatique au Caltech à Pasadena pour 7 mois, le départ de Suzanne Leroy (T3 aux isotopes radiogéniques) ainsi que le passage de Paul Allé (IR2 responsable de la sonde ionique ims 3f) en mi-temps. Bernard Marty et Laurie Reisberg ont complété les chercheurs et Denis Mangin (T3) et X (IR2) doivent venir renforcer le personnel technique dont l'équipe aura le plus grand besoin dans les prochaines années.

4-2 Les mouvements de matériel

L'arrivée de la sonde ionique 1270 est prévue pour fin 1993-début 1994. Un petit bâtiment sera construit devant le CRPG pour l'abriter, ceci étant la solution la plus simple et la moins onéreuse étant donné les contraintes de charge au sol et de seuil de vibrations recommandées par Cameca. L'ensemble de l'opération (sonde ionique 1270, bâtiment et climatisation) est entièrement financé sur le plan de la sonde 1270 (INSU-CNRS, MEN, MRE, Région Lorraine, Conseil Général de Nancy, District de l'Agglomération Nancéienne), l'INSU permettant grâce à une avance sur ce plan la construction du bâtiment avant l'arrivée de la

sonde. Il faut noter qu'aucune participation financière du CRPG dans cette opération n'a été nécessaire.

Lors de son départ, Simon Sheppard a emporté un spectromètre PRISM isotopes stables quasi-neuf qui avait été partiellement financé par la région. L'INSU avait promis un dédommagement financier comme contribution sur l'achat d'un nouveau spectromètre. Lors de son transfert à Nancy, Bernard Marty a sollicité auprès de l'Université de Paris et de l'INSU le transfert d'une partie du matériel qu'il avait monté et utilisé à Paris. Après avis d'une commission consultative INSU, il a été décidé de financer sur Nancy l'achat d'un spectromètre gaz rares par des fonds INSU et contrats divers, une ligne d'analyse étant transférée de Paris à Nancy.

L'embauche de L. Reisberg sur le sujet isotopes de l'osmium conduit à l'adaptation du spectromètre isotopes radiogéniques à la mesure de très faibles quantités d'Os et nécessite l'installation d'un comptage d'ions ainsi que le passage en ions négatifs de la source. Ces opérations sont en cours et seront financées sur des crédits propres à l'équipe de géochimie isotopique ainsi que sur le budget équipement du CRPG.

4-3 Les développements techniques

Une grande partie des études réalisées par l'équipe ont nécessité le développement de techniques d'analyses originales. La philosophie de tous ces développements est l'analyse isotopique de micro-quantités, l'analyse isotopique in situ ou la mesure de concentrations d'éléments en ultra-traces. L'évolution vers des micro-échantillons ou des traces est rendue nécessaire par les projets concernant les aérosols, les météorites, les eaux, les sols ou les sédiments. Parmi les développements les plus importants on peut citer: (1) la mesure de δD à la sonde ionique sur des minéraux hydroxylés avec une précision de $\pm 5\%$, (2) la mesure de $\delta^{11}B$ à la sonde ionique sur des tourmalines, des verres de MORB et des météorites et (3) les extractions de l'oxygène des silicates au BrF_5 assisté par Laser.

4-4 Bilan et perspectives

Nous avons essayé de préserver un bon équilibre entre les thèmes de recherche "profonds" et ceux concernant la surface, comme en attestent les publications de l'équipe. Le développement de l'activité nouvelle sonde va permettre de renforcer les thèmes de surface et de développer une activité en cosmochimie. De même le développement de l'activité gaz rares va entraîner une étude accrue des isotopes cosmogéniques et de leurs applications aux changements récents.

Le nombre de doctorants est actuellement insuffisant et il sera primordial d'attirer de nouveaux étudiants. La nomination de Bernard Marty à l'Ecole de Géologie devrait le permettre, à condition que le nombre de bourses pour le CRPG devienne raisonnable (il est de 1 à 2 bourses/an pour l'instant...).

Compte-tenu de l'évolution de l'économie en général et de celle des Sciences de la Terre en particulier, un effort particulier devra être effectué en vue de l'obtention de contrats européens et industriels, sans perdre de vue que l'équipe n'est pas un service d'analyse. Un équilibre délicat sera à trouver.

5 Perspectives de recherche

- Cosmochimie : étude in situ d'anomalies isotopiques par sonde ionique sur échantillons de météorites et de comètes (H, Li, B, C, N, O, Al, Mg, Si).
- Cycle des volatils : transferts de H, C, N, S et gaz rares entre manteau et surface.
Histoire précoce de la terre : des météorites aux premiers continents. Cycle de l'eau.

- Structure du manteau. Géochimie isotopique du système Re-Os. spéciation durant l'hydrothermalisme, signature mantellique. Caractérisation et modélisations des éléments traces et isotopes stables et radiogéniques dans les zones de subduction.
- Géochimie et biosphère : cycle du soufre dans le sol.
- Fleuves, eaux continentales souterraines, traçage des circulations de fluides crustaux par les gaz rares, altération et érosion continentale : implications paléoclimatologiques et fluctuations orogéniques.
- Développement des isotopes cosmogéniques (^3He , ^{10}Be , ^{26}Al) pour la datation des processus récents intéressant par exemple la paléoclimatologie.
- Géochimie des aérosols. Déconvolution des influences volcanique, anthropique, détritique et marine.

6 - Animation scientifique

Encadrement de thèses : 9 thèses soutenues et 1 en cours

Fabrication des deux derniers rapports annuels

Organisation des séminaires du CRPG et de l'ILG

Organisation de Colloques et de réunions

Gold 89' in Europe (Toulouse) - publications

Trentième anniversaire du CRPG

Co-éditeur du volume des conférences de l'atelier "Lanthanides,

Tantalum and Niobium".

25^{ème} anniversaire de la SGA à Nancy

Enseignements en licence, maîtrise et DEA de l'Université de Nancy I ainsi qu'à l'ENSG

7 - Financements et valorisation de la recherche

Contrats de l'équipe géochimie isotopique depuis 1989

1989:

BRGM n° RM 25	"Etude du Birrimien" Michard-Albarède	29 325
DBT n° 883862	"Recyclage dans le manteau" Albarède-Chaussidon	150 000
DBT n° 883835	"Croissance des continents à l'Archéen" Albarède-Michard	170 000
DBT n° 883830	"Croissance des continents et différenciation intracontinentale" Albarède	40 000
DBT n° 893827 V	"Géochimie des péridotites du plateau du Colorado" Alibert	30 000
DBT n° 893827 IV	"Détermination expérimentale du fractionnement isotopique de l'hydrogène", Sheppard-France Lanord	50 000
DBT n° 893827 II+V	"les REE comme traceurs des crises planctoniques", Albarède-Michard-Grandgean	300 000
GPF n° 890806	"Echanges hydrothermaux de Sr à Beauvoir" Chaussidon	33 700

1990:

IFREMER n° 50-0004	"Alimentation hydrothermale de la fosse Atlantis II" Michard	19 520
ATP	"Traçage isotopique des sédiments du cône du Bengale"	

PNEHO	France Lanord-Michard	90 000
	"Modélisation des systèmes géothermaux sous marins"	
	Deloule	90 000
DBT n° 803838, 5.61	"Croissance crustale en Afrique à 2.1Ga"	
	Albarède-Boher-Abouchami	50 000
DBT n° 803838, 5.33	"Evolution du $\delta^{11}\text{B}$ de la croute continentale"	
	Chaussidon-Albarède	40 000
DBT	"Contribution de la couche 3 au bilan global des oceans"	
	Chaussidon-Honnorez	18 900
ATP n° 803912, 3.13	"Eau dans la croute océanique"	
	France Lanord	30 000
ATP n° 803912, 3.14	"Croute océanique jurassique"	
	France Lanord	20 000

1991

DBT n° 913817, 5.39	"Partage du bore dans le manteau supérieur"	
	Chaussidon-Libourel	78 000
DBT n° 913817, 4.37	"Distribution des isotopes de l'H dans le manteau sup"	
	Deloule	39 000

1992

DBT n° 92 , 1.03	"Alteration continentale comme vecteur d'apport de Sr aux oceans:I"	
	France Lanord	70 000

1993

DBT n° 92 , 1.08	"Alteration continentale comme vecteur d'apport de Sr aux oceans:II"	
	France Lanord	50 000

Contrats d'analyses, hors appels d'offres officiels :

1992 : 31 kF,

1993 : 15 kF jusqu'à présent.

8 - Tableau résumé des publications

Equipe Géochimie isotopique	
(publications publiées ou acceptées au 1/03/1993)	
Rang A	
Journal of Geophysical Research	4
Geochimica et Cosmochimica Acta	9
Earth Planetary Science Letters	4
Nature	3
Economic Geology	2
Journal of Volcanology Geothermal Research	3
Tectonophysics	1
Chemical Geology	3
Contribution Mineralogy Petrology	1
Journal Petrology	1
Canadian Journal of Earth Sciences	4
Sedimentology	1
ODP Scientific Results	9
European Journal of Mineralogy	2
Marine Geophysical Research	1
Total	48
Rang B	
Geotimes	1
Journal of African Earth Sciences	2
Livres	9
Total	12
Rang C	
Doc. BRGM	1

**Fiche individuelle (période 1989-1993)
Marc Chaussidon**

Activités de recherche actuelles:

Mes activités de recherche des deux dernières années concernent principalement la géochimie et la géochimie isotopique du bore. Le bore est présent à des concentrations variables et avec des compositions isotopiques très différentes dans les grands réservoirs terrestres (croûte, sédiments, eau de mer, manteau supérieur). Son étude en tant que traceur géochimique connaît un développement rapide dû à l'arrivée de techniques d'analyses isotopiques précises et plus faciles que les précédentes (spectrométrie de masse du métaborate de césium et d'ions négatifs, sonde ionique). J'ai développé les techniques d'analyse par sonde ionique avec les étapes suivantes: (1) mesure des teneurs dans la gamme >10ppm dans différents types de matrice, (2) mesure des compositions isotopiques dans des tourmalines, (3) mesure des teneurs dans la gamme 0.05ppm -10ppm, (4) mesure des compositions isotopiques sur silicates dans la gamme 0.1-10ppm. D'autres développements sont en cours pour mettre au point les mesures isotopiques sur des eaux par exemple.

Ces développements ont été utilisés pour comprendre les variations à grande échelle de $\delta^{11}\text{B}$ dans la croûte continentale par l'étude de tourmalines magmatiques d'âges variant entre 3.8Ga et l'actuel. Une des conclusions importantes est qu'une évolution séculaire du $\delta^{11}\text{B}$ de l'eau de mer et de la croûte continentale (d'environ 30‰ depuis 3.8 Ga) est très probable (*EPSL*, 1992, **108**, 229-241). Parallèlement, la détermination expérimentale des coefficients de diffusion du bore dans les magmas haplogranitiques a été faite en collaboration avec l'Université de Bayreuth (*GCA* 1993,**57**, 1741-1751). Une autre conclusion de l'étude des tourmalines était que l'extraction du bore du manteau devait se faire sans fractionnement isotopique important mais que de grandes inconnues existaient pour faire un bilan du bore entre manteau et croûte (teneur du bore dans le manteau supérieur, dans la Terre silicatée moyenne où les flux de bore extraits du manteau ou ré-injectés par subduction ne sont pas connus). Pour préciser tout cela une étude des teneurs et des compositions isotopiques des basaltes océaniques (article soumis à *EPSL*), et une étude expérimentale visant à déterminer les coefficients de partage du bore entre cristaux et magmas (sous presse à *GCA*) ont été réalisées en collaboration avec A. Jambon et G. Libourel respectivement.

Parmi les autres projets les plus avancés concernant le bore, un effort est fait pour essayer de voir quel type de contraintes les variations de compositions isotopiques de bore peuvent apporter sur la formation du système solaire et l'accrétion de la Terre ainsi que sur les problèmes d'origine des océans par exemple. Une étude visant à déterminer avec précision le $\delta^{11}\text{B}$ de l'eau de mer il y a 3.8Ga à partir de métasédiments d'Isua est terminée (article soumis à *Geology*). Une grosse étude de reconnaissance des variations de $\delta^{11}\text{B}$ dans les différents types de chondrites est en cours (résumés à EUG VII et à EGS XVIII). Le bore peut apporter des informations très différentes des autres éléments déjà étudiés dans les météorites parce qu'il n'est pas synthétisé dans les étoiles mais fabriqué par spallation et que des fractionnements isotopiques importants sont probables lors de ce processus.

Les autres études en cours sur le bore concernent son application en tant que traceur dans les problèmes de surface tels que érosion ou variations récentes des climats (1 DEA en cours).

En plus de ce qui concerne le bore au sens large, je développe ou participe à d'autres projets qui peuvent être regroupés sous le titre: comportement des éléments volatils ($\text{H}_2\text{O}, \text{S}, \dots$) et des platinoïdes dans le manteau et la croûte océanique. Par exemple une étude systématique des teneurs en eau dans les inclusions vitreuses présentes dans les olivines riches en Forstérite a été réalisée (en coll. avec Alex Sobolev de l'Institut Vernadsky de Moscou, article soumis à *Nature*) pour les différents environnements géotectoniques et les différentes séries basaltiques existantes. Ces échantillons ont l'avantage de représenter les magmas les plus "primitifs" que l'on puisse trouver et les effets dus au dégazage, à la cristallisation fractionnée ou à l'altération sont donc inexistantes ou presque. Ce type d'étude n'est possible qu'avec une sonde ionique à cause de la petite taille des inclusions. C'est un des moyens de quantifier les flux d'eau recyclée dans le manteau supérieur, les études isotopiques (δD) sur les MORB ou les xénolithes étant incapables de contraindre la part primitive de l'eau contenue dans le manteau supérieur.

Je participe aussi à d'autres études en dehors du domaine des Sciences de la Terre où j'essaye d'exporter mes capacités d'analyse et mes connaissances de chimie-minéralogie. J'ai réalisé par exemple une étude des distributions anormales des concentrations d'Al dans les tissus cartilagineux et synoviaux de dialysés du rein (article sous presse à *Nephron*) et je participe à des études de dents malades.

Projets de recherche pour les années à venir:

Mes projets de recherche pour les années à venir sont tournés vers deux domaines principaux: l'environnement présent et récent et la cosmochimie. Cette évolution correspond d'une part à un attrait pour ces domaines et d'autre part à l'arrivée à Nancy de la sonde ionique à grande sensibilité 1270 dont je suis un des deux co-responsables (avec Etienne Deloule). Les premiers projets que j'essaierai de développer avec la sonde ionique 1270 concernent l'étude isotopique des aérosols (traçage des circulations atmosphériques, temps de résidence des aérosols volcaniques,...), l'utilisation des isotopes de l'oxygène à des fins thermométriques et climatiques, et l'étude de certaines compositions isotopiques dans les météorites ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, thèse en co-direction avec François Robert du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris) ou les inclusions SiC par exemple.

Responsabilités:

Les responsabilités que j'ai à l'intérieur du CRPG sont les suivantes:

- membre du conseil scientifique du CRPG
- responsable de l'organisation des séminaires du CRPG
- responsable avec J. M. Bertrand de la ré-organisation de la bibliothèque du CRPG. Cette ré-organisation (inventaire, informatisation,...) a été possible grâce à l'embauche au CRPG d'une nouvelle bibliothécaire (Mme Annie Jeannot) dont je suis l'interface.
- participation à l'élaboration des rapports annuels précédents du CRPG
- participation à l'organisation du trentenaire du CRPG en 1991.
- participation aux entretiens annuels d'activités des ITA.

Je suis aussi responsable de la commission animation scientifique de l'Institut Lorrain des Géosciences, qui a pour but de promouvoir les échanges scientifiques entre les différents laboratoires de l'ILG et de dynamiser la vie scientifique. Je suis à ce titre responsable des séminaires de l'ILG. Nous éditons un journal bi-annuel faisant le point sur tous les travaux publiés dans les 6 mois précédents par tous les membres de l'ILG, et nous organisons entre autres un prix scientifique des DEA de l'ILG.

Je suis membre du comité d'organisation de la RST qui se tiendra à Nancy en 1994.

Enseignement:

Je participe (ou ai participé) à l'enseignement à l'Université de Nancy I et l'Institut National Polytechnique de Lorraine, en DEUG A option géomatériaux, licence de géologie, licence de matériaux, 3^{ème} année de l'E.N.S.G., et je suis responsable d'un des modules du DEA Géosciences. Cela représente environ 20 heures de cours par an.

J'ai co-encadré un DEA en 1992 sur la détermination expérimentale des coefficients de partage du bore à 1 atm entre liquide basaltique et cristaux, et j'encadre ou co-encadre en 1993 deux DEA sur la géochimie du bore dans les eaux de rivière et sur les anomalies isotopiques de carbone dans des grains cométaires. Je participe aussi à l'animation d'une thèse (resp. J. Honnorez, Strasbourg) sur la contribution de la couche 3 de la croûte océanique au bilan global des océans.

Quatre publications récentes les plus significatives:

Sigurdsson H., Bonté P., Turpin L., Chaussidon M., Metrich N., Steinberg M., Pradel P. & D'Hondt S. (1991) Geochemical constraints on source region of Cretaceous/Tertiary impact glasses. *Nature* **353**, 839-842.

Chaussidon M. & Albarède F. (1992) Secular boron isotope variations in the continental crust : an ion microprobe study. *Earth Planet. Sci. Lett.* **108**, 229-241.

Chakraborty S., Dingwell D. & Chaussidon M. (1993) Chemical diffusivity of boron in melts of haplogranitic composition. *Geochim. Cosmochim. Acta.* **57**, 1741-1751.

Chaussidon M. & Libourel G. Boron partitioning in the upper mantle: an experimental and ion probe study. *Geochim. Cosmochim. Acta.* (sous presse).

Fiche individuelle (période 1989-1993) - Etienne DELOULE

Bilan à quatre ans.

Deux points importants de cette période sont la soutenance d'une Thèse d'Etat le 22 mars 1991, à l'INPL (Analyses isotopiques à l'échelle intra-cristalline: une contribution à l'étude des systèmes géologiques), et un séjour au Lunatic Asylum à Caltech, chez le professeur G. Wasserburg, (10/1992 - 4/1993).

1) Activité de recherche:

- Distribution et échange de l'eau dans le manteau.

La distribution et les échanges de l'eau dans le manteau peuvent être étudiés en mesurant la composition isotopique de l'hydrogène. L'analyse isotopique des minéraux hydroxylés des xénolithes mantelliques offre l'avantage de mesurer des échantillons équilibrés à HT et HP. Leur trop faible abondance empêchant souvent leur analyse par voies classiques, nous avons développé ces mesures in situ à la sonde ionique. Le fractionnement isotopique instrumental D-H très important et variable (de 40 à 80‰) a demandé une calibration précise. La mise en évidence du rôle des cations octaédriques sur ce fractionnement a permis de proposer un processus d'ionisation pour l'hydrogène et de calibrer nos mesures à $\pm 10\%$ [3].

Des zonations isotopiques importantes, allant jusqu'à 60‰, mesurées ainsi sur des pargasites de xénolithes d'Hawaii et du Massif Central, montrent l'existence d'hétérogénéités isotopiques importantes dans le manteau. Les valeurs obtenues à Hawaii mettent également en évidence la présence d'un réservoir très appauvri en D ($\delta D < -130$) qui pourrait être le manteau inférieur [4]. Les compositions isotopiques D-H déterminées sur des amphiboles et des phlogopites coexistant dans des xénolithes du Victoria (Australie) [Deloule, EOS, 1992] montrent une différence systématique de l'ordre de 40‰ entre les phlogopites et les amphiboles, alors que les données expérimentales existantes prédisent l'absence de fractionnement entre ces deux phases. Ceci implique (1) que les deux phases soient associées à des fluides métasomatiques différents, et (2) que le déséquilibre isotopique entre les deux phases ait persisté pendant des centaines de millions d'années, durée écoulée entre le métasomatisme et l'extraction des xénolithes [Griffin W.L. et al., GCA, 1988].

Altération hydrothermale des minéraux.

En collaboration avec J.E. Lartigue (Laboratoire de Géosciences de l'Environnement, Université d'Aix-Marseille III), nous avons analysé des minéraux ayant subi une altération hydrothermale en milieu contrôlé. La mesure des variations de compositions chimiques depuis l'interface eau-minéral vers le cœur sain du minéral permet de compléter les informations obtenues en analysant les eaux d'altérations. Les mêmes procédures analytiques ont été utilisées pour étudier la stabilité de cristal industriel et de ses composants (notamment le plomb) au contact de solutions acides (Programme en association avec les cristalleries de Baccarat). Nous participons ainsi au développement de procédés industriels visant à augmenter la stabilité de l'interface cristal-liquide.

Formation du système solaire

La détermination de la composition isotopique des météorites et de leurs constituants est un outil clé pour étudier la formation du système solaire et les différents procédés de nucléosynthèses stellaires. La taille des objets à étudier (inclusions réfractaires (CAI, POI) < 1 mm, SiC ou diamants $< 1 \mu\text{m}$) rend souvent la sonde ionique indispensable à ces études.

Nous avons entrepris avec F. Robert d'identifier les phases porteuses d'hydrogène anormal sur des météorites connues pour leurs compositions extrêmes, en analysant simultanément à la sonde ionique le rapport D/H et la composition chimique. Les rapports D/H mesurés varient de -600 à +5000, exprimées en δD_{SMOW} . Les corrélations entre δD et

composition chimique montrent la présence de phyllosilicates très enrichis en D, et de matière organique appauvrie en D, contrairement aux idées admises jusqu'à présent.

Durant mon séjour à Caltech, j'ai étudié la distribution des isotopes de Mg, Si, Ca, Ti et H sur une inclusion réfractaire de la météorite Essebi (CM2) (Deloule et al, 1993). L'obtention d'une isochrone dans le système ^{26}Al - $^{26}\text{Mg}^*$ pour les minéraux du noyau et de l'écorce de l'inclusion indique une accréation précoce et rapide sans perturbation postérieure. Des fractionnements variables pour les autres éléments impliquent la présence d'au moins deux précurseurs d'origines différentes et une accréation complexe. Des minéraux hydratés témoignent d'une alteration hydrothermale, postérieure à la décroissance de ^{26}Al (2 millions d'années après la formation de l'inclusion). La composition isotopique très anormale de l'hydrogène ($\delta\text{D}_{\text{smow}} = +1000$) implique une origine extra-solaire.

Projets de recherche :

Mes projets, basés sur l'utilisation de la sonde ionique à haute sensibilité, portent sur 4 points: (1) le traçage de la distribution et des échanges de l'eau dans le manteau ; (2) l'étude des interfaces fluides-minéraux pour caractériser la cinétique des interactions au cours de la diagénèse ou l'hydrothermalisme et leur évolution dans le temps; (3) la variabilité à court terme de la température des océans, en mesurant ses traceurs avec une haute résolution spatiale; (4) Les sources des éléments lors de l'accréation du système solaire.

Responsabilités:

J'ai été animateur en 1991-1992 et co-animateur avec Bernard Marty depuis 1992 de l'équipe de géochimie isotopique du CRPG. Je suis membre du conseil scientifique du CRPG, membre du comité du personnel, et membre élu au conseil scientifique de l'ILG, Institut Lorrain des Géosciences qui regroupe l'ensemble des laboratoires travaillant dans les Sciences de la Terre à Nancy. Je fais partie de la rédaction du journal interne mensuel, et de la commission des relations internationales.

Je suis co-responsable avec Marc Chaussidon de l'acquisition par le CRPG d'une sonde ionique à haute sensibilité et haute résolution, CAMECA IMS 1270.

Enseignement :

J'ai participé à l'enseignement du DEA "géochimie et matières premières" (Cours de géochimie, 14 heures de cours). J'ai encadré deux DEA en 1992, l'un sur la metallogénèse du tungstène dans le Massif Central, l'autre sur l'étude des différentes phases de croissance du gisement Pb-Zn de Ein Barbar, co-encadré la thèse d'Olivier Paillat, soutenu le 27/3/1992 ("structures et propriétés des verres et liquides silicatés feldspathiques hydratés"), suis le directeur de thèse de Philippe Henry, (érosion du Massif Alpin, et genèse des molasses perialpines), et participe à la direction de thèse de Christelle DeMars (paléocirculations fluides dans le Dogger et le Trias du bassin de Paris).

4 publications récentes les plus significatives :

- [1].Deloule E. and Turcotte D. L., 1989, The flow of hot brines in cracks and the formation of ore deposits. *Econ. Geol.*, 84, 2217-2225.
- [2].Deloule E., France-Lanord C. and Albarède F, 1991, D/H Analysis of Mineral by Ion Probe, in "Stable Isotope geochemistry: A Tribute to Samuel Epstein", Special Publication N°3 of the Geochemical Society V.3, 53-62.
- [3].Deloule E., Albarède F. and Sheppard S.M.F. D/H, 1991, Hydrogen Isotope Heterogeneities in the Mantle from Ion Probe Analysis of Amphiboles from Ultramafic Rocks : *E.P.S.L.*, 105, 543-53.
- [4].Deloule E., Kennedy, A.K., Hutcheon I.D. and El Goresy, A., 1993, Isotopic and trace element characteristics of an unusual refractory inclusion from ESSEBI, *L.P.S.*, 24, 399-400.

Fiche individuelle - Christian France-Lanord

CR1, Equipe de géochimie isotopique

Activités de recherche

Au cours des deux dernières années mon activité a été partagée entre les thèmes "Cycle de l'eau dans le système océan-sédiment-croûte" et "Traçage isotopique de l'érosion himalayenne". Sur le plan technique la méthode d'extraction de l'oxygène par fluorination assistée au laser a été mise au point pour la première fois en France. De plus, après le départ de Simon Sheppard, les lignes d'extraction de H et C ont été reconstruites et développées avec des techniques nouvelles de pyrolyse.

Le cycle de l'eau

Collaborations avec J. Alt (Michigan S. Univ.), G. Blanc (Strasbourg), J. Boulègue (Paris), A.M. Karpoff (Strasbourg), A. Michard (Marseille), S.M.F. Sheppard (Lyon)
Soutiens : DBT Fluides et cinétique 1989, ASP ODP France, 1990 + ...)

Ces recherches font suite à une mission ODP en 1990 (Leg 129). Au cours de ce Leg j'ai pu échantillonner un ensemble d'eaux de porosité sédimentaires dans des contextes assez variés (diagenèse active, barrière de perméabilité...) et représentant une gamme d'âge maximal en domaine océanique (Jurassique à actuel). Un échantillonnage spécifique de micro-carottes en tubes scellés avait en plus été réalisé pour permettre d'analyser la totalité des types d'eaux contenues dans un sédiment (porosité, absorbée, hydroxyle). L'exploitation de ces échantillons montre que les eaux absorbées (eau interfoliaire des argiles) sont isotopiquement distinctes des eaux de porosité. Ces mesures qui sont les premières réalisées sur ce type d'eaux sont importantes car elles permettent de prédire l'évolution des compositions isotopiques des eaux de porosité lors des réactions de diagenèse ou d'altération. Il est ainsi possible d'interpréter les données isotopiques d'hydrogène des eaux de porosité dans de nombreux forages océaniques.

Un forage du Leg 129 démontre en particulier l'augmentation de δD liées aux réactions d'altération de basalte en smectite. D'une manière plus globale ces données démontrent que la diminution générale de δD des eaux de porosité océanique en profondeur reflète des eaux océaniques anciennes, pauvres en D, et non une variation d'origine diagénétique. Cette variation de δD des océans résulterait de la formation des calottes glaciaires fin Miocène.

Traçage isotopique de l'érosion himalayenne

Collaborations avec D. Burbank (USC at Los Angeles), L. Derry (CRPG et USA), P. Le Fort (Grenoble), A. Michard (Marseille)
Soutiens : ASP ODP 1989, DBT Fleuve et Erosion 92 et 93

Une première étude isotopique et minéralogique des turbidites du Cône du Bengale a permis de déterminer les sources himalayennes principales de sédiment et la stabilité de ces sources depuis le Miocène. Ces conclusions impliquent que la structure actuelle de l'Himalaya est acquise depuis au moins 20Ma et que les chevauchements majeurs (MCT et STDS) étaient actifs à cette période.

L'analyse des variations minéralogiques et sédimentologiques fait apparaître des variations majeures du couple érosion/altération. En particulier à 7Ma débute une période de forte altération corrélée à une diminution des taux de sédimentation. Ce changement est également observé dans les dépôts d'avant chaîne himalayenne (Siwaliks) et coïncide avec l'installation du régime de mousson asiatique. L'interprétation de ces variations est complexe car les facteurs climatiques et tectoniques sont interdépendants. Un des marqueurs de l'altération continentale est la composition isotopique du Sr marin. De nombreuses études récentes relient l'augmentation brutale des rapports isotopiques de Sr depuis 40Ma à la collision himalayenne. L'analyse fine des variations enregistrées dans les dépôts du Gange permet de critiquer ces modèles et de remonter aux processus.

Orientations futures

Ces deux axes de recherche seront poursuivis. Le cycle de l'eau sera orienté vers le bilan isotopique de l'hydrogène lié à l'altération dans les sédiments et la croûte océanique. Du point de vue érosion, une approche des processus d'érosion sera suivie avec en particulier une première étude sur le rôle des glaciers dans l'érosion et un suivi de l'altération des particules en Himalaya. Une approche plus globale de l'altération continentale à partir des isotopes de l'oxygène sera développée.

Responsabilités

Responsable du laboratoire de géochimie des isotopes stables
 Chercheur interface de deux ITA de l'équipe Géochimie Isotopique
 Responsable de l'atelier mécanique du CRPG (deux ITA)
 Réalisation des rapports annuels du CRPG 88 à 90
 Participation aux Entretiens Annuels d'Activité du CRPG
 Invité permanent du Conseil Scientifique du CRPG
 Membre du Conseil Scientifique de l'ILG
 Membre de commission "Animation Scientifique" de l'ILG
 Membre du groupe "Géochimie" de la commission spécialisée Sciences de la Terre de l'INSU

Enseignement

J'interviens (ou suis intervenu) pour des cours de géochimie à l'Université de Nancy I et à L'INPL, (DEUG A, Licence et DEA) avec en particulier le cours obligatoire de géochimie du DEA. Ceci représente une vingtaine d'heures annuelles.

Un à deux étudiants de DEA encadrés par an et des encadrements de stages "Laboratoire" en deuxième et troisième année de l'ENSG.

Quatre publications les plus significatives

France-Lanord C., & Sheppard, S.M.F., (1992) Hydrogen isotope composition of pore waters and interlayer water in sediments from Central western Pacific, ODP Leg 129. *Proc. ODP, Sci. Res.*, 129: 295-302.

France-Lanord C., Michard A., & Karpoff, A.M., (1992) Major element and Sr isotope studies in interstitial waters of sediments from Leg 129: the role of diagenetic studies. *Proc. ODP, Sci. Res.*, 129: 267-281.

France-Lanord C., Derry, L., & Michard A. (1993) Evolution of the Himalaya since Miocene time: Isotopic and sedimentologic evidence from the Bengal Fan. in "Himalayan Tectonics", *Geol. Soc Spec. Pub.* (sous presse)

Burbank D.W., Derry L.A. & France-Lanord C. (1993) Diminished Himalayan detrital sediment delivery despite intensified monsoon at 8 Ma. *Nature* (sous presse).

Fiche individuelle B. Marty

Activité.

L'année 1992 a vu mon embauche comme Professeur des Universités à l'École Nationale de Géologie et ma démission du CNRS où j'occupais la fonction de Chargé de Recherche 1ère Classe. J'ai transféré mon activité de recherche de Paris (URA 736, Université Pierre et Marie Curie) au CRPG.

L'essentiel de mon activité en 1992-1993 a été partagée entre :

- * mes nouvelles tâches d'enseignement (géochimie générale, géochimie isotopique et pétrophysique) à l'École Nationale Supérieure de Géologie et à l'Université Nancy;
- * la direction de la communication à l'École de Géologie de Nancy, tâche d'intérêt général attribuée par le nouveau directeur, qui comprend notamment la définition d'une stratégie de communication et la définition et réalisation des supports adéquats. Un ensemble de plaquettes est en cours de réalisation;
- * l'animation de l'équipe de Géochimie Isotopique au CRPG. Cette équipe a subi d'importants changements dans les années passées qui ont vu le départ de tous les cadres A. Je me suis efforcé d'accroître la cohésion de cette équipe et de favoriser une réflexion commune sur les thèmes que nous souhaitons aborder en 1994. Cette équipe doit en effet relever le défi technologique et scientifique que représente l'arrivée prochaine de la "supersonde" 1270.

Mon activité personnelle de recherche a été réduite durant cette période, pour deux raisons. La première est évidemment liée à mes nouvelles fonctions qui accaparent la majorité de mon temps. La seconde tient à mon départ de Paris où j'avais monté un système pour l'analyse en abondance et isotopique des gaz rares dans les fluides et les roches et la difficulté de l'utiliser à présent pour diverses raisons. Mon activité a pour cela consisté en la rédaction de plusieurs rapports et articles à partir de résultats acquis précédemment. J'ai sollicité le transfert d'une partie du matériel que j'ai monté et utilisé à Paris et je projette de monter un système d'analyse de gaz rares au CRPG dès qu'un montage financier adéquat sera trouvé.

Thèmes de recherche.

Mes thèmes actuels sont :

- * Traçage par les gaz rares des circulations de fluides dans les bassins sédimentaires. Cette étude porte essentiellement sur le Bassin Parisien et, dans un avenir proche, sur le Bassin Pannonien. Le but est d'arriver à préciser l'origine, les mélanges et les temps de résidence des fluides (eau, pétrole) dans ces bassins, en utilisant les propriétés isotopiques des gaz rares (He, Ne, Ar, Kr et Xe). Outre les gaz rares, nous projetons avec L. Reisberg, M. Chaussidon, C. France-Lanord des développements concernant les géochimies de l'osmium, du bore, du lithium et des isotopes cosmogéniques (^3He , ^{10}Be , ^{14}C et ^{36}Cl).
- * Les volatils dans le manteau : géodynamique de H, C, N et gaz rares. Mon effort récent a surtout porté sur l'azote par l'analyse de microquantités de cet élément dans les basaltes océaniques. Le but est de décrire la géochimie des volatils dans le manteau, en s'appuyant sur l'analyse de basaltes actuels et, pour l'histoire primitive de la Terre, sur le couplage avec les gaz rares et par là les radioactivités éteintes (^{129}I , ^{244}Pu). D'autre part, je projette avec G. Libourel et M. Chaussidon de déterminer la solubilité de certains volatils dans les conditions de genèse des basaltes océaniques et dans des conditions variables de redox. Ces données sont fondamentales pour la compréhension des caractéristiques initiales des volatils dans le manteau. Enfin, nous effectuons avec C. France-Lanord et M. Chaussidon une étude couplée

gaz rares-bore-isotopes stables sur des basaltes sous-marins dans un contexte de subduction (Manus Basin, Mer de Bismarck) et dans un contexte de point chaud (Afar).

* Géodynamique chimique des points chauds (Afar, Tahiti, Hoggar) et de l'Italie du Sud : approche isotopique Sr, Nd, Pb, O, He et Ar. Le but de cette étude est de préciser la composition des sources en couplant différents traceurs isotopiques, dont l'hélium.

Encadrement

J'assure l'encadrement de thèse de D.L. Pinti (gaz rares dans le pétrole) et M.C. Castro (gaz rares dans les aquifères du Bassin Parisien). J'ai co-encadré le stage de 3ème année de l'école de I. Basile (Sr, Nd et terres rares dans les laves de l'Etna).

Programmes européens

Je suis co-contractant d'un programme Joule "évolution de la perméabilité dans un bassin par l'analyse géochimique des fluides et roches" qui réunit Elf, BP et le BRGM. Je suis également co-contractant dans un programme Joule II avec l'Université de Cambridge et le BRGM.

Publications les plus significatives 1991-1993

1991

Marty B., Gunnlaugsson E., Jambon A., Oskarsson N., Ozima M., Pineau F. & Torssander P. (1991).- Gas geochemistry of geothermal fluids : the Hengill Area, Southwest rift zone of Iceland. *Chemical Geology*, 91, 207-225

1992

Marty B., O'Nions R.K., Oxburgh E.R., Martel D. ET Lombardi S. (1992) - Helium isotopes and the tectonics of Alps. *Tectonophysics*, 206, 71-78.

Hiyagon H., Ozima M., **Marty B.**, Zashu S. et Sakai H. (1992) - Noble gases in submarine glasses from Mid Oceanic Ridges and Loihi Seamount : constraints on the early history of the Earth. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 56, 1301-1316.

Marty B. et Le Cloarec M.F. (1992) - Helium-3 and CO₂ fluxes from subaerial volcanoes estimated from Polonium-210 emissions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 53, 67-72..

1993

Marty B., Nicolini E., Meynier V., Griesshaber E et Toutain J.P. Geochemistry of gas emanations : A case study of the Réunion Hot Spot, Indian Ocean. (1993) *Applied Geochemistry*, 8, 141-152.

Marty B. et Lussiez P. (1993). Constraints on rare gas partition coefficients from analysis of olivine-glass from a picritic mid-ocean ridge basalt. *Chemical Geology* 106, 1-7

Marty B., Torgersen T. , Meynier V., O'Nions R.K. et De Marsily G. - Helium isotope fluxes and groundwater ages in the Dogger aquifer, Paris Basin. *Water Resources Research*. sous presse

Fiche individuelle - Laurie Reisberg

Activité

Je suis venue au CRPG en automne 1992. Avant mon arrivée à Nancy, j'ai travaillé depuis 1989 au Lamont-Doherty Geological Observatory à New York. Au Lamont, mes responsabilités principales étaient l'établissement et l'amélioration des techniques exigées pour l'analyse du système isotopique Re-Os, qui sont basées sur les techniques que j'ai apprises pendant mon année post-doctorale à l'IPG de Paris. Grâce à ses caractères exceptionnels, notamment le fractionnement extrême entre Re et Os pendant la fusion partielle et le comportement sidérophile et chalcophile des deux éléments, ce couple a le potentiel d'être un outil très puissant pour étudier l'évolution du système terrestre.

Après le développement des techniques d'analyse, j'ai utilisé ce système pour étudier les basaltes océaniques et les complexes ultrabasiques. Ce travail était fait en collaboration avec quelques autres chercheurs au Lamont, surtout F. Marcantonio et A. Zindler. Quelques résultats de ces études sont décrits dans trois articles soumis à EPSL et à GCA. J'ai également participé au développement et aux modifications du nouveau spectromètre de masse de Lamont, le VG Isolab 54, qui ressemble beaucoup à la sonde ionique Cameca 1270 (England et al., 1992a, 1992b).

Depuis mon arrivée au CRPG, mon objectif majeur a été l'implantation des techniques d'analyse du système Re-Os. Ce but nécessite quelques modifications à la salle de chimie et au spectromètre de masse Finnigan MAT262, qui sont en cours. Les modifications du spectromètre comprennent la mise en place d'un système de comptage d'ions pour améliorer la sensibilité, et surtout, la mise en place de l'option détection des ions négatifs. Je suis également en train de faire des modifications extensives du software qui sont indispensables. En outre, comme nouvelle responsable du laboratoire d'isotopes radiogéniques, j'ai été obligée d'acquérir une bonne connaissance de tous les aspects du fonctionnement du spectro pour assurer la continuation de la bonne qualité des analyses du Sr, Nd, et Pb. Finalement, en attendant les modifications du spectromètre, j'ai eu l'occasion d'écrire et de rédiger plusieurs articles sur mon travail au Lamont.

Projets en cours

- Etude détaillée sur la distribution du Re et de l'Os dans les phases majeures et traces des roches ultrabasiques. C'était le projet que j'ai proposé au CNRS pour venir au CRPG, et il reste mon but principal. Cette étude, que je poursuivrai en collaboration avec J.-P. Lorand du Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris et avec M. Chaussidon, exigera l'utilisation du spectromètre de masse Finnigan MAT262 et la nouvelle sonde ionique Cameca 1270.
- Analyse des compositions isotopiques de l'Os dans les eaux du Bassin Pannonien. Ce travail aura lieu dans le contexte d'une étude (avec l'Université de Cambridge et le BRGM) qui comprendra beaucoup d'autres traceurs géochimiques (gaz rares, bore, lithium et isotopes cosmogéniques au CRPG). Les autres collaborateurs au CRPG sont B.Marty, M. Chaussidon, et C. France-Lanord.

-- Etude de la répartition et le comportement des terres rares dans les péridotites abyssales, en collaboration avec R. Hékinian et M. Constantin de IFREMER. Ce travail nécessitera la mise en place des techniques d'analyses des terres rares sur la sonde Cameca ims3f avec l'aide de M. Chaussidon. Elle comprendra également des analyses isotopiques de Nd sur le spectro Finnigan MAT262.

-- Etude Re-Os des roches mafiques du Ferrar Series de l'Antarctique, en collaboration avec G. Worner et M. Molzahn du Universität de Mayence. Le but principal est la détermination de l'importance de contamination par la croûte dans ces "flood basalts".

-- Etude Re-Os des basaltes Tertiary de Groenland de l'Est, en collaboration avec C. Lesher (U.C. Davis) et M. Fram (L-DEO) pour examiner la possibilité du fusion du lithosphère mantellique pendant l'éruption des "flood basalts".

Encadrement et Enseignement

J'ai co-encadré la thèse Ph.D. d'un étudiant (F. Marcantonio) à Lamont. Je participerai à l'encadrement d'un étudiant (M. Constantin) de R. Hékinien (IFREMER) et d'un étudiant (M. Molzahn) de G. Worner (Universität de Mayence). Je participerai à l'enseignement d'un des modules DEA de l'Université de Nancy en 1993.

Publications recentes

Reisberg, L., C. Allègre and J.-M. Luck (1991) The Re-Os systematics of the Ronda Ultramafic Complex of southern Spain. *EPSL*, 105, 196-213.

England, J., **L. Reisberg**, F. Marcantonio and A. Zindler (1992) Comparison of one-and two-color ionization schemes for the analysis of osmium and rhenium isotopic ratios by sputter-induced resonance ionization mass spectrometry. *Anal. Chem*, 64, 2623-2627.

England, J., A. Zindler, **L. Reisberg**, J. Rubenstone, V. Salters, F. Marcantonio, B. Bourdon, H. Brueckner, P. Turner, S. Weaver and P. Read (1992) The Lamont-Doherty Geological Observatory Isolab 54 isotope ratio mass spectrometer. *Int. J. of Mass Spec. and Ion Proc.*, 121, 201-240.

Publications Soumises

Reisberg, L., A. Zindler, F. Marcantonio, B. White, D. Wyman and B. Weaver. Os isotope systematics in ocean island basalts (soumise à *EPSL*, mars 1993).

Marcantonio, F., **L. Reisberg**, A. Zindler, D. Wyman and L. Hulbert. An isotopic study of the Ni-Cu-PGE Wellgreen intrusion of the Wrangellia Terrane: Evidence for hydrothermal mobilization of Re and Os (soumise à *GCA*, mars 1993).

Marcantonio, F., A. Zindler, **L. Reisberg** and E. Mathez. Re-Os isotopic systematics in chromitites from the Stillwater Complex (soumise à *GCA*, mars 1993).

Fiche individuelle - Francis Saupé

CRT 1

Acquis scientifique et bilan

La période des travaux sur la métallogénie du mercure a été close par deux articles sur le gisement d'Almadén, parues dans deux revues "A" : *Economic Geology* et *Geochimica et Cosmochimica Acta*.

Le dernier travail a servi de transition vers une nouvelle activité à partir du printemps 1992, la spectrométrie de masse appliquée à la géochimie isotopique du soufre.

Animation scientifique

Co-direction de thèses : H. Mezghache (1989) et S. Öngen (1992)

Participation à l'organisation de Colloques

Gold 89' in Europe (Toulouse) - responsable des publications (1989)

Trentième anniversaire du CRPG - coordination de la plaquette (1991)

Co-éditeur du volume des conférences de l'atelier "Lanthanides, Tantalum and Niobium" (Berlin 1988).

Financements et valorisation de la recherche

Contrats d'analyses, hors appels d'offres officiels :

1992 : 31 kF,

1993 : 15 kF jusqu'à présent.

Perspectives de recherche

Les perspectives de recherche s'inscrivent dans deux thèmes "officiels" : (1) géochimie et biosphère et (2) fluides dans la croûte (eaux minérales de Lorraine, géothermie et métallogénie).

S'y ajoutent "hors thème" : les étalons pour analyses isotopiques du soufre et la méthodologie des déterminations isotopiques du soufre.

Collaborations extérieures (uniquement en spectrométrie de masse):

Nancy : CREGU, Ecole des Mines

France : Muséum d'Histoire naturelle (Minéralogie),

Etrangers : Universités de Genève, Lausanne et Adana (Turquie); USTHB d'Alger; Service géologique du Maroc.

Publications les plus importantes :

- Möller, Cerny and Saupé (eds.) : *Lanthanides, Tantalum and Niobium*, Special volume SGA, 7, 380 p., 1989

- Saupé : *Geology of the Almadén Mercury Deposit*, *Econ. geol.* **85**, 482-510, 1990

- Saupé and Tollon : N° spécial *Mineralium Deposita (Gold '89 in Europe)*, 140 p., 1990

- Saupé and Arnold : *Sulphur isotope geochemistry of the ores and country rocks at the Almadén mercury deposit*, *Geoch. Cosmoch. Acta*, **56**, 3765-3780, 1992

C.R.P.G - C.N.R.S.
Renouvellement du Centre



• EQUIPE
INFORMATIQUE GÉOLOGIQUE ET MODÉLISATION

• FICHE INDIVIDUELLE - CHERCHEUR

Jean-Laurent MALLET

• FICHES INDIVIDUELLES - INGÉNIEURS

Pierre JACQUEMIN
Christian LE CARLIER DE VESLUD
Jean-Jacques ROYER

1- Intitulé de l'équipe

INFORMATIQUE GEOLOGIQUE ET MODELISATION L.I.A.D. LABORATOIRE INFORMATIQUE ET ANALYSE DES DONNEES

RESUME - Le LIAD (Laboratoire Informatique et Analyse des Données) et l'Equipe Informatique et Modélisation du CRPG, sont connus depuis de nombreuses années, par leurs travaux sur la cartographie, la géostatistique, la modélisation des objets géologiques complexes (horizons, failles, couches lithologiques) et de leurs propriétés physiques (vitesse sismique, porosité, perméabilité,...). Ces travaux de portée internationale leur ont permis de constituer le consortium GOCAD dès 1989. Ils représentent actuellement plus d'une quinzaine de chercheurs de divers horizons. Plus d'une vingtaine de compagnies et organismes de recherche tant aux USA qu'en Europe participent activement à ce consortium. Ces travaux trouvent des applications variées dans de nombreux domaines impliquant une approche pluridisciplinaire, en particuliers sur les aspects suivants: (i) *exploration pétrolière et minière* (sismique, étude des bassins sédimentaires), (ii) *stockage de déchets*, (iii) *cycle de l'eau en surface, environnement*; (iv) *gestion et valorisation du patrimoine*. Ces travaux apportent donc une contribution tout à fait importante pour l'approvisionnement en matières premières (pétrole, eau, matériaux, mines), l'aménagement urbain (réhabilitation de sites miniers et industriels) et l'environnement (stockage des déchets, pollution des nappes ...).

Les recherches de l'Equipe Informatique Géologique et Modélisation, composante CRPG de ce trans-laboratoire, portent plus particulièrement sur la géostatistique avancée et la modélisation numérique des phénomènes de transferts, tandis que celles du LIAD, composante ENSG, concernent le développement de logiciel en infographie 3D et en CAO minière. Ce laboratoire pluridisciplinaire par les méthodes mises en oeuvre, a su diversifier ses thèmes de recherche et de nouveaux sujets ont été abordés notamment modélisation géométrique des interfaces géologiques (projet GOCAD: failles, horizons,...) et des propriétés physiques du sous-sol (GOCAD, traitement des données sismiques,...), des transferts de chaleur, masse et chimique (projets THERMAS, géothermie, milieux poreux, ...) en traitement d'images numériques (projet IMGEO: sismique, télédétection,...).

L'une des originalités de cette équipe de recherche est aussi d'avoir su s'ouvrir sur l'extérieur en valorisant son savoir-faire à travers un consortium international.

2- Composition de l'équipe (au 01-01-93)

Enseignants-chercheurs permanents

MALLET	Jean-Laurent	PR (ENSG, CRIN)	Animateur
--------	--------------	-----------------	-----------

Enseignants-chercheurs associés

BOUCHET	Pierre	MC (CRIN)	
FAY	Christine	MC (ENSG)	

ITA

ROYER	Jean-Jacques	IR1	Animateur
JACQUEMIN	Pierre	IR2	
LE CARLIER	Christian	IR2	
ALLE	Paul	IR2 (rattaché à temps partiel depuis le 1/1/93)	

Ingénieurs de recherche payés sur contrats GOCAD et CEE

CHIPOT E.
DELLA MALVA R.
SHENGOLD L.

Post-doc

DUBOIS	Michel
--------	--------

Doctorants

A. SHTUKA
M. JOSEPHE
(détachée à l'IFP)
S. CASES
K. LAMBOGLIA

L. WIETZERBIN
R. COGNOT
T. AIT ETTAJER
P. SAMSON

DEA

BOSQUET F.
BOULINGUI-BOULINGUI
BOSQUET F.
DALE J.A.

3- Thèmes et acquis scientifiques

Les objectifs de recherche de l'équipe ont toujours été la modélisation numérique. Ces modèles ont pour but de mieux comprendre les mécanismes naturels dont l'observation directe est difficile, voire impossible. Ces méthodes sont devenues actuellement indispensables pour quantifier des phénomènes imprévisibles (convection naturelle) ou reconstituer des objets à partir d'une information partielle. Nos recherches portent plus particulièrement sur les domaines suivants: (i) modélisation géométrique des interfaces géologiques (projet GOCAD: failles, horizons,...); (ii) propriétés physiques du sous-sol (GOCAD, traitement des données sismiques,...); (iii) transferts de chaleur, masse et chimique (projets THERMAS, géothermie, milieux poreux, ...); (iv) traitement d'images numériques (projet IMGEO: sismique, télédétection,...); (v) phénomènes de transport et des interactions fluide-roche. Aspects thermodynamiques, cinétiques et géométriques.

Nous allons maintenant développer plus en détail ces différents thèmes de recherche.

- **Le projet GOCAD**, commencé en 1989, a pour but la modélisation de surfaces naturelles complexes, ouvrant la voie à une nouvelle forme de CAO mieux adaptée à la modélisation des surfaces naturelles complexes, très fréquemment rencontrées, dans les problèmes de géophysique. Les données disponibles sont alors délicates à manipuler, elles sont hétérogènes (diverses sources de mesures), plus ou moins précises, irrégulièrement distribuées. C'est le cas de la recherche pétrolière (sismique 3D) ou encore celui de la médecine (scanner, échographie 3D). Les travaux entrepris dans ce domaine par le LIAD-CRPG ont abouti à une nouvelle méthode d'interpolation des données, DSI (Discrete Smooth Interpolation), qui permet d'ajuster une surface quelconque à des données complexes, tout en conservant l'aspect esthétique de celle-ci. Cette méthode permet également la représentation et la modification interactive des surfaces naturelles complexes telles que les formations sédimentaires, les diapirs, les failles, les plis couchés,... DSI a fait l'objet des deux publications internationales fondamentales, un brevet international déposé en septembre 89 protège une implémentation particulière de cette méthode dans le domaine de la géologie et de la médecine. Un modèleur géométrique, de type CAO, est actuellement en cours de développement dans le cadre d'un consortium international sous le nom de "projet GOCAD". Nous pensons que les méthodes et les logiciels développés dans le cadre du projet GOCAD, peuvent être appliqués avec profit dans le domaine de l'ingénierie environnementale (visualisation de surfaces topographiques, d'excavations 3D dans le sous-sol, traitement de données en géophysique légère,...).

- **Modélisation des transferts de chaleur et de masse**: Un modèle numérique permettant de quantifier les bilans de chaleur et de masse des milieux naturels en particulier dans les bassins sédimentaires (milieux poreux) et dans la croûte continentale (milieux fracturés) a été développé. Ce modèle a été appliqué sur plusieurs exemples réels, concernant la géothermie, la métallogénie, l'hydrothermalisme, l'eau en tant que ressource et l'environnement comme par exemple à Soultz [Alsace] pour définir les ressources géothermiques (projet Européen d'un prototype d'exploitation d'un site géothermique). Cette technique a aussi été utilisée pour modéliser le site d'Oklo, au Gabon (étude thermique d'un réacteur naturel de fission nucléaire, application à la prévision du comportement de déchets actifs enfouis). Nous nous orientons maintenant vers la modélisation 3D de systèmes couplés faisant intervenir des phénomènes de convection naturelle [couplage de la thermique et du transport des fluides, mise en solution, précipitation, stockage de déchets chauds...]. Ces méthodes sont actuellement utilisées pour l'étude de la loi de diffusion de polluants dans un sol sur des friches industrielles.

- **Développement d'appareils de métrologie automatique**. La connaissance des paramètres physiques intervenant dans les modèles constitue un point de première importance. En particulier, la conductivité thermique est un paramètre indispensable pour caractériser le régime thermique des roches. Un conductivimètre symétrique, totalement automatique a été mis au point pour mesurer les conductivités de matériaux hétérogènes peu conducteurs (tels que les roches). Celui-ci a été utilisé par exemple pour caractériser les conductivités thermiques de différents types de granites dans la région de Soultz. Ces valeurs ont été par la suite directement utilisées pour la modélisation numérique du site géothermique de

Soultz. Des applications pour le stockage souterrain de la chaleur sont actuellement en cours d'étude. Un prototype a été conçu pour l'Ecole Polytechnique de Paris.

- *Développement de méthodes géostatistiques* pour l'interprétation avancée de données sismiques. Ceci permet dans un premier temps de délimiter à distance les positions des couches géologiques. L'étude de ce thème initialement abordé en partenariat avec l'industrie, se poursuit actuellement au laboratoire par la caractérisation des propriétés physiques des roches à partir de leur réponse sismique (vitesse, densité, porosité, lithologie, traitement d'images). Des résultats probants ont été obtenus dans ce domaine en 2D. Ces mêmes méthodes peuvent être appliquées à plus grande échelle, à la gestion des mines et des ressources en eaux (gestion des pompages, proximité des mines, eaux rejetées dans l'environnement naturel,...). Un modèle a été alors proposé pour la prédiction des quantités d'eaux pompées dans une mine en fonction des débits pluviométriques. L'ensemble de ces méthodes a été testé avec succès sur les mines du bassin ferrifère lorrain. Ces études revêtent un intérêt tout particulier dans le cadre de l'aménagement du territoire, car elles peuvent servir à gérer les ressources en eaux (création et gestion de réserves en eaux, alimentation en eaux potables, comportement des mines et des nappes souterraines vis à vis de la sécheresse, prévision des crues,...).

- *Développement de logiciels d'analyse d'images* pour traiter numériquement et graphiquement ces dernières. De nombreuses méthodes d'études fournissent des images qui ne sont pas toujours directement exploitables telles quelles (vue par satellites, images médicales, etc...). Il est nécessaire de les traiter pour pouvoir les exploiter. Un logiciel d'analyse d'images interactif, en 2D et 3D, a été mis au point. Il permet l'édition et la modification d'images de tout format. Celles-ci peuvent être représentées en 2D ou 3D, avec différents systèmes de codages de couleurs, permettant par exemple la représentation de plusieurs paramètres sur une même carte. Divers procédés d'analyse peuvent être appliqués à ces images (Filtrage, Analyse en Composantes Principales, etc...). Les applications de ces travaux sont diverses: citons notamment les projections de données géographiques sur des cartes de relief fournies par images satellites (SPOT, LANDSAT), ou la caractérisation de paramètres physiques de matériaux (porosité, densité, etc...).

La plupart de ces travaux de recherches s'inscrivent dans le cadre de contrats nationaux (cf. § 7), internationaux ou en partenariat avec l'industrie. Le succès du consortium GOCAD qui représente plus de 30 compagnies internationales est un bon exemple d'un mariage réussi entre recherche fondamentale et recherche appliquée. Indépendamment de l'aspect financier, ce consortium constitue une reconnaissance internationale de nos travaux de recherches.

4 - Bilans

Le bilan des quatre années d'activité de l'équipe informatique est tout à fait positif, même s'il laisse apparaître quelques faiblesses structurelles auxquelles il serait souhaitable de remédier à moyen terme. Il montre une croissance très importante du personnel non permanent [en 1989, l'équipe comportait au total 6 personnes contre plus de 20 actuellement].

Les aspects positifs:

Le bilan est positif tant sur le plan de la diffusion des connaissances (publications) que sur la valorisation des recherches entreprises. Les contacts avec l'industrie sont nombreux et le laboratoire a su maintenir un équilibre entre la recherche appliquée et la recherche fondamentale. Plusieurs brevets ont également été déposés.

Le tableau ci-dessous résume les publications effectuées ces quatre dernières années par les permanents de l'équipe avant que celle-ci ne se restructure:

	A	Brevets	AF+B	Total	Moyenne/an
Mallet J.L.	1	3	15	19	3,8
Royer J.J.	4	1	6	11	2,2
Jacquemin P.	0	3	5	8	1,6

Une reconnaissance des travaux de recherches entreprises par le LIAD est acquise indiscutablement sur le plan international comme en témoigne le succès du consortium GOCAD. En termes de diffusion de l'information scientifique, l'équipe tient également son rang puisqu'elle est à l'origine de l'organisation de nombreuses réunions scientifiques internationales et participe régulièrement aux colloques spécialisés dans son domaine. Les thèmes de recherche abordés témoignent d'une pluridisciplinarité et d'une ouverture du laboratoire sur des thèmes variés avec de nombreuses coopérations tant sur le plan national qu'international.

Les faiblesses:

Au delà de ces aspects positifs, un certain nombre de faiblesses structurelles apparaissent dans ce bilan. En effet, le nombre de permanents de l'équipe est toutefois réduit notamment du point de vue technique, même si le recrutement récent de C. Le Carlier (IR2) a renforcé récemment le pôle modélisation. La charge d'enseignement de certains d'entre nous et la nécessité de consacrer une part importante de notre temps dans des tâches techniques (maintenance d'un réseau de stations de travail, des logiciels...) sont des facteurs limitatifs. Même si ces charges n'ont pas eu d'effets trop importants sur l'activité scientifique de l'équipe, il faudrait veiller qu'à l'avenir, les tâches purement techniques (maintenance des stations de travail, du réseau et des logiciels) n'aient pas d'effets pervers. Avec l'évolution prévisible des moyens réseaux sur Nancy, il serait souhaitable de recruter un ingénieur d'étude pour maintenir notre réseau informatique afin de compenser le départ en retraite prévisible de M. Dreux.

5- Perspectives de recherches

Pour l'avenir, nous souhaitons continuer les travaux sur la modélisation des transferts de matière dans les milieux naturels, afin d'étendre les résultats obtenus en 2D à la convection en milieu hétérogène 3D avec un intérêt tout particulier sur les *bassins sédimentaires* (en coll. avec M. Durand ENSG) et notamment sur les thèmes suivants: (i) modélisation numérique 3D de la convection naturelle, interfaçage avec le logiciel GOCAD; (ii) étude des interactions fluides-roches et mécanismes de transferts en milieux poreux et fracturés; (iii) quantification des réserves géothermiques du réservoir de Soultz [consortium en cours de constitution BRGM Alstom, BGR, PIRSEM...];

Pour ce qui concerne le consortium GOCAD, une réorientation des objectifs et des thèmes prioritaires est examinée chaque année à l'occasion des meetings GOCAD. Cependant, les recherches envisagées en collaboration avec des équipes internationales sont les suivantes pour les années à venir: (i) modélisation en volume et prise en compte des propriétés physiques 3D (vitesse, porosité, ..) en col. Univ. Stanford Pr. Journal; (ii) initialisation de grilles 3D pour les calculs parallèles intensifs en simulation sismiques (coopération avec l'I.P.G. Paris, Pr. P. Mora); (iii) extension 3D des "coupes balancées";

Dans le domaine de la géostatistique avancée, les thèmes suivants seront développés: (i) caractérisation des propriétés physique des roches à partir des traces sismiques (coll. IFP) mise au point de méthodes de prédiction non linéaires pour traiter les données régionalisées multivariées complexes (sismique 3D AVO); (ii) application de ces méthodes à l'étude des transferts en surface et à la caractérisation des dimensions fractales à différentes échelles (projet CNRS en coll. Pédologie)

6- Animation scientifique

Informatique Géologique et Modélisation*Encadrement et co-encadrement de thèses*

Nom	Responsable	Année de soutenance	Nombre d'inscription
MEZGHACHE H.	Saupé/Royer	1989	3
MONTEIRO, P	Samama/Royer	1989	2
ALECRIM, J.D.	Samama/Royer	1990	3
ALLAMY, L. A.	Depaix/Royer	1990	3
FOURNIER F.	Royer	1990	2
HUANG Y.	Mallet	1990	2
CHIPOT Y.	Mallet	1991	3
KANG Y.S.	Demassieux/Royer	1991	3
LE MILINAIRE P.	Mallet	1992	3
FLORES L.	Royer	1992	3
MARTINEZ R.	Royer/Arnold	1993	3
JOSEPH Caroline	Royer (détachée IFP)		2
SHTUKA Arben	Royer		3
AIT ETTAJER T.	Mallet		2
COGNOT	Mallet		3
CASES-COLLET S.	Mallet		2
LAMBOGLIA K.	Mallet		3
WIETZERBIN L.	Mallet		2

Enseignements universitaires

Nom	Volume horaire	Formation
Le Carlier C	54h	ENSMIM/ENSG/DEA
Jacquemin P	80h	ENSG
Mallet J.L.	>192h	DEA / ENSG
Royer J.J.	114h	ENSMIM / DEA / ENSG / CESEV

Organisation de Congrès, Colloques

Mallet J.L.

Organisateur des GOCAD Meeting (2/an)

Nancy (1990); Stanford USA (1990);
 Nancy (1991); Houston USA (1991);
 Nancy (1992); New Orléans USA (1992);
 Nancy (1993); Washington D.C. (1993);

Royer J.J.

Co-Organisateur Int. CODATA Meeting on Geostatistics and Geomathematics
 Leeds U.K.(1990)
 Enschede N.L. (1993)

Edition d'ouvrages scientifiques

Royer J.J. Editeur Sciences de la Terre, Série Informatique Géologique n°:

29 (1991) - Geostatistics applied to Earth Sciences, Nancy, 102p

30 (1991) - Geostatistical Studies VI, Séminaire CFSG, Fontainebleau, 256p

31 (1992) - 2nd CODATA Conf. on Geomathematics and Geostatistics, Leeds, 498p.

Editing Board of IAMG Session Geostatistics

7- Financement et valorisation de la recherche

(Les contrats de 1988 ont été mentionnés dans la mesure où leur durée est de 2 ans)

Informatique Géologique et Modélisation

Contrats dirigés par des membres de l'équipe

	Nature	Thèmes	Responsable
1988	CEE	3D Modelling	Mallet
1989	PIRSEM	Géothermie	Royer
1989	SNEKDM	Réserves Kaolin	Royer
1990	ESSO REP	Géostatistiques Chaunoy	Royer
1991	Le Nickel	Fracturation	Royer
1991-93	IFP	Calibrage sismique	Royer
1992	PIRSEM	Géothermie Soultz	Royer
1989-1993	GOCAD	3D Modelling	Mallet
1993	CEE/JOULE	Imaging 3D seismic data	Mallet
1993	CEE/ Capital Humain	Géostatistique	Royer

Totaux **10**

Informatique Géologique et Modélisation

Contrats auxquels participaient des membres de l'équipe

	Nature	Thèmes	Participants
1991	DBT	Double convection	Royer/Jaupart
1992	ANDRA	Cartographie Vendée	Royer/Cuney/Stussi
	CEE/CEA/CREGU	Modélisation Oklo	Le Carlier/Royer/Pagel
	BACCARAT	Diffusion Pb dans verre	Allé/Royer/Deloule
	MRT	Conductivimètre	Royer/Vasseur

Informatique Géologique et Modélisation

Consortium GOCAD dirigé par J.L. Mallet

Créé depuis 1990, le consortium international appelé GOCAD a pour but de sponsoriser cette nouvelle voie de recherches dans le domaine de la modélisation géométrique. Il est actuellement supporté par les compagnies et universités suivantes :

Elf Aquitaine (France)	TOTAL (France)	CGG (France)
IFP (France)	Gaz de France (France)	BRGM (France)
Amoco (Oklahoma USA)	Phillips Petroleum (Oklahoma USA)	
Chevron 76 (Californie USA)	Unocal (Californie USA)	TNO (Pays Bas)
Statoil (Norvège)	Shell Research (Pays Bas)	Shell Oil (USA)
Exxon (USA)	OGS (Italie)	Hewlett Packard (USA)
Silicon Graphics (USA)	Sun Microsystems (USA)	Digital Equipment (USA)
Stanford University (Cal. USA)	Instituto Politecnico de Milano (Italie)	
Univ. de Freiburg (D)	Inst. PhysiqueGlobe (Paris)	Univ. Bonn (D)

8- Tableau résumé des publications*(le chiffre en supplément correspond aux publications sous presse et acceptée)*

Informatique Géologique et Modélisation						
<i>Total chiffré des publications et communications</i>						
	Publications				Communications	
	A	AF	B	C	Total	Total
1989	2		4	2	8	3
1990			3	5	8	1
1991			1	2	3	0
1992	1		5	2	8	3
1993+acceptées	4		3	0	7	5
Totaux	7		16	11	37	12
Brevets	3					

Informatique Géologique et Modélisation	
<i>Nombre de publications par revue A (89-92+ acceptées)</i>	
Titre	Nombre
A.C.M. Trans. on Graphics	1
Chemical Geology	0+1
Deep Drilling Journal	0+1
European Journal of Mineralogy	0+1
Geophysical Journal	1
Journal of Heat and Mass Transfer	0+1
Mathematical Geology	1
Brevets	3

Informatique Géologique et Modélisation	
<i>Nombre de publications par revue B et Livres (89-92+acceptées)</i>	
Titre	Nombre
APCOM	1
Computer Aided Design	1
Computer & Geosciences	1
EAEG	2
Journal des Sciences Hydrologiques	0+1
Journal of Geochemical Exploration	1
Sciences de la Terre, Série Informatique	2
SEG	3
Livres	6
Kluwer Academic Publish.	1
Plenum Publ. Comp.	1
Springer Verlag	1
Rapports de contrats	9

Fiche individuelle - Jean Laurent Mallet (Professeur)

(1) Bilan de l'activité de recherche 89-92

Mes recherches personnelles se sont toujours situées dans les domaines de l'Analyse des Données et de l'Infographie avec une prédilection particulière pour la Cartographie Automatique. Durant les 3 dernières années, j'ai essentiellement travaillé dans le domaine de la modélisation de surfaces naturelles complexes, ouvrant la voie à une nouvelle forme de CAO adaptée à la modélisation des surfaces naturelles.

Mes travaux, dans ce domaine, ont débouché sur une nouvelle méthode d'interpolation de données permettant précisément d'ajuster n'importe quelle surface à de telles données complexes tout en conservant l'aspect esthétique de celles-ci ainsi que la possibilité de les modifier interactivement. Cette méthode, que j'ai proposé d'appeler Discrete Smooth Interpolation, en abrégé DSI, constitue le coeur du modèleur géométrique du système CAO actuellement en cours de développement dans mon équipe de recherche sous le nom de <<projet GOCAD >> dont j'assure la direction scientifique et sur lequel j'ai fondé le consortium GOCAD réunissant un grand nombre de sociétés pétrolières françaises et étrangères.

En juin 89, une collaboration basée sur l'utilisation du logiciel GOCAD dans le domaine médical était entreprise avec l'équipe du Professeur H. GERARD de la Faculté de Médecine de Nancy. Les procédés d'acquisition de données tels que scanner ou échographie utilisés en médecine sont mathématiquement identiques aux procédés d'acquisition de données sismiques utilisés en prospection pétrolière. Par exemple, l'échographie est identique à la réflexion sismique et le fonctionnement des scanners est basé sur la tomographie tout comme la tomographie sismique. Dès lors, il n'est pas étonnant que notre procédé de codage et ajustement des surfaces soit également utilisable pour modéliser la peau d'organes biologiques; nous avons ainsi pu modéliser les organes internes d'un embryon humain de 7 millimètres. Il est à noter que les images obtenues sont une première mondiale car un aussi petit organe (le coeur fait 1 millimètre de long) n'avait jusqu'à présent été observé que sous forme de coupes microscopiques et les tentatives de reconstruction avec des modèleurs géométriques classiques s'étaient soldées par des échecs.

En 1990 nous avons commencé à collaborer avec l'équipe de J.C. ANDRÉ dans le domaine des applications de la stéréo-xérogaphie². Cette collaboration est très prometteuse notamment pour certaines applications médicales. En pratique, une interface existe déjà entre le système développé et le logiciel GOCAD.

Enfin en 1992, j'ai eu l'honneur de recevoir un Grand prix de l'économie et des entreprises de Lorraine décerné à l'occasion du centenaire de l'Association des Amis des Universités de Lorraine. Ce prix m'a été attribué pour mes travaux sur la modélisation des surfaces naturelles dans le cadre du projet GOCAD .

Brevets

Dépôt initial: (septembre 89)

Ce brevet (No 89-12341) consiste en la description d'un procédé de codage et d'ajustement de surfaces complexes rencontrées par exemple lors de la modélisation d'interfaces entre zones de natures ou de propriétés différentes de couches géologiques ou de corps d'organismes biologiques.

Extensions Géographiques: (Septembre 90)

Ayant pris conscience de l'importance de la méthode DSI, les compagnies, membres du consortium GOCAD ont décidé de financer et soutenir juridiquement l'extension du brevet d'invention à l'ensemble des pays du monde industriel

Publications

J.L. Mallet, (1989). *DSI: Discrete Smooth Interpolation.*

Assoc. for Comp. Machinery, Transactions on Graphics. Vol.8, No 2, pp 121-144.

F. Alabert, J.L. Mallet, (1989). *A local grid updating scheme for interpolation.*

Computer and Geosciences, D.F. Merriam (ed.) Pergamon Press, Vol.15, No.6., pp 1019,1023.

HM. Gerard, J.L. Mallet (1991) *A new method for computer aided-3D reconstruction of the human embryo from serial, non consecutive, histologic sections.*

Abstracts of the Eighth International Congress for Stereology- Organized by the International Society for Stereology, Irvine, California, p50

J.L. Mallet, (1992). *Discrete Smooth Interpolation.*

Computer-Aided Design, Vol.24 No.4, pp 178,191.

J.L. Guiziou, J.L. Mallet (1991) *3D Ray tracing through Complex triangulated Surfaces.*

Proceedings of the 61th Annual International SEG Meeting, Houston,

J.L. Mallet, P. Nobili (1991) *Domains in the 3D Modelling Tool Gocad.*

Proceedings of the 53th Annual International EAEG Meeting, Florence, vol.1, pp308-309

J.L. Mallet, P. Le Melinaire (1992) *Modelling Complex Faults.* Proceedings of the 54th Annual International EAEG Meeting

Fiche individuelle - Pierre JACQUEMIN (Ingénieur de Recherche)**(1) Bilan de l'activité de recherche 89-92**

Mes activités de recherche, pour la période 89-92, ont essentiellement porté sur le projet **GOCAD** de modélisation géométrique des surfaces complexes (Brevet International n° 89-12341). Ce projet de recherche lancé en 1989 par en collaboration avec le Pr. Mallet, de renommée **internationale**, est soutenu financièrement par une trentaine de sponsors dont: G.D.F., IPG, IFP, des compagnies pétrolières françaises, américaines, anglaises, hollandaises et norvégiennes, une dizaine d'Universités et plusieurs constructeurs informatiques (SUN,HP,Digital,Silicon Graphics,IBM). Dans le cadre de ce projet, je suis responsable de la conception et du développement de l'interface graphique 3D et de l'interface homme/machine. Je suis également responsable de la réalisation finale des différentes versions du logiciel et de sa distribution.

Je participe à l'organisation des meetings **GOCAD** (2 fois par an, dont une fois aux U.S.A.) et à la présentation du logiciel dans les réunions internationales de l'industrie du pétrole telles que **AAPG, SEG, EAEG** (Dallas, Houston, Florence, San Francisco, New Orleans, Calgary). Enfin je fait partie du groupe de réflexion chargé d'étudier une version orientée objet du projet (C++).

Publications

- J.L. Mallet, **P. Jacquemin**, N. Cheimanoff - GOCAD project: Geometric modeling of complex geological surfaces. Proceedings of the 59th annual International SEG meeting. Dallas, Texas, USA 1989 Vol.1, pp 126,128
- Y. Chipot, Y. Huang, **P. Jacquemin**, J.L. Mallet - Présentation du programme de recherche GOCAD et premiers résultats. Revue BIGRE- AFCET, Vol 67, Janvier 1990- pp75-85 ISSN 0221-5225
- H. Gérard, P. Bouchet, **P. Jacquemin**, P. le Mélinaire, J.L. Mallet - A new method for computer aided-3D reconstruction of the human embryo from serial, non consecutive histologic sections. Acta Stéréologica 1992; 11/SUPPLI: 187-192, PROC 8ICS IRVINE, CA 1991
- P. Jacquemin**, J.L. Mallet - Le modeleur géométrique GOCAD. CYGLAMEN - Revue du DEC User Group - Septembre 1992

Accéptés

- P. Jacquemin**, J.L. Mallet - Modelling geological objects with GOCAD. GEOBYTE (A paraître 1993)

Rapports de contrats

- Gocad group GOCAD Report - 2 Volumes Février 1992
- Gocad group Gocad Reference Manual 1990- 1991- 1992
- Gocad group Gocad Report March 1993 Version 8.1 (2 Volumes-490 pages)

Brevets

- GEOL** Logiciel intégré de cartographie automatique - ANVAR
- GOCAD** Modélisation géométrique des surfaces complexes (Brevet International n° 89-12341)

Autres activités 89-92**Enseignement**

Travaux dirigés d'Informatique - (Langage C Fortran 1ère Année ENSG)

Projets de recherche

Une réorientation des objectifs et des thèmes prioritaires est examinée chaque année à l'occasion des meetings GOCAD. Cependant, les recherches envisagées en collaboration avec des équipes internationales sont les suivantes pour les années à venir:

- modélisation en volume et prise en compte des propriétés physiques 3D (vitesse, porosité, ..) en col. Univ. Stanford Pr. Journel;
- initialisation de grilles 3D pour les calculs parallèles intensifs en simulation sismiques (coopération avec l'I.P.G. Paris, Pr. P. Mora);
- extension 3D des "coupes balancées";

Fiche individuelle - Christian Le Carlier de Veslud (Ingénieur de Recherche)

(Date d'arrivée au C.R.P.G: le 1^{er} janvier 1992.)

(1) Bilan de l'activité de recherche 89-92

Depuis mon arrivée au CRPG le 1er janvier 1992, mon travail de recherche a porté essentiellement sur la modélisation théorique et numérique des problèmes de physiques intervenant dans les milieux géologiques avec des applications aux cas des transferts couplés de chaleur et de masse en milieux poreux anisotropes et hétérogènes en 2D ou 3D.

Travaux théoriques et développement de logiciel

En collaboration avec J.J. Royer et à la suite du travail de thèse de L. Florès, j'ai réalisé des travaux théoriques et complété un logiciel de modélisation de transferts couplés de chaleur et de masse en milieux poreux axisymétriques, anisotropes et hétérogènes. Ces travaux ont été soumis pour publication dans le Journal of Heat and Mass Transfer.

Modélisation de milieux naturels

Modélisation du site d'Oklo: Etude de la modélisation des transferts thermiques et fluides autour d'un réacteur naturel de fission (Oklo, Gabon) dans le cadre d'un contrat CCE - CEA - CREGU. Rédaction d'un rapport "modélisation des transferts thermiques et fluides autour d'un réacteur naturel de fission (Oklo, Gabon) - 1^{ère} partie: Théorie et mise au point de logiciel".

Travaux en géothermie: j'ai contribué à la poursuite des travaux de modélisation du site géothermique de Soultz, travaux entrepris dans le cadre d'une thèse réalisée au laboratoire (L. Florès). Mes travaux ont plus particulièrement porté sur la modélisation numérique de la convection naturelle autour du site géothermique de Soultz à une échelle kilométrique (Graben du Rhin) dans le cadre d'un contrat CEE - PIRSEM.

Publications (Janv. 92-93)

- C. Le Carlier de Veslud, G. Maurice, R Kouitat, 1992, "A Multigrid Microsoftware for Engineers on a Macintosh Computer", Computational Mechanics Software for Engineering Workstations.
- C. Le Carlier de Veslud, G. Maurice (1993) - "Un solveur auto-adaptatif associé à une structure de données multigrilles", Colloque National en Calcul des Structures, Giens, 11-14 mai 1993, Hermès, 1114-1121.
- C. Le Carlier de Veslud, G. Maurice, R Kouitat, "A Self-adaptive Solver associated with a multigrid data structure on Macintosh Micro-computer", soumis à: Advance in Engineering Software Workstations. (accepté mars 1993)

Soumis

J.J. Royer, C. Le Carlier de Veslud, L. Florès - Natural convection in an anisotropic and heterogeneous porous cylinder. Int. Journal of Heat and Mass Transfer (soumis avril 1993)

Participation à des congrès

- C. Le Carlier, J.J. Royer, L. Flores, M. Pagel, V. Savary, "Modelling Heat and Fluid Transfers during Natural Nuclear Reactions in the Oklo Uranium Deposit", accepté à EUG VII, Strasbourg, 4-8 avril 1993.
- L. Flores, J.J. Royer, C. Le Carlier de Veslud, "Convective Heat Transfer at the Soultz Geothermal Site - Implication to Oil Potentialities", accepté à 5th EAPG Conference and Technical Exhibition, 7-11 juin, Stavanger (Norvège).

Autres activités

Prestations en informatique, mathématiques et analyse numérique auprès d'autres équipes du CRPG.

Enseignement

Analyse numérique à l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie (ENSG) de Nancy (Cours).
Probabilités à l'Ecole des Mines de Nancy (EMN), (travaux dirigés).

Projets de recherches

Mes travaux de recherches, définis dans le cadre de l'équipe information géologique concernent plus particulièrement la modélisation des transferts de matière dans les milieux naturels, avec un intérêt particulier pour les domaines suivants:

- interactions fluides roches et mécanismes de transferts;
- modélisation numérique 3D de la convection naturelle;
- quantification des réserves géothermiques du réservoir de Soultz (participation au projet PIRSEM)

Fiche individuelle - Jean-Jacques ROYER

Bilan de l'activité de recherche 89-92

Mes activités de recherche, pour la période 89-92, ont essentiellement porté sur (i) la modélisation des mécanismes de transfert dans les milieux naturels et (ii) la géostatistique avancée (analyse des données et traitement d'images). L'approche utilisée est la modélisation numérique. Elle implique le développement de méthodes de mesure directe et indirecte des propriétés physiques des roches, le développement de logiciels spécifiques et le contrôle des résultats obtenus par une approche pluridisciplinaire.

(1) Modélisation des transferts de chaleur et de masse en milieu poreux hétérogènes et anisotropes (publications 2A et 2B)

Financements: PIRSEM, GPF, DBT

Collaborations: Vasseur (Montpellier), Gérard (Socomine, BRGM)

Les propriétés physiques des milieux naturels sont généralement anisotropes, hétérogènes et thermo-dépendantes. La modélisation numérique des transferts convectifs dans ces milieux est particulièrement délicate car les méthodes classiques supposent des milieux homogènes. C'est pourquoi, j'ai été amené à développer des travaux théoriques sur la convection 2D en milieu poreux anisotrope, hétérogène à nombre de Rayleigh élevé. Ces travaux ont été ensuite étendus en coordonnées cylindriques aux milieux 3D présentant une symétrie axiale.

Résultats: (1) conception d'un logiciel spécifique; (2) la taille moyenne des cellules de convection dépend du rapport d'anisotropie; (3) l'anisotropie des propriétés thermiques semble négligeable devant celle de la perméabilité; (4) extension de ces résultats aux milieux fracturés;

(2) Application à l'Etude des mécanismes de transfert en milieu sédimentaire (publications 2B)

Financements: PIRSEM, CEE, ANDRA, GPF, DBT

Collaborations: Pagel (CREGU), Vasseur (Montpellier), Gérard (Socomine, BRGM)

Méthodes: modélisation numérique, mesure des propriétés thermo-physiques des roches, géochimie, études des fluides

Les techniques développées ci-dessus ont permis de quantifier et de mieux comprendre les transferts de chaleur dûs à la circulation des fluides sur les deux sites suivants:

(i) le site de Soultz (projet PIRSEM, GEE) pour quantifier les réserves géothermiques et simuler les interactions fluides roches; (ii) le réacteur de fission naturel d'Oklo (CREGU, ANDRA, CEE) dont le but est de comprendre les effets à long terme de déchets chauds sur le milieu naturel;

Résultats: (1) Mise en évidence de circulation de fluides entre les sédiments et le socle fracturé à Soultz; (2) prédiction des températures en profondeur; (3) évaluation des potentialités géothermiques; (4) définition de la zone d'influence de la réaction d'Oklo et implication sur la dispersion des éléments.

(3) Géostatistique avancées (2A et 2B)

Financements: IFP, ELF, ESSO, FSH Kaolin du Morbihan

L'objectif de ces recherches est la typologie et la prévision indirecte de paramètres difficilement mesurables comme la caractérisation des propriétés physiques des roches à partir de leur réponse sismique (vitesse, densité, porosité, lithologie,...) ou la caractérisation des milieux naturels (estimation des réserves, des risques, caractérisation de minerais, évaluation des fonctions de transfert en hydrogéologie,...).

Résultats: (1) Mise au point de méthodes de prévisions statistiques non linéaire (codage par indicatrice) pour traiter les données régionalisées multivariées complexes (sismique 3D AVO); (2) mesure de la dimension fractale par géostatistique; (3) estimation des fonctions de transfert dans le cas des processus auto-régressifs;

(4) Autres thèmes

Financements: MRT

Collaborations: Vasseur (Montpellier), Quintard (Bordeaux)

Méthodes: automatisation d'un conductivimètre symétrique pour mesurer la conductivité thermique des solides (roches) développement du logiciel sur PC. Appareil fourni à l'Ecole polytechnique de Paris.

(5) Les quatre publications les plus significatives

SAMAMA J.C., ROYER J.J., N'GANZI C. (1989) - Utilisation du facteur d'adsorption en prospection géochimique. Exemple de l'Uranium dans les sédiments de ruisseau, *J. of Geoch. Explor.*, 32, 453-466.

ROYER J.J. (1989) Multivariate Geostatistics and Sampling Problems. Third Int. Geostatistical Congress. *Kluwer Academic Publishers*, vol. 2, 823-836.

KANG Y.S., ROYER J.J., CHAMBON Cl., DEMASSIEUX L. (1992d) - Estimation of the transfer function by autoregressive deconvolution techniques. An application to time series analysis. *Mathematica Geology*, 24, 5, 479-498.

ROYER J.J., FLORES L. (1993e) - Two dimensional natural convection in an anisotropic and heterogeneous porous medium with internal heat generation. (accepté à Int. Journal of Heat and Mass Transfer)

Brevet: GEOL Logiciel intégré de cartographie automatique - ANVAR

(6) Publications, manuscrits sous presse et résumés de communications

A = 5 AF, B et livres = 7 Total = 12 Moyenne/an >2
Résumés = 11 Rapports de contrats de recherches: 5

Autres activités 89-92

Animateur de l'équipe informatique géologique;

Editeur de la Revue Sciences de la Terre, Série Informatique Géologique: n° 29-30-31

Co-organisateur des colloques: "Geomathematics and Geostatistics", CODATA Conference, Leeds, 1990 et Enschede, 1993

Enseignement

Cours en géostatistiques, probabilités, traitement d'image et transfert (ENSG, DEA Univ. Ncy I, Ecole des mines de Nancy, CESEV)

Projets de recherche

Pour l'avenir, nous souhaitons continuer les travaux sur la modélisation des transferts de matière dans les milieux naturels, afin d'étendre les résultats obtenus en 2D à la convection en milieu hétérogène 3D avec un intérêt tout particulier pour les thèmes suivants:

- modélisation numérique 3D de la convection naturelle, interfaçage avec le logiciel GOCAD;

- quantification des réserves géothermiques du réservoir de Soultz (participation au projet PIRSEM);

Ces travaux seront entrepris en collaboration avec les autres membres de l'équipe.

Dans le domaine de la géostatistique, les thèmes suivants seront développés:

- caractérisation des propriétés physique des roches à partir des traces sismiques (coll. IFP) mise au point de méthodes de prédiction non linéaires pour traiter les données régionalisées multivariées complexes (sismique 3D AVO);

- application de ces méthodes à l'étude des transferts en surface et à la caractérisation des dimensions fractales à différentes échelles (projet CNRS en Coll. Pédologie)

C.R.P.G - C.N.R.S.
Renouvellement du Centre

• EQUIPE
MINÉRALOGIE ET PÉTROLOGIE EXPÉRIMENTALE

• FICHES INDIVIDUELLES - CHERCHEURS

Pierre	BARBEY
William	BROWN
Guy	LIBOUREL
Alain	WEISBROD

1- Intitulé de l'équipe

MINERALOGIE ET PETROLOGIE EXPERIMENTALE

RESUME - L'équipe "Minéralogie et Pétrologie Expérimentale", malgré les vicissitudes liées aux mouvements de personnel et de matériel survenus ces dernières années, a maintenu le cap quant à ses activités scientifiques et son niveau de publications. Cette équipe, hétérogène et pluridisciplinaire, a toujours eu pour objectifs la caractérisation minéralogique et microtexturale des phases et les informations que l'on pouvait en extraire pour notre connaissance de la genèse des roches naturelles et l'évolution de la Terre. Elle a su diversifier ses thèmes de recherche et de nouveaux sujets ont été abordés: solubilité des volatils dans les liquides silicatés, structure des verres et des liquides silicatés, coefficients de partage des éléments-traces (couplage expérimentation-sonde ionique), influence des éléments mineurs sur les relations de phases, microstructures, nucléation et croissance des minéraux, systèmes fluides, équilibres minéraux-solutions, rôle du bore. Cette équipe a su également s'ouvrir et exporter ses connaissances vers une recherche plus appliquée (étude des altérations des vitraux des cathédrales et surtout participation active à un GDR cofinancé par une entreprise privée sur le retraitement et la stabilisation des déchets ménagers). Des thèmes de recherche diversifiés et originaux, une ouverture sur l'environnement, un bon taux de publication, la présence de thésards et de jeunes chercheurs étrangers, ne doivent pas pour autant masquer la nécessité impérieuse d'un recrutement à court terme, ne serait-ce qu'au regard des charges d'enseignements et d'administration qui incombent aux permanents de cette équipe.

2- Composition de l'équipe (au 01-01-93)

Chercheurs permanents

BROWN	William	DR	Animateur
-------	---------	----	-----------

Enseignants-chercheurs permanents

WEISBROD	Alain	PR	
----------	-------	----	--

Enseignants-chercheurs associés (JE-DRED Nancy I)

BARBEY	Pierre	PR	Co-animateur
LIBOUREL	Guy	MC	Responsable du laboratoire

ITA

ROUILLIER	Alain	IE	
-----------	-------	----	--

Docteurs actuellement en Post-doc

DUBOIS	Michel	1992	Weisbrod (MRT)	CRPG (J.J.Royer)
PAILLAT	Olivier	1992	Brown (MRT)	Caltech (G. Wasserburg)

Doctorants

LE FORESTIER	Lydie	Brown/Libourel	(BDI)
ALTHOFF	Fernando	Barbey/Boullier	(CAPES)
JABBORI	Djamila	Macaudière/Barbey	
ALIKOUSS	Saïda	Weisbrod	(Maroc)
TOPLIS	Mike	Libourel/Carroll (Bristol)	(INPL)

DEA

AIT MALEK	Halima	Gasquet/Weisbrod	
-----------	--------	------------------	--

3- Thèmes scientifiques

Les objectifs de l'équipe ont toujours été la caractérisation minéralogique et microtexturale des phases et les informations que l'on pouvait en extraire pour notre connaissance de la genèse des roches naturelles et l'évolution de la Terre solide. L'approche a toujours volontairement associé approche des objets naturels permettant de poser des problèmes dans le monde réel, et approche expérimentale permettant de reproduire les phénomènes naturels de mieux en cerner les paramètres. Les possibilités offertes par la sonde ionique nous conduisent à associer expérimentation et analyse in situ. Les thèmes de recherche développés ont porté notamment sur la pétrologie (granites, migmatites et fusion partielle, genèse et évolution de la croûte continentale; anorthosites anorogéniques, conditions de cristallisation des boninites; thermobarométrie et genèse des granites), la minéralogie et les microstructures (cinétique d'exsolution, rôle de l'énergie élastique dans l'évolution des microstructures, microporosité des feldspaths alcalins, rôle de l'eau, minéraux accessoires), les relations de phases (systèmes CMAS, CMAS-Fe, CMAS-Cr), la spectroscopie des verres, la solubilité des volatils (H₂O dans le système haplogranitique, H₂O dans albite-anorthite et phénomènes critiques, tourmaline et fractionnement D/H, B dans le manteau, fractionnement des feldspaths et zonation), les systèmes fluides et les équilibres minéraux-fluides, l'altération des vitraux, la stabilisation des déchets ménagers...

Ces travaux ont été menés en interaction d'une part avec les équipes du CRPG, notamment les équipes Géochimie isotopique et Métamorphisme et Déformation, mais aussi avec des laboratoires extérieurs (Universités de Clermont-Ferrand, Orléans, Bruxelles, Bayreuth, Edinburgh, Bristol, Yaoundé...; Société SITA).

4- Acquis scientifiques et bilan

Dans sa structure actuelle, l'équipe Minéralogie et Pétrologie expérimentale est une équipe trans-centre constituée de chercheurs et ITA du CRPG et de deux membres de la Jeune Equipe-DRED "Magmas et Métaux" de l'Université de Nancy I. Cette structure résulte d'une volonté de maintenir, au CRPG, une équipe de Pétrologie expérimentale, en dépit des mouvements qui ont eu lieu ces dernières années, et de rassembler le matériel expérimental dans un seul site de façon à en minimiser les coûts de maintenance et à créer un ensemble homogène. Il convient, à cet égard, de préciser que certains travaux expérimentaux menés par des chercheurs du CREGU ont été réalisés au CRPG.

Ce bilan portera sur les travaux des membres CNRS de l'équipe et de ceux des membres associés (JE-DRED Nancy I), en raison, notamment, du fait que P. Barbey a été membre permanent de cette équipe jusqu'au 1^{er} janvier 92, date de création de la Jeune Equipe.

1- Les mouvements

L'équipe de Minéralogie et Pétrologie expérimentales ayant subi d'importantes modifications, nous examinerons les mouvements de personnels et de matériel et leurs conséquences sur l'activité de cette équipe.

1.1- Les mouvements de personnel

Au cours des deux dernières années, l'équipe a subi des modifications importantes liées: au départ de M. Pichavant pour Orléans (fin 1990), à l'arrivée de G. Libourel (1991), au rattachement de J.M. Stussi à l'équipe "Transfert et concentration des métaux dans la croûte", puis à la création de la Jeune Equipe DRED à l'Université de Nancy I (janvier 1992). Néanmoins, de façon à ne pas vider de sa substance l'équipe de Minéralogie et Pétrologie expérimentale, il a été créé une équipe trans-centre. P. Barbey et G. Libourel bien qu'appartenant à la JE-DRED-Nancy I, poursuivent une recherche active au CRPG (par exemple, G. Libourel est responsable du laboratoire d'expérimentation).

1.2- Les mouvements de matériel

Le départ de M. Pichavant a entraîné également un départ de matériel vers Orléans, notamment: four à atmosphère contrôlée, ACI et autoclaves oscillantes. Il a donc été nécessaire

de reconstituer l'équipement du laboratoire (à l'exception des autoclaves à joint froid). Il a été convenu, qu'en dépit des restructuration des équipes, le matériel expérimental serait maintenu au CRPG. A cette restructuration se sont associés la JE-DRED et le CREGU.

1.3- Conclusion

Ces différents mouvements ont partiellement déstabilisé l'équipe au cours de ces deux dernières années. Cependant, comme nous le montrons dans la section suivante, ceci n'a pas eu de répercussions importantes sur les activités scientifiques de l'équipe qui a maintenu son niveau de publication.

2- Les bases nouvelles

De nouveaux fours et autoclaves ont été acquis, le laboratoire ré-organisé en 18 mois, et les premiers programmes expérimentaux menés à terme. Les résultats viennent de faire l'objet d'un DEA (septembre 1992), de communications à l'AGU (décembre 1992) et de deux publications acceptées à *Geochim. Cosmochim. Acta*. Les deux nouveaux ACI dont l'installation était sous la responsabilité de A. Weisbrod, ne sont malheureusement pas encore, pour diverses raisons, opérationnels (voir § 3.2).

Une diversification des thèmes de recherche fondamentale a également été entreprise suite à la venue à Nancy de G. Libourel. Une ré-orientation vers des compositions basiques a été opérée et de nouveaux sujets abordés (volatils et structure des liquides, couplage expérimentation et sonde ionique, coefficients de partage, éléments mineurs et relations de phases, microstructures, énergie élastique et microporosité, nucléation et croissance des minéraux).

Si l'ensemble des travaux, réalisés dans la période 89-92, a été à vocation fondamentale, une ouverture s'est faite vers une recherche plus appliquée dans laquelle notre savoir-faire a pu être développé avec profit dans les domaines de la protection du patrimoine (vitraux des cathédrales) et de la stabilisation des déchets (GDR, SITA).

3- Le Bilan

Le bilan des quatre années d'activité de l'équipe est positif, même s'il laisse apparaître quelques faiblesses auxquelles il conviendra de remédier à court et moyen termes.

3.1- Les aspects positifs

Le bilan est positif quant à l'acquisition et à la diffusion des connaissances (même si tous les membres de l'équipe n'ont pas fait preuve d'une même activité et même si un léger fléchissement est apparu en 1991, période de la restructuration):

- en terme de publications: on notera que les restructurations diverses n'ont pas affecté de façon significative les publications (ni en nombre, ni en niveau) comme le montre le tableau ci-dessous (publications 89-92+acceptées soit sur 4,5 années):

	A	AF+B +livres	Total	moyenne /an
Barbey	7	4	11	2,4
Brown	10	5	15	3,3
Libourel	3	1	4	1,6(depuis 1991)
Weisbrod	2	3	5	1,1

- en terme de participation à des congrès: le nombre de communications est régulier autour d'un chiffre moyen de 20/an pour l'ensemble et de 4/an par personne;

- en terme d'organisation de colloque, chacun des membres ayant participé ou participant à l'organisation de rencontres scientifiques;

- en terme de re-structuration du laboratoire qui, somme toute, a été rapide en ce qui concerne les équipements haute T en atmosphère contrôlée.

Le bilan est également positif quant à la diversification des thèmes de recherche et aux ré-orientations qu'elle laisse entrevoir. Les récents contrats témoignent d'une ouverture sur les problèmes de l'environnement montrant que le savoir faire appliqué aux roches peut être

transposé avec profit dans d'autres domaines. Cette diversification qui va dans le sens du rapport de conjoncture du CNRS devra être poursuivie.

Enfin, le bilan est positif dans la mesure où 3 membres sur quatre sont des enseignants-chercheurs qui assurent plus de 192h annuelles d'enseignement, et où les membres se sont investis dans des tâches administratives lourdes.

3.2- Les faiblesses

Derrière ses aspects positifs, ce bilan laisse apercevoir quelques faiblesses qu'il convient de prendre au sérieux car elles peuvent à court ou moyen termes se révéler dramatiques. Ce sont:

- une faiblesse structurelle: le nombre de chercheurs permanents est insuffisant, de plus l'âge moyen des permanents est élevé (50 ans); le recrutement de chercheurs est une nécessité absolue à court terme;

- des charges hors-recherche très importantes, notamment: 3 permanents sur 4 appartiennent à l'enseignement supérieur avec les charges que cela entraîne (AW, PB, GL), un chercheur est directeur du Centre (WLB), un autre est responsable du DEA et a d'autres responsabilités administratives à l'Université (PB);

- un retard regrettable dans la mise en route des nouveaux ACI qui, en raison de problèmes divers dont une absence de prise en charge efficace, ne sont toujours pas opérationnels;

3.3- Conclusion

Dans l'ensemble les activités de l'équipe Minéralogie et Pétrologie expérimentale témoignent: (1) d'une activité scientifique ouverte (nombreuses collaborations extérieures) et variée quant aux thèmes de recherche, mais unitaire dans son esprit (combinaison de l'approche sur des objets réels et de l'approche expérimentale), (2) d'un investissement de ses membres dans les tâches d'administration scientifique tout en préservant un rythme de publication soutenu, (3) d'un effort d'ouverture vers une recherche plus finalisée permettant d'une part une valorisation de notre savoir-faire dans des domaines nouveaux et d'autre part un renouvellement des sources de financement de notre recherche.

5- Perspectives de recherche

L'équipe actuellement constituée de chercheurs appartenant à différentes structures sera appelée à être modifiée à court terme lorsque la JE-DRED sera arrivée à son terme (dans deux ans). A cette date, P. Barbey et G. Libourel demanderont, à nouveau, leur association au CNRS et leur ré-intégration au CRPG. Leurs programmes de recherche seront donc intégrés dans les perspectives de recherche du Centre.

1- Les objectifs scientifiques

Nous voulons, d'une part, maintenir notre approche qui consiste en la caractérisation des matériaux géologiques, à toutes les échelles (échelle des atomes, microtextures, méso- et mégastructures), et, d'autre part, exporter ces connaissances dans des domaines liés à l'activité anthropique. Le premier volet des recherches se propose d'aller plus avant dans la compréhension des processus géologiques grâce à l'utilisation des méthodes nouvelles de caractérisation. L'expérience acquise, ces deux dernières années, dans les domaines de l'altération des vitraux et du retraitement des déchets ménagers montre que notre connaissance des matériaux naturels nous donne un savoir-faire spécifique dont le monde industriel est demandeur. En retour, cette application aux problèmes liés aux activités anthropiques nous apporte: (1) une ouverture pour le placement des étudiants, argument de poids dans le contexte actuel; (2) une nouvelle source de financement pour l'équipe, permettant de développer d'autres thèmes de recherche en complément des grands programmes, et de financer des thèses de docteur ingénieur; et (3) des informations précieuses pour la compréhension des processus de genèse des matériaux naturels.

2- Le recrutement

L'analyse critique du bilan de l'équipe sur les quatre années passées montre qu'il y a nécessité impérieuse de recruter de jeunes chercheurs pour pallier les faiblesses soulignées (vieillesse des chercheurs, charges d'enseignement et administration). Il en va non seulement du maintien, à court terme, des performances scientifiques de l'équipe, mais aussi et surtout de sa survie. Ce recrutement est également primordial pour développer, avec l'équipe de Géochimie, des thèmes de recherches plus ambitieux combinant l'approche expérimentale aux potentialités analytiques de la sonde ionique, qui doit être une des spécificités de Nancy.

3- Les thèmes de recherche

Les thèmes de recherche que nous nous proposons de développer sont présentés sommairement ci-dessous, les détails pouvant être trouvés dans les rapports individuels d'activité. Signalons, cependant, que certains des thèmes proposés sont développés en étroite association avec les autres équipes du Centre (notamment les équipes Géochimie Isotopique et Déformation et Métamorphisme).

1- Les corps magmatiques mécanisme de mise en place et évolution continentale

- granitoïdes et évolution de la croûte continentale (FA, PB)
- structures annulaires (WLB)
- différenciation des magmas en liaison avec leur mise en place (PB)

2- Textures et microtextures

- méso-microstructures et genèse des charnockites (FA, PB)
- relations granites/anorthosites et magmas parents des anorthosites (PB)
- microtextures des pyroxènes des boninites (WLB)
- microtextures des feldspaths et échanges isotopiques (WLB)
- microtextures/composition dans les zircons (PB, GL)

3- Verres et liquides

- solubilité des éléments mineurs et traces dans les liquides basaltiques (GL)
- solubilité de l'eau dans les liquides boninitiques et feldspathiques (WLB; GL)
- propriétés physiques des liquides basaltiques (GL)
- spectroscopie des verres (GL)

4- Systèmes fluides

- systèmes fluides et diagrammes de phases (AW)
- modélisation des gisements de W (AW)
- rôle du B dans la croûte continentale (AW)
- synthèses des allanites et états métamictes (AW)

5- Valorisation de la recherche

- altération des vitraux médiévaux; (WLB, GL, PB)
- stabilisation des résidus de l'incinération des ordures ménagères (LL, GL, WLB)

6- Animation scientifique

Minéralogie et Pétrologie expérimentale**Encadrement et co-encadrement de thèses**

Nom	Responsable	Année de soutenance	Nombre d'inscription
PAILLAT Olivier	Brown	1992	
DUBOIS Michel	Weisbrod	1992	
ALIKOUSS Saïda	Weisbrod		3
ALTHOFF Fernando	Barbey/Boullier		2
JABBORI Djamila	Macaudière/Barbey		2
LE FORESTIER Lydie	Brown/Libourel		1
TOPLIS Mike	Libourel/Carroll (Bristol)		

Enseignements universitaires

Nom	Volume horaire	Formation
Barbey P	> 192h	2ème Cycle Nancy I / ENSG
Brown W	20h	DEA / ENSG
Libourel G	> 192h	1er/2ème Cycles Nancy I / DEA / ENSG
Weisbrod A	> 192h	ENSG / DEA

Organisation de Congrès, Colloques

Barbey P.	Coordinateur du thème "Pétrologie et géochimie des granites alumineux", Journées de la SFMC, Rennes, septembre 1990
Brown W.	Coordinateur du thème "Magmas", Journées SFMC, Orléans, juillet 1992 Co-organisateur Congrès OTAN "Feldspars", Edinburgh, juillet 1993
Libourel G.	Organisateur Euroconférence "Les chambres magmatiques", Calvi, septembre 1993 (G. Libourel)

Edition d'ouvrages scientifiques

Brown W. Editeur à Journal of Petrology

Responsabilités administratives

Barbey P. Responsable du DEA Géosciences et de la JE-DRED Nancy I
Brown W. Directeur du CRPG

7- Financement et valorisation de la recherche

(Les contrats de 1988 ont été mentionnés dans la mesure où leur durée était de 2 ans)

Minéralogie et Pétrologie expérimentales

Contrats dirigés par des membres de l'équipe

	Nature	Thèmes	Responsable
1988	DBT	Cinétique	Pichavant
	DBT	Fluides crustaux	Weisbrod
1989	DBT	4	Weisbrod
	DBT	5	Brown
	PROCOPE	Eau et haplogranite	Pichavant
1990	DBT	Continents	Barbey
	DBT	4	Brown
1991	DBT	4	Brown
	Franco-All	Projet Vitrail	Brown
1992	DBT	4	Brown
	Franco-All	Projet Vitrail	Brown
Totaux	10		

Contrats auxquels participaient des membres de l'équipe

	Nature	Thèmes	Participants
1988	DBT	Cinétique	Barbey/Brown/Pichavant
1989	DBT	Continents (Birimien)	Barbey
	DBT	Continents (Velay)	Barbey
	BRGM	Cartographie Velay	Barbey
	DBT	4	Brown
	PROCOPE	Q-Ab-Or-H ₂ O	Barbey/Holtz/Pichavant
1990	DBT	Continents	Barbey
	DBT	4	Brown
1991	DBT	Magmas magnésiens	Barbey/Brown/Libourel
	DBT	Bore dans les basaltes	Libourel
	Franco-All	Projet Vitrail	Barbey/Brown/Libourel
1992	DBT	4	Brown
	DBT	Cinétique	Barbey
	Franco-All	Projet Vitrail	Barbey/Brown/Libourel
	GDR	Stabilisation des déchets	Brown/Libourel/Barbey

8- Tableau résumé des publications

<u>Minéralogie et Pétrologie expérimentales</u>							
<i>Total chiffré des publications et communications</i>							
	Publications				Total	Communications	Total
	A	AF	B	C			
1989	9	1	4	1	15		24
1990	4		2		6		19
1991	3		4		7		13
1992	7	1	1		9		26
Totaux	23	2	11	1	37		83
1993+acceptées	5		2		7		

Minéralogie et Pétrologie expérimentales*Nombre de publications par revue A (89-92+acceptées)*

Titre	Nombre
Eur J Sol State In Chem	1
Contrib Mineral Petrol	6+1
Mineral Mag	2+1
J Petrol	4
Lithos	1
Econ Geol	2
J Volc Geotherm Res	2
Earth Planet Sc Letters	1
Eur J Mineral	1+1
Amer Mineral	1
Chem Geol	1
J metam Geol	1
Geochim Cosmochim Acta	0+1
Precambrian Res	0+1

Nombre de publications par revue AF/B/C et Livres (89-92+acceptées)

Titre	Nombre
C R Acad Sc	2
Geol Assoc Can Spec pap	1
J Afr Earth Sc	1
Episodes	1
Document BRGM	1
R C Soc Ital Mineral Petrol	1
Notes Mém Géol Maroc	1
NATO -ASI series	1
Elsevier	1+1
Springer Verlag	3+1

Fiche individuelle - Pierre BARBEY**Bilan de l'activité de recherche 89-92**

Mes activités de recherche, pour la période 89-92, ont essentiellement porté sur la fusion de la croûte continentale (mécanismes de fusion, processus de genèse des migmatites et des granites, évolution de la croûte continentale). L'approche utilisée a été de combiner informations spatiales, chimiques, minéralogiques et expérimentales. Seuls les résultats les plus significatifs et publiés sont présentés ci-dessous (il n'est pas fait mention des travaux soumis, en cours de rédaction, ou n'ayant fait l'objet que de communications).

(1) Mécanismes de genèse des migmatites (publications: 4A et 2B)

Financements: Conventions interuniversitaires, GRECO Himalaya

Collaborations: Bertrand, Macaudière (Nancy), Pêcher (Grenoble), Nédélec (Toulouse)

Méthodes: pétrologie, géochimie, géochronologie, géologie structurale

Résultats: (1) distribution des éléments traces (Zr, REE, Sr...) entre leucosomes et restites incompatible avec une fusion à l'équilibre et interprétée comme le résultat d'une fusion en déséquilibre (cinétique de dissolution des accessoires); (2) synchronisme de la genèse de migmatites et granulites associées par fusion-déshydratation et déformation hétérogène; (3) les liquides des migmatites et les magmas granitiques issus de la fusion de métapelites ont des signatures géochimiques (REE) distinctes.

(2) Extraction des liquides, migmatites et granites (publications: 1A et 1B)

Financements: Contrat BRGM, DBT (thème 5)

Collaborations: Macaudière, Marignac (Nancy), Pichavant (Orléans), Montel (Clermont)

Méthodes: pétrologie, géologie structurale

Résultats: (1) dans les migmatites, la redistribution des liquides a lieu à petite échelle et dépend notamment du type de déformation (plis); (2) la dualité migmatite-granite résulte d'une différence fondamentale des mécanismes de genèse liés à des gradients thermiques distincts; (3) les migmatites correspondent à une fusion à température modérée en conditions de saturation en eau (liquides peu mobiles, in situ), les granites à une fusion intensive en conditions de sous-saturation en eau (liquides mobiles et allochtones).

(3) Mécanisme de genèse des granites (publications: 2A)

Financements: Contrat PROCOPE

Collaborations: Holtz, Pichavant (Orléans), Johannes (Hannover)

Méthodes: pétrologie, géochimie, expérimentation

Résultats: (1) discussion du modèle de "restite unmixing" sur l'exemple de granites alumineux du Portugal et proposition d'un modèle de fusion séquentielle; (2) rôle de l'eau sur la fusion dans le système haplogranitique (2, 5 kbar) montrant un enrichissement des liquides en Or, en contradiction avec les modèles thermodynamiques, mais cohérent avec les observations sur exemples naturels.

(4) Autres thèmes (publication: 1B)

Collaborations: Raith (Bonn)

Méthodes: pétrologie, géochimie, géologie structurale

Résultats: Synthèse sur la nature et l'évolution tectonique et métamorphique des granulites de Laponie: une suture continentale d'âge protérozoïque inférieur (2.1-1.9Ga).

(5) Les quatre publications les plus significatives

Barbey P, Bertrand JM, Angoua S, Dautel D (1989) Petrology and U/Pb geochronology of the Telohat migmatites, Aleksod, Central Hoggar, Algeria. *Contrib Mineral Petrol*, **101**, 207-219

Barbey P, Macaudière J, Nzenti JP (1990) High-pressure dehydration melting of metapelites: Evidence from the migmatites of Yaoundé (Cameroon). *J Petrol*, **31**, 401-427

Holtz F, Barbey P (1991) Genesis of peraluminous granites II. Mineralogy and chemistry of the Tourem Complex (North Portugal). Sequential melting vs. restite unmixing. *J Petrol*, **32**, 959-978

Holtz F, Pichavant M, Barbey P, Johannes W (1992) Effects of H₂O on liquidus phase relations in the haplogranite system at 2 and 5 kbar. *Am Mineral*, **77**, 1223-1241

(6) Publications, manuscrits sous presse et résumés de communications

A = 7 AF, B et livres = 4 Total = 11 Moyenne/an = 2,4
 Résumés = 19

Autres activités 89-92

Outre mes activités d'enseignement (> 192h), j'assume quelques responsabilités administratives, notamment: Directeur-adjoint du Département des Sciences de la Terre (Nancy I), responsable de la Licence Sciences de la Terre, responsable du DEA Géosciences (depuis 06-91), responsable de la Jeune Equipe DRED "Magmas et métaux" (depuis 01-92).

Projets de recherche

L'objectif du programme de recherche à venir est de poursuivre l'étude des matériaux naturels en associant à la caractérisation minéralogique, l'étude des structures internes et de l'organisation spatiale des minéraux, à différentes échelles. Les cibles étudiées dans ce programme seront de deux ordres:

(i) poursuite des activités antérieures mais focalisées sur les roches ignées, comme marqueurs des processus physico-chimiques de genèse des magmas et d'évolution de la croûte continentale; ceci restera la partie dominante de mon activité de recherche;

(ii) diversification en appliquant cette même approche à des domaines de recherche plus finalisée (altération des vitraux, stabilisation des déchets).

Quatre grands thèmes seront abordés:

(1) Les corps magmatiques et l'évolution de la croûte continentale

- les granitoïdes marqueurs du comportement rhéologique de la croûte continentale:
 - à l'Archéen (3.0-2.7 Ga): l'exemple du craton amazonien; projet nouveau en collaboration avec A.M. Boullier (CRPG) et R. Dall'Agnoll (Bélem, Brésil);
 - au Protérozoïque inférieur (2.1-1.9 Ga): l'exemple de la Dorsale de Leo (Niger); travail en cours de publication et de rédaction, en collaboration avec J. Pons (Orléans);
- les granitoïdes jalon des sutures intracontinentales précambriennes: l'exemple de la chaîne pan-africaine au Cameroun; projet nouveau en collaboration avec P. Vellutini et J.P. Nzenti (Yaoundé), J.M. Bertrand et J. Macaudière (CRPG).
- mécanismes de mise en place des corps magmatiques et leur différenciation (granites du Maroc); projet nouveau en collaboration avec J. Pons (Orléans) et H. Nachit (Agadir).
- mécanismes d'extraction des liquides anatectiques: l'exemple du Velay; travail en cours, en collaboration avec J. Jabori (doctorant CRPG) et J. Macaudière (CRPG)

(2) Textures et microtextures et processus magmatiques

- genèse des charnockites vue des méso-/microstructures (la charnockite d'Ansignan); projet nouveau en collaboration avec F. Althoff (CRPG) et J. Pons (Orléans);
- les magmas parents des anorthosites en massif vus à partir des mélanges anorthosites/granites; projet nouveau;
- cinétique de cristallisation des magmas magnésiens: l'exemple des komatiites; travail en cours en collaboration avec W.L. Brown (CRPG) et G. Libourel (Nancy).

(3) Microtextures/composition des minéraux: le cas des zircons

- exemples naturels sur des granites et migmatites; travail en cours de publication;
- approche expérimentale; projet nouveau en collaboration avec G. Libourel (Nancy).

(4) Valorisation de la recherche dans le domaine de l'environnement

- altérations induites par les agents atmosphériques sur les vitraux des cathédrales; poursuite d'un travail en cours en collaboration avec W.L. Brown, M. Chaussidon (CRPG) et G. Libourel (Nancy) dans le cadre d'un programme franco-allemand.
- caractérisation et de la stabilisation des résidus de l'incinération des ordures ménagères (GDR CNRS-SITA).en collaboration avec W.L. Brown et G. Libourel

Fiche individuelle de William L. Brown**Bilan de l'activité de recherche 89-92**

Mes activités de recherche s'étendent des études de terrain, des textures et microtextures des minéraux à l'expérimentation. En outre une partie de mon temps a été consacrée à la rédaction du deuxième volume d'un ouvrage sur les feldspaths qui sera publié bientôt. Les résultats obtenus dans certains domaines de recherche sont exceptionnels au plan international: (1) la prise en compte de l'énergie élastique dans les microstructures et son influence sur la modification des relations de phase des feldspaths; (2) le rôle de cette même énergie dans la réactivité exceptionnelle à basses T des feldspaths alcalins et des micropores produites lors de l'altération sur les échanges isotopiques (e.g. datation $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$) et sur la perméabilité et le comportement mécanique des roches de la croûte supérieure; (3) les mesures à hautes T et P de la solubilité de l'eau dans des liquides et surtout des solides dans les vapeurs du système albite-anorthite et phénomènes critiques, ainsi que sa modélisation; (4) la détermination des mécanismes de cristallisation et le rôle de l'eau primaire dans la cinétique de cristallisation des magmas boninitiques; (5) la mise en évidence de la complexité des chemins de cristallisation fractionnée des feldspaths en fonction de la pression et de l'activité de l'eau.

1) Complexes anorthositiques (publications 2A et 3B)

Etude de la forme, des structures (litage, lamination ignée), des textures des minéraux et de la géochimie des complexes anorogéniques du Niger.

Financement: projet DBT

Collaboration: Demaiffe (Bruxelles), Moreau (Clermont), Ohnenstetter (Orléans), Ritz (Dakar).

Méthodes: magnétotellurimétrie, pétrologie, géochimie et géochronologie.

Résultats: description d'un nouveau type de complexe à suite anorthitique, preuve géochimique de l'origine profonde du magma basique et de la contamination crustale des magmas intermédiaires et acides, origine des anorthosites par accumulation de plagioclase en profondeur et de la lamination ignée par flux lors de la mise en place superficielle, mise en évidence de la quasi-contemporanéité des intrusions et non leur étalement dans le temps par migration d'un point chaud.

2) Microtextures des minéraux par microscopie électronique (5A et 2B)

Nature et cinétique de formation des microtextures des feldspaths (exsolutions, macles de transformation et mécaniques).

Collaborations: I Parsons (Edinburgh).

Méthodes: optique, MET.

Résultats: rôle de l'énergie élastique des microtextures de transformation et d'exsolution des feldspaths sur la modification des relations de phase, mise en évidence de pseudomacles mécaniques et leur rôle probable dans les transformations de phase (e.g. orthose-microcline), rôle prépondérant de l'énergie élastique pour expliquer la réactivité exceptionnelle à basses T des feldspaths alcalins, rôle des micropores produites lors de l'altération dans la rétention de l'argon et conséquences pour la perméabilité des roches et des échanges d'eau et d'isotopes.

3) Mécanismes et cinétique de cristallisation des magmas (2A)

Etude des textures de croissance et de surcroissance (épitaxie) et des zonations des minéraux des roches partiellement vitreuses (boninites), mesures des teneurs en eau des verres inclus dans les minéraux et résiduels et influence expérimentale du chrome.

Financement: projet DBT

Collaborations: Libourel, Chaussidon (Nancy), Ohnenstetter (Orléans), Paillat (Caltech).

Méthodes: optique, MEB, sondes électronique et ionique, expérimentation sous atmosphère contrôlée.

Résultats: Modélisation de la cristallisation des boninites et rôle prépondérant de l'eau primaire et du chrome dans le liquide magmatique.

4) Solubilité et rôle de l'eau dans les magmas (1A)

Synthèse de verres saturés en eau dans le système albite-anorthite et dans les systèmes analogues avec excès et déficit de cations (peralcalin et peralumineux) à des pressions d'eau entre 1 et 7 kb et mesure de la teneur en eau. Rôle de la composition et de la pression sur la solubilité de l'eau et des phénomènes critiques.

Financement: projet DBT

Collaborations: E Deloule et M Chaussidon (Nancy) et S Elphick (Edinburgh).

Méthodes: autoclave à chauffage interne et piston cylindre, sonde ionique.

Résultats: mesures à hautes T et P de la solubilité de l'eau dans des liquides et surtout des solides dans les vapeurs et phénomènes critiques, ainsi que sa modélisation.

(5) *Les quatre publications les plus significatives*

Brown WL, Parsons I (1989) Alkali feldspars: ordering rates, phase transformations and behaviour diagrams for igneous rocks. *Mineral Mag* 53: 25-42

Worden RH, Walker FDL, Parsons I, Brown WL (1990). Development of microporosity, diffusion channels and deuteric coarsening in perthitic alkali feldspars. *Contrib Mineral Petrol* 104: 507-15

Paillat O, Elphick SC, Brown WL (1992) The solubility of water in NaAlSi₃O₈ melts: a re-examination of Ab-H₂O phase relationships and critical behaviour at high pressures. *Contrib Mineral Petrol* 112: 490-500

Brown WL (1993) Fractional crystallization and zoning in igneous feldspars: ideal water-buffered liquid fractionation lines and feldspar zoning paths. *Contrib Mineral Petrol* 113: 115-125

(6) **Publications, manuscrits sous presse et résumés de communications**

A = 10 B et livres = 5 Total = 15 Moyenne/an = 3,3

Résumés (AGU, EUG, Soc fr Min) = 22

Projets de recherches

La plupart des projets de recherche décrits vont continuer à être poursuivis et de nouveaux entrepris. Les quatre thèmes cités vont être poursuivis de la façon suivante:

(1) Parmi les complexes anorogéniques, notre activité se concentrera sur la plus grande structure annulaire de diamètre 65 km unique au monde, le Meugueur-Meugueur cone sheet au Niger, pour essayer de comprendre les mécanisme de formation et de mise en place.

(2) Nous continuerons avec I Parsons à étudier en profondeur les microtextures des feldspaths et leur rôle fondamental dans les échanges isotopiques, surtout en ce qui concerne leur utilisation pour la datation par la méthode ³⁹Ar/⁴⁰Ar.

(3) L'étude des boninites sera poursuivi et étendue aux expériences à l'équilibre et à vitesses de refroidissement variées sous atmosphère contrôlée pour étudier l'effet de la teneur en chrome et de la surfusion sur les conditions de cristallisation en collaboration avec G Libourel. Une étude expérimentale de la solubilité de l'eau dans les magmas boninitiques sera menée pour les comparer à des teneurs mesurées dans les verres résiduels. L'origine de cette eau sera abordé par une étude des isotopes d'hydrogène et d'oxygène en collaboration avec C France-Lanord. Une étude semblable sera menée sur les komatiites en collaboration avec P Barbey. Les microtextures des pyroxènes seront déterminées par MET en collaboration avec D Ohnenstetter.

(4) Suite à la mise en opération prévue des autoclaves à chauffage interne les expériences de solubilité seront poursuivies. Les verres déjà obtenus seront étudiés par spectroscopie Raman et infrarouge et par résonance nucléaire magnétique pour déterminer la spéciation de l'eau en collaboration avec P McMillan (Arizona) et S Kohn (Warwick).

(5) **Nouveaux projets et valorisation de la recherche.** Deux nouveaux thèmes sont en train d'être abordés où nos compétences dans les domaines de minéralogie et de pétrologie expérimentale peuvent être étendues aux problèmes anthropiques.

- **Vitraux.** Le premier concerne les modifications induites par des agents atmosphériques sur les vitraux des églises médiévales dans le cadre d'un Programme franco-allemand. Ces études en collaboration avec P Barbey, M Chaussidon et G Libourel ont déjà commencées depuis un an. Nous les poursuivront en les étendant vers l'utilisation des isotopes stables comme marqueurs de l'altération en collaboration avec C France-Lanord.

- **Déchets.** Comme pour les vitraux nous nous sommes investis dans un grand projet d'étude de la caractérisation et de la stabilisation des résidus de l'incinération des ordures ménagères (REFIOM) avec d'autres laboratoires du CNRS dans le cadre d'un Groupement de Recherche (GDR) formé avec la Compagnie SITA, Filiale de la Lyonnaise des Eaux.

Fiche individuelle - Guy LIBOUREL**Bilan de l'activité de recherche 90-92**

Nommé Maître de conférence à l'université de Nancy I en Oct-90, mes activités de recherche ont porté depuis sur 1) l'étude de la genèse et de l'évolution des systèmes basaltiques par une approche expérimentale des relations de phases et du partage des éléments, 2) l'étude de la structure des verres et des liquides aluminosilicatés par une approche spectroscopique, 3) l'étude de la stabilisation par vitrification des métaux lourds provenant des déchets ménagers et l'étude de l'altération des verres des vitraux des cathédrales (thèmes débutés depuis peu).

(1) Les processus de cristallisation des basaltes (publication: 1A)

Collaboration: P. SHI (Bayreuth)

Méthodes: pétrologie expérimentale

Résultats: En utilisant un système simple CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂-FeO, on montre que l'évolution de la composition des liquides basaltiques, à basse pression et en équilibre avec olivine, clinopyroxène et plagioclase, est fortement contrôlée par la composition initiale et par sa position par rapport à la barrière thermique Liq+Ol+Pl+Cpx. Des liquides tholéitiques peuvent s'enrichir en SiO₂ sans l'intervention de la cristallisation de la magnétite. Le Kd Fe-Mg Ol-Liq est très dépendant de la composition.

(2) Partage des éléments-trace dans les systèmes basaltiques (publication: 1A)

Collaboration: M. Chaussidon (CRPG)

Méthode: pétrologie expérimentale et sonde ionique

Résultats: Des expériences de fusion partielles ont été réalisées sur 2 lherzolites à spinelle de Lherz et de Kilbourne Hole entre 10-15kb pour étudier le partage du bore dans le manteau supérieur. Les résultats montrent que le bore est fortement incompatible et que le comportement du bore ressemble à celui de l'aluminium. À l'aide de ces coefficients de partage, la teneur en bore du manteau appauvri est estimée entre 0.1-0.3 ppm, valeurs qui coïncident également avec un calcul simple du budget du Bore entre le manteau, la croûte et l'eau de mer.

(3) RMN et structure des verres aluminosilicatés (publication 1A)

Collaboration: C. Geiger (Kiel), L. Merwin et A. Sebald (Bayreuth)

Méthodes: pétrologie expérimentale et résonance magnétique nucléaire

Résultats: L'étude spectroscopique (²⁹Si et ²⁷Al MAS RMN) de verre aluminosilicatés dans le système CaSiO₃-MgSiO₃-Al₂O₃ montre que Al est toujours tétracoordiné dans ces verres et que la substitution de Ca par Mg pour un même rapport Si/Al augmente de façon notable le désordre Si-Al dans les sites tétraédriques du réseau vitreux. On montre également que les variations régulières du déplacement chimique du ²⁹Si le long des binaires Diopside-Enstatite et Grossulaire-Pyrope suggèrent que Ca et Mg se mélangent de façon idéale. Ceci est en accord avec les données disponibles des entropies de configuration le long de ces binaires.

(4) Les quatre publications les plus significatives

Libourel, G., Boivin, P., Biggar, G. M. (1989). - The univariant curve $l=fo+an+di$ in the system C.M.A.S at one atmosphere: solid solutions and melt structures. *Contrib. Mineral. Petrol.* **102**: 406-421.

Shi P, Libourel G (1991) The effects of FeO on the system CMAS at low pressure and implications for basalt crystallization processes. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **108**, 129-145.

Libourel, G., Geiger C, Merwin L, Sebald A (1992) ²⁹Si and ²⁷Al MAS NMR spectroscopy of glasses in the system CaSiO₃-MgSiO₃-Al₂O₃. *Chemical Geology*, **96**, 387-397

Chaussidon M, Libourel, G (accepté). Boron partitioning in the upper mantle: an experimental and an ion probe study. *Geochimica Cosmochimica Acta*

(5) Publications, manuscrits sous presse et résumés de communications

A = 3

Livres = 1

Total = 4

Moyenne /an = 1,6

Résumé = 12

Projets de recherche

Les projets de recherche à venir seront focaliser autour des mots clés: basaltes s.l., verres, liquides, déchets et auront pour outils les techniques expérimentales, et pour méthodes de caractérisation: la sonde ionique, la RMN et autres méthodes spectroscopiques, en plus des méthodes classiques d'investigation.

(1) Basaltes s.l.: Les projets concernant les basaltes auront pour but 1) de mieux comprendre l'effet des éléments mineurs sur les séquences de cristallisation et sur les "liquid line of descent" durant la différenciation, et 2) de mieux contraindre leur coefficient de partage. Des études sur l'effet Fe^{3+} , Cr et P sont en cours. Les résultats sur l'effet du phosphore montrent notamment des effets drastiques tant sur les relations de phase que sur la structure des liquides et ont été soumis à GCA pour publication. L'utilisation de la sonde ionique et des techniques expérimentales permet également la quantification des coefficients de partage des éléments en trace, comme nous l'avons montré dans le cas du bore. Ce type d'études, unique en France, sera poursuivi notamment par l'étude de la solubilité de l'azote dans les liquides basaltiques, et d'autres éléments. L'ensemble de ces études permettront, in fine, de contribuer à la meilleure connaissance de la génèse et de l'évolution des basaltes.

Collaborations: M. Toplis et M. Carroll (Bristol), H. Keppler (Bayreuth), M. Chaussidon et B. Marty (CRPG)

(2) Verres et liquides : La compréhension des propriétés macroscopiques et physiques des liquides magmatiques naturels ne sera possible que si la structure des verres et liquides silicatés est mieux connue. Dans ce but, deux approches seront conjointement menées: 1) mesures de la viscosité et de la densité des liquides basaltiques, 2) comparaison à l'aide des méthodes spectroscopiques entre les structures des verres et des liquides aluminosilicatés. Ces 2 approches sont en cours.

Pour la première, nous étudions l'effet de la fO_2 et du phosphore sur la viscosité et la densité de liquides ferrobasaltiques. *Collaborations:* M. Toplis (Bristol) et D. Dingwell (Bayreuth).

Pour la seconde, à partir d'une étude spectroscopique menée en RMN avec ^{27}Al et ^{29}Si pour sonde locale sur des verres ou des liquides aluminosilicatés, nous essayons de caractériser i) l'influence des substitutions Ca-Mg et Si-Al sur la structure et de caractériser les degrés d'ordre à courte distance ii) les changements de coordinance de l'aluminium sous l'effet de la température ou de la composition. *Collaborations:* A. Sebold (Bayreuth), B. Cote et D. Massiot (Orléans).

L'étude de l'altération des vitraux des cathédrales dans le cadre d'un programme Franco-Allemand offre une application de choix à ces problèmes de structures de verres.

Collaborations: W. Brown et M. Chaussidon (CRPG), P. Barbey (Nancy I).

(3) Déchets: Ces thèmes de recherche sont valorisés au sein d'un nouveau projet d'étude portant sur "la caractérisation et la stabilisation des résidus des ordures ménagères" dans le cadre d'un Groupement de Recherche associant le CNRS et SITA, filiale de la Lyonnaise des Eaux. Une thèse, dont j'ai la direction scientifique, a débuté en Oct 92 sur le sujet. Elle sera focalisée sur les problèmes de stabilisation des halogènes et des métaux lourds au sein de la matrice amorphe d'un verre, et l'étude de la lixiviation de ces verres de piégeage.

Collaborations: L. Leforestier (CRPG, BDI), W. Brown (CRPG), J.Y Bottero (Nancy).

Fiche individuelle - Alain WEISBROD

Bilan de l'activité de recherche 89-92

(1) Systèmes fluides et diagrammes de phases

- Mise au point de standards de haute précision en vue de calibrer les installations microthermométriques chauffantes et réfrigérantes, par la méthode des inclusions fluides synthétiques. On utilise pour ce faire les systèmes H₂O-NaCl, LiCl-H₂O et H₂O-KCl.
- Construction de diagrammes de phases pour les systèmes fluides, lorsque les données expérimentales sont rares. C'est ainsi que l'on a pu déterminer, avec une haute précision, les coordonnées jusque là inconnues des eutectiques des systèmes CsCl et RbCl.
- Construction des solvi (liquide + vapeur) dans les systèmes LiCl-H₂O, H₂O-KCl, CsCl-H₂O à 500 et 600°C et 1000 bars.

(2) Mécanismes et modélisation des gisements de tungstène par l'étude des équilibres entre tungstates (scheelite, wolfram) et solutions aqueuses chlorurées, entre 300 et 600°C, 1 kbar.

Il s'agit de comprendre les mécanismes réactionnels lors des dissolutions ou des précipitations des tungstates.

(3) Rôle du bore dans la croûte continentale

- Synthèses et compositions des tourmalines Mg-Fe.
- Détermination expérimentale de la concentration en bore des fluides crustaux en environnement pélitique et granitique. La méthode utilisée consiste à tamponner la solution par des assemblages minéraux adéquats (T entre 300 et 750°C, P entre 1 et 4 kbar).
- Rôle du bore dans le transport des alcalins en environnement silico-alumineux. En l'absence de bore, il ne se passe rien. Si l'on ajoute le bore dans le système, on constate un transfert des alcalins (sodium surtout) vers les solides. Le cation compensateur est le bore, sous forme d'une molécule de type BCl₃-nH₂O. Cet effet est d'autant plus marqué que la température est élevée. Les applications concernent les transferts d'alcalins lors des métamorphismes progrades et rétrogrades.

(4) Synthèses et compositions des allanites: états métamictes

Essais de caractérisation d'allanites métamictes naturelles. Essais de transferts des phases silicatées (allanite) vers des phases phosphatées (monazite ou autres).

(5) Les quatre publications les plus significatives

- Weisbrod A (1989). Chemical composition of hydrothermal fluids buffered by vein and pegmatites forming mineral assemblages: an experimental calibration at high temperature and pressure. *Chem. Geol.*, **70**: 166.
- Weisbrod A (1989). Caractères généraux des phases fluides dans les indices et gisements de tungstène et étain. *Doc. BRGM*, **158**: 9-14.
- Blamart D, Boutaleb M, Sheppard SMF, Marignac C, Weisbrod A (1992) A comparative thermobarometric (chemical and isotopic) study of a tourmalinized pelite and its Sn-Be vein, Walmès, Morocco. *Eur J Mineral*, **4**, 355-368
- Cuney M, Marignac C, Weisbrod A (1992) The Beauvoir topaz-lepidolite albite granite (Massif central, France): the disseminated magmatic Sn-Li-Ta-Nb-Be mineralization. *Econ Geol*, **87**, 1766-1794

(6) Publications, manuscrits sous presse et résumés de communications

A = 2 AF, B et Livres = 3 Total = 5 Moyenne /an = 1,1
Résumé = 11

Projets de recherche

(1) Systèmes fluides

- Mise au point de standard pour inclusions fluides: systèmes glace et sels, en particulier les systèmes suivants: LiCl-H₂O (branche glace de 0°C à -70°C), NaCl-H₂O (branche glace, de 0°C à -20°C et branche sel de 0°C à 400°C), KCl-H₂O (branche sel de -10°C à 400°C).

- Détermination expérimentale des propriétés PVTX, en particulier dans les domaines homogènes (isochores) et hétérogènes (immiscibilité). Systèmes RbCl-H₂O, CsCl-H₂O, CaCl₂-H₂O.
- Construction des diagrammes de phases et détermination des points invariants (eutectiques, péritectiques) des systèmes sels + solutions aqueuses. Application à des systèmes peu contraints tels que RbCl-H₂O, CsCl-H₂O, CaCl₂-H₂O.

(2) Interactions minéraux-solutions aqueuses dans la croûte

- Détermination expérimentale des concentrations en bore dans les fluides crustaux, tamponnés par des associations minérales adéquates. Composition et stabilité des tourmalines dravites-schorlites.
- Rôle du bore dans les transferts de masse des alcalins: la présence de bore dans les systèmes silico-alumineux modifie de façon considérable le comportement des alcalins, en particulier le sodium. On constate alors que le sodium a fortement tendance à se stocker dans les phases solides. La balance des charges concerne les alcalins (une charge par mole) versus le bore (3 charges par mole). Les applications concernent les évolutions progrades et rétrogrades dans le métamorphisme en fonction de la température.
- Equilibres entre tungstates et solutions aqueuses chlorurées. Composition et rapports Mn/Ca des solutions. Mécanismes de solubilité et précipitation.
- Essais de mise au point de géothermo-baromètres dans les systèmes hydrothermaux. Association tourmaline-quartz-phengite-albite.

(3) Synthèses hydrothermales

cordiérite-Mg, tourmaline Mg et Fe, émeraudes, phlogopite, allanites, feldspaths...

(4) Les allanites

- Synthèses d'allanites La-Ce-Nd à partir de gels.
- Etats métamictes: recristallisation des allanites métamictes.
- Extraction des REE à partir d'allanites.
- Equilibres allanites (silicates) - phosphates.

Collaborations

- ENS Ulm (Paris), CREGU (Nancy), Université de Nancy I, CRSCM (Orléans)
- Geophysical Laboratory (Carnegie Institution, Washington DC), Pennsylvania State University, John Hopkins University, Harvard University, Princeton University, Geological Survey (Washington DC), Vernadsky Institute (Moscou), IGEM (Moscou), Chernogolovka (Moscou), Service géologique (Prague).

C.R.P.G - C.N.R.S.
Renouvellement du Centre

• **EQUIPE TRANSFERT ET CONCENTRATION
DES MÉTAUX DANS LA CROUTE**

• **FICHES INDIVIDUELLES - CHERCHEURS**

Christian	MARIGNAC
Jean-Marc	STUSSI

1. Intitulé de l'équipe

TRANSFERT ET CONCENTRATION DES METAUX DANS LA CROÛTE

La création de l'équipe intercentre "Transfert et concentration des métaux dans la croûte" a regroupé en 1991 des chercheurs du CREGU et du CRPG, qui travaillaient déjà en étroite collaboration sur des thématiques voisines, afin : (i) de développer une meilleure synergie dans leurs actions de recherche ; (ii) d'optimiser leurs relations avec d'autres équipes ; et (iii) de donner une nouvelle impulsion aux recherches métallogéniques à Nancy. L'équipe travaille sur deux grands thèmes fédérateurs : les fluides crustaux dans leurs rapports avec les minéralisations, d'une part ; la métallogénèse des granites à métaux rares, d'autre part. Les travaux sont largement financés sur contrats et impliquent la participation de nombreux doctorants. Au cours des années 1989-1992, l'équipe a fait soutenir 8 DEA et 6 thèses. Il y a en 1993 1 étudiant en DEA et 8 en thèse. Les résultats acquis au cours des quatre années passées incitent à réorienter les recherches dans le cadre des deux thèmes fédérateurs en privilégiant l'effort de théorisation et de modélisation.

2. Composition de l'équipe (au 01.01.93)

Chercheurs permanents

BOIRON	Marie-Christine	CR (CREGU)	
CATHELINÉAU	Michel	CR (CREGU)	
CUNÉY	Michel	DR (CREGU)	Animateur
DUBESSY	Jean	DR (CREGU)	
STUSSI	Jean-Marc	CR (CRPG)	

Enseignants-chercheurs permanents

MARIGNAC	Christian	MC (CRPG)	Animateur
----------	-----------	-----------	-----------

Doctorants

AÏSSA	Djamal	Marignac (3ème année)
ALIKOUSS	Saïda	(Weisbrod)-Marignac (3ème année)
AYT-OUGOUGDAL	Mohamed	Cathelineau (3ème année)
BELKASMI	Mohammed	Cuney (3ème année)
MOISSETTE	Alain	Dubessy (3ème année)
KOLLI	Omar	Marignac-(Cheilletz) (2ème année)
BARAKAT	Ahmed	Cathelineau (1ère année)
THIERY	Régis	Dubessy (1ère année)

DEA

DOUMBIAH	Siaka	Marignac
----------	-------	----------

Du côté du CRPG, la composition actuelle de l'équipe, réduite à C. Marignac et J.-M. Stussi, résulte d'une restructuration interne qui a affecté en 1991 l'ancienne équipe "Fluides et Minéraux". A l'occasion de cette restructuration, une prise de conscience a eu lieu : il est apparu qu'en fait les deux membres actuels de l'équipe "Transfert et concentration des métaux dans la croûte" entraînent beaucoup plus en interaction avec les chercheurs du CREGU qu'avec les membres de leur ancienne équipe. La constitution de l'équipe intercentre en a résulté directement. D'abord baptisée "Métallogénie endogène" à l'occasion de l'examen à mi-parcours du CRPG (Automne 1991), cette équipe a depuis trouvé son nom définitif en examinant plus finement la nature de ses activités.

3. Thèmes scientifiques

L'équipe travaille sur deux grands thèmes fédérateurs :

- les fluides crustaux dans leurs rapports avec les minéralisations (M.C. Boiron, M. Cathelineau, J. Dubessy, C. Marignac).

Les principales actions ont concerné : le champ géothermique de Larderello (Cathelineau-Marignac) ; la métallogénie de l'or dans l'ouest ibérique (Contrat CCE) (Boiron-Cathelineau-Dubessy-Marignac-Cuney) ; les facteurs de contrôle des minéralisations riches en or et uranium (ATP PIRSEM) (Cathelineau-Cuney-Boiron-Dubessy-Marignac) ; les fluides hydrothermaux du massif du Ment (Marignac) ; les fluides hydrothermaux du bassin de Lau (Marignac) ; la métallogénie des socles nord-algériens (Marignac).

- *la métallogénèse des granites à métaux rares* (M. Cuney, C. Marignac, J.-M. Stussi).

Les principales actions ont concerné : la modélisation pétrogénétique des granites peralumineux (Cuney-Stussi) ; la synthèse géochimique et métallogénique des granites du Limousin (contrat CEA-DDAMN) et du haut-Bocage vendéen (Stussi-Cuney) ; la pétrogénèse des granites à métaux rares (Cuney-Marignac) ; la métallogénèse des filons de tungstène péritholites du centre-Limousin (Marignac -Cuney).

Ces travaux sont ou ont été menés en interaction avec les équipes de Nancy : CRPG (Géochimie isotopique, Métamorphisme et déformation, Géochimie des gaz) ; ENSG (URA Cases*), Université de Nancy 1 (Jeune Equipe DRED "Magmas et métaux") ; et avec des laboratoires extérieurs (Brest (IFREMER), CEA, Ecole des Mines de Paris, Limoges, Orléans, Rennes ; Alger, Leeds, Madrid, Moscou, Pise, Porto, Rabat).

L'organigramme ci-joint précise les articulations entre ces différents thèmes et actions au sein de l'équipe.

4. Acquis scientifiques et bilan

En ce qui concerne les aspects quantitatifs, seules les activités impliquant les membres "CRPG" de l'équipe seront prises en compte dans la suite de ce bilan.

a. Les acquis

Sur le thème "*fluides crustaux dans leurs rapports avec les minéralisations*", les principaux acquis sont les suivants :

- développements méthodologiques : (i) approche intégrée de l'analyse structurale et de l'étude des microfissures cicatrisées en plans d'inclusions fluides, débouchant sur une définition précise des successions de circulations fluides et sur une procédure standardisée de caractérisation des paléoperméabilités fissurales (en cours d'élaboration) ; (ii) caractérisation des propriétés V-X des paléofluides par modélisation thermodynamique.

- application de cette méthodologie aux gisements d'or dits "de shear-zones" des domaines hercynien et panafricain : démonstration pour ces gisements du caractère tardif de la minéralisation en or par rapport aux stades ductiles de la déformation ; mise en évidence de critères de gisements riches ; ouverture sur des problèmes plus généraux de devenir des fluides métamorphiques au stade de la remontée rapide des bâtis crustaux.

- caractérisation des circulations hydrothermales du massif du Ment : les fluides associés aux greisens et tourmalinites de ce massif non minéralisé ne se distinguent pas de ceux que l'on observe dans les massifs minéralisés en étain-tungstène, ce qui tend à indiquer que les problèmes de source sont décisifs pour la réalisation d'occurrences minéralisées.

- caractérisation du stade précoce de fonctionnement du champ géothermique de Larderello : mise en évidence de fluides magmatiques et métamorphiques circulant à haute température sous des pressions lithostatiques.

Sur le thème "*métallogénèse des granites à métaux rares*", les principaux acquis sont les suivants :

- développement des méthodes de cartographie géochimique des granites peralumineux : réalisation d'une carte au 1/100 000 des Massifs de Millevaches et du Limousin.

- caractérisation des sources des magmas leucogranitiques : démonstration de leur diversité et du caractère généralement hétérogène des massifs ; mise en évidence des conséquences métallogéniques de cette propriété.

- élucidation des relations entre "spécialisation" et minéralisation : à partir notamment de l'exemple du granite de Beauvoir, avancée vers une conception synthétique des minéralisations de métaux rares liées aux granites ;

A la jonction des deux thèmes, une première esquisse de la métallogénie d'une chaîne de collision "mature" a été réalisée sur l'exemple du Massif Central français.

b. Le bilan

Le bilan est positif quant à l'acquisition et à la diffusion des connaissances, même si tous les membres de l'équipe n'ont pas fait preuve d'une même activité et malgré une baisse de régime en 1990 :

- en termes de participation à des congrès : le nombre de communications est relativement régulier, autour de 3 par an et par personne, aussi bien dans des rencontres nationales que dans des congrès internationaux.

- en termes de publications, comme le montre le tableau ci-dessous :

	A	AF+B + livres	C	Total	moyenne /an
Marignac	7+1	8+2	1	16+3	4 (4.8)
Stussi	1	1+3	2	4+3	1 (1.8)

L'équipe a par ailleurs fortement contribué à l'organisation du Congrès de Métallogénie "25ème Anniversaire de la SGA", tenu à Nancy en Août 1991.

Il y a cependant des points faibles, parmi lesquels on peut retenir :

- une trop grande dispersion des activités, nuisible à l'élaboration plus poussée des résultats sous forme de théories globales ;

- l'insuffisance de développements sous forme de modélisations quantitatives.

5. Perspectives de recherche (1993-1996)

a. Objectifs

Les deux grands thèmes qui fédèrent l'équipe n'ont pas épuisé leurs virtualités et continueront donc d'être développés. Cependant, il conviendra de mener des actions novatrices :

Premier thème : fractionnement des métaux rares (Sn, W, U, Ta) dans la croûte.

- étude des fractionnements au cours du métamorphisme de basse pression (ce thème, qui implique l'utilisation d'une microsonde ionique pour connaître la distribution des métaux rares dans les différentes phases minérales, a déjà fait l'objet d'une étude de faisabilité pour le tungstène, en collaboration avec M. Chaussidon) ;

- analyse et modélisation des fractionnements dans le magmatisme peralumineux ;

- détermination expérimentale de la solubilité et des coefficients de partage magma granitique-fluide des métaux rares.

Deuxième thème : transfert de fluides et de métaux en contexte intra- et péri-batholitique.

Ce thème, qui appartient à la problématique plus vaste des "fluides crustaux" sera abordé à travers les actions suivantes :

- analyse de la géométrie des circulations, reconstitution des paléoperméabilités fissurales ;

- identification des fluides et traçage des sources ;

- modélisation des transferts.

b. Réalisation

Atteindre ces objectifs implique à l'évidence une meilleure interaction de l'équipe avec ses partenaires, notamment à Nancy, en ce qui concerne le développement des outils expérimentaux et de la modélisation. Des progrès devront être réalisés tant en analyse (analyses ponctuelles des métaux rares dans les minéraux et des ions dans les inclusions fluides) que dans les pratiques de calcul (spéciation en solutions aqueuses, équilibres fluides-roches).

Par ailleurs, dans le but de permettre une définition plus globale des processus métallogéniques, car un effort de théorisation semble nécessaire, nous chercherons à réduire au maximum la dispersion de nos activités, au moyen d'une diminution à moyen terme des cibles géologiques objets de nos études.

6. Animation scientifique

<u>Transfert et concentration des métaux dans la croûte</u>			
<i>Encadrement et co-encadrement de thèses</i>			
Nom	Responsable	Année de soutenance	Nombre d'inscriptions
ZOUHAIR Mohammed	Marignac	1992	
AÏSSA Djamel	Marignac		4
ALIKOUS Saïda	(Weisbrod)-Marignac	1993	3
KOLLI Omar	Marignac -(Cheilletz)		2
<i>Enseignements universitaires</i>			
Nom	Volume horaire	Formation	
Marignac C.	> 192h	EMN / ENSG / 2è cy. Nancy I	
Stussi J.-M.	6h	ENSG (CESEV)	
<i>Organisation de Congrès, Colloques</i>			
Marignac C.	Membre du comité d'organisation du Congrès "25è Anniversaire SGA", Nancy, Août 1991		
<i>Conférences invitées</i>			
Cuney M. & Marignac C.	Conférence invitée aux Journées de la SFMC (Lyon, 1991)		
Marignac C.	Cours de troisième Cycle en Suisse Romande, Fribourg, 5-9 Mars 1990 avec rédaction d'un document de 38 pages ("Metallogenesis of the French Massif Central and adjoining areas").		
Stussi J.-M.	Conférence invitée au Symposium "Metallogenic development of Europe", EUG V, 1989 ("Granite magmas chemistry and related mineralizations in the European Variscan")		

7. Financement et valorisation de la recherche

<u>Transfert et concentration des métaux dans la croûte</u>			
<i>Contrats dirigés par des membres de l'équipe</i>			
	Nature	Thèmes	Responsable
1989-93	Action intégrée INPL-USTHB	Métallogénie des socles algériens	Marignac-(Cheilletz)
1992	PNEHO	Bassin de Lau	Marignac
<i>Contrats auxquels participaient des membres de l'équipe</i>			
	Nature	Thèmes	Participants
1989-90	CEA-DDAMN	Synthèse Millevaches	Cuney-Stussi
1990-92	ANDRA	Haut Bocage Vendéen	Cuney-Stussi
1990-94	Action intégrée INPL-Agadir	Géologie régionale et structurale	Stussi-Marignac
1991-93	ATP-Pirsem	Critères de gisements riches (Au-U)	Boiron-Cathelineau-Cuney-Marignac
1991-93	CEA-DDAMN	Synthèse Limousin	Cuney-Stussi
1991-93	ATP-Pirsem	Géothermie	Stussi

8. Tableau résumé des publications

<u>Transfert et concentration des métaux dans la croûte</u>						
<i>Total chiffré des publications et communications</i>						
	A	AF	B	C	Total	Communications
1989	2		1	1	4	7
1990	1				1	3
1991		2	4	1	7	9
1992	5+1	2+2	0+3	1	8+6	5
Totaux	8+1	4+2	5+3	3	20+6	24
<i>Nombre de publications par revues A (1989-1992 + acceptées)</i>						
	Revue		Nombre			
	Economic Geology		2			
	European Journal of Mineralogy		2			
	Mineralium Deposita		2			
	Journal of Metamorphic Petrology		1			
	J. of Volcanology and Geothermal Research		1			
	Geochimica Cosmochimica Acta		0+1			
<i>Nombre de publications par revues AF/B/C/Livres (1989-1992 + acceptées)</i>						
	Revue		Nombre			
	C.R. Académie des Sciences Paris		3+2			
	Bulletin Société géologique France		2			
	Sciences géologiques Strasbourg		2			
	Notes et Mémoires Service géol. Maroc		1			
	Transactions Royal Soc. Edinburgh Earth Sci.		1			
	Balkema		5			
	Springer Verlag		0+3			

Fiche individuelle - Christian MARIGNAC

RECHERCHE

Mes recherches concernent la métallogénie et plus précisément la métallogénie de la croûte continentale supérieure ; je m'intéresse essentiellement aux fluides crustaux : leur origine, les modalités de leur circulation et leurs effets sur le transport-dépôt des métaux. Je pratique une approche multiple, impliquant des collaborations avec des géochimistes et des tectoniciens :

- approche gîtologique classique, sur des gisements de cuivre et surtout d'étain-tungstène et d'or ; ces dernières années : W du Limousin et Au de l'Anti-Atlas marocain. L'outil principal est ici la microsonde électronique.

- approche génétique : physico-chimie des fluides, essentiellement approchée par la méthodologie d'étude des inclusions fluides ; et géochimie des traces : utilisation de la microsonde ionique pour caractériser le comportement du W (collaboration avec M. Chaussidon, CRPG).

- approche actualiste : étude de champs géothermiques actuels ou subactuels : Larderello (collaboration M. Cathelineau, CREGU) ; bassin de Lau (collaboration Y. Fouquet, IFREMER, dans le cadre d'un contrat PNEHO obtenu en 1992).

- approche globale : étude de la métallogénie d'une chaîne de collision, le Massif Central français ; approche pour partie bibliographique, appuyée sur une double expérience : métallogénique (Sn-W) ; régionale (étude d'un segment granitisé de la chaîne : le Sud du dôme du Velay).

Direction de recherche

Outre mes travaux personnels, j'aborde les thèmes précédents à travers la direction de travaux de recherche : DEA (1989, 1990) ; thèses (une soutenue en 1991, quatre en préparation).

J'ai obtenu, à dater du 01/10/91, un contrat de recherche et d'encadrement doctoral avec la DRED.

RESPONSABILITÉS COLLECTIVES

Membre du Conseil d'Administration (jusqu'en 1991) puis du Conseil Scientifique de l'INPL.

Membre du Conseil d'Administration de l'EMN (depuis 1988).

Membre du Conseil Scientifique de l'Institut Lorrain des Géosciences (ILG) depuis sa fondation en 1989.

Membre élu jusqu'en 1991 de la 35^{ème} section du CNU.

Membre élu depuis 1991 de la Section 11 du Comité National du CNRS.

ENSEIGNEMENT

Cette période a été marquée par un certain nombre de restructurations de mon activité dans les deux écoles de l'INPL où je suis amené à intervenir :

- à l'Ecole des Mines (EMN), un nouveau cours de géologie a été créé à la rentrée 1989 ; je dois donc maintenant assurer, en collaboration avec B. Laumonier : un séminaire d'initiation d'une semaine en première année (une demie-promotion, soit une cinquantaine d'élèves) ; et deux cours d'un trimestre, comportant un camp de terrain d'une semaine ; j'ai de plus la charge d'un cours de géologie des gîtes minéraux d'un trimestre. Par ailleurs, je suis amené à encadrer de 2 à 3 "projets personnels de première année", stages d'initiation à la recherche en laboratoire d'une durée d'une semaine ; et de 1 à 2 stages de fin d'étude (stages de 5 mois en entreprise ; l'encadrement comporte une visite au stagiaire sur son lieu de stage). L'ensemble représente en moyenne un service complet d'enseignement.

- à l'Ecole de Géologie (ENSG), outre une participation traditionnelle à l'encadrement d'un camp de terrain de deux semaines, la restructuration des enseignements de métallogénie suite au décès du Pf. A. Bernard m'a conduit à participer à ces enseignements en 2^{ème} et 3^{ème} année pour un total d'une vingtaine d'heures de cours. De plus, j'assure chaque année 9h de cours au CESEV.

S'ajoutent à ces enseignements une participation au DEA et, depuis la rentrée 1991, à la maîtrise de Nancy 1 (module M2, métallogénie).

QUATRE MEILLEURES PUBLICATIONS (1989-1992)

- CH. MARIGNAC (1989). Sphalerite stars in chalcopyrite : are they always the result of an unmixing process ? *Mineral. Deposita*, 24, 176-182.
- CH. MARIGNAC, M. ZOUHAIR (1992). Fluid evolution in an unmineralized greisen-tourmaline system in the Ment granite (central Morocco) : a fluid inclusion study. *Eur. J. Mineral.*, 4, 949-964.
- M. CUNEY, CH. MARIGNAC, A. WEISBROD (1992). The Beauvoir topaz-lepidolite-albite granite (Massif Central, France) : the disseminated magmatic Sn-Li-Ta-Nb-Be mineralization. *Econ. Geol.*, 87, 1766-1794.
- M. MONTEL, CH. MARIGNAC, P. BARBEY, M. PICHAVANT (1992). Thermobarometry and granite genesis : the Hercynian low-P high-T Velay anatectic dome (French Massif Central). *J. Metam. Geology*, 10, 1-15.

BILAN D'ACTIVITE 1989-1992
Jean-Marc STUSSI
Chargé de Recherches

ACTIVITE SCIENTIFIQUE

La valorisation d'une systématique en typologie des granitoïdes de la chaîne varisque française, a contribué à souligner l'intérêt d'une caractérisation précise des granitoïdes dans leurs relations avec (1) les minéralisations associées, (2) le cadre géodynamique, (3) les déformations régionales ou locales, (4) la cartographie géochimique.

Il est montré que la nature des minéralisations (Sn, W, Li, Be, Nb-Ta, U, Cu, Mo) associées aux granitoïdes est directement liée à des caractéristiques spécifiques de compositions et de type de magmatisme des granites porteurs (nature des minéralisations associées aux granites aluminopotassiques, subalcalins ou calco-alcalins). De telles relations ne sont pas restreintes à la partie française de la chaîne varisque, mais sont également mises en évidence dans d'autres segments du même orogène (Péninsule Ibérique, Europe centrale, Cornouaille britannique) ainsi que dans d'autres orogènes (SE asiatique).

La répartition des différents types de granitoïdes identifiés le long de la chaîne varisque française, met en évidence l'absence, transversalement à cette chaîne, d'une polarité magmatique comparable à celle observée dans d'autres orogènes subductifs ou collisionnels. On souligne également l'absence d'une évolution spatio-temporelle des types de magmatisme entre le stade collisionnel et la période fini-carbonifère de l'évolution géodynamique de cette chaîne. On en déduit que la caractéristique majeure du magmatisme granitique de l'orogène varisque français est le télescopage ou la juxtaposition, dans un même édifice plutonique, de granites de natures magmatiques, c'est-à-dire de sources différentes, avec en particulier ses implications en métallogénie. *Publications 1 et 2.*

A l'échelle locale et régionale, les structures magmatiques emboîtées ou juxtaposées, traduisent la mise en place hétérochrone à subcontemporaine de magmas de nature diverses, tantôt subalcalins, tantôt aluminopotassiques, en relation avec des décrochements crustaux ou des fentes de tension profonds à rejeux successifs. Ceux-ci peuvent être à l'origine d'édifices volcano-plutoniques ayant fonctionné sur plus de 60 Ma. *Publication 3.*

Une connaissance préalable des caractéristiques typologiques des granites conduit à contraindre les approches pétrogénétiques à des magmas entre lesquels des rapprochements génétiques peuvent être envisagés a priori, et non des approches considérant des ensembles de magmas toutes compositions confondues. Dans cette optique, les modalités d'évolution des granites aluminopotassiques du complexe du Millevaches (Massif central) ont été précisées. On montre ainsi, à l'aide de bilans de masse établis à partir des compositions en éléments majeurs, que (1) les fractionnements impliquent généralement davantage de minéraux que ceux communément considérés de manière plus empirique dans les interprétations pétrologiques; (2) le modèle de fractionnement est le plus probable dans certains massifs (Royère, Hyverneresse); (3) un modèle de mélange entre un magma crustal peralumineux et un magma métalumineux permet d'expliquer l'origine de granites crustaux faiblement peralumineux (Egletons). *Publication 4.*

Enfin, l'outil typologique a été valorisé par une cartographie géochimique et typologique, à l'échelle de 1/100000, des granitoïdes de deux complexes plutoniques de la chaîne varisque française: le Millechaches et le Haut Bocage Vendéen. *Travail sous contrat coopératif.*

AUTRES ACTIVITES

FORMATION: 1989-1992: enseignement au CESEV-ENSG Nancy (sessions de formation pour ingénieurs étrangers). Géochimie des granitoïdes. Six heures annuelles.

ENCADREMENT SCIENTIFIQUE: Direction des recherches de A. Mortaji et participation à l'encadrement scientifique C. Lama. Participation à des jurys de thèse (Mortaji, 1989; Ait Saadi, 1992; Pastier, 1992) et diplôme de recherche doctoral (Girard, 1990).

MISSIONS. RÉUNIONS SCIENTIFIQUES

- E.U.G., Strasbourg, 24-26.3.1989 (*une communication invitée*).
- Colloque de Géologie Franco-Marocain, Strasbourg, 24-26 Mai, 1989.
- Annual Meeting "Mineral Deposits Study Group" of the Geological Society of London, Cardiff, 10-11.12.1989.
- Colloque "Granites continentaux et océaniques", Société Géologique de France, Mars 1991.
- Hutton Symposium on the origin of Granites, Canberra, septembre 1991.
- Symposium IGCP Project n°282 "Rare-metal granitoids", Moscou et Tchita (Transbaïkalie), Août 1992.

ACCORDS DE COOPÉRATION: Convention de recherches CREGU-CRPG: Pétrologie et synthèse géochimique des granitoïdes du Millevaches, du Haut Bocage Vendéen et du Limousin.

TITRES DES QUATRE PRINCIPALES PUBLICATIONS

1. **Stussi J.M.** 1989: Granitoid magma chemistry and related mineralization in the French Variscan. *Economic Geology*, 84, 1363-1381.
2. Ploquin A. and **Stussi J.M.**, 1989-: Felsic plutonism and volcanism in the French Massif Central: in: *Igneous Activity, French Caledonian-Variscan Orogen, Spec. Vol. IGCP 233, sous presse*.
3. Rolin P. et **Stussi J.M.**, 1991: Décrochements intracrustaux et intrusions granitiques carbonifères dans le Morvan (Massif Central français). *Bull. Soc. Géol. France*, 162, 1, 123-130.
4. **Stussi J.M.** et Cuney M. - 1992: Modèles d'évolution géochimique de granitoïdes peralumineux. L'exemple du complexe plutonique varisque du Millevaches (Massif central français). *Bull. Soc. Géol. France, sous presse*.

PROJETS 1993-1996

GRANITES VARISQUES FRANÇAIS

Achèvement des travaux en cours sur le Limousin (cartographie géochimique; relations typologie chimique - minéralisations).

PÉTROLOGIE DES GRANITOÏDES

- quantification et modélisation des processus d'évolution des granites et leucogranites peralumineux (fractionnements; fusion partielle) par les éléments et les éléments traces.
- cristallogénèse des phases minérales et estimation des paramètres intensifs (P, T, fO₂) dans la genèse de granites subalcalins monzonitiques.

Ces travaux rentrent dans le cadre des recherches effectuées, au sein de l'équipe "Métallogénèse endogène", sur la caractérisation géochimique et la pétrologie des granitoïdes représentant les sources potentielles des minéralisations associées à métaux rares.

C.R.P.G - C.N.R.S.
Renouvellement du Centre

LISTE RÉCAPITULATIVE DES TRAVAUX

- **PUBLICATIONS (A, B, C)**
- **COMMUNICATIONS A DES CONGRÉS**
 - **THESES**
 - **BREVETS**

**Publications internationales de rang A
(facteur d'impact \geq 0.75 / JCR-1991)**

1989

ALBAREDE F (1989) Sm/Nd constraints on the growth of continental crust. *Tectonophysics*, **161**, 299-305.

ALT JC, CHAUSSIDON M (1989) Ion microprobe analyses of the sulphur isotopic composition of sulfides in hydrothermally altered rocks, DSDP/ODP hole 504B. In : K. Becker, H. Sakai & al., *Proc. ODP, Sci. Res.*, : College Station, TX (Ocean Drilling Program), **111**, 41-45.

BARBEY P, BERTRAND JM, ANGOUA S, DAUTEL D (1989) Petrology and U/Pb geochronology of the Telohat migmatites , Aleksod, Central Hoggar, Algeria. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **101**, 207-219.

BROUXEL M, LAPIERRE H, ZIMMERMANN JL (1989) Upper Jurassic mafic magmatic rocks of the eastern Klamath Mountains, northern California : Remnant of a volcanic arc built on young continental crust. *Geology*, **17**, 273-276.

BROWN WL (1989) Glide twinning and pseudotwinning in peristerite: twin morphology and propagation. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **102**, 306-312.

BROWN WL (1989) Glide twinning and pseudotwinning in peristerite: Si, Al diffusional stabilization and implications for the peristerite solvus. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **102**, 313-320.

BROWN WL, MOREAU C, DEMAIFFE D (1989) An anorthosite suite in a ring-complex: crystallization and emplacement of an anorogenic type from Abontorok, Niger. *J. Petrol.*, **30**, 1501-1540.

CHAROY B, POLLARD PJ (1989) Albite-rich, silica-depleted metasomatic rocks at Emuford, Northeast Queensland: mineralogical, geochemical and fluid inclusion constraints on hydrothermal evolution and tin mineralization. *Econ. Geol.*, **84**, 1850-1874.

CHAUSSIDON M, ALBAREDE F, SHEPPARD SMF (1989) Sulphur isotope variations in the mantle from ion microprobe analyses of micro-sulphide inclusions. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **92**, 144-156.

CHEMINÉE JL, HÉKINIAN R, TALANDIER J, ALBAREDE F, DEVEY CW, FRANCHTEAU J, LANCELOT Y (1989) Geology of an active hot-spot: Teahitia-Mehetia region of the south central Pacific. *Mar. Geophys. Res.*, **11**, 27-50.

DANIS M, QUINTARD M (1989) Three dimensional numerical modelling of thermal transfer through the Vittel aquifer (Vosges, France), including approximated topographical effects. *Geophys. J.*, **96**, 343-351.

DELOULE E, TURCOTTE DL (1989) The flow of hot brines in cracks and the formation of ore deposits. *Econ. Geol.*, **84**, 2217-2225.

DELOULE E, GARIEPY C, DUPRÉ B (1989) Metallogenesis of the Abitibi greenstone belt of Canada : a contribution from the analysis of trace lead in sulfide minerals. *Can. J. Earth Sci.*, **26**, 2529-2540.

DESMONS J, RADELLI L (1989) Comment and reply on "Ophiolite generation and emplacement by rapid subduction hinge retreat on a continent-bearing plate" by S.H. Edelman. *Geology*, **17**, 480-481.

DESMONS J (1989) Different metamorphic evolutions in the Alpine-Apenninic ophiolites (France - Italy - Switzerland - Austria). *Chem. Geol.*, **77**, 229-250.

DUBESSY J, POTY B, RAMBOZ C (1989) Advances in C-O-H-N-S fluid geochemistry based on micro-Raman spectrometric analysis of fluid inclusions. *Eur. J. Mineral.*, **1**, 517-534.

GOVINDARAJU K, ROELANDTS I (1989) 1988 compilation report on trace elements in six ANRT rock reference samples: Diorite DR-N, Serpentine UB-N, Bauxite BX-N, Disthene DT-N, Granite GS-N and Potash Feldspar FK-N. *Geostandard. Newslett.*, **13**, 5-67.

GOVINDARAJU K (1989) 1989 compilation of working values and sample description for 272 geostandards. *Geostandard. Newslett.*, **13**, Spec. Issue, 113p.

GRANDJEAN P, ALBAREDE F (1989) Ion probe measurement of rare earth elements in biogenic phosphates. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **53**, 3179-3183.

HOLTZ F (1989) Importance of melt fraction and source rock composition in crustal genesis - the example of two granitic suites of northern Portugal. *Lithos*, **24**, 21-35.

HONEGGER K, LE FORT P, MASCLE G, ZIMMERMANN JL (1989) The blueschists along the Indus suture zone in Ladakh, NW Himalaya. *J. Metamorphic Geol.*, **7**, 57-72.

IJAALI M, MALAMAN M, GLEITZER C, PICHAVANT M (1989) $\text{Fe}_4(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_3$. A ferric hydroxyphosphate with an ordered iron-deficient $\text{Fe}_2(\text{PO}_4)\text{O}$ structure. *Eur. J. Solid State Inorg. Chem.*, **26**, 73-89.

ROUER O, LAPIERRE H, COULON C, MICHARD A (1989) New petrological and geochemical data on mid-Paleozoic island-arc volcanics of northern Sierra Nevada, California: evidence for a continent-based island arc. *Can. J. Earth Sci.*, **26**, 2465-2478.

STUSSI JM (1989) Granitoid chemistry and associated mineralization in the French Variscan. *Econ. Geol.*, **84**, 1363-1381.

1990

ABOUCHAMI W, BOHER M, MICHARD A, ALBAREDE F (1990) A major 2.1 Ga event of mafic magmatism in West Africa: an early stage of crustal accretion. *J. Geophys. Res.*, **95**, 17605-17629.

BARBEY P, MACAUDIERE J, NZENTI JP (1990) High-pressure dehydration melting of metapelites: Evidence from the migmatites of Yaoundé (Cameroon). *J. Petrol.*, **31**, 401-427.

BERTRAND JM, JARDIM DE SA EF (1990) Where are the Eburnian-Transamazonian collisional belts? *Can. J. Earth Sci.*, **27**, 1382-1393.

BOUQUILLON A, FRANCE-LANORD C, MICHARD A, TIERCELIN JJ (1990) Sedimentology and isotopic chemistry of the Bengal fan sediments: the denudation of the Himalaya. In: J.R. Cochran, D.A.V. Stow & al., *Proc. ODP, Sci. Res.*, : College Station, TX (Ocean Drilling Program), **116**, 43-58.

BRAUN JJ, PAGEL M, MULLER JP, BILONG P, MICHARD A, GUILLET B (1990) Cerium anomalies in lateritic profiles. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **54**, 781-795.

BROUAND M, BANZET G, BARBEY P (1990) Zircon behaviour during crustal anatexis. Evidence from the Tibetan Slab migmatites (Nepal). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **44**, 143-161.

CHAUSSIDON M, LORAND JP (1990) Sulphur isotope composition of orogenic spinel lherzolite massifs from Ariège (North-Eastern Pyrenees, France): an ion microprobe study. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **54**, 2835-2846.

DEFANT MJ, MAURY RC, JORON JL, FEIGENSON MD, LETERRIER J, BELLON H, JACQUES D, RICHARD M (1990) The geochemistry and tectonic setting of the northern section of the Luzon arc (the Philippines and Taiwan). *Tectonophysics*, **183**, 187-205.

DEVEY CW, ALBAREDE F, CHEMINEE JL, MICHARD A, MUHE R, STOFFERS P (1990) Active submarine volcanism on the Society hotspot swell (West Pacific) : A geochemical study. *J. Geophys. Res.*, **95**, 5049-5066.

FRANCE-LANORD C, in Shipboard Scientific Party of Leg 129 (1990) Ocean Drilling Program. Ancient Crust on Pacific Plate. Leg 129 shipboard Scientific Party. *Nature*, **345**, p.112.

GRAHAM D, LUPTON J, ALBAREDE F, CONDOMINES M (1990) Extreme temporal homogeneity of helium isotopes at Piton de la Fournaise, Réunion Island. *Nature*, **347**, 545-548.

JAMBON A, ZIMMERMANN JL (1990) Water in oceanic basalts : evidence for dehydration of recycled crust. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **101**, 323-331.

LECUYER C, BROUXEL M, ALBAREDE F (1990) Elemental fluxes during hydrothermal alteration of the Trinity ophiolite (California, U.S.A.) by seawater. *Chem. Geol.*, **89**, 87-115.

RAMBOZ C, DANIS M (1990) Superheating in the red Sea ? The heat-mass balance of the Atlantis II deep revisited. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **97**, 190-210.

SANJUAN B, MICHARD G, MICHARD A (1990) Origine des substances dissoutes dans les eaux des sources thermales et des forages de la région Asal-Ghoubbet (République de Djibouti). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **43**, 333-352.

SAUPÉ F (1990) Geology of the Almadén mercury deposit, Province of Ciudad Real, Spain. *Econ. Geol.*, **85**, 482-510.

SCAILLET B, FRANCE-LANORD C, LE FORT P (1990) Badrinath-Gangotri plutons (Garhwal, India) : Petrological and geochemical evidence for fractionation processes in a High Himalayan Leucogranite. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **44**, 163-188.

STAHLE, FRENZEL G, KOBER B, MICHARD A, PUCHELT H, SCHNEIDER W (1990) Zircon syenite pegmatites in the Finero peridotite (Ivrea zone): evidence for a syenite from a mantle source. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **101**, 196-205.

TURPIN L, LEROY J, SHEPPARD SMF (1990) Isotopic systematics (O, H, C, Sr, Nd) of superimposed barren and U-bearing hydrothermal systems in a Hercynian granite, Massif Central (France). *Chem. Geol.*, **88**, 85-98.

WORDEN RH, WALKER FDL, PARSONS I, BROWN WL (1990) Development of microporosity, diffusion channels and deuteric coarsening in perthitic alkali feldspars. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **104**, 507-515.

1991

ALIBERT C, MARTIN P, LAPIERRE H (1991) The origin of geochemical variations in a late Permian volcanic arc, eastern Klamath Mountains, California. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **46**, 299-322.

ALIBERT C (1991) Mineralogy and geochemistry of a basalt from site 738 : implications for the tectonic history of the southernmost part of the Kerguelen Plateau. In : J.J. Barron, B. Larsen & al., *Proc. ODP, Sci. Res.*, : College Station, TX (Ocean Drilling Program), **119**, 293-298.

BOULLIER AM, FRANCE-LANORD C, DUBESSY J, ADAMY J, CHAMPENOIS M (1991) Linked fluid and tectonic evolution in the High Himalaya mountains (Nepal). *Contrib. Mineral. Petrol.*, **107**, 358-372.

DELOULE E, ALBAREDE F, SHEPPARD SMF (1991) Hydrogen isotope heterogeneities in the mantle from ion probe analysis of amphiboles from ultramafic rocks. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **105**, 543-553.

DEMAIFFE D, MOREAU C, BROWN WL, WEIS D (1991) Geochemical and isotopic (Sr, Nd and Pb) evidence on the origin of the anorthosite-bearing anorogenic complexes of the Air Province, Niger. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **105**, 28-46.

DIAMOND LW, JACKMAN JA, CHAROY B (1991) Cation ratios of fluid inclusions in a gold-quartz vein at Brusson, Val d'Ayas, northwestern Italian Alps: comparison of bulk crush-leach results with SIMS analyses of individual inclusions. *Chem. Geol.*, **90**, 71-78.

FREY FA, GARCIA MO, WISE WS, KENNEDY A, GURRIET P, ALBAREDE F (1991) The evolution of Mauna Kea volcano, Hawaii : petrogenesis of tholeiitic and alkalic basalts. *J. Geophys. Res.*, **96**, 14347-14375.

HOLTZ F, BARBEY P (1991) Genesis of peraluminous granites II. Mineralogy and chemistry of the Tourem Complex (North Portugal). Sequential melting vs. restite unmixing. *J. Petrol.*, **32**, 959-978.

SHI P, LIBOUREL G (1991) The effects of FeO on the system CMAS at low pressure and implications for basalt crystallization processes. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **108**, 129-145.

SIGURDSSON H, BONTE P, TURPIN L, CHAUSSIDON M, METRICH N, STEINBERG M, PRADEL P, D'HONDT S (1991) Geochemical constraints on source region of Cretaceous/Tertiary impact glasses. *Nature*, **353**, 839-842.

VROLIJK P, SHEPPARD SMF (1991) Syntectonic carbonate veins from the Barbados accretionary prism (ODP Leg 110) : record of palaeohydrology. *Sedimentology*, **38**, 671-690.

1992

ALBAREDE F (1992) How deep do common basaltic magmas form and differentiate? *J. Geophys. Res.*, **97**, 10997-11009.

ALBAREDE F, GOLDSTEIN SL (1992) World map of Nd isotopes in sea-floor ferro-manganese deposits. *Geology*, **20**, 761-763.

ALT JC, FRANCE-LANORD C, FLOYD PA, CASTILLO P, GALLY A (1992) Low-temperature hydrothermal alteration of Jurassic ocean crust, site 801. In : R.L. Larson, Y. Lancelot & al., *Proc. ODP, Sci. Res.*, : College Station, TX (Ocean Drilling Program), 415-427.

AZAMBRE B, ROSSY M, ALBAREDE F (1992) Petrology of the alkaline magmatism from the Cretaceous North-Pyrenean Rift Zone (France and Spain). *Eur. J. Mineral.*, **4**, 813-834.

BLAMART D, BOUTALEB M, SHEPPARD SMF, MARIGNAC C, WEISBROD A (1992) A comparative thermobarometric (chemical and isotopic) study of a tourmalinized pelite and its Sn-Be vein, Walmès, Morocco. *Eur. J. Mineral.*, **4**, 355-368.

BOHER M, ABOUCHAMI W, MICHARD A, ALBAREDE F, ARNDT NT (1992) Crustal growth in West Africa at 2.1 Ga. *J. Geophys. Res.*, **97**, 345-369.

- BOULLIER AM, ROBERT F** (1992) Paleoseismic events recorded in Archean gold-quartz vein networks, Val d'Or, Abitibi, Quebec, Canada. *J. Struct. Geol.*, **14**, 161-179.
- CASES JM, BEREND I, BESSON G, FRANCOIS M, URIOT JP, THOMAS F, POIRIER JE** (1992) Mechanism of Adsorption and Desorption of Water Vapor by Homoionic Montmorillonite .1. The Sodium-Exchanged Form. *Langmuir*, **8**, 2730-2739.
- CASTILLO PR., FLOYD PA, FRANCE-LANORD C** (1992) Isotope geochemistry of Leg 129 basalts : implications for the origin of the widespread Cretaceous volcanic event in the Pacific. In : R.L. Larson, Y. Lancelot & al., *Proc. ODP, Sci. Res.*, : College Station, TX (Ocean Drilling Program), 405-413.
- CASTILLO PR, FLOYD PA, FRANCE-LANORD C, ALT JC** (1992) Data report : summary of geochemical data for Leg 129 igneous rocks. In : R.L. Larson, Y. Lancelot & al., *Proc. ODP, Sci. Res.*, : College Station, TX (Ocean Drilling Program), 653-670.
- CHAROY B, LHOTE F, DUSAUSOY Y, NORONHA F** (1992) The crystal chemistry of spodumene in some granitic aplite-pegmatite of Northern Portugal. *Can. Mineral.*, **30**, 639-651.
- CHAUSSIDON M, ALBAREDE F** (1992) Secular boron isotope variations in the continental crust: an ion microprobe study. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **108**, 229-241.
- CHEILLETZ A, CLARK AH, FARRAR E, PAUCA GA, PICHAVANT M, SANDEMAN HA** (1992) Volcano-stratigraphy and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of the Macusani ignimbrite field: monitor of the Miocene geodynamic evolution of the Andes of southeast Peru. *Tectonophysics*, **205**, 307-328.
- CUNEY M, MARIGNAC C, WEISBROD A** (1992) The Beauvoir topaz-lepidolite albite granite (Massif central, France) : the disseminated magmatic Sn-Li-Ta-Nb-Be mineralization. *Econ. Geol.*, **87**, 1766-1794.
- DELOULE E, CHAUSSIDON M, ALLE P** (1992). Instrumental limitations for isotope measurements with a Cameca[®] ims-3f ion microprobe : Example of H, B, S and Sr. *Chem. Geol.*, **101**, 187-192.
- DERRY LA, KAUFMAN AJ, JACOBSEN SB** (1992) Sedimentary cycling and environment change in the late Proterozoic : evidence from stable and radiogenic isotopes. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **56**, 1317-1329.
- DUPUY C, MICHARD A, DOSTAL J, DAUTEL D, BARAGAR WRA** (1992) Proterozoic flood basalts from the Coppermine River area, Northwestern Territories- Isotope and trace element geochemistry. *Can. J. Earth Sci.*, **29**, 1937-1943.
- FRANCE-LANORD C, SHEPPARD SMF** (1992) Hydrogen isotope composition of pore waters and interlayer water in sediments from the Central Western Pacific, Leg 129. In : R.L. Larson, Y. Lancelot & al., *Proc. ODP, Sci. Res.*, : College Station, TX (Ocean Drilling Program), **129**, 295-302.
- FRANCE-LANORD C, MICHARD A, KARPOFF AM** (1992) Major element and Sr isotope composition of interstitial waters in sediments from Leg 129 : the role of diagenetic reactions. In : R.L. Larson, Y. Lancelot & al., *Proc. ODP, Sci. Res.*, : College Station, TX (Ocean Drilling Program), **129**, 267-281.
- GASQUET D, LETERRIER J, MRINI Z, VIDAL P** (1992) Petrogenesis of the Hercynian Tichka plutonic complex (Western High Atlas, Morocco) : Trace element and Rb-Sr and Sm-Nd isotopic constraints. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **108**, 29-44.
- GOVINDARAJU K** (1992) Geostandards Newsletter : reference index with titles and abstracts and author index for volumes 1 to 15 (1977-1991). *Geostandard. Newslett.*, **16**, suppl., 1-43.

- HOLTZ F, PICHAVANT M, **BARBEY P**, JOHANNES W (1992) Effects of H₂O on liquidus phase relations in the haplogranite system at 2 and 5 kbar. *Am. Mineral.*, **77**, 1223-1241.
- KANG YS, **ROYER JJ**, CHAMBON C, DEMASSIEUX L (1992) Estimation of the transfer function by autoregressive deconvolution techniques. An application to time series analysis. *Math. Geol.*, **24**, 479-498.
- KARPOFF AM, **FRANCE-LANORD C**; **LHOTE F**, KARCHER P (1992) Miocene tuff from Mariana basin, leg 129, site 802 : a first deep-sea occurrence of thaumasite. In : R.L. Larson, Y. Lancelot & al., *Proc. ODP, Sci. Res.*, : College Station, TX (Ocean Drilling Program), **129**, 119-135.
- LAPIERRE H, ORTIZ LE, **ABOUCAMI W**, MONOD O, COULON C, **ZIMMERMANN JL** (1992) A crustal section of an intra-oceanic island arc : the late Jurassic-early Cretaceous Guanajuato magmatic sequence, Central Mexico. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **108**, 62-77.
- LIBOUREL G**, GEIGER CA, MERWIN L, SEBALD A (1992) ²⁹Si and ²⁷Al MAS-NMR spectroscopy of glasses in the system CaSiO₃-MgSiO₃-Al₂O₃. *Chem. Geol.*, **96**, 387-397.
- MARIGNAC C**, **ZOUHAIR M** (1992) Fluid evolution in an unmineralized greisen-tourmaline system in the Ment granite (central Morocco) : a fluid-inclusion study. *Eur. J. Mineral.*, **4**, 949-964.
- MONTEL JM, **MARIGNAC C**, **BARBEY P**, **PICHAVANT M** (1992) Thermo-barometry and granite genesis : the Hercynian low-P high-T Velay anatectic dome (French Massif Central). *J. Metamorphic Geol.*, **10**, 1-15.
- OHNENSTETTER D, **BROWN WL** (1992) Overgrowth textures, disequilibrium zoning, and cooling history of a glassy four-pyroxene boninite dyke from New Caledonia. *J. Petrol.*, **33**, 231-271.
- PAILLAT O**, ELPHICK SC, **BROWN WL** (1992) The solubility of water in NaAlSi₃O₈ melts : a re-examination of Ab-H₂O phase relationships and critical behaviour at high pressures. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **112**, 490-500.
- POTTS PJ, GOWING CJB, **GOVINDARAJU K** (1992) Preparation, homogeneity evaluation and cooperative study of two new chromitite reference samples CHR-Pt+ and CHR-BKG. *Geostandard. Newslett.* **16**, 81-108.
- ROSSY M, AZAMBRE B, **ALBAREDE F** (1992) REE and Sr-Nd isotope geochemistry of the alkaline magmatism from the Cretaceous North Pyrenean Rift Zone (France - Spain). *Chem. Geol.*, **97**, 33-46.
- SAUPE F**, **ARNOLD M** (1992) Sulphur isotope geochemistry of the ores and country rocks at the Almadén mercury deposit, Ciudad Real, Spain. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **56**, 3765-3780.
- VALORI A, CATHELINÉAU M, **MARIGNAC C** (1992) Early fluid migration in a deep part of the Larderello geothermal field : a fluid inclusion study of the granite sill from well Monteverdi 7. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **51**, 115-132.

Publications françaises de rang A

1989

BERTRAND JM, DIA A, DIOH E, BASSOT JP (1989) Réflexions sur la structure interne du craton Ouest-Africain au Sénégal oriental et confins guinéo-maliens. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **309**, 751-756.

BLAMART D, **PICHAVANT D**, **SHEPPARD SMF** (1989) Détermination expérimentale du fractionnement isotopique D/H entre tourmaline et eau à 600°, 500°C et 3kbar. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **308**, 39-44.

FEYBESSE JL, MILESI JP, JOHAN V, DOMMANGET A, CALVEZ JY, **BOHER M**, **ABOUCHAMI W** (1989) La limite Archéen-Protérozoïque en Afrique de l'Ouest: une zone de chevauchement majeure antérieure à l'accident du Sassandra; l'exemple des régions d'Odienné et de Touba (Côte d'Ivoire). *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **309**, 1847-1853.

LECUYER C, ROUER O, LAPIERRE H, **ZIMMERMANN JL** (1989) Mise en évidence d'un domaine océanique au Paléozoïque dans la Central Belt de la Sierra Nevada, Nord Californie. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **308**, 225-230.

LEDRU P, LARDEAUX JM, SANTALLIER D, AUTRAN A, QUENARDEL JM, FLOC'H JP, LEROUGE G, MAILLET N, MARCHAND J, **PLOQUIN A** (1989) Où sont les nappes dans le Massif Central français? *Bull. Soc. Géol. Fr.* (8), **V**, 605-618.

PENAYE J, TOTEU SF, **MICHARD A**, **BERTRAND JM**, **DAUTEL D** (1989) Reliques granulitiques d'âge Protérozoïque inférieur dans la zone mobile panafricaine d'Afrique Centrale au Cameroun; géochronologie U/Pb sur zircons. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **309**, 315-318.

WU XIN, BENY C, **ZIMMERMANN JL**, TOURAY JC (1989) Analyses des gaz inclus des quartz aurifères du Châtelet (Creuse, France); comparaison avec le gîte d'or de l'Aurières (Haute Vienne, France). *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **309**, 707-712.

1990

BAOUCHE S, **GASQUET D**, TANE JL, ROCCI' G (1990) Une nouvelle interprétation des formations plutoniques hétérogènes marocaines d'âge pan-africain à partir de l'étude des gabbros et des tonalites d'Agouns (Haut Atlas occidental). *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **310**, 471-476.

MICHOT L, YVON J, CASES JM, **ZIMMERMANN JL**, BAEZA R (1990) Apparente hydrophobie du talc et affinité de l'azote pour ce minéral. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **310**, 1063-1068.

MONOD O, LAPIERRE H, CHIODI M, MARTINEZ J, CALVET P, ORTI E, **ZIMMERMANN JL** (1990) Reconstitution d'un arc insulaire intra-océanique au Mexique Central: la séquence volcano-plutonique de Guanajuato (Crétacé inférieur). *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **310**, 47-51.

1991

BOULLIER AM, ROCCI G, COSSON Y (1991) La chaîne pan-africaine d'Aouzegueur en Air (Niger) : un trait majeur du bouclier touareg. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **313**, 63-68.

LAUMONIER B, MARIGNAC C, CHEILLETZ A, MACAUDIERE J (1991) Relations entre tectoniques superposées, migmatitisations et mise en place des granites sur l'exemple de la bordure sud du dôme du Velay (région de Laviolle, Ardèche, France). *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **313**, 937-944.

ROLIN P, STUSSI M (1991) Décrochements intracrustaux et intrusions granitiques carbonifères dans le Morvan (Massif Central français). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **162**, 123-130.

ROMANO JL, BERTRAND JM, MICHARD A, ZIMMERMANN JL (1991) Tectonique tangentielle et décrochements d'âge protérozoïque inférieur (orogénèse transamazonienne, environ 2000 Ma au Nord du "quadrilatère ferrifère", Minas Gerais, Brésil). *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **313**, 1195-1200.

SA JM, BERTRAND J, LETERRIER J (1991) Evolution géodynamique et géochronologie (U-Pb, Rb-Sr et K-Ar) de la ceinture plissée d'Oros, NE du Brésil. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **313**, 231-237.

SOBA D, MICHARD A, TOTEU F, NORMAN D, PENAYE J, NGAKO V, NZENTI JP, DAUTEL D (1991) Données géochronologiques nouvelles (Rb-Sr, U-Pb, et Sm-Nd) sur la zone mobile panafricaine de l'Est Cameroun : âge Protérozoïque supérieur de la série de Lom. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **312**, 1453-1458.

1992

CHEILLETZ A, BERTRAND JM, CHAROY B, MOULAHOU M, BOUABSA L, FARRAR E, ZIMMERMANN JL, DAUTEL D, ARCHIBALD DA, BOULLIER AM (1992) Géochimie et géochronologie Rb-Sr, K-Ar et $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des complexes granitiques pan-africains de la région de Tamanrasset (Algérie) : relations avec les minéralisations Sn-W associées et l'évolution tectonique du Hogar central. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **163**, 733-750.

CHEILLETZ A, ARCHIBALD DA, CUNEY M, CHAROY B (1992) Ages $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ du leucogranite à topaze-lépidolite de Beauvoir et des pegmatites sodolithiques de Chédeville (Nord du Massif Central, France). Signification pétrologique et géodynamique. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **315**, 329-336.

DIAS G, LETERRIER J, FERREIRA N, LOPES NUNES JE (1992) Les granitoïdes biotitiques syn- à tardi-hercyniens de la région de Braga (Nord Portugal). Typologie chimico-minéralogique et implications pétrogénétiques. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **314**, 675-681.

GASQUET D (1992) Mise en évidence d'intrusions emboîtées dans le massif du Tichka (Haut Atlas occidental, Maroc). *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **314**, 931-936.

GIULIANI G, SHEPPARD SMF, CHEILLETZ A, RODRIGUEZ C (1992) Contribution de l'étude des phases fluides et de la géochimie isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ à la genèse des gisements d'émeraude de la Cordillère orientale de la Colombie. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **314**, 269-274.

MACAUDIERE J, BARBEY P, JABBORI J, MARIGNAC C (1992) Le stade initial de fusion dans le développement des dômes anatectiques : le dôme du Velay (Massif Central français). *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **315**, 1761-1767.

MARIGNAC C, KOLLI O, CHEILLETZ A, GASQUET D (1992) Le métamorphisme épizonal des minéralisations à Pb-Zn-Ba du socle de Grande-Kabylie (N de l'Algérie) prouve-t-il l'existence d'un événement alpin dans ce socle ? *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **314**, 799-805.

MAURY RC, CAROFF M, ACHARD S, GUILLE G, JORON JL, GACHON A, ROCABOY A, LETERRIER J (1992) L'atoll de Mururoa (Polynésie Française) II - La série magmatique. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **163**, 659-679.

NETTO AM, FABRE J, POUPEAU G, **CHAMPENOIS M** (1992) Datation par traces de fission de la structure circulaire des Richat (Mauritanie). *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **314**, 1179-1186.

PLOQUIN A, LAGADEC JL, LEROY M (1992) Apports de la pétrographie et de la géochimie à l'interprétation du site protohistorique dit "camp d'Affrique" (Messein, Meurthe et Moselle, Lorraine) : métallurgie, rempart à "noyau calciné". *Mémoire Soc. Géol. France*, **160**, 55-65.

VILLIERAS F, YVON J, CASES JM, **ZIMMERMANN JL** (1992) Dosage et localisation du fer II dans le talc et la chlorite par analyse spectrométrique des gaz de thermolyse. *C. R. Acad. Sci. (Paris), série II*, **315**, 1201-1206.

Publications de rang B et Livres

1989

ALABERT F, MALLET JL (1989). A local grid updating scheme for interpolation. *Comput. Geosci.*, **15**, 1019-1023.

BOULLIER AM, MICHOT G, PECHER A, BARRES O (1989) Diffusion and/or plastic deformation around fluid inclusions in synthetic quartz: new investigations. In: *Fluid movements - Element transport and the composition of the deep crust*, D. Bridgwater (Ed.), N.A.T.O. A.S.I., Klüwer Academic Press, 345-360.

BROWN WL, PARSONS I (1989) Alkali feldspars: ordering rates, phase transformations and behaviour diagrams for igneous rocks. *Mineral. Mag.*, **53**, 25-42.

CATHELINEAU M, **MARIGNAC C**, DUBESSY J, POTY B, **WEISBROD A**, **RAMBOZ C**, LEROY J (1989) Fluids in granitic environments. *Rendi Conti della Soc. Ital. Min. e Petrol.*, **23**, 263-272.

CATHELINEAU M, DUBESSY J, **MARIGNAC C**, VALAURI A, GIANELLI G, PUXEDDU M (1989) P-T-X changes from magmatic to present day stages in the Larderello geothermal field (Italy). *Proc. 6th Symp. Water-Rock Interactions, Malvern, Aug. 1989, Miles (Ed.), Balkema, Rotterdam*, 137-140.

DEBELMAS J, avec la collaboration de **DESMONS J**, ELLENBERGER F, GOFFÉ B, FABRE J, JAILLARD E, PACHOUD A (1989) Notice explicative, Carte géologique de France (1/50 000), feuille Modane (775). *Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 53 p.

DEBELMAS J, BARFÉTY JC, DABROWSKY H, **DESMONS J**, ELLENBERGER F, GOFFÉ B, GUILLOT F, JAILLARD E, PACHOUD A, RAOULT JF (1989) Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Moûtiers (751). *Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 53 p.

DESMONS J, **PLOQUIN A** (1989) Chimisme du Briançonnais - Grand Saint-Bernard anté-mésozoïque (Alpes occidentales) : une vue synoptique. *Géologie Alpine*, **65**, 1-31.

DESMONS J, RADELLI L (1989) Arcs and H-P metamorphism of ophiolites on the example of the Western Alps. *Ophioliti*, **14**, 101-118.

DESMONS J, In : DEBELMAS J, ANTOINE P, BARBIER R, BARFÉTY JC, BRUDOUX B, DONDEY H, FABRE J, FUDRAL S, GUILLOT F, JAILLARD E, LUCHIA YU, MERIAUX O, PERUCCIO-PARISON MD, RAOULT JF, SCHADE J (1989) Carte géologique France (1/50 000), feuille Moûtiers (751) *Bureau de Recherches Géologiques et Minières*.

FORRIERES C, LEROY M, **PLOQUIN A** (1989) La métallurgie du fer à Ludres en Lorraine : données archéométriques des conditions de réduction d'un bas-fourneau. *Int. Symp. "Comité pour la sidérurgie ancienne de l'UISPP"*, Liblice, 5-7 oct. 1987, R. Pleiner (Ed.), 253-277.

GHOUMU R, MOREAU C, **BROWN WL**, ROCCI G (1989) The Ntumbaw complex, NW Cameroon: an atypical anorogenic ring complex of intermediate composition. *J. Afr. Earth Sci.*, **8**, 1-9.

GIULIANI G, CHEILLETZ A, ZIMMERMANN JL (1989) The emplacement, geochemistry and petrogenesis of two central Morocco hercynian granites. Geotectonic implications. *J. Afr. Earth Sci.*, **9**, 617-629

HUNZIKER JC, **DESMONS J**, MARTINOTTI G (1989) Alpine thermal evolution on the Central and Western Alps. In : Alpine tectonics , MP Coward , D. Dietrich & R.G. Park (Eds.), *Geological Society of London, Spec. Publ.*, **45**, 353-367.

LAGADEC JP, DUVAL P, EVEILLARD J, LEROY M, **PLOQUIN A** (1989) Bilan de sept campagnes de fouilles à la cité d'Afrique de Messein (1981-1987). *Revue Archéologique de l'Est et du Centre-Est*, t. **40**, fasc.2.

LE FORT P (1989) The Hymalayan orogenic segment. In: *Tectonic evolution of the Tethyan regions*, A.M.C. Sengör (Ed.). Proceedings N.A.T.O. ASI meeting, Klüwer Acad. Pub., Dordrecht, 289-386.

MALLET JL (1989) DSI : Discrete Smooth Interpolation. *Assoc. for Comp. Machinery, Transactions on graphics*, **8**, 121-144.

MALLET JL (1989) Geometric modelling and geostatistics. *Third International Geostatistical Congress*. Klüwer Academic Publishers, **2**, 737-747.

MARIGNAC C (1989) Sphalerite stars in chalcopyrite : are they always the result of an unmixing process ? *Miner. Depos.*, **24**, 176-182.

MÖLLER P, CERNY P, **SAUPÉ F** (1989) Lanthanides, Tantalum and Niobium : Mineralogy, Geochemistry, Characteristics of Primary Ore Deposits, Prospecting, Processing and Applications. *Society for Geology Applied to Mineral Deposits, Spec. Publ.*, **7**, 482-510.

MONTEL JM , LHOTE F, CLAUDE JM (1989) Monazite end members and solid solutions : synthesis, unit-cell characteristics, and utilization as microprobe standards. *Mineral. Magazine*, **53**, 120-123.

PAMIC J, **DESMONS J** (1989) A complete ophiolite sequence in Rzav, area of Zlatibor and Varda ultramafic massifs, the Dinaride Ophiolite Zone. *Ofioliti*, **14**, 13-32.

QUENARDEL JM, BROCHWICZ-LEWINSKI W, CHOROWSKA M, CYMERMAN Z, GROCHOLSKI A, KOSSOWSKA I, PIQUE A, **PLOQUIN A**, SANTALLIER D, SYLWESTRZAK H, SZALAMACHA M, SZALAMACHA J, WOJCIECHOWSKA I (1989) The Polish Sudetes, a mosaic of Variscan Terranes. *Trabajos de Geologia*, Univ de Oviedo, **17**, 139-144.

ROYER JJ (1989) Multivariate Geostatistics and Sampling Problems. In : *Geostatistics*, M. Armstrong (Ed.), Klüwer Academic Publ., **2**. 823-836.

ROYER JJ, JACQUEMIN P, **MALLET JL** (1989) Geol : an interactive system for data processing. In : *Current Trends in Geomathematics* (Ed. Merriam), Plenum Publishing Corporation, 301-318.

SAMAMA JC, **ROYER JJ**, N'GANZI C (1989) Prise en compte de la surface spécifique des prélèvements en prospection géochimique : exemple de l'uranium dans les sédiments de ruisseau. *J. Geochem. Explor.*, **32**, 453-466.

SHEPPARD SMF (1989) The isotopic characterization of aqueous and leucogranitic crustal fluids. In : *Fluid Movements, Element Transport, and the Composition of the Deep Crust*, D. Bridgwater (Ed.), NATO ASI Series, Reidel Publ. Co., 245-263.

WEISBROD A (1989) Caractères généraux des phases fluides dans les indices et gisements de tungstène et d'étain. *Document B.R.G.M.*, **158**, 9-14.

WEISBROD A, LAGACHE M (1989) Report on Symposium 17, Int. Congress of Geochemistry and Cosmochemistry, Paris. *Episodes*, **1**, 52-53.

1990

BARBEY P, RAITH M (1990) The granulite belt of Lapland. In: *Granulites and crustal differentiation*, D. Vielzeuf & P. Vidal (Eds.), Klüwer Academic Publ., NATO - ASI series, 111-132.

BERTRAND JM, VAN KRANENDONK M, HANMER S, RODDICK JC, ERMANOVICS I (1990) Structural and metamorphic geochronology of the Torngat orogen in the North River-Nutak transect area, Labrador; preliminary results of U-Pb dating. *Geoscience Canada*, **17**, 297-301.

BOUKEZZOULA M, LAURENT H, MANGIN M, RAISSOUNI B, **PLOQUIN A** (1990) Le fer en Franche-Comté aux époques romaine et médiévale : état des recherches archéologiques 1983-1987. In: De la mine à la forge en Franche-Comté. Des origines au XIXe, J.P. Jacob & M. Mangin (Eds.), *Ann. Litt. Univ. Besançon*, **410**, 51-86.

CHAMPENOIS M (1990) Quantifier la déformation d'une roche. *Courrier du CNRS.*, n° **76**, p. 95.

CHIPOT Y, HUANG Y, **JACQUEMIN P**, **MALLET JL** (1990) Présentation du programme de recherche GOCAD et premiers résultats. Journées AFCET Groplan, Strasbourg, 1989, *BIGRE Informatique Géométrique et Graphique*, **67**, 75-85.

DESMONS J (1990) Sur quelques minéraux de la zone piémontaise (zone du Combin) dans les Alpes françaises. *Géologie Alpine*, **66**, 23-38.

FRANCE-LANORD C, in Shipboard Scientific Party of Leg 129 (1990) Ocean Drilling Program, Leg 129. Jurassic Oceanic Crust and Sediments in the Pacific at last. *Geotimes*, **35**, 25-26.

GIULIANI G, SILVA LJHD, COUTO P (1990) Origin of emerald deposits of Brazil. *Miner. Depos.* **25**, 57-64.

GIULIANI G, RODRIGUEZ CT, RUEDA F (1990) Les gisements d'émeraude de la Cordillère orientale de la Colombie : nouvelles données métallogéniques. *Miner. Depos.*, **25**, 105-111.

LEROY M., FORRIERES C, **PLOQUIN A** (1990) Un site de production sidérurgique du haut Moyen Age en Lorraine. *Archéologie Médiévale*, **XX**, 141-179.

LEROY M, FORRIERES C, GIRARD G, **PLOQUIN A** (1990) Contribution à l'étude de la sidérurgie antique: un atelier en milieu urbain à Metz (Arsenal Ney). *Revue Archéologique de l'Est*, **41**, 281-300.

LETERRIER J, YUWONO YS, SOERIA-ATMADJA R, MAURY RC (1990) Potassic volcanism in Central Java and South Sulawesi, Indonesia. *J. Afr. Earth Sci.*, **4**, 171-187.

MARIGNAC C (1990) Reply to the discussion by A. Sugaki et al. *Miner. Depos.*, **25**, 84-87.

PLOQUIN A, BAILLY-MAITRE MC (1990) Un exemple d'expérimentation cistercienne à propos de la métallurgie du fer au XIIIè siècle. In : Bâtiments d'accueil et métallurgie aux abbayes de Silvacane et du Thoronet. M. Fixot & J.P. Pelletier (Eds.). *Archéologie médiévale*, **XX**, 217-252.

RICQ-DE BOUARD M, COMPAGNONI R, **DESMONS J**, FEDELE F (1990) Les roches alpines dans l'outillage poli néolithique de la France méditerranéenne. Classification, origine, circulation. *Gallia Préhistoire*, **32**, 125-149.

ROYER JJ (1990) Numerical Cartography in Earth Sciences. In : New Perspectives in Scientific Complex Data Management. *CODATA Bulletin*, **22**, 97-106.

SAUPÉ F, TOLLON F (1990) Gold '89 in Europe. *Miner. Depos.*, **25**, suppl., 140 p.

SHEPPARD SMF, CHAREF A (1990) Isotopic studies (H, C, O, S, Pb) on carbonate-shale hosted Pb-Zn deposits. In : Mobilité et Concentration des Métaux de Base dans les Couvertures Sédimentaires: Manifestations, Mécanismes, Prospection, H. Pelissonnier & J.P. Sureau (Eds.) *Document du BRGM*, n° **183**, 59-69.

TOTEU SF, MACAUDIERE J, BERTRAND JM, DAUTEL D (1990) Metamorphic zircons from North Cameroon. Implications for the Pan-African evolution of Central Africa. *Geolog. Rundsch.*, **79**, 777-788.

TOTEU SF, BERTRAND JM, PENAYE J, MACAUDIERE J, ANGOUA S, BARBEY P (1990) Cameroon : a tectonic keystone in the Pan-African network. J. Lewry (Ed.), *Geol. Assoc. Canada, Spec. paper*, **37**, 483-496.

1991

BARBEY P (1991) Restites in migmatites and autochthonous granites : their main features and their genesis. In : *Enclaves and Granite Petrology*, J. Didier, B. Barbarin (Eds.), (Developments in Petrology. 13), Amsterdam : Elsevier, 479-492.

BENOIT P, GUILLOT I, PLOQUIN A, FLUZIN P (1991) Archéologie et paléoméallurgie des sites de Minot et Fontenay en Bourgogne. Symposium Archäometallurgie von Kopper und Eisen in Westeuropa, Mainz, 12-15 September 1986. In : *Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz, 1988*, **35**, 620-638.

BOULLIER AM (1991) The Pan-African Trans-Saharan belt in the Hoggar shield (Algeria, Mali, Niger): a review. In: *The West African Orogens and Circum-Atlantic Correlatives*, R.D. Dallmeyer, J.P. Lecorché (Eds), New York : Springer-Verlag, 85-105.

CATHELINÉAU M, MARIGNAC C, BOIRON MC, POTY B (1991) Hercynian gold bearing quartz veins from western Europe : the "shear zone model" revisited. In : The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits. *Proceedings of the symposium Brazil Gold'91, Belo Horizonte, Brazil, 13-17 mars 1991*, E.A. Ladeira (Ed.), Rotterdam : A.A. Balkema, 115-119.

CHAREF A, SHEPPARD SMF (1991) The diapir related Bou Grine Pb-Zn deposit (Tunisia): evidence for the role of hot sedimentary basin brines. In : Source, transport and deposition of metals, M. Pagel & J.L. Leroy (Eds.). *Proceedings of the 25 years S.G.A (Society for Geology Applied to Mineral Deposits) Anniversary Meeting, Nancy, 30 August-3 September 1991*, Rotterdam : A.A. Balkema, 269-272.

CHAROY B, NORONHA F (1991) The Argemela granite-porphyry (Central Portugal) : the subvolcanic expression of a high-fluorine, rare-element pegmatite magma. In : Source, transport and deposition of metals, M. Pagel & J.L. Leroy (Eds.). *Proceedings of the 25 years S.G.A (Society for Geology Applied to Mineral Deposits) Anniversary Meeting, Nancy, 30 August-3 September 1991*, Rotterdam : A.A. Balkema, 741-744.

CHAUSSIDON M, ALBAREDE F, SHEPPARD SMF (1991) Ion probe $\delta^{34}\text{S}$ study of small scale variations in a hydrothermal chimney, East Pacific Rise at 21°N. In : Source, transport and deposition of metals, M. Pagel & J.L. Leroy (Eds.). *Proceedings of the 25 years S.G.A (Society for Geology Applied to Mineral Deposits) Anniversary Meeting, Nancy, 30 August-3 September 1991*, Rotterdam : A.A. Balkema, 609-614.

- CHAUSSIDON M, SHEPPARD SMF, MICHARD A** (1991) Hydrogen, sulphur and neodymium isotope variations in the mantle beneath the EPR at 12°50'N. In : Stable isotope geochemistry : a tribute to Samuel Epstein, H.P. Taylor, J.R. O'Neil, I.R. Kaplan (Eds), *Geochemical Society, Special Publication*, **3**, 325-337.
- CHEILLETZ A, FERAUD G, GIULIANI G, RODRIGUEZ CT** (1991) ⁴⁰Ar/³⁹Ar laser-probe dating of the Colombian emerald deposits : metallogenic implications. In : Source, transport and deposition of metals, M. Pagel & J.L. Leroy (Eds.). *Proceedings of the 25 years S.G.A (Society for Geology Applied to Mineral Deposits) Anniversary Meeting, Nancy, 30 August-3 September 1991*, Rotterdam : A.A. Balkema, 373-376.
- DAGALLIER G, CHAROY B** (1991) Pb-Ba mineralization in the Triassic arkoses of the Haute Moulouya (Morocco) related to differential silicification episodes in pediments : a model. *J. Afr. Earth Sci.*, **12**, 253-265.
- DEBELMAS J, CABY R, DESMONS J** (1991) Notice explicative de la carte géologique de France (1/50.000e), feuille Ste Foy-Tarentaise (728). *Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 43p.
- DEBON F** (1991) Comparative major element chemistry in various "microgranular enclave-plutonic host" pairs. In : *Enclaves and Granite Petrology*, J. Didier, B. Barbarin (Eds.), (Developments in Petrology. 13), Amsterdam : Elsevier, 293-312.
- DEBON F, ENRIQUE P, DREUX G, BOYMOND E, DESMIDT A** (1991) Composition chimique et nomenclature de 1724 roches plutoniques (et filoniennes) hercyniennes des Pyrénées (France, Espagne). *Géologie de la France*, **4**, 39-70.
- DELOULE E, FRANCE-LANORD C, ALBAREDE F** (1991) D/H analysis of minerals by ion probe. In : Stable isotope geochemistry : a tribute to Samuel Epstein, H.P. Taylor, J.R.O'Neil, I.R. Kaplan (Eds), *Geochemical Society, Special Publ.*, **3**, 53-62.
- DEMAIFFE C. , MOREAU C. , BROWN WL** (1991) Ring complexes of Ofoud-Type in Air, Niger : a new anorogenic-type anorthosite association. In : *Magmatism in extensional structural settings. The Phanerozoic African plate*, A.B. Kampunzu, R.T. Lubala (Eds), Berlin : Springer-Verlag, 353-376.
- DESMONS J** (1991) The Briançon basement (Pennine Western Alps): mineral composition and polymetamorphic evolution. *Schweiz. Mineral. Petrograph. Mitteil.*, **72**, 37-55.
- DEVILLE E, BERTRAND JM, HERMANN F, BROUDOUX B, CABY R, DAL PIAZ GV, ELLENBERGER F, GUILLOT F, JAILLARD E, MARION R, NIEMEYER H, POLINO R, RAGUIN E, RAOULT JF, ROBERT D** (1991) Carte géologique de France (1/50000), feuille Tignes (752), BRGM, Orléans.
- DUVAL P, EVEILLARD J, LAGADEC JP, PLOQUIN A** (1991) L'âge du fer en Lorraine. Les remparts calcinés de la cité d'Affrique. *Archeologia*, **274**, 52-59.
- GIULIANI G, FORTES PTFO, NILSON AA, D'ARDENNE MA, OLIVO GR, RONCHI LH, SANTOS MM, MARINI O.J** (1991) Contrasting Archean-Proterozoic-hosted gold deposit types and associated gold-bearing fluids. In : Source, transport and deposition of metals, M. Pagel & J.L. Leroy (Eds.). *Proceedings of the 25 years S.G.A (Society for Geology Applied to Mineral Deposits) Anniversary Meeting, Nancy, 30 August-3 September 1991*, Rotterdam : A.A. Balkema, 665-668.
- LEONARDOS OH, SANTOS MD, GIULIANI G, ARAUJO LR** (1991) The Cumaru mesothermal granodiorite-hosted gold mineralization, Amazon craton, Brazil. In: The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits. *Proceedings of the symposium Brazil Gold'91, Belo Horizonte, Brazil, 13-17 mars 1991*, E.A. Ladeira (Ed.), Rotterdam : A.A. Balkema, 557-562,

- MARIGNAC C**, CUNEY M (1991) What is the meaning of granite specialization for Sn, W deposit genesis ? In : Source, transport and deposition of metals, M. Pagel & J.L. Leroy (Eds.). *Proceedings of the 25 years S.G.A (Society for Geology Applied to Mineral Deposits) Anniversary Meeting, Nancy, 30 August-3 September 1991*, Rotterdam : A.A. Balkema, 771-774.
- MARTINS DOS SANTOS M, **GIULIANI G**, TOURAY JC, DARDENNE MA, GUILHAUMOU N, BENY C (1991) The gold quartz vein of Pontal, Tocantins, Brazil. In: The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits. *Proceedings of the symposium Brazil Gold'91, Belo Horizonte, Brazil, 13-17 mars 1991*, E.A. Ladeira (Ed.), Rotterdam : A.A. Balkema, 585-591.
- MOREAU C, ROCCI G, **BROWN WL**, DEMAIFFE D, PEREZ JB (1991) Paleozoic magmatism in the Air Massif, Niger. In : *Magmatism in extensional structural settings. The Phanerozoic African plate, A.B. Kampunzu, R.T. Lubala (Eds)*, Berlin : Springer-Verlag, 328-352.
- OLIVO GR, MARINI OJ, **GIULIANI G** (1991). Hydrothermal gold occurrences hosted by middle to upper Proterozoic carbonate sequence : the example of Santa Rita prospect, Goiás, Brazil. In : The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits. *Proceedings of the symposium Brazil Gold'91, Belo Horizonte, Brazil, 13-17 mars 1991*, E.A. Ladeira (Ed.), Rotterdam : A.A. Balkema, 339-341.
- PARSONS I, **BROWN WL** (1991) Mechanisms and kinetics of exsolution - structural control of diffusion and phase behavior in alkali feldspars. In: *Diffusion, atomic ordering, and mass transport, selected topics in geochemistry*, J. Ganguly (Ed.), New York : Springer Verlag, (Advances in Physical Geochemistry. 8), 304-344.
- POTHERAT P, AIT KASSI M, NICOT P, **MACAUDIERE J**, **MARIGNAC C** (1991) Structural evolution of gold-bearing quartz veins in the Precambrian exposures of the "Tagragra d'Akka" (western Anti-Atlas, Morocco). In : Source, transport and deposition of metals, M. Pagel & J.L. Leroy (Eds.). *Proceedings of the 25 years S.G.A (Society for Geology Applied to Mineral Deposits) Anniversary Meeting, Nancy, 30 August-3 September 1991*, Rotterdam : A.A. Balkema, 477-480.
- PLOQUIN A** (1991) Encoding Textbook for a Global Data Base. In : *Sedimentary Petrology, SEDBA-IGCP 269. Paris : Géodiffusion*, 1, 1-100.
- PULZ GM, JOST H, MICHEL D, **GIULIANI G** (1991) The Archean Maria Lázara gold deposit, Goiás, Brazil : example of Au-Bi-Te-S metallogeny related to shear zones intruded by synkinematic granitoids. In : The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits. *Proceedings of the symposium Brazil Gold'91, Belo Horizonte, Brazil, 13-17 mars 1991*, E.A. Ladeira (Ed.), Rotterdam : A.A. Balkema, 385-387
- PULZ GM, **GIULIANI G**, JOST H, MICHEL D (1991) Maria Lázara gold deposit (Goiás State, Brazil) : an example of intense fluid/rock interaction associated with a triple point structure. In : Source, transport and deposition of metals, M. Pagel & J.L. Leroy (Eds.). *Proceedings of the 25 years S.G.A (Society for Geology Applied to Mineral Deposits) Anniversary Meeting, Nancy, 30 August-3 September 1991*, Rotterdam : A.A. Balkema, 117-118.
- RAIMBAULT L, **CHAROY B**, CUNEY M, POLLARD PJ (1991) Comparative geochemistry of Ta-bearing granites. In : Source, transport and deposition of metals, M. Pagel & J.L. Leroy (Eds.). *Proceedings of the 25 years S.G.A (Society for Geology Applied to Mineral Deposits) Anniversary Meeting, Nancy, 30 August-3 September 1991*, Rotterdam : A.A. Balkema, 793-796.
- SANTOS MM, **GIULIANI G**, TOURAY JC, DARDENNE MA, GUILAUMOU N, BENY C (1991) The gold quartz vein of Pontal, Tocantins, Brazil. in : The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits. *Proceedings of the symposium Brazil Gold'91, Belo Horizonte, Brazil, 13-17 mars 1991*, E.A. Ladeira (Ed.) Rotterdam : A.A. Balkema, 585-591.

SAUPE F, JACQUIER B, ARNOLD M (1991) Sulfur isotope geochemistry of ores at the Almadén mercury deposit (Spain). In : Source, transport and deposition of metals, M. Pagel & J.L. Leroy (Eds.). *Proceedings of the 25 years S.G.A (Society for Geology Applied to Mineral Deposits) Anniversary Meeting, Nancy, 30 August-3 September 1991*, Rotterdam : A.A. Balkema, 341-344.

ZOUHAIR M, MARIGNAC C, MACAUDIERE J, BOIRON MC (1991) Gold deposition in the gold-bearing quartz veins of the Tagragra d'Akka(Western Anti-Atlas, Morocco) : P-T-X-conditions and place in the evolution of metamorphic fluids. In : Source, transport and deposition of metals, M. Pagel & J.L. Leroy (Eds.). *Proceedings of the 25 years S.G.A (Society for Geology Applied to Mineral Deposits) Anniversary Meeting, Nancy, 30 August-3 September 1991*, Rotterdam : A.A. Balkema, 723-726.

1992

ALLÉ P, CHAUSSIDON M, DELOULE E (1992) New improvements in REE measurements in zircons by ion microprobe. In : *Proceedings of the Eight International Conference on Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS VIII)* (1992), A. Benninghoven, K.T.F. Janssen, J. Tümpner & H.W. Werner (Eds), John Wiley & Sons, 711-714.

DELOULE E, ALBAREDE F, ALLÉ P (1992) Isotope fractionation, energy distribution and H⁺ emission process from hydroxylated minerals. In : *Proceedings of the Eight International Conference on Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS VIII)* (1992), A. Benninghoven, K.T.F. Janssen, J. Tümpner & H.W. Werner (Eds), John Wiley & Sons, 69-72.

DESMONS J (1992) The Briançon basement (Pennine Western Alps) : Mineral composition and polymetamorphic evolution. *Schweiz. Mineral. Petrograph. Mitteil.*, **72**, 37-55.

DJAMA .M, LETERRIER J, MICHARD A (1992) Pb, Sr and Nd isotope study of the basement of the Mayumbian belt (Guena gneisses and Mfoubou granite, Congo) : implications for crustal evolution in Central Africa. *J. Afr. Earth Sci.*, **14**, 227-237.

HUANG YG, MALLET JJ (1992) Conversion of 3D grid into T-Surfaces. In : Computer graphics in geology : three dimensional modeling of geologic structures and simulation geologic processes. Lecture Notes in Earth Sciences, Berlin, Springer-Verlag, **41**, 3-16.

KUKA N, ROYER JJ (1992) An improved algorithm for the solution of kriging equations in a global neighbourhood. In : 2nd Conference on Geomathematics and Geostatistics, P.A. Dowd, J.J. Royer (eds), *Sci. de la Terre, Sér. Inf.* (Nancy), 1992, **31**, 77-82.

MALLET JL (1992) Discrete smooth interpolation in geometric modelling. *Computer aided Design*, **4**, 178-191.

MANGIN M, KEESMANN I., BIRKE W, PLOQUIN A (1992) Mines et métallurgie chez les Eduens. Le district sidérurgique antique et médiéval du Morvan-Auxois. *Annales Littéraires de l'Université de Besançon*, n°446, 365p.

NORONHA F, DORIA A, DUBESSY J, CHAROY B (1992) Characterization and timing of the different types of fluids present in the barren of ore-veins of the W-Sn deposit of Panasqueira, Central Portugal. *Miner. Depos.*, **27**, 72-79.

PULTZ GM, GIULIANI G, MICHEL D, JOST H (1992) Microtexturas e composição química dos minerais metálicos do depósito de ouro Maria Lázara, Greenstone Belt Guarinos, Goiás. *An. Acad. bras. Ci.*, **64**, 169-182.

ROYER JJ (1992) Recursive solution of a kriging system. Application to the optimization of a moving neighbourhood. In : 2nd Conference on Geomathematics and Geostatistics. P.A. Dowd, J.J. Royer (eds), *Sci de la Terre, Sér. Inf.* (Nancy), 1992, **31**, 65-76.

Publications de rang C

1989

CHEIMANOFF N, DELIAC E, MALLET JL (1989). GEOCAD : an alternative CAD and artificial intelligence tool that helps moving from geological resources to mineable reserves. *21st APCOM symposium : Proceedings*, Las Vegas, 471-478.

MALLET JL, JACQUEMIN P, CHEIMANOFF N (1989) GOCAD Project: Geometric modeling of complex geological surfaces. *Proceedings of 59th annual SEG meeting*, Dallas, Texas, USA, 1, 126-128.

PLOQUIN A, NIONS S (1989) Coding forms, proposal following the conclusions of the 2nd SEDBA meeting held at Nancy, France, oct. 1989 (épuisé).

STUSSI JM, PLOQUIN A, AUTRAN A, ORSINI JB (1989) Chronologie et typologie du plutonisme calédono-varisque en France. *Notes et Mémoires Sér. Géol. Maroc*, Rabat, n° **335**, 161-174.

1990

DESMONS J (1990) Palaeozoic in the Briançon zone. Cours 3e cycle Fribourg, 17 p.

LETERRIER J, JARDIM DE SA EF, MACEDO MH DE F, AMARO E (1990) Magmatic and geodynamic signature of the Brasiliano cycle plutonism in the Serido belt, NE Brazil. *Anais do XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia*, Natal, **4**, 1640-1655.

ROYER JJ, SAMAMA JC (1990) Seminar and Training Course on Geochemical Data Processing. Manuel de Cours, 160p.

SANTOS MM, DARDENNE MA, GIULIANI G, GUILHAUMOU N, TOURAY JC, BENY C (1990) Características do veio de quartzo aurífero do depósito Pontal, Tocantins. *XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia*, Natal, 1144-1157.

1991

BERTRAND JM, RODDICK JC, VAN KRANNENDONCK M, ERMANOVICS I (1991) Timing of deformation and metamorphism in the Torngat Orogen, Labrador. In: Report on Transect meeting ECSOOT, RJ Wardle and J Hall (Eds), Lithoprobe Report 27, Mem. Univ. Newfoundland, 102-109.

PULZ GM, MICHEL D, GIULIANI G, JOST H (1991) Zonação química de arsenopirritas : um indicador de múltiplos episódios de mineralização em zonas de cisalhamento In : *III Congresso Brasileiro de Geoquímica*, Resumos, **2**, 676-679.

QUENARDEL JM, SANTALLIER D, BURG JP, BRIL H, CATHELINEAU M, MARIGNAC C (1991) Le massif Central. *Sci. Géol. Bull.*, **44**, 105-206.

1992

CUNNEY M, **STUSSI JM** (1992) The multiple origin of peraluminous granites. Consequences for their metallogenic potential. *Trans. Roy. Soc. Edinb., Earth Sci.*, **83**, 488.

PLOQUIN A (1992) Du minerai au fer, ... avant le haut fourneau et le passage au haut fourneau, apports de l'analyse chimique des scories et autres déchets. XIIIe colloque de l'A.F.E.A.F. (Association pour la Recherche archéologique en Limousin), Guéret, mai 1989. In: *Actes du XIIIe colloque de l'A.F.E.A.F.*, D. Vuillat (Ed.), 1992, 21-28.

SA JM, **BERTRAND JM** (1992) Transpressão dextral no sudeste do estado do Ceara, Provincia Borborema. *37e Congr. Brasileiro de Geologia, Sao Paulo*, **2**, 368-371.

Communications de Congrès1989

ABOUCAMI W, BOHER M, MICHARD A, ALBAREDE F, MILÉSI JP, DIA A, FABRE R, ROSSI M, ROCCI G (1989). Crustal growth in West Africa at 2.1 Ga: preliminary results. *American Geophysical Union and Mineralogical Society of America, (AGU) Spring Meeting, Baltimore, May 7-12*. EOS, **70**, p. 485.

ABOUCAMI W, MICHARD A, ALBAREDE F, ROCCI G, FABRE R, DIA A (1989). The contribution of mafic magmas to crustal growth in early Proterozoic West Africa. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, p. 363.

ALBAREDE F, MICHARD A, ABOUCAMI W, BOHER M (1989). Localization of Proterozoic and Archean crustal accretion: a challenge for crustal growth models. *American Geophysical Union and Mineralogical Society of America, (AGU) Spring Meeting, Baltimore, May 7-12*. EOS, **70**, p. 1389.

ALLE P (1990). Micro-variations de polarisation spontanée sur l'Etna. Colloque *Comité Belge de Géologie de l'Ingénieur : application des méthodes de prospection géophysique à la géologie de l'ingénieur, Liège, p. IV-1,IV-12*.

ARNOLD M (1989). Evidences for a superlattice in optical quartz crystals: an interferential approach to this problem. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, p. 289.

ARNOLD M (1989). Fibrous structure in natural and synthetic quartz crystals revealed by an interferential method. *European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI X), London, 6-8 April*. Abstracts, p. 4.

ARNOLD M (1989). Stable versus metastable fluid inclusions ? An answer by photoelasticity. *European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI X), London, 6-8 April*. Abstracts, p. 5.

BARBEY P, BREARLEY AJ, BROWN WL, PICHAVANT M (1989). Synthesis, characterization and stability of large fluor-phlogopite crystals. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, p. 139-140.

BENNANI M., BOUTALEB M, MARIGNAC C, WEISBROD A (1989). Evolution of metamorphic and redox conditions in Sn-W quartz-vein type deposits. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, p. 120-121.

BERTRAND JM, JARDIM DE SA E, RAHAMAN MA (1989). Where are the Eburnean collisional belts? *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, p. 362.

BLAMART D, SHEPPARD SMF (1989). Isotopic studies (H, O) of the hydrothermal tin-tungsten ore deposits of Walmes, central Morocco. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, p. 332.

BOHER M, MICHARD A, ALBAREDE F, ROSSI M, MILÉSI JP (1989). The crustal growth in West Africa at ca. 2.1 Ga. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, p. 362.

BOULLIER AM, PECHER A, FRANCE-LANORD C (1989). Fluid inclusions in the Main Central Thrust pile in Central Nepal. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, p. 379.

- BOULLIER AM, PECHER A, FRANCE-LANORD C** (1989). Fluid inclusions in the Main Central Thrust pile in Central Nepal. *Rheology meeting*, Leeds.
- BOUTALEB M, BENNANI M, MARIGNAC C, WEISBROD A** (1989). P-T evolution of hydrothermal circulation around the Walmes batholith (Central Morocco) : contribution of fluid inclusion data. In : *Résumés du "X Symposium on fluid inclusions" (London, 1989)*.
- BRIQUEU L, PICHAVANT M, CARLIER G, VALENCIA-HERRERA J** (1989). Sr, Nd, Pb, isotope geochemistry and origin of the felsic peraluminous Macusani and Crusero volcanics. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, 1, p. 345.
- BROUAND M, BANZET G, BARBEY P, LE FORT P** (1989). Zircon behaviour in crustal anatexis: evidence from the Tibetan Slab migmatites (Nepal). *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, 1, p. 173.
- BROWN WL, MOREAU C, DEMAÏFFE D** (1989). Crystallization and emplacement conditions of an anorogenic anorthositic complex Abontorok, Niger. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, 1, 170-171.
- CHAMPENOIS M, ITARD Y** (1989). Interactive image analysis system : contribution to structural analysis, fluid inclusion studies and petrography. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, 1, 383-384.
- CHAMPENOIS M, ITARD Y, BOULLIER AM, CHEILLETZ A, RAMBOZ C** (1989). Interactive image analysis system : contribution to structural analysis, fluid inclusion studies and petrography. *9th Annual meeting, GAC, London, Ontario*.
- CHAMPENOIS M, BOULLIER AM** (1989). Use of an interactive image analysis system for the quantification of finite strain applied to the Abeibara-Rarhous shear zone (Iforas, Mali). *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, 1, 381-382.
- CHAROY B, BERTRAND JM, MOULAHOU M, BOUABSA L, CHEILLETZ A, BOULLIER AM** (1989). Autopsy of an orogeny through magmatic evolution: the Pan-African Belt in the Tamanrasset area, Central Hoggar, Algeria. *28th International Geological Congress, Washington, USA*. Abstracts, 1, 264-265.
- CHAUSSIDON M, ALBAREDE F, SHEPPARD SMF** (1989). Sulphur isotope geochemistry of the mantle : ion probe studies of mantle microsulphides. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, 1, p. 318.
- CHEILLETZ A** (1989). A review and classification of stratiform tungsten deposits. *28th International Geological Congress, Washington, USA*. Abstracts, 1, p. 270.
- CUNNEY M, MARIGNAC C, AUTRAN A** (1989). The Beauvoir topaz-lepidolite albitic granite (Massif Central, France) a highly specialized granite with disseminated Sn-Ta-Nb-Li-Be mineralization. *First IGCP Meeting 282, Rare Metal Granitoids, Nanjing, 9-13/11/1989*.
- DALL'AGNOL R, PICHAVANT M, CHAMPENOIS M** (1989). Minerais opacos e evolucao magmatica: o exemplo dos granitos anorogenicos da Amazonia oriental. *36° Congr Brasil Geol.*, p.166.
- DELOULE E, ALBAREDE F, FRANCE-LANORD C** (1989). Assesment of the analytical fractionation factors in ion-probe measurements of amphibole and micas D/H ratios. *American Geophysical Union and Mineralogical Society of America, (AGU) Spring Meeting, Baltimore, May 7-12*. EOS, 70, 489-490.

- DEMAIFFE D, MOREAU C, **BROWN WL**, WEIS D (1989). Isotopic (Sr, Nd, Pb) evidence for the origin of the anorthosite-bearing anorogenic suite of Air Province (Niger). *American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, San Francisco, December 4-8*. EOS, **70**, p. 1390.
- DEMAIFFE D, MOREAU C, **BROWN WL**, WEIS D (1989). The anorthosite-bearing anorogenic suite of Air Province (Niger) : geochemical and isotopic (Sr, Nd, Pb) data. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, p. 339.
- DORIA A, **CHAROY B**, NORONHA F (1989). Fluid inclusion studies in spodumene aplite-pegmatite dykes of Covas de Barroso, Northern Portugal. *European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI X), London, 6-8 April*. Abstracts, p. 25.
- FRANCE-LANORD C**, **SCAILLET B** (1989). Emplacement of the Gangotri High Himalaya Leucogranite : stable isotope constraints. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, p. 174.
- FREY M, COMPAGNIONI R DAL PIAZ G, **DESMONS J**, FRANK W, HUNZIKER JC, MONTRASIO A (1989). New metamorphic map of the Alps. Terra Abstracts, **1**, p. 312.
- GASQUET D** (1989). Caractères pétrologiques et géochimiques du Massif du Tichka. Sa place dans l'orogénèse hercynienne du Maroc. *Coll Géol Franco-marocain, Strasbourg*, p. 115.
- GASQUET D**, FERNANDEZ A (1989). Approche de l'évolution rhéologique des magmas intermédiaires au cours de la cristallisation : l'exemple du massif de Tichka (Maroc). *Réunion de la Société Française de Minéralogie et Cristallographie, Paris, 6 octobre*. Bulletin de liaison Société Française de Minéralogie et Cristallographie, **1/1**, p. 33.
- GRAHAM D, LUPTON J, **ALBAREDE F** (1989). The isotopes in historical lavas from Piton de la Fournaise, Reunion Island. *American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, San Francisco, December 4-8*. EOS, **70**, p. 1388.
- GRANDJEAN P**, **ALBAREDE F**, FEIST R (1989). REE variations across the Frasnian-Famenian Boundary. *American Geophysical Union and Mineralogical Society of America, (AGU) Spring Meeting, Baltimore, May 7-12*. EOS, **70**, p. 356.
- HENRY C, CHOPIN C, **MICHARD A** (1989). Petrological, structural and chronological constraints for the uplift of coesite-bearing rocks, southern doramaira, Western Alps. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, p. 263.
- HOLTZ F, **BARBEY P**, JOHANNES W, **PICHAVANT M** (1989). Composition and temperature at the minimum point in the Qz-Ab-Or system for H₂O undersaturated conditions: experimental investigation. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, 271-272.
- ITARD Y**, **CHAMPENOIS M**, **CHEILLETZ A**, **RAMBOZ C** (1989). Volume estimation of fluid inclusions using an interactive image analyser. *European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI X), London, 6-8 April*. Abstracts, p. 54.
- JAMBON A, **ZIMMERMANN JL** (1989). Water in oceanic glasses : are two sources necessary? *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, p. 321.
- LAGHBIDI A, **SAUPÉ F** (1989). Geochemistry of the magnesite from occurrences in the internal Rif (Northern Morocco). *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, p. 401.

- LAPIERRE H, MONOD O, ORTIZ E, CHIODI M, MARTINEZ-REYES J, **ZIMMERMANN JL** (1989). New evidence for the ensimatic origin of Guanajuato Island Arc (Lower Cretaceous) in Central Mexico. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, 1, p. 165.
- LE FORT P, FRANCE-LANORD C, PECHER A** (1989). Granites of the himalayan collision: 1 petrological constraints. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, 1, p. 173.
- MARIGNAC C, AISSA DE, BOUZENOUNE A** (1989). Transition from "mesothermal" to "epithermal" conditions : the example of the Edough Massif (N Algeria). *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, 1, p. 128.
- MARIGNAC C, BENNANI M, BOUTALEB M, WEISBROD A** (1989). Geochemical evolution of the hydrothermal fluids associated with the Walmes Sn-W deposit (Central Morocco), from fluid inclusion data. *European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI X), London, 6-8 April*. Abstracts, p. 64
- MEZGHACHE H, ROYER JJ, SAUPÉ F** (1989). Estimation of the regional heat flow in the North Numidic mercury zone (Azzaba, Skikda, Algeria). *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, 1, p. 408.
- MICHARD A, MICHARD G, JAVOY M, CHEMINÉE JL, BINARD N** (1989). Chemistry of submarine springs from the Teahitia seamount. *American Geophysical Union and Mineralogical Society of America, (AGU) Spring Meeting, Baltimore, May 7-12*. EOS, 70, p. 495.
- MONTEL JM, CHEILLETZ A** (1989). Nature and composition of restites in the Velay granite (France). *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, 1, p. 282.
- MORTAJI A, STUSSI JM** (1989). Les filons basiques précambriens de Tagragra d'Akka (Anti-Atlas occidental, Maroc). *Colloque Géologie Franco-Marocain, Strasbourg, 24-26 avril 1989*.
- MORTAJI A, STUSSI JM** (1989). Les granitoïdes précambriens de Tagragra d'Akka (Anti-Atlas occidental, Maroc). *Colloque Géologie Franco-Marocain, Strasbourg, 24-26 avril 1989*.
- MÜHE R, DEVEY CW, ALBAREDE F, HEKINIAN R, STOFFERS P** (1989). Phonolite glasses from the active society seamounts : mineral chemistry and petrogenesis. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, 1, p. 322.
- OHNENSTETTER D, BROWN WL** (1989). Overgrowth textures and disequilibrium zoning in a glassy four-pyroxene boninite. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, 1, p. 276.
- LOUDIN E, PASCAL ML, RAMBOZ C** (1989). Boiling and precious metal deposition in Atlantis II deep, Red Sea. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, 1, p. 26.
- PICHAVANT M** (1989). Are two micas leucogranite magmas always products of continental collision ? *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, 1, p. 175.
- PLOQUIN A, MEYER R, NION S** (1989). Towards an international Data Base in sedimentary petrology. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, 1, p. 411.

- RAMBOZ C** (1989). Conditions of fluid circulation in rifts : comparison between the subalpine basin and central red sea. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, p. 202.
- RADELLI L, DESMONS J** (1989). Pennique, Téthys et orogénèse créacé moyen dans les Alpes. *Ofioliti*, **13**, p. 180.
- SANTOS MM, DARDENNE MA, GUILHAUMOU N, GIULIANI G, BENY C, TOURAY JC** (1989). The metamorphogenic Pontal gold deposit, Goias, Brazil : fluid evolution from mineralogical and fluid inclusion studies. *Gold 89 in Europe. International Symposium in Europe on gold metallogeny, exploration and beneficiation,, Toulouse, 23-25 mai*. Abstracts, p. 27.
- SCAILLET B, PECHER A, ROCHETTE P, LE FORT P** (1989). The Gangotri plutons (High himalaya leucogranite, Western India) : an example of a crustal scale "tablette de chocolat" structure. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, p. 174.
- STEIN G, CHARVET J, LAPIERRE H, FABBRI O, MICHARD A, FOUILLAC AM** (1989). Diversity of the miocene magmatism of southwest Japan : evidence for an island-arc-island-arc collision. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, p. 273.
- STUSSI JM** (1989). Granite magma chemistry and related mineralizations in the European Variscan. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts , **1**, p.127.
- TAÏEB R, SHEPPARD SMF** (1989). Evidence for recent mobility of formaion waters associated with oil from Mahakam Delta, Bornéo, Indonesia. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, p. 405.
- WEISBROD A** (1989). Fluid immiscibility in chloride solutions buffered by Ca and Mn tungstates; comparison with alkali chloride solutions. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, 315-316.
- WEISBROD A, ZHANG YI GANG** (1989) One and two phase aquilibria in alkali chloride aqueous solutions, using synthetic fluid inclusions. *European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI X), London, 6-8 April*. Abstracts, p. 91.
- WEISBROD A** (1989) Boron metasomatism in silico aluminous and basic rocks : an experimental approach at moderate to high temperatures (300-750°) and pressures (1-4kbar). *3rd International Symposium on Hydrothermal Reactions (ISHR -89), Frune (URSS), septembre 1989*. Abstracts.
- WEISBROD A** (1989) One and two phase equilibria in alkali chloride aqueous solutions, using synthetic fluid inclusions. *European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI X), London, 6-8 April*. Abstracts.
- WORDEN RH, WALKER FDL, PARSONS I, BROWN WL** (1989). Micropores and perthite coarsening. *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts **1**, 290-291
- WORDEN RH, WALKER FDL, PARSONS I, ELPHICK SC, BROWN WL** (1989). Micropores, perthite coarsening and oxygen exchange in aikali feldspars. *American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, San Francisco, December 4-8*. EOS, **70**, p. 1406.
- ZIMMERMANN JL, SAUPÉ F, ONGEN S, ANIL M** (1989). Oligocene-Miocene K-Ar ages of the quartz-monzonite stocks from Nevruz-Cakiroba (Yenice, Canakkale, N.W. Turkey). *Fifth Meeting of European Union of Geosciences (EUG V), Strasbourg, 20-23 mars*. Terra Abstracts, **1**, 354-355.

1990

ABOUCAMI W, BOHER M, ALBAREDE F, BARBEY P, MICHARD A (1990). Birrimian geodynamics. *15ème Colloque Géologie Africaine, Nancy : Centre international pour la formation et les échanges géologiques (CIFEG)*. Abstracts, **20**, p.9.

ABOUCAMI W, BOHER M, ALBAREDE F, BARBEY P, MICHARD A (1990). 2.1 Ga mafic magmatism in West Africa : an early stage of crustal accretion. *7th International Conference on Geochronology, Cosmochronology and Isotope Geology (ICOG 7), Canberra : Geological Society of Australia*. Abstracts, **27**, p. 1.

AISSA DE, CHEILLETZ A, MARIGNAC C (1990). Principaux caractères métamorphiques des gneiss et des skarns associés dans la partie centrale du massif de l'Edough (NE Constantinois). *7ème Séminaire des Sciences de la Terre, Constantine*, p. 51.

ALBAREDE F, ABOUCAMI W, BOHER M, MICHARD A, MILESI J.P, ARNDT NT, LOWE D (1990). Crustal growth in West Africa at 2.1 Ga. *Western Pacific Geophysics Meeting*. EOS, **71**, p. 969.

ALIBERT C, McCULLOCH MT (1990). REE and Nd isotope data in BIF from Hamersley, Western Australia : implications for the composition of early Proterozoic seawater. *7th International Conference on Geochronology, Cosmochronology and Isotope Geology (ICOG 7), Canberra : Geological Society of Australia*. Abstracts, **27**, p. 2.

ALIBERT C, McCULLOCH MT (1990). The Hamersley Basin revisited : The Sm-Nd isotopic systematics of banded iron-formations and associated shales and implications for the composition of early Proterozoic seawater. *Third International Archean Symposium , Perth*, Extended Abstracts, 327-328.

ARNOLD M, MOREAU V, MORIN G (1990). Synthèse de calcédoine à température ambiante. *13ème Réunion des Sciences de la Terre, Grenoble, 2-4 avril*, p. 4

ARNOLD M, ALIBERT C, JACQUIER B (1990). $\delta^{34}\text{S}$ in Hamersley BIF W. Australia; the role of bacterial activity and thiosulfates as an alternative to the hydrothermal model. *7th International Conference on Geochronology, Cosmochronology and Isotope Geology (ICOG 7), Canberra : Geological Society of Australia*. Abstracts, **27**, p. 4.

BERTRAND JM (1990). Contrast between Early Proterozoic accretional and collisional behaviour inside and outside of the cratons in NW Africa and South America. *15th Colloque de Géologie Africaine, Nancy : Centre international pour la formation et les échanges géologiques, (CIFEG)*. Abstracts, **20**, p.167.

BERTRAND JM (1990). A review of Early Proterozoic formations in the Hoggar shield (Algeria, Mali, Niger); correlations with Nigeria and Brazil. *36e Congresso Brasileiro de Geologia, Natal*. Abstracts, p. 303.

BOHER M, ABOUCAMI W, ALBAREDE F, BARBEY P, MICHARD A, MILESI JP (1990). Crustal growth at 2.1 Ga. *7th International Conference on Geochronology, Cosmochronology and Isotope Geology (ICOG 7), Canberra : Geological Society of Australia*. Abstracts. **27**, p. 11.

BOHER M, ABOUCAMI W, ALBAREDE F, BARBEY P, MICHARD A (1990). Systématique Sm-Nd et Rb-Sr des granitoïdes et des sédiments birrimiens au contact du craton archéen de Man en Guinée. *15ème Colloque de Géologie Africaine, Nancy : Centre international pour la formation et les échanges géologiques (CIFEG)*. Abstracts, **20**, p. 11.

BOHER M, ALBAREDE F, BARBEY P, MICHARD A (1990). Croissance crustale à 2.1 Ga: les granitoïdes du Liptako (Niger). *13ème Réunion des Sciences de la Terre, Grenoble, 2-4 avril*, p. 19.

BOHER M, DESCHAMPS M, ROCCI G, ABOUCHAMI W, ALBAREDE F, MICHARD A (1990). Croissance crustale au Protérozoïque inférieur dans la Dorsale Reguibat (Mauritanie): données géologiques et isotopiques. *15ème Colloque de Géologie Africaine, Nancy : Centre international pour la formation et les échanges géologiques (CIFEG)*. Abstracts, **20**, p. 12.

BOULLIER AM, FRANCE-LANORD C, DUBESSY J (1990). Linked fluid and tectonic evolution in the High Himalaya mountains (Nepal). *Third biennial Pan-American Conference on Research on Fluid Inclusions, Toronto, Ontario, (PACROFI III)*. Abstracts, **3**, p. 20.

BOULLIER AM, FRANCE-LANORD C, DUBESSY J (1990). Annular Fluid Inclusions as Indicators for a Pressure Increase in the High Himalaya Mountains (Nepal). *American Geophysical Union and Mineralogical Society of America (AGU) Spring Meeting, Baltimore, May 29-June 1*. EOS, **71**, p. 643.

BOULLIER AM, ROBERT F (1990). Fluid dynamics in gold-quartz veins in SE Abitibi Subprovince, Canada. *Annual Meeting of Geological Society of America, Dallas*. Abstracts with Programs, A94.

BOULLIER AM, ROBERT F (1990). Fluid circulation in gold-quartz veins in the S.E. Abitibi subprovince, Canada. *Third biennial Pan-American Conference on Research on Fluid Inclusions, Toronto, Ontario, (PACROFI III)*. Abstracts, **3**, p. 21.

BOULLIER AM, ROBERT F (1990). Fluid dynamics in gold-quartz veins in SE Abitibi Subprovince, Canada: a combined microstructural and fluid inclusion approach. *8th International Association on the Genesis of Ore Deposits Symposium (IAGOD) Ottawa, Ontario*. Program with Abstracts, A1.

BOULLIER AM, ROBERT F (1990). Textures and fluid inclusion planes in gold-quartz veins in SE Abitibi Subprovince, Canada. *Nuna Research Conference on Greenstone gold and crustal evolution, Val d'Or, Québec*, p. 135.

BROWN WL (1990). Cristallisation fractionnée des roches éruptives et zonation desfeldspaths. *Journées de Minéralogie et de Cristallographie, Rennes, 4-8 septembre*. Bulletin de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie, **2/3**, p.125.

BROWN WL, OHNENSTETTER D (1990). Textures de croissance et de surcroissance et variations des compositions des minéraux dans différentes boninites. *Journées de Minéralogie et de Cristallographie, Rennes, 4-8 septembre*. Bulletin de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie, **2/3**, p. 125.

CHAROY B, MONTEL JM, PICHAVANT M (1990). La part du magmatisme et du "restitisme" sur l'exemple du batholite peralumineux de Darongshan (Chine S). *Journées de Minéralogie et de Cristallographie, Rennes, 4-8 septembre*. Bulletin de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie, **2/3**, p.127.

CHAROY B, NORONHA F, PAIVA-BASTOS C, RIBEIRO ML (1990). A cupola granítica da Argemela. Exemplo de un granito sub-volcanico rico em metais raros. *XIème Reuniao de Geologia do Oeste Peninsular, Lisbonne, Portugal*.

CHAUSSIDON M, ALBAREDE F (1990). An ion microprobe study of secular boron isotope variations in tourmalines. *7th International Conference on Geochronology, Cosmochronology and Isotope Geology (ICOG 7), Canberra : Geological Society of Australia*. Abstracts, **27**, p. 18.

CHAUSSIDON M, LORAND JP (1990). Sulphur isotope composition of orogenic spinel lherzolite massifs from Ariège, North-Eastern Pyrenees, France : an ion microprobe study. *International Workshop on Orogenic Lherzolites and Mantle Processes, Montpellier, France, 12-15 septembre 1990*. Terra Abstracts, **2**, 128-129.

- CHAUSSIDON M** (1990). Analyse in situ d'isotopes stables légers (D/H, $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$) par sonde ionique : exemples du soufre et du bore. *Journées de Minéralogie et de Cristallographie, Rennes, 4-8 septembre*. Bulletin de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie, 2/3, p. 127.
- CHEILLETZ A** (1990). Stratigraphie $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et géochimie pixepige des coulées ignimbritiques de Macusani. *Journées de Minéralogie et de Cristallographie, Rennes, 4-8 septembre*. Bulletin de Liaison de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie, 2/3, 127-128.
- CHEILLETZ A**, CLARK AH, FARRAR E, ARROYO G, PAUCA, **PICHAVANT M** (1990). Stratigraphy and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Geochronology of the Macusani ignimbrite field : chronometer of the miocene geodynamic evolution of the Andes of se Peru. *International Symposium on Andean Geodynamics, Grenoble, France (15-17 May 1990)*. Abstracts, p. 341-344.
- COTTIN JY**, GUIRAUD M, **LETERRIER J**, LORAND JP (1990). Nouvelles contraintes geodynamiques tardi Pan-Africaines (Laouni, Sud du Hoggar Central) : Relations intrusions stratifiées-granites-métamorphisme. *15ème Colloque de Géologie Africaine, Nancy : Centre international pour la formation et les échanges géologiques (CIFEG)*. Abstracts, p. 255.
- DAGALLIER G**, **MACAUDIERE J**, MARINI F, OUGUIR H (1990). Les contrôles des minéralisations Ag-Hg d'Imliter (Anti-Atlas Maroc). *13ème Réunion des Sciences de la Terre, Grenoble, 2-4 avril* , p. 36.
- DALL'AGNOL R**, **PICHAVANT M** , **CHAMPENOIS M** (1990). Les oxydes de Fe et de Ti et l'évolution magmatique : l'exemple des granites anorogéniques d'Amazonie orientale. *Journées de Minéralogie et de Cristallographie, Rennes, 4-8 septembre*. Bulletin de liaison de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie, 2/3, p.129.
- DALL'AGNOL R**, **PICHAVANT M**, **CHAMPENOIS M** (1990). Minerais opacos e evolução magmatica : o exemplo dos granitos anarogenicos da amazona oriental.(1990). *36e Congresso Brasileiro de Geologia : Sociedade Brasileira de Geologia Nucleo Nordeste*. Boletim de resumos, p. 166.
- DELOULE E**, **ALBAREDE F**, **SHEPPARD SMF** (1990). D/H analysis of amphiboles from mantle lherzolite xenoliths by ion probe. *Geol. Soc. Austral. 7th International Conference on Geochronology, Cosmochronology and Isotope Geology (ICOG 7), Canberra : Geological Society of Australia*. Abstracts, 27, p. 26.
- DELOULE E** (1990). L'analyse isotopique de l'hydrogène a la sond ionique : mesure d'amphiboles de xenolithes mantelliques. *Journées de Minéralogie et de Cristallographie, Rennes, 4-8 septembre*. Bulletin de Liaison de la Société Française de Minéralogie et Cristallographie, 2/3, p. 130.
- DESMONS J**, **RADELLI L** (1990). Essai de corrélation tectonique des Alpes W aux Alpes : résumé. *13ème Réunion des Sciences de la Terre, Grenoble, 2-4 avril* , p. 41.
- DESMONS J** (1990). Metabasites in the basement units of the Western Alps. *Min. Pet. 90 Symp., Neukirchen am Grossvenediger. Mitt. Öster. Miner. Ges.*, 135, 18-19 .
- DESMONS J** (1990). Report on the Subcommittee for metamorphic maps. *Comm. Geol. Map World Bull.* , 40, 144-145.
- DIA A**, **ALBAREDE F**, **ROCCI G**, **BASSOT JP**, **DIA O**, **DIOH E** (1990). Pétrologie et géochimie du volcanisme du Protérozoïque précoce de la série de Mako (Est du Sénégal): caractéristiques d'un arc intraocéanique; un stade de l'accrétion crustale. *15ème Colloque de Géologie Africaine, Nancy : Centre international pour la formation et les échanges géologiques (CIFEG)*. Abstracts, 20, p. 17.
- DIAS G**, **LETERRIER J**, **FERREIRA N**, **LOPES NUNES JE** (1991) Geoquímica de granitoides biotíticos peraluminosos da região de Braga (Minho, Portugal). *VII Reun Geoquímica, Aveiro*.

DUPUIS D, **BARBEY P**, PONS J, PROST A (1990). Relations plutonisme/méta-morphisme dans les formations birrimiennes (2.1 Ga) de l'Afrique de l'Ouest: l'exemple du Liptako (Niger). *15ème Colloque de Géologie Africaine, Nancy : Centre international pour la formation et les échanges géologiques (CIFEG)*. Abstracts, **20**, p. 20.

ERNEVEIN M, DELALOYE M, **DESMONS J** (1990). New constraints on geochemistry and ages of the Peri-Arabian Crescent (from Troodos to Oman). *Symposium on Ophiolite genesis and evolution of oceanic lithosphere, Muscat, Oman*. Abstracts, p. 1.

FODEN J, TURNER S, **MICHARD A** (1990). Proterozoic lithospheric enrichment and its profound influence on the isotopic composition of Phanerozoic magmas. *7th International Conference on Geochronology, Cosmochronology and Isotope Geology (ICOG 7), Canberra : Geological Society of Australia*. Abstracts, p. 34.

FRANCE-LANORD C, **MICHARD A**, BOUQUILLON A, TIERCELIN J-J (1990). Isotopic chemistry and sedimentology of distal Bengal Fan sediments. *7th International Conference on Geochronology, Cosmochronology and Isotope Geology, (ICOG 7), Canberra : Geological Society of Australia*. Abstracts, p. 35.

FRANCE-LANORD C, **PICHAVENT M**, **SHEPPARD SMF** (1990) δD et teneur en eau des verres de Macusani (SE Pérou) : dégazage et fractionnement eau-magma. *Journées de Minéralogie et de Cristallographie, Rennes, 4-8 septembre*. Bulletin de liaison de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie, **2-3**, p. 132.

FRANCE-LANORD C, **MICHARD A** (1990). Isotopic Chemistry and Sedimentology of distal Bengal Fan sediments. *7th International Conference on Geochronology, Cosmochronology and Isotope Geology, (ICOG 7), Canberra : Geological Society of Australia*. Abstracts, **27**, p. 35.

GASQUET D, **LETERRIER J** (1990). Le massif du Tichka, un témoin de l'évolution tardi-Hercynienne de la croûte continentale du Haut Atlas Occidental marocain. *15ème Colloque Géologie Africaine, Nancy : Centre international pour la formation et les échanges géologiques (CIFEG)*, p. 372.

GIULIANI G, FERNANDÉS PCA (1990). Fluid inclusions associated with the Proterozoic molybdenite-bearing hyperéunion des Sciences de la Terre hène Pedra d'Água granite (Bahia State, Brazil). *8th International Association on the Genesis of Ore Deposits Symposium (IAGOD), Ottawa*. Abstracts, A48.

GIULIANI G, **CHEILLETZ A**, RODRIGUEZ CT (1990). New metallogenetic data on the emerald deposits of Colombia. *8th International Association on the Genesis of Ore Deposits Symposium (IAGOD), Ottawa*. Abstracts, A185-186.

GIULIANI G, **CHEILLETZ A**, RODRIGUEZ CT (1990). Emerald deposits from Colombia : chemical composition of fluid inclusions and origin. *8th International Association on the Genesis of Ore Deposits Symposium (IAGOD), Ottawa*. Abstracts, A48.

GIULIANI G, **CHEILLETZ A**, RODRIGUEZ CT (1990). Gênese das Jazidas de Esmeralda da Colombia e do Brasil. *36e Congresso Brasileiro de Geologia, Natal*. Abstracts, p. 130.

GIULIANI G (1990) Classification of emerald deposits of Brazil. *8th International Association on the Genesis of Ore Deposits Symposium (IAGOD), Ottawa*. Abstracts, A120.

GIULIANI G, ARAUJO OF (1990). Padrão de terras raras dos granitoides de Arturândia e Quebra Rabicho (região de Pirenópolis-Goianésia, Goiás). Relações com a Província estanífera de Goiás. *36e Congresso Brasileiro de Geologia, Natal*, p.115.

HOLTZ F, **BARBEY P.** (1990). Compositions des liquides silicatés peralumineux : approche géochimique et expérimentale: implications pétrogénétiques. *Journées de Minéralogie et de Cristallographie, Rennes, 4-8 septembre*. Bulletin de Liaison de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie, **2/3**, p. 136

HOLTZ F, JOHANNES W, **PICHAVANT M** (1990). Phase relations in the Qz-Ab-Or system-the individual effect of pressure H₂O, and excess Al₂O₃. *Terra Abstracts*, **2**, p. 16.

HUANG Y, MALLET JL (1990). Conversion of grid 3D into T-surfaces. *Freiburger Geowissenschaftliche Beiträge. Three dimensional Computer Graphics in Modeling Geologic Structures and simulating Geologic Processes, Freiburg, October 7-11, S.41.*

IKENNE M , **STUSSI JM** (1990). Les filons basiques précambriens du Bas Draa (Anti-Atlas occidental, Maroc). *15e Colloque Géologie Africaine, Nancy, Centre international pour la formation et les échanges géologiques (CIFEG)*, p. 265.

JAMBON A, **ZIMMERMANN JL** (1990). Water in oceanic basalt glasses: evidence for dehydration of recycled crust? *Goldschmidt Conference, Baltimore, 2-4/May*. Abstracts, p. 56.

LAPIERRE H, ORTIZ E, **ABOUCHAMI W**, COULON C, MONOD O (1990). Une coupe complète dans un arc intraocéanique: la séquence magmatique Crétacé inférieur de Guanajato (Mexique Central) (1990). *13ème Réunion des Sciences de la Terre, Grenoble, 2-4 avril* , p. 75.

LETERRIER J, SA EF J, MACEDO MHF , AMARO VE (1990). Magmatic and geodynamic signature of the Brasiliano cycle plutonism in the Serido belt, NE Brazil. *36è Congresso Brasileiro de Geologia, Natal*. Abstracts, p.167.

MARINI F, OUGUIR H, DAGALLIER G, **MACAUDIERE J**, QADROUCI A, LEISTEL JM (1990). Environnement sédimentaire et contexte géodynamique précambrien du gisement argentifère d'Imiter Anti Atlas oriental, Maroc. *15ème Colloque Géologie Africaine, Nancy : Centre international pour la formation et les échanges géologiques (CIFEG)*, p. 353.

MARTIN H, **SA EF J** , MEDEIROS H de, MACEDO MHF , **LETERRIER J** (1990). Transamazonian augen gneisses SE of Açú, Serido belt, NE Brazil. *36è Congresso Brasileiro de Geologia, Natal, Abstracts*, p.180

MICHOT L, YVON J, CASES JM, **ZIMMERMANN JL**, BAEZA R (1990). Apparente hydrophobie du talc et affinité de l'azote pour ce minéral. *Journées de Minéralogie et de Cristallographie, Rennes, 4-8 septembre*. Bulletin de liaison de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie, **2/3**, p. 142.

MICHOT L, YVON J, CASES JM, **ZIMMERMANN JL**, BAEZA R (1990). Affinity of nitrogen for the surface of talc, relation to the natural hydrophobicity of this mineral. *21st Annual Meeting of Fine Particles Society, San Diego*.

OHNENSTETTER D, **BROWN WL** (1990). Variations des compositions des verres inter Réunion des Sciences de la Terre et inclus dans les minéraux des boninites. *Journées de Minéralogie et de Cristallographie, Rennes, 4-8 septembre*. Bulletin de liaison de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie, **2/3**, 144-145

PAILLAT O, ELPHICK SC, **DELOULE E**, **FRANCE-LANORD C**, **BROWN WL** (1990). Solubilité de l'eau dans les liquides silicatés de composition NaAlSi₃O₈-CaAl₂Si₂O₈ a 1200°C et a 1, 2 et 5 kb. *Journées de Minéralogie et de Cristallographie, Rennes, 4-8 septembre*. Bulletin de liaison de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie, **2/3**, p. 145

PICHAVANT M (1990). Phase equilibria in granitic systems : implications for H₂O speciation in aluminosilicate melts. *Terra Abstracts*, **2**, p. 28.

PICHAVANT M, HOLTZ F, SCAILLET B (1990). Fluids in leucogranitic melts. *Goldschmidt Conference, Baltimore. Abstracts*, p. 74.

PLOQUIN A, NIONS S (1990). Sedba, un projet de base de données internationale dévolue aux sédiments. *13ème Réunion des Sciences de la Terre, Grenoble, 2-4 avril*, p. 103.

PFLUMIO C, MICHARD A, KARPOFF AM, WHITECHURCH H, JUTEAU T (1990). Petrology and geochemistry of the extrusive sequence (Salahi block, northern Oman) : implication for the origin and evolution of the Semail ophiolite. Unesco, Oman, 1990.

RADELLI L, DESMONS J (1990). Kinematics of the Western Alps : abstract. *Ophioliti*, **15**, p.197.

SA EF J. , LETERRIER J (1990). Significado geodinamico do plutonismo Pre-Brasiliano na Provincia Borborema. *36è Congresso Brasileiro de Geologia, Natal. Abstracts*, p. 299.

SA JM , LETERRIER J, BERTRAND JM (1990). Petrologia e evolução geodynamica do faixa Oros: evidencias de una bacia tardi-Transamazonica. *36e Congresso de Geologia, Natal, RN, Abstracts*, p.300.

SHEPPARD SMF , TAIEB R (1990). Unscrambling shales: the oxygen isotope mineralogical approach. *7th International Conference on Geochronology, Cosmochronology and Isotope Geology (ICOG 7), Canberra : Geological Society of Australia. Abstracts*, p. 91

SOBA D, MICHARD A, NORMAN DI, TOTEU SF, PENAYE J, NGAKO V, NZENTI JP, DAUTEL D (1990). Données géochronologique nouvelles (Rb-Sr, U-Pb, Sm-Nd) sur la zone mobile panafricaine de l'Est Cameroun : âge Protérozoïque supérieur de la série de LoM. *15e Colloque de Géologie Africaine, Nancy, Centre international pour la formation et les échanges géologiques (CIFEG). Abstracts*, p. 288.

WEISBROD A (1990). A new method of determination of equilibrium constants in aqueous solutions offered by mineral associations, in complex systems. *3rd International Symposium on experimental Mineralogy, Petrology and Geochemistry, Edinburgh, UK. Terra Abstracts*, **2**, 102.

ZIMMERMANN JL, GIULIANI G (1990). Comparaison des âges K-Ar des granites et des métasomatites de Campo Formoso et de Carnaíba (Bahia, Brésil). *13ème Réunion des Sciences de la Terre, Grenoble, 2-4 avril*, p. 127.

ZIMMERMANN JL, STEIN G, LAPIERRE H , VIDAL R, CAMPA MF, MONOD O (1990) Données géochronologiques nouvelles sur les granites Laramiens du Centre et de l'Ouest du Mexique (Guerrero et Guanajuato). *13ème Réunion des Sciences de la Terre, Grenoble, 2-4 avril*, p. 127.

ZOUHAIR M, MARIGNAC C (1990). Evolution des systèmes hydrothermaux stériles du Ment (Maroc Central). *13ème Réunion des Sciences de la Terre, Grenoble, 2-4 avril*, p. 128.

1991

ALLE P, BROUAND M, ALBAREDE F, BARBEY P, CHAUSSIDON M (1991) Ion probe investigation of the REE distribution in zircons from High-Himalayan granites and migmatites, Nepal. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March. Terra Abstracts*, **3**, p. 39.

ALLE P, CHAUSSIDON M, CHAKRABORTY S (1991) Experimental determination of chemical diffusivity of Boron in haplogranitic melts. *American Geophysical Union (AGU) Fall meeting, San Francisco, California, December 9-13. EOS*, **72**, p. 533

- ALT JC, FRANCE-LANORD C, GALY A** (1991) Low-temperature hydrothermal alteration of Jurassic ocean crust. *American Geophysical Union (AGU) Fall meeting, San Francisco, California, December 9-13*. EOS, **72**, p. 453
- ARNOLD M, ALIBERT C, JACQUIER B** (1991) $\delta^{34}\text{S}$ in Hamersley BIF, W Australia : the role of bacterial activity and thiosulphates as alternative to the hydrothermal model. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, p. 195.
- BERTRAND JM, RODDICK JC, ERMANOVICS I, VAN KRANENDONK M** (1991) Evolution of a collision zone: U-Pb dating of the Torngat orogen, NorthRiver-Nutak transect area, Labrador. *GAC-MAC Annual Meeting, Toronto, Abstract A11*.
- BLAMART D, BOUTALEB M, SHEPPARD SMF, MARIGNAC C, WEISBROD A** (1991) A comparative thermobarometric (chemical and isotopic) study of a tourmaline pelite and its Sn-Be vein, Walmes, Morocco. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, p. 484.
- BOULLIER AM, ROBERT F** (1991) Paleoseismicity in Archaean gold-quartz vein networks, Val d'Or, Abitibi, Quebec. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, p. 78.
- BOULLIER AM, ROBERT F** (1991) Textures and orientations of fluid inclusion planes in gold-quartz veins in SE Abitibi Subprovince, Canada. *European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI XI), Firenze, 10-12 Aprile*. Plinius, **5**, 29-30.
- BOULLIER AM, ROBERT F** (1991) Textures and fluid inclusion planes in gold-quartz veins in SE Abitibi Subprovince, Canada. *Nuna Research Conference on "Greenstone gold and crustal evolution, Val d'Or, Québec, May 24-27, 1990*. NUNA Conference volume, p. 135.
- BOULLIER AM, ROBERT F** (1991) Paleosismic events in Archean goldquartz vein networks, Val d'or, Abitibi, Québec. *International Conference on "Mechanical instabilities in rocks & tectonics", Montpellier, France, 4-6 September 1991*. Terra Abstracts, **3**, p. 7.
- BROWN WL, OHNENSTETTER D** (1991) Order of crystallization, resorption and epitaxial overgrowth in boninites. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, p. 420.
- CHAMPENOIS M, BERTRAND JM, BOULLIER AM** (1991) Strain regime in the orthogneissic gran Paradiso Massif. *The John Ramsay Meeting, 9-11 September*. Abstracts, p. 113.
- CHAROY B, NORONHA F, PAIVA-BASTOS C** (1991) Le microgranite d'Argemela (Portugal), expression d'un magma pegmatitique fluoré et riche en éléments rares: le rôle des volatils. *Journées de Minéralogie et Cristallographie, Lyon, 9-11 Juillet 1991*. Bulletin de la Société Française de Minéralogie et Cristallographie, **2**, p. 31.
- CHAUSSIDON M, ALBAREDE F** (1991) Secular $\delta^{11}\text{B}$ variations of the continental crust : an ion microprobe study. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, p. 494.
- CHAUSSIDON M, FRANCE-LANORD C, PALMER M** (1991) Boron isotope variations of tourmaline from the Himalayan leucogranites, their possible source rocks and their alteration products in the Bay of Bengal. *American Geophysical Union (AGU) Fall meeting, San Francisco, California, December 9-13*. EOS, **72**, p. 524.

CHEILLETZ A, BERTRAND JM, CHAROY B, MOULAHOU M, BOUABSA L, FARRAR E, ZIMMERMANN JL, DAUTEL A, ARCHIBALD DA, BOULLIER AM (1991) Les granites subalcalins et peralumineux pan-africains du Hoggar central (Algérie) et les minéralisations Sn-W associées aux leucogranites à albite-topaze. *Séance spécialisée de la Société Géologique de France à la mémoire de Jean Lameyre: "Granites océaniques et continentaux", 11-13 mars.*

CHEILLETZ A, CLARK AH, MACARTHUR JD, FARRAR E, ANDERSON AJ, ARROYO PAUCA G, PICHAVANT M, SANDEMAN H, ROEDER PL (1991) Eruptive dynamics, magma composition and light elements enrichment in ignimbritic series as deduced from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology and proton-microprobe analysis (PIXE-PIGE) in glass and pumice. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March.* Terra Abstracts, **3**, p. 448.

CHEILLETZ A, CASTELO BRANCO RM, GIULIANI G, DUBESSY J (1991) Sulfate-bearing fluids in emeralds from the Coqui occurrence, Ceará state, NE Brazil. *European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI XI), Firenze, 10-12 Aprile.* Plinius, **5**, 42-43.

CHEILLETZ A, PICHAVANT M (1991) Signification géodynamique du magmatisme Mio-Pliocène d'origine crustale de la région de Macusani, SE du Pérou. *Réunion scientifique de la Société Géologique de France "De la fin de la subduction à la collision : magmatisme associé", avril 1991.*

COELHO CES, RAMBOZ C, BENY C, TOURAY JC, GIULIANI G (1991) Fluid inclusion constraints on the origin of the Fazenda Brasileiro gold mine. *European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI XI), Firenze, 10-12 Aprile.* Plinius, **5**, p. 47.

COELHO CES, RAMBOZ C, BENY C, TOURAY JC, GIULIANI G (1991) Fluid inclusion constraints on the origin of the Fazenda Brasileiro gold mine. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March.* Terra Abstracts, **3**, p. 192

COTTIN JY, LETERRIER J (1991) Les différents types de granitoïdes de la région de Laouini (Algérie) : Relations granites-tonalites dans le cadre orogénique Pan-Africain du Hoggar Méridional. *Séance spécialisée de la Société Géologique de France à la mémoire de Jean Lameyre: "Granites océaniques et continentaux", 11-13 mars 1991.*

CUNEY M, MARIGNAC C, WEISBROD A, AISSA M (1991) Influence des constituants volatils sur les caractéristiques minéralogiques, géochimiques et métallogéniques du granite à albite lepidolite de Beauvoir (Massif Central, France). *Journées de Minéralogie et Cristallographie, Lyon, 9-11 Juillet 1991.* Bulletin de la Société Française de Minéralogie et Cristallographie, **2**, p. 33.

CUNEY M, STUSSI JM (1991) The multiple origin of peraluminous granites consequences for their metallogenic potential. *Second Hutton symposium, Canberra, 23-28 September 1991.*

DEBON F (1991) Chimico-minéralogie comparée de 115 couples "enclave microgrenue - matrice granitique". *Séance spécialisée de la Société Géologique de France à la mémoire de Jean Lameyre: "Granites océaniques et continentaux", 11-13 mars 1991.*

DEBON F (1991) Comparative chemical and mineralogical study of 115 "microgranular enclave - granitic matrix" pairs. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March.* Terra Abstracts, **3**, p.426.

DELOULE E, ALBAREDE F, SHEPPARD SMF (1991) Ion probe D/H analysis of amphiboles from mantle lherzolite xenoliths : implications of intra-grain zonations. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March.* Terra Abstracts, **3**, p. 483.

DERRY L, FRANCE-LANORD C (1991) Chemical and physical erosion in the Himalaya : an isotopic and mineralogic view from the Bengal Fan. *American Geophysical Union (AGU) Fall meeting, San Francisco, California, December 9-13.* EOS, **72**, p. 257

DERRY LA, KAUFMAN AJ, JACOBSEN SB (1991) Sedimentary cycling and environmental change stable and radiogenic isotopes in late proterozoic sediments. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, p. 495.

DESCHAMPS M, BOHER M, ROCCI G (1991) Diversité des granitoïdes éburnéens (Protérozoïque inférieur) dans le craton ouest Africain. *Séance spécialisée de la Société Géologique de France à la mémoire de Jean Lameyre: "Granites océaniques et continentaux", 11-13 mars 1991*.

DIAMOND LW, JACKMAN JA, CHAROY B (1991) Comparison of SIMS and crush-leach analyses of fluid inclusion cation ratios: application to gold-quartz veins at Brusson, Val d' Ayas, SW Italian Alps. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, p. 411.

DIAS G, LETERRIER J, FERREIRA N, LOPES NUNES JE (1991) Caracter hibrido do complexo granitico de Braga (Minho, Portugal) evidencias isotopicas do estroncio e do neodimo. *III Congresso Nacional de Geologia, Coimbra, 22-25 de Outubro 1991*, p. 40.

FRANCE-LANORD C, KARPOFF AM, MICHARD A (1991) Diagenetic control on Interstitial water chemistry in volcanoclastic sediments of NW Pacific: ODP Leg 129. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, p. 467.

FRANCE-LANORD C, SHEPPARD SMF (1991) H- and O- isotope composition of interlayer water in smectite rich deep sea sediments. *American Geophysical Union (AGU) Fall meeting, San Francisco, California, December 9-13*. EOS, **72**, p.265

GASSE F, ARNOLD M, FORT M, GIBERT E, HUC A, LANOE B, LI Y, LIU Q, MASSAULT M, VAN CAMPO E (1991) Palaeohydrologie and paleoclimate of the longmu Co-Sungxi CO basin, West Tibet, since 13 KYR BP. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, p. 355.

GIULIANI G, OLIVO GR, MARINI JO, DUBESSY J, MICHEL D (1991) CO₂-N₂-hypersaline-bearing fluids associated to the Santa Rita hydrothermal gold occurrences, Paranao group (Goiás-Brazil). *European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI XI), Firenze, 10-12 Aprile*. Plinius, **5**, 91-92.

GIULIANI G, CHEILLETZ A, DUBESSY J, RODRIGUEZ C (1991) H₂O-NaCl-CaCl₂-bearing fluids in emeralds from the Vega San Juan mine, Gachalá district, Colombia. *European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI XI), Firenze, 10-12 Aprile*. Plinius, **5**, p. 90.

GIULIANI G, ZIMMERMANN JL, CHEILLETZ A, MONTIGNY R (1991) Comparison of K-Ar and ⁴⁰Ar/³⁹Ar on granites and on emerald-bearing metasomatites from Campo Formoso and Carnaiba, Bahia, Brazil. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, p. 500.

GOLDSTEIN SL, ALBAREDE F, DAUTERIVE D (1991) ND Isotopes in MN nodules and the stability of pleistocene ocean circulation. *American Geophysical Union (AGU) Fall meeting, San Francisco, California, December 9-13*. EOS, **72**, p.266.

HOXHA M, BOULLIER AM (1991) Données préliminaires sur la structure interne du massif ultrabasique de Kukës. *Séance spécialisée de la Société Géologique de France, " Colloque sur la géologie de l'Albanie", Paris, 12-13 Avril 1991*.

IONOV DA, HARMON RS, FRANCE-LANORD C (1991) ¹⁸O Character of garnet and spinel peridotite xenoliths, vitim plateau (Trans-Baikal, Russia) by conventional and laser ablation fluorination techniques. *American Geophysical Union (AGU) Fall meeting, San Francisco, California, December 9-13*. EOS, **72**, p. 545.

- KARPOFF AM, **FRANCE-LANORD C**, DUPLAY J, CROVISIER JL, ALT J (1991) La paragenèse d'altération inusuelle à thaumasite des tuffs miocenes du bassin des Mariannes (Site 802, Leg 129). *Journées de Minéralogie et Cristallographie, Lyon, 9-11 Juillet*. Bulletin de la Société Française de Minéralogie et Cristallographie, **2**, p. 40.
- LEDRU P, DALLAIN C, LARDEAUX JM, **MARIGNAC C** (1991) Tectonic evolution of the Velay granito-migmatitic dome (French Massif Central). *Journées de Minéralogie et Cristallographie, Lyon, 9-11 Juillet 1991*. Terra Abstracts, **3**, p. 204
- LETERRIER J, SÀ EFJ, MACEDO MHF** (1991) Petrogenesis and geodynamic setting of the Brasiliano-cycle plutonism in the Serido belt NE Brazil. *Séance spécialisée de la Société Géologique de France à la mémoire de Jean Lameyre: "Granites océaniques et continentaux", 11-13 mars 1991*.
- LIBOUREL G, GEIGER C, MERWIN L, SEBALD A** (1991) High-resolution solid state ^{29}Si and ^{27}Ar MAS NMR spectroscopy of glasses in the system $\text{CaSiO}_3\text{-MgSiO}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$. *4th Silicate Melt Workshop, Le Hohwald, 19-23 March*. Program and Abstracts.
- LIBOUREL G** (1991) Chromium in basalts : an experimental study. *American Geophysical Union (AGU) Fall meeting, San Francisco, California, December 9-13*. EOS, **72**, p. 533
- LIBOUREL G** (1991) The effect of chromium in synthetic basalt-like compositions *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, p. 433.
- MARIGNAC C, AISSA DE, CHEILLETZ A** (1991) The Karézas W deposit (Edough Massif, Algeria): a polycyclic scheelite skarn. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, p.414.
- MOLINA P, CAMBON R, VIRLOGEUX D, **STUSSI JM, CUNNEY M** (1991) Les cartes pétrographique et géochimique synthétiques du complexe plutonique de Millevaches (Massif Central Français). *Séance spécialisée de la Société Géologique de France à la mémoire de Jean Lameyre: "Granites océaniques et continentaux", 11-13 mars 1991*.
- MOREAU C, **BROWN WL, GOGHROD H, DEMAIFFE D** (1991) Le Meugueur-Meugueur : sa signification de l'Aïr Central (Niger). *Séance spécialisée de la Société Géologique de France à la mémoire de Jean Lameyre: "Granites océaniques et continentaux", 11-13 mars 1991*.
- MORETTO R, **ZIMMERMANN JL** (1991) Etudes par thermogravimétrie et spectrométrie de masse des gaz piégés dans des échantillons de roches salifères. *Journées de Minéralogie et Cristallographie, Lyon, 9-11 Juillet*. Bulletin de la Société Française de Minéralogie et Cristallographie, **2**, p. 44.
- MORETTO R, **ZIMMERMANN JL** (1991) Gases in salt rocks : thermogravimetric and mass spectrometric data. *European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI XI), Firenze, 10-12 Aprile*. Plinius, **5**, p. 152.
- PAILLAT O** (1991) Solubilité de l'eau dans les liquides silicates de composition plagioclasiq. *Journées de Minéralogie et Cristallographie, Lyon, 9-11 Juillet*. Bulletin de la Société Française de Minéralogie et Cristallographie, **2**, p. 46.
- PAILLAT O, BROWN WL** (1991) Solubility of water in melts with plagioclase-like compositions in the system $\text{CaO-Na}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, p. 420.
- PAILLAT O, BROWN WL** (1991) Solubility of water in melts with plagioclase-like compositions and re-examination of the Ab-H₂ phase diagram *American Geophysical Union (AGU) Fall meeting, San Francisco, California, December 9-13*. EOS, **72**, p. 534.

PAILLAT O, BROWN WL (1991) The solubility of water in melts with plagioclase-like compositions and problems with the models of Burnham and Stolper. *4th Silicate Melt Workshop, Le Hohwald, 19-23 March 1991*. Program and Abstracts.

PEREZ-SEGURAE, CHEILLETZ A (1991) Mineralization and age of the San Francisco gold deposit, Northern, Sonora, Mexico. *Featuring Specialty Symposia, Denver, 1991*.

PUGA E, DIAZ DE FEDERICO A, BARGOSSA GM, BODINIER JL, DESMONS J, MORTEN L (1991) Rodingites in serpentinized wehrlites and protogranular and spinifex harzburgites in the Betic ophiolitic association (BOA), Southern Spain. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, p. 98.

RONCHI LH, GIULIANI G, BENY C, FOGAÇA A (1991) Physico-chemical evolution of the fluids associated to the Costa Sena gold quartz veins (MG-Brazil). *European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI XI), Firenze, 10-12 Aprile*. Plinius, **5**, 185-186.

SA JM, LETERRIER J, BERTRAND JM (1991) Middle Proterozoic extension-related magmatism and Transamazonian inheritance in the Oros belt, NE Brazil. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, p. 35.

SAUPÉ F, ARNOLD M (1991) Sulphur isotope geochemistry of the host rocks of the Almaden mercury deposit, Spain. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, 412-413.

STUSSI JM, CUNEY M (1991) Le plutonisme granitoïdique collisionnel de la chaîne varisque française. Volcanisme associé. *Réunion Scientifique Section Volcanologique de la Société Géologique de France, Paris, 5 avril 1991*.

STUSSI JM, CUNEY M (1991) Le complexe plutonique de Millevaches (Massif Central français). Typologie des granitoïdes et modèles de fractionnement. *Séance spécialisée de la Société Géologique de France à la mémoire de Jean Lameyre: "Granites océaniques et continentaux", 11-13 mars 1991*.

TAIEB R, SHEPPARD SMF (1991) Re-evaluation of the H isotope fractionation equation between montmorillonite and water. *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, p. 483.

VALORI A, CATHELINEAU M, MARIGNAC C (1991) Early fluid migration in a deep part of the larderello geothermal field: a fluid inclusion study of the granite from well Monteverdi 7. *European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI XI), Firenze, 10-12 Aprile*. Plinius, **5**, 233-234.

ZOUHAIR M, MARIGNAC C, MACAUDIERE J (1991) Metamorphic and ore-forming fluids in the gold bearing quartz veins of the Tagragra d'Akka (Morocco). *Sixth Meeting of the European Union of Geosciences (EUG VI), Strasbourg, 24-28 March*. Terra Abstracts, **3**, p. 411.

ZOUHAIR M, MARIGNAC C (1991) Reconstruction of the P-T-t-X path during hydrothermal evolution in the Ment granite (Central Morocco) from fluid inclusion data. *European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI XI), Firenze, 10-12 Aprile*. Plinius, **5**, 259-260.

1992

ABOUCHAMI W, ALBAREDE F, BOHER M, MICHARD A (1992) La croissance continentale en Afrique à 2.1 Ga. *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril*. Abstracts, p. 1.

ABOUCAMI W, BOHER M, MICHARD A, ALBAREDE F, ARNTD NT (1992) Croissance crustale en Afrique de l'Ouest à 2.1 Ga. *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992.*

AILLERES L, CHAMPENOIS M, BERTRAND JM, MACAUDIERE J (1992) Apport de l'analyse et du traitement d'images à la méthode de Fry (1979). *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril.* Abstracts, p. 2.

ALIBERT C (1992) Hétérogénéités géochimiques dans les péridotites à spinelle de Grand Canyon (SW Colorado Plateau). *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992.*

ALIBERT C, BARBOSA J (1992) Ages U-Pb déterminés à la "shrimp" sur des zircons du complexe de Jequie, craton de Sao Francisco, Bahia, Brésil. *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril.* Abstracts, p. 4.

ALIKOUSS S, MARIGNAC C, NENERT S (1992) Les fluides associés aux indices à Sn-W du dôme de Saint-Goussaud (Limousin). *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril.* Abstracts, p. 4.

ALLE P, CHAUSSIDON M, DELOULE E (1992) New improvements of REE measurements by ion probe in zircons. *Séminaire "Zircon : morphologie et structure interne", Nancy, 13 mars.*

BARBEY P, DUPUIS D, PONS J, PROST A (1992) Niveau et mécanisme de mise en place des plutons dans une croûte juvénile birimienne. *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril.* Abstracts, p. 15.

BARBEY P, ALLE P, BROUAND M, ALBAREDE F (1992) Rare-earth element distribution in zircon : a petrogenetic marker. *V.M. Goldschmidt Conference, Reston, Virginia, May 8-10.* Abstracts, A-7.

BARTOLI F, BURTIN G, ROYER JJ, GURY M, PHILIPPY R, LEVIANDIER T (1992) Etude préliminaire des mécanismes de transferts d'argiles des sols limoneux aux cours d'eau. *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992.*

BEREND I, CASES JM, FRANCOIS M, LHOTE F, URIOT JP, BESSON G (1992) Les mécanismes d'hydratation des montmorillonites en milieu sous-saturé. *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril.* Abstracts, p. 20.

BERTRAND JM, RODDICK JC, VAN KRAËNENDONK MJ, ERMANOVICS I (1992) L'orogène protérozoïque de Torngat, Labrador : datation U-Pb directe d'une zone de cisaillement granulitique. *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril.* Abstracts, p. 21.

BERTRAND JM, RODDICK JC, ALLE P (1992) Comportement du zircon dans une zone de cisaillement granulitique (Orogène de Torngat, Protérozoïque inférieur du Labrador). *Séminaire "Zircon : morphologie et structure interne", Nancy, 13 mars.*

BERTRAND JM, MACAUDIERE J (1992) Zone houillère briançonnaise. *Forum Géologie Profonde de la France, Nouvelles cibles, Paris, 18 mars.* Documents BRGM, 211, p. 31-32.

BOULLIER AM, CHAROY B, POLLARD PJ (1992) Variations de perméabilité et de pression fluide : exemple du district d'Emuford, Nord-est, Queensland, Australie. *Journées de Minéralogie et de Cristallographie, Orléans, 7-9 septembre.* Bull. Liaison Soc. Fr. Mineral. Cristall., 4/2, p. 19.

BOULLIER AM, ROBERT F, FIRDAOUS K (1992) Instabilités des contraintes et de la pression fluide dans une zone sismique fossile. *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992.*

BOULLIER AM, FRANCE-LANORD C, DUBESSY J, ADAMY J (1992) Circulations fluides dans la pile du M.C.T. au Népal Central. *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992.*

BROUAND M, BARBEY P, ALLE P (1992) Distribution des terres rares et variations de leurs teneurs dans les zircons zones des migmatites et granites himalayens. *Séminaire "Zircon : morphologie et structure interne", Nancy, 13 mars.*

BROWN WL (1992) What do exsolution microstructures and microtextures in ternary feldspars tell us about igneous rocks. *Proceedings of the 10th European Congress on Electron Microscopy, Granada, Spain, 7-11 september.* Electron Microscopy 92, A.Lopez-Galindo, M.I. Rodriguez-Garcia (eds.) : Publications de la Universidad de Granada, 2, p. 539-540.

BROWN WL, OHNENSTETTER D (1992) Textures et cinétique de croissance, variations chimiques des minéraux et verres, étude expérimentale et origine des fluides dans des boninites du Pacifique ouest (Nouvelle Calédonie, Papouasie-Nouvelle Guinée, arc des Mariannes et îles Bonins). *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992.*

BROWN WL, MOREAU C, DEMAÏFFE D, OHNENSTETTER D, RITZ M (1992) Pétrologie, géochimie et géométrie sub-surface des complexes annulaires à anorthosites de l'Air et nature de la structure annulaire du Meugueur-Meugueur, Niger. *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992.*

CHALOT-PRAT F, DELOULE E, DAUTEL D (1992) Le manteau sous-continentale en contexte orogénique intracontinental : hétérogénéités, initiale et acquise par subduction de croûte continentale, tracées par les isotopes (Sm-Nd, Rb-Sr) et les éléments traces. *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril.* Abstracts, p. 37.

CHAROY B, CHAUSSIDON M, CUNEY M, DUTHOU JL (1992) Chemical and isotopic evidences of Sr mobility in the Beauvoir granite (France) : an ion and electron probe study of secondary Sr-rich phosphates. *Vie Symposium International sur l'observation de la croûte continentale par forage, Paris, 7-10 avril.* Abstracts, p. 67.

CHAUSSIDON M, ALBAREDE F (1992) Evolution de la composition isotopique du bore de la croûte continentale. *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992.*

CHAUSSIDON M, SOBOLEV A, SHEPPARD SMF (1992) Globules sulfurés piégés au cours de l'évolution des séries basaltiques: $\delta^{34}\text{S}$ et teneurs en Cu et Ni. *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril.* Abstracts, p. 38.

CHAUSSIDON M, LIBOUREL G (1992) Boron partitioning in the mantle: an experimental and ion microprobe study. *IVth International Symposium Experimental Mineralogy Petrology and Geochemistry, Clermont-Ferrand, 15-17 avril.* Terra Nova, suppl. vol. 4, p. 10.

CHAUSSIDON M, LIBOUREL G (1992) Fractionnement du bore entre manteau supérieur et croûte continentale : approche expérimentale *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992*

COSCA MA, DESMONS J, HUNZIKER JC (1992) K/Ar and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages from the Grand Saint Bernard-Briançon Nappe (S.L.). *Géotelier alpin, Grenoble, 12-13 novembre.* Géologie alpine, Série spéciale, 1, p. 19.

COTTIN JY, LORAND JP, LETERRIER J (1992) Mélanges de magmas mantelliques dans les petites intrusions stratifiées ultrabasiques-basiques de Laouni (Algérie) : contraintes minéralogiques et géochimiques. *Journées de Minéralogie et de Cristallographie, Orléans, 7-9 septembre.* Bull. Liaison Soc Fr. Mineral. Cristall., 4/2, p. 22

CUNEY M, CHAROY B, CHAUSSIDON M, CHEILLETZ A, DUTHOU JL, GAGNY C, MARIGNAC C, RAIMBAULT L, ROYER JJ (1992) The echassieres I GPF Drilling : The anatomy of a rare metal granite. *Vle Symposium International sur l'observation de la croûte continentale par forage, Paris, 7-10 avril*. Abstracts, p. 71.

DALL'AGNOL R, MAGALHAES (de) MS, PICHAVANT M, CHAMPENOIS M (1992) The magnetite-bearing Proterozoic anorogenic granites of Eastern Amazonian region, Brazil : a study on Fe-Ti oxides and magnetic susceptibility. *29e Congrès Géologique International, Kyoto, 24 août-3 septembre*. *Géochronique*, **42**, p. 53.

DELALOYE M, DESMONS J (1992) Ophiolites of the suture zone between eurasia and Arabia : a review. *Annual Meeting of the Working Group of the IGCP Project n° 256, Ophiolite genesis and evolution of oceanic lithosphere, November 12-18*. *Ophioliti*, **17**, p. 139.

DELOULE E (1992) La distribution du rapport isotopique de l'hydrogène dans le manteau permet-elle de contraindre la distribution à l'échelon de la planète ? *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril*. Abstracts, p. 51

DELOULE E (1992) Etude à la sonde ionique de la distribution des isotopes de l'hydrogène entre les minéraux du manteau : hétérogénéités inter et intra-cristallines. *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992*.

DELOULE E (1992) Ion probe D/H analysis of coexisting amphiboles and phlogopites in mantle lherzolite xenoliths. *American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, San Francisco, California, December 7-11*. Abstracts, p. 650.

DERRY L, FRANCE-LANORD C (1992) Himalayan erosion and seawater Sr: constraints from Bengal Fan sediments. *7th Himalaya-Karakoram-Tibet Workshop, Oxford University, 6-8 April*. Abstracts, p. 20.

DESMONS J, RADELLI L (1992) Qu'est-ce que le Pennique ? *Géotelier alpin, Grenoble, 12-13 novembre*. *Géologie Alpine, Série spéciale*, **1**, p. 24.

DUBOIS M, WEISBROD A, ZHANG YG (1992) Détermination des solvi des systèmes eau-chlorures alcalins par la méthode des inclusions fluides synthétiques. *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril*. Abstracts p. 54.

FERAUD G, SCAILLET S, RUFFET G, BALLEVRE M, CHEILLETZ A, GIULIANI G (1992). $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of metamorphic micas and ore deposits with continuous laser probe. *29e Congrès Géologique International, Kyoto, 24 août-3 septembre*. *Géochronique*, **42**, p. 58.

FERNANDES D'APC, GIULIANI G, McREATH I (1992) Metamorfismo de alto grau e anatexia no limite Norte do Nucleo de Jequia. *Symposium Géologie Régionale de Bahia, Sergipe, Salvador de Bahia, Brésil, 4-7 mai*. Abstracts, p. 101-104.

FERNANDES D'APC, GIULIANI G, McREATH I (1992) O distrito urano-molibdenifero transamazonico de Itaberaba, Bahia. *Symposium Géologie Régionale de Bahia, Sergipe, Salvador de Bahia, Brésil, 4-7 mai*. Abstracts, p. 141-143.

FERNANDES D'APC, McREATH I, GIULIANI G (1992) O macico transamazonico de Pedra d'Agua (Itaberaba, Bahia) : um charnockito peraluminoso de fonte crustal. *Symposium Géologie Régionale de Bahia, Sergipe, Salvador de Bahia, Brésil, 4-7 mai*. Abstracts, p.155-159.

FIRDAOUS K, BOULLIER AM (1992) Inclusions fluides et modèle de valve sismique dans la mine Sigma (Abitibi, Québec, Canada). *Journées de Minéralogie et de Cristallographie, Orléans, 7-9 septembre*. *Bull. Liaison Soc. Fr. Mineral. Cristall.*, **4/2**, p. 24.

- FRANCE-LANORD C, DERRY L, GALY A, MICHARD A** (1992) L'enregistrement stratigraphique et géochimique de l'érosion de l'Himalaya dans les sédiments du cône du Bengale (ODP Leg 116). *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992*.
- FRANCE-LANORS C, MICHARD A, DERRY L** (1992) Evolution of the Himalaya : isotopic and mineralogic view from the Bengal Fan. *7th Himalaya-Karakoram-Tibet Workshop, Oxford University, 6-8 April*. Abstracts, p. 25.
- FRANCE-LANORD C, SHEPPARD SMF** (1992) L'eau interfoliaire des smectites : fractionnement isotopique de l'hydrogène et de l'oxygène entre eau interfoliaire et eau libre. *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992*.
- GRANDJEAN P, FEIST R, ALBAREDE F** (1992) Les terres rares dans les apatites biogéniques anciennes. *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992*.
- GUIZIOU JL, MALLET JL** (1992) On developing an advanced 3D macro-model estimation tool on top of the GOCAD modeler. *European Association of Exploration Geophysicists, 54th Meeting and Technical Exhibition, Paris, 1-5 June 1992*. Abstracts, 490-491.
- HENRY P, MICHARD A, ALBAREDE F** (1992) Etude géochimique et isotopique (Sm-Nd) de BIF_S du craton ouest africain : cas d'un mélange sédimentaire complexe, les BIFs de la Kediat IJIL (Mauritanie). *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril*. Abstracts, p. 78
- HOXHA M, BOULLIER AM, ZHUPI S, VELIA R** (1992) Origine des dunites et de la zone intermédiaire entre dunites et gabbros dans le massif ultramafique de Kukës (Albanie). *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril*. Abstracts, p. 79.
- HUNZIKER JC, DESMONS J, HURFORD AJ** (1992) Thirty-two years of geochronological work in the central and western Alps : a review on seven maps. *Géotatier alpin, Grenoble, 12-13 novembre*. *Géologie alpine, Série spéciale*, 1, p. 53.
- IKENNE M, GASQUET D, STUSSI JM** (1992) Pétrogénèse du corps dioritique de Tamoussift (Bas Draa, Anti-Atlas, Maroc). *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril*. Abstracts, p. 81.
- LAMA C, BARBEY P, ZIMMERMANN JL, GUYETAND G** (1992) Datations par la méthode K-Ar des granitoides birimiens du Liptako (Niger). *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril*. Abstracts, p. 91.
- LETERRIER J, SA JM, BERTRAND JM** (1992) La ceinture plissée d'Oros (NE Brésil), un témoin d'une extension d'échelle continentale au protérozoïque inférieur. *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril*. Abstracts, p. 98.
- LIBOUREL G** (1992) The behaviour of chromium in basalts : an experimental study. *IVth International Symposium Experimental Mineralogy Petrology and Geochemistry, Clermont-Ferrand, 15-17 avril*. *Terra Nova, suppl. vol. 4*, p. 28.
- LIBOUREL G, SEBALD A, MERWIN L, COTE B** (1992) Glass and liquid structures along the LIQ+OL+PL+CPX assemblage in the system CMAS inferred from ²⁷Al/²⁹Si NMR spectroscopy. *IVth International Symposium Experimental Mineralogy Petrology and Geochemistry, Clermont-Ferrand, 15-17 avril*. *Terra Nova, suppl. vol. 4*, p. 28.
- LIBOUREL G** (1992) Glass and liquid structure along the cotectic Liq+ol+pl+cpx in the system CaO-Mg-Al₂O₃-SiO₂ inferred from ²⁷Al/²⁹Si NMR spectroscopy. *American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, San Francisco, California, December 7-11*. Abstracts, p. 599.

MALLET JL, LE MELINAIRE P (1992) Modelling complex faults - The Gocad approach. *European Association of Exploration Geophysicists, 54th Meeting and Technical Exhibition, Paris, 1-5 June 1992*. Abstracts, 156-157.

MANAC'H G, BOULLIER AM, FRANCE-LANORD C (1992) Veines hydrothermales marqueurs du champ de contraintes et des circulations fluides dans la croûte océanique (Leg 129, site 801). *Journées de Minéralogie et de Cristallographie, Orléans, 7-9 septembre*. Bull. Liaison Soc. Fr. Mineral. Cristall., **4/2**, p. 33

MARTIN H, ALIBERT C, CUNEY M, MARINHO M, PEUCAT JJ, SABATE P, VIDAL P (1992) 1,5 Ga d'histoire crustale : l'archéen et le protérozoïque inférieur du craton du Sao Francisco (Brésil). *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992*.

MERINO E, WANG Y, DELOULE E (1992) Genesis of the repetitive textures and compositions of quartz in agates of Gondwana flood basalts : evidence, mechanisms, self-organization. *29e Congrès Géologique International, Kyoto, 24 août-3 septembre*. Géochronique, **42**, p. 77.

METRICH N, CLOCHIATTI R, MOSBAH M, CHAUSSIDON M (1992) The 1989-90 eruption of Etna : evidence for a H₂O-S-Cl rich alkali basalt at depth. *American Geophysical Union (AGU) Spring Meeting, Montréal, Canada, May 12-16*. EOS, **73**, supplément, p. 368.

NION S, PLOQUIN A (1992) Sedba, la base de données dévolue aux sédiments. *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril*. Abstracts, p. 115.

NISHIWAKI-NAKAJIMA N, PLOQUIN A, NION S (1992) International project for construction of a global dat base in sedimentary petrology (IGCP-269). *29e Congrès Géologique International, Kyoto, 24 août-3 septembre*. Abstracts, p. 39.

OHNENSTETTER D, BROWN WD, MOREAU C, DEMAIFFE D, GOHROD H, RITZ M (1992) Structures internes et données minéralogiques du cone sheet du Meugueur-Meugueur, Aïr, Niger. *Journées de Minéralogie et de Cristallographie, Orléans, 7-9 septembre*. Bull. Liaison Soc Fr. Mineral. Cristall., **4/2**, p. 39.

PAILLAT O, BROWN WL (1992) A review of water solubility in silicate melts : an improved thermodynamic model. *IVth International Symposium Experimental Mineralogy Petrology and Geochemistry, Clermont-Ferrand, 15-17 avril*. Terra Nova, **suppl. vol. 4**, p. 33.

PAILLAT O, BROWN WL (1992) La solubilité à hautes P et T de l'eau dans les liquides du système CaO-Na₂O-Al₂O₃-SiO₂-H₂O et de l'albite et de l'anorthite dans la vapeur d'eau; la modélisation thermodynamique des relations L/V. *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992*.

PAILLAT O, BROWN WL (1992) Solubilité de l'eau dans les liquides silicates : le problème de la speciation. *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril*. Abstracts, p. 81.

PAILLAT O (1992) Immiscibility between albite melt and vapor : experimental results and thermodynamic model. *American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, San Francisco, California, December 7-11*. Abstracts, p. 606.

PICHAVANT M, HAMMOUDA T, BARBEY P, BREARLEY A, CHAUSSIDON M (1992) Mécanismes et cinétique de fusion partielle d'assemblages à micas. *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992*.

PLOQUIN A, CHAUVEL JJ (1992) Iron ores, ancient iron bloomery : a geochemical approach. *29e Congrès Géologique International, Kyoto, 24 août-3 septembre*. Géochronique, **42**, p. 87.

PLOQUIN A (1992) Géochimie appliquée à l'étude des déchets archo-sidérurgiques. *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril*. Abstracts, p. 127.

PLOQUIN A, NION S, NISHIWAKI N, NAN J (1992) Sedba, une base de données dévolue aux sédiments. *Réunion spécialisée de la Société Géologique de France, Paris, 16 décembre.*

PONS J, DUPUIS D, LEGER JM, **BARBEY P** (1992) Diapirisme et injection. L'exemple du plutonisme birimien du Niger occidental. *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril.* Abstracts, p. 127.

POUPEAU G, NETTO AM, **CHAMPENOIS M**, FABRE J (1992) Datation par traces de fission (TF) de ka structure circulaire des Richat (Mauritanie occidentale). *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril.* Abstracts, p.128.

ROYER JJ (1992) Two dimensional natural convection in an anisotropic and heterogeneous porous medium (kilometric scale). Theory and application to geothermic problems. *17e Journées du GFHN, Propriétés Physiques des Milieux Poreux. Gestion de l'eau, des sols et des matériaux, Louvain la Neuve, 3-5 novembre.*

ROYER JJ, FLORES L (1992) Conductive and convective heat transfer through the continental crust. *Vle Symposium International sur l'observation de la croute continentale par forage, Paris, 7-10 avril.* Abstracts, p. 233.

ROYER JJ, FLORES L (1992) Convective heat transfer around the Soultz-sous Forêts Geothermal site (Rhinegraben). *Vle Symposium International sur l'observation de la croute continentale par forage, Paris, 7-10 avril.* Abstracts, p. 235.

TALBI EH, HONNOREZ J, **CHAUSSIDON M** (1992) Contribution de la couche 3 de la lithosphère océanique au bilan global des océans. *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992.*

TOPLIS M, LIBOUREL G (1992) Phosphorus in basalts and ferro-basalts : an experimental study. *American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, San Francisco, California, December 7-11.* Abstracts, p. 615.

VAUCHEZ A, SA EFG, AMARO V, ARCHANJO C, ARTHAUD M, **BERTRAND JM**, BOUCHEZ JL, CABY R., CORSINI M, DA SILVA ME, **LETERRIER J**, MACEDO MHF, TOMMASI A, SA JM (1992) Le système de décrochements intraplaques pan-africains du NE-Bresil. *14e Réunion des Sciences de la Terre, Toulouse, 13-15 avril.* Abstracts, p 154.

WEISBROD A (1992) Concentration du bore dans les fluides crustaux et métasomatisme bore dans les roches silicoalumineuses : approche expérimentale à températures (300°-750°C) et pressions (1-4kbar) modérées à hautes. *Programme Dynamique et Bilans de la Terre, INSU-CNRS, Résultats des Travaux 1988-1992.*

WIEDENBECK M (1992) Development of zircon standards for U-Th-Pb, REE and Hafnium isotopes. *Séminaire "Zircon : morphologie et structure interne", Nancy, 13 mars.*

Thèses**1989**

BROUAND Marc. Pétrogenèse des migmatites de la Dalle du Tibet (Himalaya du Népal). Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1989.
Géosciences et Matières Premières ; Dir. : P. Lefort/P. Barbey

CHAMPENOIS Michel. Apport de l'analyse interactive d'images à l'étude de l'évolution structurale de zones déformées : application à une zone de cisaillement pan-africaine de l'Adrar des Iforas (Mali) et aux orthogneiss du massif du Grand Paradis (Alpes, Italie). Thèse : Nancy (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1989.
Géosciences et Matières Premières ; Dir. : J.M. Bertrand

GRANDJEAN Patricia. Les terres rares et la composition isotopique du néodyme dans les phosphates biogènes : traceurs des processus paléo-océanographiques et sédimentaires. Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1989.
Géosciences et Matières Premières; Dir. : F. Albarède

MEZGHACHE Hamid. Cartographie automatique et interprétation géostatistique d'une campagne de prospection géochimique sur sol. Application à la zone mercurielle nord numidique (Algérie nord-est). Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1989
Géosciences et Matières Premières; Dir. : F. Saupé

MORTAJI Abdelaziz. La boutonnière précambrienne de Tagragra d'Akka (Anti-Atlas Occidental, Maroc). Pétrologie et géochimie des granitoïdes, filons basiques et métamorphites associées. Thèse : Université Nancy 1 : 1989.
Géochimie - Pétrologie ; Dir. : J.M. Stussi

RABENANDRASANA Samuel. Minéralisations filoniennes à cuivre-bismuth -gangue de sidérite-anhydrite silicifiée et karstiques à plomb-zinc - gangue de fluorine-barytine, en bordure du fossé rhénan (région de Colmar-Ribeauvillé). Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1989.
Métallogénie ; Dir. : M. Arnold

ROMANO Antonio Wilson. Evolution tectonique de la région nord-ouest du quadrilatère ferrifère - Minas Gerais - Brésil (géochronologie du socle - Aspects géochimiques et pétrographiques des supergroupes Rio das Velhas et Minas). Thèse : Université Nancy 1 : 1989.
Dir. : J.M. Bertrand

1990

ABOUCAMI Wafa. Un événement volcanique majeur vers 2.1 Ga en Afrique de l'Ouest : Un stade précoce d'accrétion crustale. Thèse : Université Nancy I : 1990.
Géochimie, Pétrologie ; Dir. : G. Rocci, F. Albarède.

ALECRIM DUARTE. Analyse multivariable et cartographie automatique en prospection géochimique stratégique : sédiments de ruisseau de Cristiano Otoni, MG (Brésil). Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1990.
Géosciences et Matières Premières ; Dir. : J.C. Samama.

FOURNIER Frédérique. Application de l'analyse des données à l'exploitation pétrolière. Caractérisation des faciès sismiques par analyses statistiques multivariées. Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1990.
Informatique ; Dir. : J.J. Royer.

GOGHROD Hassan. Le "Méga Ring Dyke" du Meugueur-Meugeur (Aïr, Niger) : implications sur la genèse et l'évolution des complexes annulaires à suites anorthositiques. Thèse : Université Nancy 1 : 1990.
Pétrologie, Géochimie ; Dir. : W.L. Brown.

HUANG Yungao. Modélisation et manipulation des surfaces triangulées. Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1990.
Informatique ; Dir. : J.L. Mallet.

OHNENSTETTER Daniel. Minéralisations associées aux complexes mafiques-ultramafiques en domaine océanique et continental. Thèse : Université Nancy 1 : 1990.
Géosciences et Matières Premières. Dir. : W.L. Brown.

SCAILLET Bruno. Structure et géochimie d'un leucogranite en régime de collision continentale : l'exemple du massif de Gangotri-Badrinath (Himalaya du Garhwal). Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1990.
Pétrologie, Géochimie ; Dir. : P. Lefort.

SIMOS Eugène. Géologie et géochimie des indices aurifères de la région de Stanos. Grèce septentrionale). Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1990.
Métallogénie ; Dir. : S.M.F. Sheppard, A.M. Boullier.

TAIEB Raouf. Les isotopes de l'hydrogène, du carbone et de l'oxygène dans les sédiments argileux et les eaux de formation. Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1990.
Géosciences et Matières Premières. Dir. : S.M.F. Sheppard.

1991

BLAMART Dominique. Les concentrations tungstifères et stannifères : caractérisations isotopiques (H-O) des fluides minéralisateurs sur l'exemple du gisement Sn-W de Walmès (Maroc central). Détermination de quelques fractionnements isotopiques (H-O) entre minéraux et eau. Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1991
Géosciences et Matières Premières; Dir. : S.M.F. Sheppard.

BOHER Muriel. Croissance crustale en Afrique de l'Ouest à 2.1 Ga. Apport de la géochimie isotopique. Thèse : Université Nancy 1 : 1991.
Géochimie ; Dir. : A. Michard, G. Rocci.

DELOULE Etienne. Analyses isotopiques à l'échelle intra-cristalline : une contribution à l'étude des systèmes géologiques. Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1991
Dir. : F. Albarède

SA Jaziel Martins. Evolution géodynamique de la ceinture protérozoïque d'Oros, Nord-Est du Brésil. Thèse : Université Nancy 1 : 1991.
Pétrologie/Géologie structurale ; Dir. : J.M. Bertrand.

1992

DUBOIS Michel. Fluides crustaux : Approche expérimentale et analytique. 1) Détermination du solvus des systèmes H₂O-MCL (M=Li, K, Rb, Cs) et, 2) Caractérisation et dynamique des fluides des domes thermiques, sur l'exemple du Diapir Vellave (S-E Massif Central français). Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1992.

Géosciences et Matières Premières ; Dir. : A.Weisbrod

FLORES MARQUEZ Elsa Leticia. Transferts de chaleur et de masse en milieu sédimentaire et fracturé. Modélisation numérique de la convection naturelle autour du site géothermique de Soultz (Graben du Rhin). Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1992.

Dir. : J.J.Royer.

PAILLAT Olivier. Structures et propriétés des verres et liquides silicatés feldspathiques hydratés. Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1992.

Géosciences et Matières Premières ; Dir. : W.L.Brown

ZOUHAIR Mohamed. Les paléocirculations fluides dans la Tagragra d'Akka (Anti-atlas, Maroc). Etude combinée des inclusions fluides et de la déformation des quartz aurifères : conséquences pour la métallogénie de l'or. Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1992.

Géosciences et Matières Premières ; Dir. : C. Marignac.

1993

ALIKOUSS Saïda (1993) Contribution à l'étude des fluides crustaux : approche expérimentale et analytique. 1. Mise au point d'étalons par la méthode des inclusions fluides synthétiques. 2. Le bore dans les fluides crustaux en environnement silico-alumineux : étude expérimentale. 3. Les circulations fluides tardi-hercyniennes en Limousin (Massif Central français) : étude des indices à Sn-W du dôme de St-Goussaud et du gisement à W de Puy-Les Vignes. Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1993.

Géosciences et Matières Premières ; Dir. : C. Marignac/A.Weisbrod

BRIEDJ Moussa (1993) Etude géologique de la région de Tahifet (Hoggar central, algérie). Implications géodynamiques. Thèse : Université Nancy 1 : 1993.

Pétrologie, géochimie ; Dir. : J. Leterrier

HOXHA Mynyr (1993) Etude structurale et pétrologique de l'ophiolite de Kukës (Albanie) : cinématique de la déformation et géométrie de la ride. Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1993.

Géosciences et Matières Premières ; Dir. : A.M. Boullier

LAMA Chafik (1993) Apport de la méthode K-Ar à la compréhension de l'histoire géologique des granitoïdes birimiens du Liptako (Niger occidental) et des leucogranites à deux micas de Tagragra d'Akka (Anti-Atlas occidental, Maroc) Thèse : Nancy, I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : 1993.

Géosciences et Matières Premières ; Dir. : J.L. Zimmermann/ A. Cheilletz

MARTINEZ SERRANO Raymundo Gerardo (1993) Caractérisation minéralogique, géochimique et isotopique du champ géothermique de Los Humeros, Mexique. Interactions fluide-roche dans un système à fluide mixte (eau-vapeur). Thèse : I.N.P.L. (Institut National Polytechnique de Lorraine) : Nancy : 1993.

Dir. : M. Arnold

BREVETS
PERIODE 1989-1992

GOCAD Modélisation géométrique des surfaces complexes (Brevet International n° 89-12341)

Dépôt initial: (septembre 89)

Ce brevet (No 89-12341) consiste en la description d'un procédé de codage et d'ajustement de surfaces complexes rencontrées par exemple lors de la modélisation d'interfaces entre zones de natures ou de propriétés différentes de couches géologiques ou de corps d'organismes biologiques.

Extensions Géographiques: (Septembre 90)

Ayant pris conscience de l'importance de la méthode DSI, les compagnies, membres du consortium GOCAD ont décidé de financer et soutenir juridiquement l'extension du brevet d'invention à l'ensemble des pays du monde industriel

GEOL Logiciel intégré de cartographie automatique (Brevet ANVAR 78-010)

C.R.P.G - C.N.R.S.
Renouvellement du Centre

• **DEMANDES DE RATTACHEMENT AU C.R.P.G.**

• **JEUNE EQUIPE DRED**
"MAGMAS ET MÉTAUX"

Pierre	BARBEY	voir fiche page 118
Françoise	CHALOT-PRAT	
Jacques	LEROY	
Guy	LIBOUREL	voir fiche page 122
Claudine	MENDOUSSE	

• **DEMANDES INDIVIDUELLES**

Daniel	OHNENSTETTER
Maryse	OHNENSTETTER

UNIVERSITE DE NANCY I

U.F.R. - S.T.M.P.

JE-DRED "Magmas et métaux"

Le Responsable

**Demande prévisionnelle d'intégration de chercheurs
de la Jeune Equipe DRED "Magmas et Métaux"**

La création d'une Jeune Equipe DRED à l'Université de Nancy I, a fait suite aux recommandations de l'Audit des Géosciences à Nancy (1989). Cette Jeune Equipe, créée pour quatre ans non renouvelables (à compter de Janvier 1992), avait pour objectif parmi d'autres de redynamiser la Pétrologie à l'Université et de réaliser, au terme de son existence (décembre 1995), les conditions favorables à l'intégration de ses membres aux laboratoires CNRS existant sur Nancy, en Géosciences. Cette Equipe comprend trois professeurs et trois Maîtres de Conférences (Pierre Barbey, Claude Gagny, Jacques Leroy, Françoise Chalot-Prat, Claudine Mendousse, Guy Libourel). Cinq d'entre eux envisagent à terme une association au CRPG, dans la mesure où leur dossier scientifique l'autorisera. Cl. Gagny ne souhaite pas, pour des raisons personnelles, intégrer le CRPG.

La création d'équipes transcrites, au sein de l'ILG, a facilité la création de liens entre chercheurs de groupes différents et permet ainsi, dès à présent, mais sans préjuger des décisions qui pourraient être prises par les instances locales et nationales compétentes, d'entrevoir comment pourrait se faire l'intégration des enseignants-chercheurs concernés Cette intégration semble pouvoir être réalisée de la façon suivante:

- P. Barbey et G. Libourel intégreront l'équipe "Minéralogie et Pétrologie expérimentale" avec laquelle il ont déjà des liens très étroits, notamment, par l'acquisition et la gestion de matériels en commun, par le développement de thèmes scientifiques communs, par des contrats... En raison de ces liens organiques, leur association au CRPG paraît ainsi naturelle.

- Compte tenu de leurs thèmes de recherche, J. Leroy et Cl. Mendousse sont susceptibles d'intégrer l'équipe "Métallogénèse endogène" avec laquelle, existent déjà des échanges scientifiques, alors que F. Chalot-Prat pourra intégrer l'équipe "Géochimie isotopique" avec laquelle elle a noué des collaborations depuis son arrivée à Nancy.

Il serait prématuré de préjuger du bilan scientifique et des perspectives de recherche que présenteront les membres de cette équipe, le moment venu. Ce point sera évidemment déterminant. Les fiches individuelles jointes donnent un aperçu sommaire de l'activité scientifique de chacun des membres concernés.

A l'occasion du renouvellement du Centre, je sollicite du Conseil Scientifique du CRPG et des instances compétentes un avis sur la demande que je formule en mon nom et au nom de mes collègues.

Nancy, le 21 Avril 1993



P. Barbey

Fiche individuelle - Françoise CHALOT-PRAT

BILAN DE L'ACTIVITE DE RECHERCHE

En Juin 1990, soutenance d'une Thèse de DOCTORAT D'UNIVERSITE de l'Université de PARIS VI sous la direction du Professeur Michel TREUIL, sur la "Pétrogenèse du volcanisme intracontinental tardi-orogénique carbonifère du Maroc Oriental". Sur la base de données cartographiques, minéralogiques et géochimiques (majeurs et traces) les résultats (publiés ou soumis dans 4 revues de Rang A) montrent l'existence d'un volcanisme bimodal. Les magmas basiques d'affinité shoshonitique à alcaline proviennent de la fusion partielle en base de croûte continentale d'un manteau sous-continentale chimiquement hétérogène. Leur signature "associée à une subduction", dans un contexte orogénique qui exclut l'existence passée ou présente d'une croûte océanique, proviendrait d'une contamination du manteau par de la croûte continentale basique par sous-charriage de celle-ci. *CHALOT-PRAT F., Petrogenesis of basic volcanics with shoshonitic to alkaline affinities in a late-orogenic intracontinental setting (Tazekka, Eastern Morocco). J. Petrol., (acceptée sous réserve).*

Le magma rhyolitique provient de l'anatexie d'une croûte continentale de composition intermédiaire. La genèse des ignimbrites et des laves résulte de la fusion partielle de stocks crustaux distincts dans des conditions P-T sensiblement différentes. La genèse des ignimbrites peut s'expliquer par convection d'un magma en voie de cristallisation à grande profondeur *CHALOT-PRAT F., Genesis of rhyolitic ignimbrites and lavas by anatexis of two distinct crustal sources (Tazekka, Eastern Morocco): field, geochemical and isotopic constraints. J. Volc. Geoth. Res., (soumise).*

En Juin 1991, sur la base d'un projet accepté par le Laboratoire de Géochimie Isotopique du CRPG, j'ai effectué sur 26 échantillons de volcanites basiques et acides, les dilutions isotopiques et les analyses au Spectromètre de Masse (Cameca et Finnigan) des isotopes des systèmes Rb-Sr et Sm-Nd.

Ces données isotopiques associées aux données sur les éléments traces m'ont conduite à élaborer un **modèle original des relations de mélanges "Manteau-Croûte continentale basique" en domaine orogénique** en collaboration avec Etienne Deloule (CNRS-CRPG). *CHALOT-PRAT F., DELOULE E. & DAUTEL D., Quantification of lower crust-mantle mixing relations and understanding of the genesis of intracontinental orogenic basalts, using isotopic and trace element ratios. Geochimica Cosmochimica Acta, (soumise)*

Cette quantification met en oeuvre une succession de fusions partielles et de mélanges entre les pôles mantelliques et crustaux. Elle démontre le rôle du recyclage de croûte continentale basique pour générer la lithosphère sous-continentale et comme responsable du métasomatisme du manteau-source des magmas calco-alcalins en domaine orogénique intracontinental non associé à une subduction de croûte océanique. Ces résultats entièrement nouveaux soulignent l'importance de l'histoire tectonomagmatique de la lithosphère continentale avant les éruptions et permettent d'appréhender sous un jour différent la signification géodynamique des signatures magmatiques.

Publications et travaux les plus significatifs

- **CHALOT-PRAT F. & CABANIS B., 1989.** Découverte dans le volcanisme carbonifère du Tazekka (Maroc oriental,) de la coexistence de diverses séries basiques, d'une série acide et d'importants phénomènes de mélanges. *C.R.Ac.Sc., Paris, t.308, série II, 739-745*

- **CHALOT-PRAT F., 1990.** Pétrogenèse d'un volcanisme intracontinental tardi-orogénique hercynien: Etude du complexe volcanique carbonifère du Tazekka et de zones volcaniques comparables dans le Mekam et la région de Jerada. **Thèse Sciences**, Université P. et M. Curie (Paris VI), Mémoire des Sciences de la Terre, n°9021

- **CHALOT-PRAT F.**, 1991. Clinopyroxenes from space- and time- associated "within-plate" and "subduction-related" Variscan basic rocks (Tazekka, Morocco). **Contr. Miner. Petrol.**, 107, 231-241.

NOMBRE DE PUBLICATIONS ENTRE 1989 ET 1992: 5 dont 1 thèse
NOMBRE DE RESUMES PUBLIEES ENTRE 1989 ET 1992: 7

ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT ET ADMINISTRATIVES:

ENSEIGNEMENT:

HEURES D'ENSEIGNEMENT: 243 HEURES "Equivalent TD" (dont 33 heures à l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie de Nancy)

ENCADREMENT d'étudiants dans le cadre de **stages professionnels** (1er CYCLE), de **stages d'étude en équipe** (DESS), ou de **stages de préparation à la recherche** (ENSG, 2ème année) inscrits dans le cursus des études.

RESPONSABILITES ADMINISTRATIVES:

Au niveau de l'Université NANCY I:

- Présidente du Jury de la Filière Progressive du DEUG B (220 étudiants) depuis 1991;
- Membre du Conseil du Département des Sciences de la Terre depuis 1990;
- 2ème vice-présidente à la CS.35e section Université Nancy I depuis 1992;

PROJETS DE RECHERCHE

Le modèle proposé récemment avec E. Deloule sur les relations de mélanges "Manteau - Croûte continentale basique" en domaine orogénique, est en accord non seulement avec les données publiées par Maury & al. (Nature, 1992) sur des basaltes et xénolithes associés des Philippines mais aussi avec l'étude de Schiano & al. (EPSL, 1993) sur la variabilité des coefficients de partage des éléments traces lors de la fusion partielle du manteau.

Sur ces bases, mon projet est de tester cette méthode de modélisation sur des magmas basiques émis à l'aplomb de zones de subduction active et sur les xénolithes mantelliques et crustaux (granulites) associés. La méthode d'analyse du système Re-Os mise au point par Laurie Reisberg (CRPG) doit permettre d'affiner ce modèle. Parallèlement des analyses d'éléments traces et isotopiques sur minéraux et l'examen de la pétrofabrication des xénolithes mantelliques (collaboration A.M. Boullier - CRPG) seront mis en oeuvre pour approcher les modalités et l'âge des processus de mélange manteau-croûte. L'étude des xénolithes de croûte inférieure et la caractérisation géochimique d'un liquide de faible degré de fusion partielle d'une granulite basique constituent un deuxième volet de ce projet.

Les régions qui satisferaient aux contraintes de la modélisation sont celles de la bordure sud-ouest-Pacifique. Certaines (Nouvelle Zélande et Iles Vanuatu) font l'objet d'excursions au Congrès International de Volcanologie de Canberra (Septembre 1993) auquel je dois participer. Ma participation doit permettre de nouer des relations avec des chercheurs travaillant sur ces zones pour mettre au point une collaboration effective sur ce projet (envoi d'échantillons et mise au point de projets de prospection particulière). Un échange préliminaire de courrier avec des chercheurs de l'Université d'Auckland (Nouvelle Zélande) et de l'ORSTOM de Port-Vila pour l'élaboration de ces projets est en cours. A Nancy ces travaux se poursuivront au sein du Laboratoire de Géochimie Isotopique du C.R.P.G. en collaboration avec Etienne DELOULE et Laurie REISBERG. Sur le plan international, une intégration au Programme de Recherche Européen sur les xénolithes mantelliques et crustaux est actuellement recherchée. Les techniques analytiques utilisées seront l'ICP-MS, le spectromètre de masse Finnigan et si nécessaire la sonde ionique.

Fiche individuelle - Jacques LEROY

1 - Bilan de l'activité de recherche 1989 - 1992

Les activités de recherche de cette période portent principalement sur le comportement des métaux en contextes magmatique et hydrothermal. A l'intérieur de ce thème très général, il a été mis l'accent sur deux points particuliers :

- source des métaux : caractérisation des minéraux porteurs, conditions de libération du stock métal, notion de roche source fertile.
- mécanismes et conditions de précipitation des métaux, altérations associées, formation des gisements.

Les concentrations naturelles ayant servi de support à cette thématique sont principalement associées aux volcanismes d'Amérique Latine et concernent dans un premier temps l'uranium, puis depuis 1990 d'autres métaux comme Bi, Ag, Pb, Zn, Sb,... En ce qui concerne U, les roches sources les plus favorables sont des roches alumineuses, riches en alcalins, le stock métal libérable est localisé dans la matrice vitreuse. Comme cela avait été démontré antérieurement pour les granites, les termes calco-alcalins et subalcalins sont moins favorables.

Les résultats obtenus à ce jour, pour les autres métaux, indiquent également une relation entre nature du volcanisme et métaux concentrés dans les gites. Une partie au moins du stock métal pourrait être localisé dans les minéraux accessoires de type oxydes et sulfures. Ce résultat récemment obtenu doit être confirmé et généralisé, de même que la quantification du fractionnement de ces métaux entre verre et minéraux. Dans tous les exemples abordés, les mécanismes d'extraction et de concentration des métaux correspondent à des circulations de fluides aqueux chauds dont la composante volcanique doit être précisée, circulant dans des formations volcaniques si ce n'est froides, du moins suffisamment cassantes pour permettre le développement d'un réseau de fractures. La nature des altérations (illite-chlorite) permet d'écarter un modèle "type épithermal" pour les minéralisations étudiées dans le sud de la Bolivie (secteur du Cerro Bonete).

2 - Publications significatives

L. TURPIN, J. LEROY and S.M.F. SHEPPARD

Isotopic systematics (O, H, C, Sr, Nd) of superimposed barren and U-bearing hydrothermal systems in a Hercynian granite, Massif Central, France.
Chemical Geology, 1990, 88, 85-98.

M. CATHELIN, M. LESPINASSE, A. BASTOUL, C. BERNARD and J. LEROY

Fluid migration during contact metamorphism: the use of oriented fluid inclusion trails for a time/space reconstruction.
Mineralogical Magazine, 1990, 54, 169-182.

B. GEORGE-ANIEL, J. LEROY and B. POTY

Volcanogenic Uranium mineralizations in the Sierra Peña Blanca district, Chihuahua, Mexico: three genetic models
Economic Geology, 1991, 86, 233-248.

J. LEROY and B. GEORGE-ANIEL

Volcanism and uranium mineralizations : the concept of source rock and concentration mechanism.
Journal of Volcanology and Geothermal Research, 1992, 50, 247-272.

3 - publications et résumés publiés

année	A	B	C	résumés étendus	résumés courts	rapports	autre
1989	0	0	1	0	1	1	
1990	2	0	0	0	1	0	
1991	1	0	0	2	0	0	1 (1)
1992	1	0	0	1	1	0	1 (2)

(1) - M. PAGEL and J. LEROY, Edit.

"Source, transport and deposition of metals". Proc. 25 years SGA Anniversary Meeting, A.A. Balkema Publ. Rotterdam, 841p.

(2) - M. CUNEY, J. LEROY et M. PAGEL

"L'uranium". PUF Edit., Collection "Que sais-je?", n°1070, 128 p.

4 - autres activités

enseignement :

service statutaire (titulaire d'une Prime d'Encadrement Doctoral et de Recherche)

encadrement :

DEA : Laurent Bailly (1990),
Frédéric Pinte (1992)

thèses d'Université : Laurent Bailly (en cours, interrompue pour SN en 1993)
Jean-Bernard Dongfack (début nov. 1992)

habilitation à diriger des recherches : Louis Raimbault (en préparation)

responsabilités administratives :

- Responsable programme de recherche soutenu par le PIRSEM Métallogénie
- Responsable de la filière "Matériaux Naturels Industriels" de l'Université de Nancy 1 et Président du jury de Maîtrise
- Membre des Conseils du Département des Sciences de la Terre, de l'UFR STMP et de la Faculté des Sciences (Université de Nancy 1)
- Membre du Conseil Scientifique de l'Institut Lorrain des Géosciences
- Président de la Commission de Spécialités 35ème section Université de Nancy 1
- Membre du CNU 35ème section

5 - Projets de recherche

1 - comportement des métaux en contexte volcanique avec différents approches :

- minéraux porteurs et fractionnement verre-minéraux
- caractérisation isotopique (isotopes stables) des circulations fluides liées au dépôt des métaux et au développement des altérations
- simulation des échanges eau-roche et contrôle des circulations

2 - démarche comparable en milieu granitique, en particulier pour des métaux dits "de haute technologie" (Nb, Ta, Be, Li), les cibles retenues étant les massifs de Blond et de Montebas dans le Massif Central français. Ces travaux ont débuté en 1992, en collaboration avec Cl. Gagny (JE DRED), B. Charoy (ENSG-CRPG Nancy), M. Cuney (CREGU Nancy), L. Raimbault (EM Paris), dans le cadre d'un programme soutenu par le PIRSEM Métallogénie, programme dont j'ai la responsabilité.

Fiche individuelle - Claudine MENDOUSSE**1-Bilan de l'activité de recherche 1989-1992**

Les axes sur lesquels je travaille sont :

- la potentialité métallogénique des magmas, et en particulier des magmatismes associés aux minéralisations sulfurées dans différents contextes géodynamiques .

- les mécanismes d' extraction et de dépôt du stock-métal d'un magma porteur en insistant sur le rôle des fluides hydrothermaux dans la concentration des minéralisations polymétalliques, et sur l'importance de l'ouverture des caisses filoniennes .

1989-1990

1) Poursuite de l'étude des minéralisations sulfurées des massifs de Ras Tarf et d'Amjar (Rif Oriental, Maroc).

Suite à un rapport sur la nature, la distribution des altérations hydrothermales en liaison avec les minéralisations de Ras Tarf (BRPM-Rabat, 33p - 11/1988), j'ai effectué en Juin 1989 une mission de 15 jours sur le terrain, au cours de laquelle j'ai terminé l'étude du Massif de Ras Tarf . Dans le cadre de ma thèse d'état, j'ai étudié pour comparaison d'autres minéralisations sulfurées associées au même type de volcanisme : Massif de l'Amjar . Mon effort a porté sur l'analyse du contrôle structural des filons minéralisés et des édifices volcaniques, sur la distribution des altérations hydrothermales liées aux minéralisations sulfurées, qui se mettent en place en milieu continental, et l'échantillonnage des différentes unités volcaniques, pour préciser les caractéristiques pétrologiques des roches sources.

2) Comportement des terres rares, des éléments majeurs lors des altérations hydrothermales associées aux amas sulfurés : gisement de l' Oued El Kebir et gisement de Bou Soufa (Petite Kabylie- Algérie).

Les compléments analytiques réalisés (terres rares, majeurs et traces, microsonde) m'ont permis d'établir la mobilité et le fractionnement des terres rares au cours de phases d'altérations hydrothermales précédant et accompagnant le piègeage des métaux. Ces résultats ont été présentés à l'EUG VI (Mars 1991) .

3) Etude de minéralisations sulfurées associées à des roches volcaniques précambriennes et paléozoïques.

La collaboration avec J.P. Sagon (Paris VI), s'est prolongée afin de poursuivre les recherches entreprises dans le cadre des deux thèses soutenues en Juin 1988. Deux communications ont été présentées au Colloque de Géologie Franco-Marocaine, Strasbourg -Avril 1989.

Rédaction d'un article avec J.P. Sagon : "Eléments en traces dans les sulfures de quelques gîtes polymétalliques des Jebilet, du Haut-Atlas et de l'Anti-Atlas (Maroc)" .

1991-1992

1) Dans le cadre de ma thèse d'état et des objectifs de la JE-DRED, j'ai effectué des bilans chimiques concernant le lessivage et la concentration des métaux dans les gisements de type hydrothermaux sous-marins de l'Oued El Kebir et de Bou Soufa (Algérie). Ces données présentées au congrès de la SGA-1991 (Nancy) sont consignées dans un résumé-étendu (4p).

D'après l'étude des paragenèses et des minerais, les minéraux ne syncristallisent pas à l'équilibre dans ces environnements, obstacle à l'utilisation des géothermomètres classiques ; aussi je me suis initiée à l'étude des inclusions fluides au CREGU. Dans le Laboratoire de M. le Professeur J. Leroy , j'ai acquis des données sur la nature des fluides et sur les températures minimales de piègeage des minéralisations sulfurées . Associés à l'étude du contrôle structural des paragenèses, ces données permettent de préciser les conditions PTX d'extraction et de dépôt des métaux. L'exploitation de ces résultats fait l'objet d'un résumé-étendu intitulé "Miocene volcanogenic massive sulfide Pb-Zn-Cu-Au bearing deposits in the continental margin of Maghrebides" , déposé en mars 1993 (SGA-1993, Grenade).

2) Sur le thème de la fracturation et de la concentration des métaux, j'ai participé à l'encadrement de M. Gharrabi, inscrit en DEA (1991) sous la direction de M. le Professeur Cl. Gagny -Laboratoire de Pétrologie Structurale et Métallogénie. Sujet : " Gîtologie des gisements à fluorine-barytine du district du Val d'Ajol et de Maxomchamp (Vosges méridionales)" .

3) Une demande d'Action intégrée initiée par le Laboratoire de Métallogénie de la Faculté des Sciences de Marrakech en collaboration avec Sagon J.P. (Paris VI) et moi-même, a été

déposée en 1991 et classée "A-prospective" en 1992 . J'interviendrais sur le thème "Volcanisme et minéralisations sulfurées (Anti-Atlas, Rif oriental-Maroc)."

En collaboration avec J.P. Sagon un article intitulé "Trace elements in gossans ; Importance in geochemical exploration of sulfide deposits (Jebilet, Morocco) .", non -accepté en l'état à Journal of geochemical exploration, a été repris et corrigé .

2- Les publications

Résumés publiés

1989 : (en collaboration avec J.P.Sagon, A. Mouttaqi, A.T. Souaré) - Les éléments en traces des chapeaux de fer de Kettara et d'Oulad Hammida : utilisation dans la prospection géochimique des minéralisations sulfurées (Jebilet, Maroc). Coll. Géol. Franco-Marocaine, Strasbourg, Mai 1989 : 201.

1989 : (en collaboration avec J.P. Sagon, A. Mouttaqi, A. Al Ansari, A. Bouabdellah, A.T. Souaré) - Eléments en traces dans les sulfures de quelques gîtes polymétalliques des Jebilet, du Haut-Atlas et de l'Anti-Atlas (Maroc) . Coll. Géol. Franco-Marocaine, Strasbourg, Mai 1989 : 180 .

1991 : Major and rare -earth element behaviour in hydrothermal alteration of massive sulfide deposits. EUG VI, Strasbourg, Mars 1991 : 413.

Résumé étendu

1991. Mass-transfer during fluid-rock interactions in massive sulfide deposits (rare earth, trace and major elements). 73-76 in Source, Transport and Deposition of Metals, Pagel & Leroy (eds), Balkema, Rotterdam, 341p.

3 - Nombre de publications et de résumés publiés

- Trois résumés et un résumé étendu

4 - Autres activités

L'enseignement réalisé comporte 200 à 220 heures annuelles, avec un congé de maternité et horaire complet en 1989-1990 ; un congé de maladie longue durée et 130 heures effectuées en 1991-1992.

Activités administratives : je suis membre élu du Conseil du Département, j'ai été Secrétaire adjointe au Bureau du Département (1989-1990) et membre de la Commission des Spécialistes -35ème Section (1989 à 1991).

Formation permanente : Stage de communication scientifique et orale en anglais (CUCES-1991).

5 - Projets de recherche

Depuis Décembre 1992, je travaille sous la responsabilité de M. le Professeur J.Leroy, Directeur du Laboratoire "Étude des Systèmes Hydrothermaux" . Mon premier objectif est de rédiger ma thèse d'état portant sur le potentiel métallogénique du magmatisme calco-alcalin néogène de la chaîne alpine du bassin méditerranéen occidental.

**Demande de rattachement de Daniel OHNENSTETTER
au Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques.**

Chercheur (CR1) dépendant de la section 11

Mon rattachement au CRPG devrait permettre de développer des études complémentaires: cristallographiques (au Microscope Electronique à Transmission en collaboration avec William L. Brown), cristallochimiques (à la sonde ionique en collaboration avec Marc Chaussidon) et expérimentales (en collaboration avec Guy Libourel) dans les trois thèmes de recherche dans lesquels j'ai été impliqué durant la période 1989-1992 :

- 1) l'étude des minéralisations platinifères dans des complexes basiques-ultrabasiques du Canada. Ces études ont été financées par les projets PIRSEM "Fractionnement des PGE dans les magmas basiques." et "Fractionnement des PGE dans les complexes basiques-ultrabasiques. Référence particulière à Pt et Rh." (responsable Maryse Ohnenstetter), par la fiche RM 15 du BRGM et par le contrat CEE intitulé "Factors governing concentrations of PGE in layered complexes." (responsable Maryse Ohnenstetter) qui vient de démarrer en janvier 1993.
- 2) l'étude des conditions de cristallisation des magmas boninitiques financée par le contrat DBT "Cristallisation hors équilibre dans les magmas magnésiens" (responsable W.L. Brown).
- 3) l'étude par spectrométrie de cathodoluminescence de zircons naturels et synthétiques dopés en terres rares, financé par le projet DBT "Incorporation et mode de localisation des terres rares dans les zircons et apatites: approche expérimentale et spectroscopique." (responsable Daniel Ohnenstetter).

**PRINCIPAUX RESULTATS SCIENTIFIQUES
OBTENUS DURANT LA PERIODE 1989-1993**

1) Les minéralisations en EGP dans les complexes basiques ultrabasiques du Canada.

Les sills basiques-ultrabasiques associés aux émissions de basaltes tholéitiques de la Fosse du Labrador (Canada) sont datés à 1,9 Ga. Ces magmas seraient issus d'une source mantellique appauvrie, sans contamination crustale importante en ce qui concerne les basaltes ($\epsilon Nd = +4$ et $\mu_1 = 7,9$), alors que les sillons gabbroïques et ultramafiques possèdent des valeurs de ϵNd de $+2,8$ et de μ_1 de $8,03$. Ces différences pourraient s'expliquer soit par une faible contamination crustale, soit par une hétérogénéité mantellique (Rohon *et al.*, accepté au Canadian J. Earth Sci.). Les sills sont minéralisés en Ni (0,84%), Cu (0,55%) et en éléments du groupe du platine (PGE) avec 0,69 g/t de Pd et 0,14 g/t de Pt. Les minéraux du groupe du platine ont été étudiés (Beaudoin *et al.* 1990), et nous avons mis en évidence l'importance de remobilisations hydrothermales pour la précipitation de ces minéraux riches en Pd; par ailleurs lors de cette étude nous avons décrit un nouveau minéral de composition Pd(Sb, Te, Bi), de composition intermédiaire entre sobolevskite (PdBi) - kotulskite Pd(Te, Bi).

Les minéralisations en Ni-Cu et EGP de l'intrusion de Two Duck Lake, situé en bordure du complexe de Coldwell (Ontario), apparaissent principalement dans les zones d'altération. Les minéraux du groupe du platine (PGM) identifiés (de l'ordre d'une trentaine dont trois nouvelles espèces) et permettent de suivre l'évolution des conditions thermodynamiques de ce dépôt. Les arséniures sont formés à de relativement fortes températures ($\sim 800^\circ C$) suivi par la cristallisation de sulfoarséniures, d'antimoniures ($\sim 700^\circ C$), de bismuthures et de tellurures ($500-600^\circ C$). Le stade terminal de la minéralisation est caractérisé par des composés intermétalliques à Pb-Sn-Pd cristallisant vers $\sim 400^\circ C$. Cette étude a mis en évidence l'importance de l'interaction de fluides hydrothermaux de basse température avec les minéraux magmatiques lors de la précipitation des PGM (Watkinson et Ohnenstetter, 1992). Les variations de composition des fluides minéralisants sont attestées par les zonations cryptiques des PGM, ainsi la hollingworthite (RhAsS) présente des variations extrêmes. Le nucléi est riche en Ir et As, les zones de croissance successives sont enrichies en Rh \pm Pt et S; enfin les bordures de certains cristaux peuvent présenter des surcroissances en Os et Ru associés à S. Ce dernier type de substitution

ainsi que l'existence d'une solution solide hollingworthite (RhAsS) - laurite (RuS₂)/erlichmanite (OsS₂) a été mise en évidence pour la première fois (Ohnenstetter *et al.*, 1991).

2) Textures et cinétique de croissance, variations chimiques des minéraux et verres, étude expérimentale et origine des fluides dans des boninites du Pacifique ouest (Nouvelle Calédonie, Papouasie-Nouvelle Guinée, arc des Mariannes et îles Bonins).

Les boninites sont des roches volcaniques vitrophyriques caractérisées par d'abondants phénocristaux très magnésiens (protoenstatite et/ou orthopyroxène, parfois olivine) avec des textures de trempe exceptionnelles et par du verre frais. Nous proposons une classification normative sur la base des composants feldspathiques et pyroxénitiques (Ohnenstetter et Brown, manuscrit). Une boninite provenant d'un filon de Nouvelle Calédonie (Ohnenstetter et Brown, 1992) de composition andésitique (CaO/Al₂O₃ = 0,4; Mg# = 0,78, avec de fortes valeurs normatives de quartz, d'hypersthène et de plagioclase), est composée de 50% de verre dacitique très frais (Mg# = 0,15, quartz et plagioclase normatifs avec des teneurs en eau de ~5,6%). Les minéraux sont souvent squelettiques et zonés, parfois de façon oscillatoire. La cristallisation précoce de phénocristaux de protoenstatite (inversée en clinoenstatite maclée) et de microcristaux de spinelle chromifère est suivie par des microphénocristaux avec des zonations oscillatoires complexes d'orthoénstatite et des surcroissances de pigeonite, d'augite et d'amphiboles. Le Mg# de la clinoenstatite varie de 0,95 (clinoenstatite s.l.) à 0,68 (clinohypersthène), et représente de loin la plus grande variation connue. La concentration des éléments mineurs varie avec l'étape de cristallisation. On peut lier ces étapes à des variations de la vitesse de refroidissement due à des événements tels que le séjour du magma dans une chambre près de la surface (croissance de protoenstatite), la remontée et la mise en place dans le filon (fracturation des protoenstatites et croissance des microphénocristaux et microlites).

Nous avons entrepris une étude (Brown et Ohnenstetter, en cours de rédaction) de différentes boninites de Nouvelle Calédonie (CaO/Al₂O₃ ~0,40-0,45), de Papouasie-Nouvelle Guinée (CaO/Al₂O₃ ~0,55), de l'arc des Mariannes (CaO/Al₂O₃ ~0,50-0,60) et des îles Bonins (CaO/Al₂O₃ ~0,75-0,80). Certaines boninites (Nouvelle Calédonie et îles Bonins) comportent de l'olivine squelettique (Fo > 90%) légèrement corrodée. Un pyroxène pauvre en Ca, avec de la pigeonite et de l'augite en surcroissance, est la phase principale des phénocristaux. L'ordre de cristallisation des pyroxènes pauvres en Ca varie en fonction du rapport CaO/Al₂O₃ de la roche. Pour des faibles valeurs du rapport CaO/Al₂O₃, la protoenstatite cristallise avant l'orthoénstatite, cette dernière se trouvant en surcroissance sur la première (Nouvelle Calédonie), tandis que dans les roches où ce rapport est plus élevé, les relations sont inversées (Papouasie-Nouvelle Guinée).

3) Incorporation de terres rares dans les zircons.

Les zircons sont des minéraux ubiquistes susceptibles d'incorporer non seulement de l'yttrium et des lanthanides, mais également des actinides, du phosphore, du plomb, etc. Ils présentent par ailleurs des spectres de cathodoluminescence (CL) complexes; sur cette base, l'existence de deux populations principales de zircons provenant de roches d'origines différentes a été mise en évidence: la première présente une large bande d'émission avec un maximum dans le bleu et à laquelle se superposent les raies du dysprosium, la seconde population montre une large bande d'émission dans le bleu-vert et dont l'origine n'est pas encore très claire (Ohnenstetter *et al.*, 1991; Rémond *et al.*, 1992). Afin d'interpréter ces émissions de CL, des synthèses de zircons dopés par une ou plusieurs terres rares ont été entreprises à l'ESEM en collaboration avec F. Cesbron (Cesbron *et al.* 1993). Après observation qualitative de la couleur avec un microscope équipé d'un canon électronique à cathode froide Technosyn (Rémond *et al.*, 1992), les cristaux ont été étudiés à température ambiante et à basse température (proche de celle de l'azote liquide) avec un spectromètre de cathodoluminescence mis au point sur le microscope électronique à balayage Jeol JSM 840A de l'Université P. et M. Curie (Ph. Blanc *et al.*, 1992). En particulier un miroir ellipsoïdal, des porte-échantillons orientables et une platine réfrigérante ont été spécialement conçus et construits.

Des cristaux purs puis dopés en Y (avec ou sans phosphore accompagnateur), Dy, Sm, Tb, Er, Nd, Ho, Eu, Y+Dy ont déjà été synthétisés et analysés à la microsonde électronique, certains de ces éléments pouvant être incorporés jusqu'à concurrence de 0,5 % en poids d'oxyde. Les spectres de CL de ces cristaux ont été enregistrés de 200 à 900 nm et comparés avec des

spectres de zircons naturels. En particulier, les spectres de CL des zircons synthétiques dopés en Dy et en Sm présentent des spectres de raies caractéristiques de ces terres rares. De plus, lors de l'acquisition de ces spectres, il est apparu que l'intensité et la forme de la bande d'émission intrinsèque varient en fonction de la température, de l'orientation du cristal, de la nature des dopants introduits, du courant de sonde et de la tension d'accélération. Ces modifications pourraient être liées aux excitons associés aux défauts introduits par la rupture des différentes liaisons sous le faisceau électronique.

PROGRAMME DE RECHERCHES

Dans le cadre de mon rattachement au CRPG, je compte développer:

1) les modèles de genèse des minéralisations platinifères riches en alliages, associées à la chromite et des minéralisations riches en arséniures, tellurures et antimoniures. Ce thème s'inscrit dans le cadre du contrat CEE (EC project P-5793, contract number 205673) : "New EXploration methods for Platinum and Rhodium deposits Poor In base Metal Sulphides." (Maryse Ohnenstetter, project coordinator) qui a débuté en janvier 1993 et qui doit s'achever en décembre 1995. Les études portent sur trois cibles basiques-ultrabasiques minéralisées: Lavatrafo (Madagascar), Tropoja (Albanie), et Fifield (Australie). Les études pétrologiques de ces différents complexes seront entreprises afin de comprendre la genèse des minéralisations en PGE dans différents environnements géotectoniques : intrusions en base de croûte continentale dans le faciès granulite, dans les ophiolites et dans les complexes alaskéens.

2) effectuer avec G. Libourel des expérimentations sur les fours à atmosphère contrôlée de façon à déterminer, dans un premier stade, le diagramme de phases des magmas boninitiques, puis d'essayer de reproduire dans un deuxième stade, les textures de cristallisation. Ces expériences seront conduites dans un premier temps à 1 atm. Dans les expériences prévues pour étudier les relations de phases, on fera varier la fugacité d'oxygène de 10^{-7} à 10^{-14} à différentes températures (1100-1300°C). Ensuite, des expériences de cristallisation dynamique seront entreprises. Pour une fO_2 donnée, on étudiera la minéralogie et les textures obtenues en fonction des taux de refroidissement. Il est prévu de faire des expériences à proximité du solidus pour tester l'hypothèse de l'apparition du plagioclase pour des taux de cristallisation élevés.

Les textures et microstructures des boninites seront étudiées, en collaboration avec W.L. Brown, aux microscopes électroniques à balayage et à transmission. Au microscope électronique à transmission, l'observation des transformations de phases et des exsolutions subsolidus des pyroxènes permettront d'apprécier les températures de trempe et les conditions de refroidissement des magmas boninitiques. Dans la boninite de Nouvelle Calédonie, différents types de microstructures ont été mises en évidence dans ces pyroxènes : macles dans la clinoenstatite, défauts d'empilement dans l'enstatite, domaines d'antiphases et d'exsolutions dans les pigeonites. L'effet de la croissance en déséquilibre sur la valeur des coefficients de partage des éléments de transition et des terres rares entre minéraux et verres sera appréciée par la mise en oeuvre des microsondes électroniques et ioniques. Les teneurs en eau des verres interstitiels et des verres inclus dans les minéraux seront déterminées à l'aide de la sonde ionique en collaboration avec M. Chaussidon. L'étude des isotopes stables d'oxygène et d'hydrogène sera effectuée en collaboration avec Ch. France-Lanord afin de déterminer l'origine des fluides.

3) synthétiser des zircons dopés avec la gamme complète des terres rares, en collaboration avec F. Cesbron de l'ESEM. Ces expériences vont se poursuivre en particulier avec d'autres flux et en introduisant des paires de terres rares pour étudier le rôle possible des activateurs, ainsi que des actinides. Au CRPG, je compte faire des synthèses de zircon sous différentes fugacités d'oxygène afin de pouvoir évaluer les états de valence de certaines terres rares (Ce, Eu) dans des conditions plus ou moins oxydantes. Ces zircons seront analysés par CL et par sonde ionique. Les zircons synthétisés serviront de standards pour les sondes électroniques et ioniques, et permettront de mieux comprendre les phénomènes de zonations, de dissolution et

de recristallisations que l'on observe fréquemment dans les zircons naturels. Ces études seront menées en collaboration avec P. Barbey et J.M. Bertrand.

4) développer un nouveau thème en collaboration avec W.L. Brown, Ch. Moreau (Université de Clermont Ferrand) et D. Demaiffe (ULB de Bruxelles) sur la pétrologie et les phénomènes accumulatifs dans les chambres magmatiques anorogéniques de l'Aïr.

PUBLICATIONS A

1990

BEAUDOIN G., LAURENT R., OHNENSTETTER D. (1990) First report of platinum group minerals at Blue Lake, Labrador Trough, Quebec. Canad. Mineral., 28, 409-418.

OHNENSTETTER M., BECHON F., OHNENSTETTER D. (1990) Geochemistry and mineralogy of lavas from the Arakapas fault belt, Cyprus: consequences for magma chamber evolution. Mineral. Petrol., 41, 105-124

1991

OHNENSTETTER D., WATKINSON D.H., DAHL R. (1991) Zoned hollingworthite from the Two Duck Lake intrusion, Coldwell complex, Ontario. Amer. Min., 76, 1694-1700.

1992

OHNENSTETTER D., BROWN W.L. (1992) Overgrowth textures, disequilibrium zoning and cooling history of a glassy four-pyroxene boninite dyke from New Caledonia. J. Petrol., 33, 231-271.

WATKINSON D.H., OHNENSTETTER D. (1992) Hydrothermal origin of platinum-group mineralization in the Two Duck Lake intrusion, Coldwell complex, northwestern Ontario. Canad. Mineral., 30, 121-136

OHNENSTETTER D., PIANTONE P. (1992) Pyrochlore-group mineral in the Beauvoir peraluminous leucogranite, Massif Central, France. Canad. Mineral., 30, 771-784.

REMOND G., CESBRON F., CHAPOULIE R., OHNENSTETTER D., ROQUES-CARMES C., SCHVOERER M. (1992) Cathodoluminescence applied to the microcharacterization of mineral materials: a present status in experimentation and interpretation. Scanning Microscopy, 6, 23-68.

1993

ROHON M.L., VIALETTE Y., CLARK T., ROGER G., OHNENSTETTER D., VIDAL Ph. (1993) Apebian mafic-ultramafic magmatism in the Labrador Trough (New Québec) : age and nature of the mantle source. Can. J. Earth Sci., accepté

PUBLICATIONS AF

1989

LAROUSSI A., MOELO Y., OHNENSTETTER D., GINDEROW D. (1989) Argent et thallium dans les sulfosels de la série de la sartorite (Gisement de Lengenbach, vallée de Binn, Suisse). C.R.Acad. Sci. Paris, série II, 308, 927-933.

1991

OHNENSTETTER D., CESBRON F., REMOND G., CARUBA R., CLAUDE J.M. (1991) Emissions de cathodoluminescence de deux populations de zircons naturels: tentative d'interprétation. C.R. Acad. Sci. Paris, 313, 641-647.

1993

CESBRON F., OHNENSTETTER D., BLANC Ph., ROUER O., SICHER M.C. (1993) Incorporation de terres rares dans des zircons de synthèse: étude par cathodoluminescence. C.R. Acad. Sci. Paris, 316, 1231-1238

PUBLICATIONS B

BAUMER A., OHNENSTETTER D., LAPRAZ D. (1990) Incorporation of samarium in synthetic hydrothermal fluorite. N. Jb. Miner. Mh., 10, 449-461.

PUBLICATIONS C

1990

OHNENSTETTER D. (1990) Minéralisations associées aux complexes mafiques - ultramafiques en domaine océanique et continental. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Université de Nancy I, 637p.

1991

BLANC A., CABY R., CARUBA Ch., CARUBA R., OHNENSTETTER D. (1991) Les complexes annulaires: l'exemple mauritanien de Bou Naga. Pétrologie, géochimie et géodynamique. in Géologie de la Mauritanie R. CARUBA et R. DARS eds., 39-54.

CARUBA R., BAUMER A., BLANC A., CARUBA Ch., KANE M., LO K., OHNENSTETTER D., OULD SOUELM M., TOUTIN-MORIN N. (1991). Métallogénie en Mauritanie. in Géologie de la Mauritanie R. CARUBA et R. DARS eds., 235-256.

COMMUNICATIONS ET RESUMES PUBLIES

1989

OHNENSTETTER D., BROWN W.L. (1989) Overgrowth textures and disequilibrium zoning in a glassy four-pyroxene boninite. EUG V, Strasbourg 20-23 march 1989, Terra abstracts, 1, 1, p. 276

OHNENSTETTER D., BROWN W.L. (1989) Disequilibrium crystallization in a boninite from New Caledonia. GAC-MAC Montréal 15-17 may 1989, Program with abstracts A22-A23

OHNENSTETTER D., DAHL R., WATKINSON D.H. (1989) Hollingworthite zoning from the Two Duke Lake, Coldwell complex, Ontario. GAC-MAC Montréal 15-17 may 1989, Program with abstracts A-70

OHNENSTETTER D., PIANTONE P. (1989) Substitutions in the columbite-tantalite and pyrochlore groups from the Beauvoir granite, French Massif Central. GAC-MAC Montréal 15-17 may 1989, Program with abstracts A-97

OHNENSTETTER D., REMOND G., CLAUDE J.M., CARUBA R., CESBRON F. (1989) Hour-glass structures in zircons from Corsican ophiolitic albitite. GAC-MAC Montréal 15-17 may 1989, Program with Abstracts A-73

JOHAN Z., OHNENSTETTER D., NALDRETT A. (1989) Platinum-group minerals and associated oxides and base metal sulphides of the Main Sulphide Zone, Great Dyke, Zimbabwe. 5th International Platinum Symposium, Espoo, Finland 1-3 August 1989, Bull. Geol. Soc. Finland, 61, p. 53-54

OHNENSTETTER D., WATKINSON D.H., DAHL R. (1989) Platinum group minerals from the Two Duck Lake intrusion, Coldwell complex, Canada. 5th International Platinum Symposium, Espoo, Finland 1-3 August 1989, Bull. Geol. Soc. Finland, 61, p. 28

BAUMER A., CARUBA R., IACCONI P., LAPRAZ D., OHNENSTETTER D. (1989) Synthèse hydrothermale de Cl-apatites dopées à l'euporium: résultats et discussion. Table ronde "Cristallochimie des terres rares", Paris 19 octobre 1989, Bull. liaison SFMC 1989, 1/5, p.123

OHNENSTETTER D., BAUMER A., LAPRAZ D. (1989) Recherches des mécanismes d'incorporation des TR dans les fluorites de synthèse hydrothermale. Table ronde "Cristallochimie des terres rares", Paris 19 octobre 1989, Bull. liaison SFMC 1989, 1/5, p.123

OUGANDAGA M., PIANTONE P., PILLARD F., OHNENSTETTER D., LAVAL M., JOHAN V. (1989) Variations géochimiques et minéralogiques du pyrochlore dans l'altérite de

la carbonatite de Mabounié (Moyen Ogoûé, Gabon). Réunion spécialisée SFMC "Systématique des Minéraux". Paris 23 Nov.1989, Bull. liaison SFMC 1990, 2/1, p.51

1990

REMOND G., OHNENSTETTER D., CLAUDE J.M., CARUBA R., ROQUES-CARMES C. (1990) Cathodoluminescence of minerals with particular analysis of rare-earth elements bearing crystals. Scanning 90, 17-20 avril 1990 Arlington Va 22102 USA.

BROWN W.L., OHNENSTETTER D. (1990) Textures de croissance et de surcroissance et variations de compositions des minéraux dans différentes boninites. Journées de la SFMC Rennes 5-7 septembre 1990

OHNENSTETTER D., BROWN W.L. (1990) Variations des compositions des verres interstitiels et inclus dans les minéraux des boninites. Journées de la SFMC Rennes 5-7 septembre 1990

SOUELIM M., OHNENSTETTER D., CARUBA R. (1990) Les chromitites liées aux ophiolites du GUIDimaka (Mauritanie). 15th Colloquium on African Geology, Nancy 10-13 septembre 1990

1991

NEZIRAJ A., KARAJ N., OHNENSTETTER M., OHNENSTETTER D. (1991) Quelques données préliminaires sur la pétrologie et la métallogénie des massifs ophiolitiques de Bulqiza et de Tropoja (Albanie). Principaux résultats scientifiques et techniques BRGM 1989, R 2631, 175-177

OHNENSTETTER M., OHNENSTETTER D., JOHAN Z. (1991) Classification des complexes mafiques-ultramafiques. Son incidence sur la nature et la répartition des minéralisations en PGE (éléments du groupe du platine) associées. Principaux résultats scientifiques et techniques BRGM 1989, R 2629, 171-173

BROWN W.L., OHNENSTETTER D. (1991) Order of crystallization, resorption and epitaxial overgrowth in boninites. EUG VI, Strasbourg 24-28 march 1991, Terra abstracts 3, 420

CARUBA R., BAUMER A., PASQUI D., OHNENSTETTER D. (1991) The synthesis of molybdenum-doped zircons. EUG VI, Strasbourg 24-28 march 1991, Terra abstracts 3, 405

JAMBON A., OHNENSTETTER D. (1991) Diffusion of Cr₂O₃ in a basaltic melt: preliminary results. EUG VI, Strasbourg 24-28 march 1991, Terra abstracts 3, 422

WATKINSON D.H., OHNENSTETTER D., DAHL R. (1991) Platinum-group mineralization in gabbroic rocks, Two-Duck-Lake intrusion, Coldwell complex, Canada. EUG VI, Strasbourg 24-28 march 1991 Terra abstracts 3, 109

BAUMER A., OHNENSTETTER D., PASQUI D., CARUBA R. (1991) Incorporation of trace elements in synthetic hydrothermal chlorapatites. ERCOFI XI, 10-12 Avril Florence Plinius, 5, 17-18

PASQUI D., BAUMER A., OHNENSTETTER D., CARUBA R. (1991) Arc related plutons in the Luzon central cordillera (Philippines): relationships between associated Cu-mineralization and halogen content of apatite. ERCOFI XI, 10-12 Avril Florence, Plinius, 5, 169-170

REMOND G., CESBRON F., CHAPOULIE R., OHNENSTETTER D., ROQUES-CARMES C., SCHVOERER M. (1991) Cathodoluminescence in geosciences: a review. Scanning Microscopy, 4-9 May 1991, Bethesda, Md, USA

OHNENSTETTER D., OHNENSTETTER M., M. GLAUSER, F. SCHAUFELBERGER (1991) First occurrence of alluvial sperrylite in the Swiss Alps: comparison with others PGM mineralisation of the Alps. 6th International Platinum Symposium Perth 8th-11th July 1991, Programme and abstracts, 40

OHNENSTETTER D., WATKINSON D.H. (1991) Platinum-group mineralogy in Cu-rich sulfides, Coldwell complex, northwestern Ontario, Canada. 6th International Platinum Symposium Perth 8th-11th July 1991, Programme and abstracts, 40

1992

BLANC Ph., CESBRON F., OHNENSTETTER D., REMOND G., ROUER O. (1992) Etude de zircons naturels par cathodoluminescence à basse température. Séminaire "Zircon: morphologie et structure interne" Vandoeuvre-les-Nancy 13 mars 1992.

REMOND G., CESBRON F., CHAPOULIE R., OHNENSTETTER D., ROQUES-CARMES C., SCHVOERER M. (1992) Microcaractérisation des matériaux minéraux par microscopie et spectroscopie de cathodoluminescence: exemple d'application à l'étude du zircon ($ZrSiO_4$). Séminaire "Zircon: morphologie et structure interne" Vandoeuvre-les-Nancy 13 mars 1992.

OHNENSTETTER D., WATKINSON D.H. (1992) The significance of the Atokite (Pd_3Sn) - zvyaginstevite (Pd_3Pb) solid-solution in the PGM and Cu sulfide-rich deposit of the Two Duck Lake intrusion, Coldwell complex, Ontario. GAC-MAC Wolfville, 25-27 may 1992, A85.

BROWN W.L., RITZ M., MOREAU C., OHNENSTETTER D. (1992) The Meugueur-Meuguer ring structure, Aïr, Niger: ring dyke or cone sheet? Réunion, IGCP Anorthosite, Norvège 1-6 juin 1992

BAUMER A., OHNENSTETTER D., GANTEAUME M., CARUBA C., LO K., MARQUES A.N.Jr. (1992) Variations du nombre de fluor dans les carbonate-fluorapatites sédimentaires: rôle des substitutions $PO_4^{3-} \square CO_3^{2-}$. Réunion SFMC, Orléans 7-9 septembre 1992.

OHNENSTETTER D., BROWN W.L., MOREAU C., DEMAIFFE D., GOGHROD H., RITZ M. (1992) Structures internes et données minéralogiques di cone sheet du Meugueur-Meuguer, Aïr, Niger. Réunion SFMC, Orléans 7-9 septembre 1992.

OHNENSTETTER D., WATKINSON D.H. (1992) Evolution paragénetique des minéraux du groupe du platine dans l'intrusion gabbroïque de Two Duck Lake, complexe de Coldwell, (Ontario, Canada). Réunion SFMC, Orléans 7-9 septembre 1992.

1993

CESBRON F., OHNENSTETTER D., BLANC Ph., ROUER O., REMOND G., SICHERE M.C. (1993) Incorporation of rare-earth elements in synthetic zircons: a cathodoluminescence study. Mineralogical Society of Great Britain and Ireland, The National History Museum, London; IGCP project 282, IGCP project 314 Rare Earths Minerals: Chemistry, Origin and Ore Deposits, 1-2 April 1993 London, 25-26

BROWN W.L., OHNENSTETTER D. (1993) Water in boninitic glasses from the Western Pacific. EUG VII, Strasbourg 4-8 april 1993. Terra Abstracts, 5, 1, 578

CESBRON F., OHNENSTETTER D., BLANC Ph., ROUER O., REMOND G., SICHERE M.C. (1993) Incorporation of rare-earth elements in synthetic zircons: a cathodoluminescence study. EUG VII, Strasbourg 4-8 april 1993. Terra Abstracts, 5, 1, 515

OHNENSTETTER D., BROWN W.L., MOREAU C., DEMAIFFE D., RITZ M. (1993) Subsurface geometry and petrology of rhe Meugueur-Meuguer ring structure, Aïr, Niger. EUG VII, Strasbourg 4-8 april 1993. Terra Abstracts, 5, 1, 67-68

ENCADREMENT DE THESES

SOUELIM Moktar (1990) "Les roches mafiques et ultramafiques du Guidimaka (Mauritanie) et les gisements de Chromite associés." Thèse de l'Université de Nice, Jury: R. CARUBA président, R. DARS et D. OHNENSTETTER rapporteurs, G. ROCCI, Ch. CARUBA et A. LEPAGE examinateurs, D. WATKINSON et OULD SALEH invités.

KARAJ Nuredin (1992) "Répartition des platinoïdes, chromites et sulfures dans le massif de Bulqiza, Albanie. Incidence sur les processus métallogéniques dans les ophiolites." Thèse de l'Université d'Orléans, Jury: F. CESBRON président, A. CINA et D. WATKINSON rapporteurs, J. BEBIEN, Z. JOHAN et D. OHNENSTETTER examinateurs, M. OHNENSTETTER directeur de thèse.

NEZIRAJ Adil (1992) "Etude pétrologique et métallogénique du massif ophiolitique de Tropoja, Albanie. Référence particulière aux gisements de chromite et éléments du groupe du platine." Thèse de l'Université d'Orléans, Jury: J. CHARVET président, A. CINA et J.

BEBIEN rapporteurs, Z. JOHAN, D. OHNENSTETTER et D. WATKINSON
examineurs, M. OHNENSTETTER directeur de thèse.

4 PUBLICATIONS SIGNIFICATIVES (PÉRIODE 89-92)

OHNENSTETTER D., BROWN W.L. (1992) Overgrowth textures, disequilibrium zoning and cooling history of a glassy four-pyroxene boninite dyke from New Caledonia. J. Petrol., 33, 231-271.

OHNENSTETTER D., WATKINSON D.H., DAHL R. (1991) Zoned hollingworthite from the Two Duck Lake intrusion, Coldwell complex, Ontario. Amer. Min., 76, 1694-1700.

OHNENSTETTER D., PIANTONE P. (1992) Pyrochlore-group mineral in the Beauvoir peraluminous leucogranite, Massif Central, France. Canad. Mineral., 30, 771-784.

REMOND G., CESBRON F., CHAPOULIE R., OHNENSTETTER D., ROQUES-CARMES C., SCHVOERER M. (1992) Cathodoluminescence applied to the microcharacterization of mineral materials: a present status in experimentation and interpretation. Scanning Microscopy, 6, 23-68.

Demande de rattachement de Maryse OHNENSTETTER
au Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques.
 Chercheur (CR1) dépendant de la section 11

Mon rattachement au CRPG devrait permettre de développer des études amont sur la pétrologie des complexes basiques-ultrabasiques et de leurs minéralisations associées. Ces études à moyen terme s'inscrivent dans le cadre du contrat CEE intitulé "Factors governing concentrations of PGE in layered complexes" que j'anime et qui vient de démarrer en janvier 1993. Le but en est de déterminer les mécanismes de concentration des éléments du groupe du platine (EPG) dans des intrusions pauvres en sulfures de métaux de base. Pour cela il importe de connaître, au moyen d'une approche pluridisciplinaire, les concentrations de EPG et leur encaissant, et de déterminer les mécanismes de fractionnement dans les bains silicatés et le système minéralisant associé.

Je m'occuperai plus particulièrement de la partie pétrologie en utilisant le potentiel technique sur Nancy et en développant des collaborations avec les chercheurs plus spécialement concernés par l'étude des roches basiques-ultrabasiques. En particulier, le contrat CEE prévoit d'étudier à la sonde ionique, en collaboration avec Marc Chaussidon, le partage des PGE entre magma, sulfures de métaux de base et minéraux du groupe du platine (MGP), et de développer, en collaboration avec Guy Libourel, des expériences sur la solubilité des EGP et autres métaux utiles dans les magmas basiques.

**PRINCIPAUX RESULTATS SCIENTIFIQUES
OBTENUS DURANT LA PERIODE 1989-1993**

Durant ces dernières années, dans le cadre du GDR d'Orléans, je me suis tournée vers l'étude des concentrations d'éléments du groupe du platine dans différents complexes basiques-ultrabasiques pour déterminer les processus métallogéniques responsables de ces minéralisations (en collaboration avec Z. Johan).

Il est couramment admis que les EGP sont collectés dans une matte sulfurée immiscible pendant le fractionnement d'un magma silicaté au sein d'une chambre magmatique. Les MGP responsables des anomalies en EGP proviendraient d'exsolutions issues de sulfures de métaux de base (FeS , $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$, FeCuS_2) lors de réactions subsolidus ou métasomatiques.

L'étude des minéralisations entreprises dans les complexes alaskéens, les ophiolites, les complexes rubanés et les placers a permis de dégager trois types de minéralisation en PGE. Le modèle unitaire décrit plus haut ne peut s'appliquer qu'au premier d'entre eux.

En effet, le premier type de minéralisation comprend des MGP associés à des sulfures de métaux de base dont les concentrations sont actuellement exploitées dans les lopolites. Le rapport Pt/Pd y est inférieur à 1. On a également décrit ce type de minéralisation dans les ophiolites d'Albanie où plusieurs niveaux enrichis en (Pt+Pd) ont été découverts (3). Le niveau supérieur (n°3), (Pt+Pd) jusqu'à 9g/t (Pt/Pd <1), est situé dans des dunites enrichies en sulfures disséminés.

Dans la pile ophiolitique, un fractionnement des EGP a été mis en évidence du niveau 1 au niveau 3, en parallèle à l'évolution magmatique du manteau aux cumulats.

Le second type de minéralisation comporte des alliages riches en Pt et Fe (isoferroplatine: Pt_3Fe), le plus souvent associés à des chromites. Le rapport Pt/Pd est supérieur à 1. C'est le cas dans les ophiolites, jusque là peu réputées pour leur potentiel platinifère, où des teneurs atteignant 8,4 g/t de (Pt+Pd) ont été découvertes dans les cumulats du massif de Tropoja, Albanie (Pt/Pd jusqu'à 60). Dans ce cas, les concentrations d'EGP sont associées à des chromitites disséminées, souvent sécantes par rapport à l'interface des zones de dunite et de pyroxénite. De même, dans les complexes alaskéens, les isoferroplatines des placers proviennent du démantèlement de niveaux minéralisés riches en chromite. L'étendue des solutions solides de Ru, Ir, Os et Rh dans les isoferroplatines et celle de Pt et Fe dans les alliages de Ru, Ir, Os et Rh qui leur sont associés ont permis de calibrer un géothermomètre

(Slansky et al., 1991). La température de mise en place de ces minéralisations est comprise entre 900°C et 700°C.

Le troisième type de minéralisation est constitué de PGM: arséniures, antimoniures et tellurures, qui ne sont associés ni à de la chromite, ni à des sulfures de métaux de base visibles à l'œil nu. Ce type de minéralisation a été défini dans les complexes alaskéens (1) ainsi qu'à Madagascar où des corps minéralisés, aux teneurs sub-économiques [(Pt+Pd)≈8.3g/t], ont été découverts dans des complexes de taille limitée, liés à un rifting pan-africain (travaux en cours). Le rapport Pt/Pd, variable, est souvent voisin de 1 comme à Madagascar.

Dans les complexes alaskéens, la minéralisation en PGE est liée à un métasomatisme tardif de basses températures impliquant As et Sb (500°C). A Madagascar, la minéralisation est de plus hautes températures et liée à l'évolution du matériel intercumulus (≈800°C). Elle est caractérisée par la présence d'arséniures de grande taille (40 à 200µm): sperrylite (PtAs₂) et minéraux de composition proche de Pd₂₀As₇ dont la structure reste à déterminer.

Plusieurs modèles gîtologiques doivent être envisagés pour expliquer la formation des différentes minéralisations reconnues. Leur mise en œuvre implique le jeu de nombreux paramètres, dont la température, la pression, les fugacités en soufre et en oxygène, l'activité en As, Sb, Cr... des magmas.

Beaucoup d'éléments d'information restent à acquérir sur le partage des éléments entre magmas et phases solides, ou entre magmas et fluides. Ainsi, les travaux entrepris dans cette direction ont montré que le coefficient de partage de Cr est plus élevé pour le magmatisme ophiolitique de Chypre, voisin de celui d'un arc immature, que pour le magmatisme des dorsales médio-océaniques (2). Ce constat n'est pas sans incidence sur la genèse des concentrations de chromite (et d'EGP associés) dont la présence est restreinte aux ophiolites dont le magmatisme s'apparente à celui des arcs immatures.

Des anomalies en Pt et dans une moindre mesure en Pd ont été mises en évidence dans le manteau lherzolitique des ophiolites de Corse. Les minéraux responsables de ces anomalies (10 espèces minérales identifiées) ont été recherchés, trouvés puis analysés en dépit de leur taille extrêmement réduite, le plus souvent inférieure à 1µm (4). Un modèle gîtologique a été proposé qui implique un fluide résiduel issu du magma percolant dans le manteau. Le dépôt des MGP (alliages et tellurures), à partir de ce fluide réducteur, est tardif et postérieur aux silicates magmatiques ainsi qu'aux sulfures de métaux de base, essentiellement de la pentlandite, dont la température de formation est inférieure à 550°C.

Les processus métallogéniques proposés dans le cas du manteau ophiolitique de Corse illustrent, à petite échelle, ce qui est susceptible de se dérouler dans les grands lopolites avec le dépôt des sulfures, suivi de celui des alliages et/ou des tellurures (arséniures et/ou antimoniures). On peut souligner que ces différents stades minéralisants, soulignés par l'apparition de phases de nature distincte, correspondent peu ou prou aux trois types de minéralisation platinifère définis plus haut.

PROGRAMME DE RECHERCHE

Le programme de recherche découle des travaux et découvertes effectués ces dernières années. Il s'inscrit dans le cadre de contrats en cours (PIRSEM) ou qui viennent d'être acceptés tels celui de la CEE (3ans).

Le programme de recherche envisage de modéliser la formation des concentrations de platine non associées au chromite ou aux sulfures de métaux de base. Une approche pluridisciplinaire sera développée pour caractériser ces concentrations et mettre en évidence d'éventuels halos géochimiques, résidus liés au passage du fluide minéralisant. On déterminera la nature des minéraux porteurs d'EGP et l'évolution de la composition des roches hôtes au passage du niveau minéralisé. Ceci devrait permettre d'obtenir des indications sur les paramètres contrôlant le transport et le dépôt des minéralisations.

Par ailleurs, le programme de recherche envisage de développer des travaux expérimentaux suivant deux directions.

(1) On se propose de déterminer la solubilité du platine dans les magmas, de type boninitique, en fonction de fO_2 , de fS_2 et de l'activité en As. Ceci conduira dans un deuxième temps, une fois la saturation en Pt atteinte, à étudier le partage du platine entre les solides obtenus, a priori des alliages, des sulfures ou des arséniures suivant les expériences effectuées, et le magma silicaté. A l'heure actuelle, il n'est connu, et de façon très approximative, que les coefficients de partage des EGP entre sulfure et magma silicaté, et ceux entre matte sulfurée et alliage (une mesure).

(2) On se propose également d'incorporer des EGP aux sulfures de métaux de base en conditions hydrothermales. Jusqu'à présent, les expériences ont été réalisées à sec et à hautes températures par l'équipe de Makovicky, qui est associée à la nôtre dans le cadre de la CEE. Les résultats préliminaires ont été un succès avec la formation de pyrrhotine rhodifère, $(Fe,Rh)S$, dans le système Fe-Rh-S.

De la comparaison des paragenèses et compositions de minéraux obtenus par expérimentation avec celles issues d'échantillons naturels, le rôle respectif des systèmes orthomagmatiques et hydrothermaux pour le transport et la concentration des EGP pourra être déterminé.

PUBLICATIONS A

1990

OHNENSTETTER M., BECHON F., OHNENSTETTER D. (1990) Geochemistry and mineralogy of lavas from the Arakapas fault belt, Cyprus: consequences for magma chamber evolution. *Mineral. Petrol.*, 41, 105-124.

JOHAN Z., OHNENSTETTER M., FISCHER W., AMOSSE J. (1990) Platinum-group minerals from the Durance river alluvium, France. *Mineral. Petrol.*, 42, 287-306.

1991

SLANSKY E., JOHAN Z., OHNENSTETTER M., BARRON L. and SUPPEL D. (1991) Platinum mineralization in the alaskan-type intrusive complexes near Fifield, N.S.W., Australia. Part II: Platinum group minerals in placer deposits at Fifield. *Mineral. Petrol.* 43, 161-180.

1992

OHNENSTETTER M. (1992) PGE-enriched upper mantle peridotites in Monte Maggiore ophiolites (Corsica, France): mineralogical evidence for ore-fluid metasomatism. *Mineral. and Petrol.*, 46, 85-107

1993

GRAND T., LAPIERRE H., MASCLE GH., OHNENSTETTER M., ANGELIER J. (1993) - Superimposed tectonics of the Cyprus ophiolitic massifs. *Tectonics*, 12, 93-101.

PUBLICATIONS AF

JOHAN Z., SLANSKY E. and OHNENSTETTER M. (1991) Isoferroplatinum nuggets from Milverton (Fifield, N.S.W., Australia): a contribution to the origin of PGE mineralization in Alaskan-type complexes. *C.R.Acad. Sci. Paris*, 312, II, 55-60.

OHNENSTETTER M., KARAJ N., NEZIRAJ A., JOHAN Z. et CINA A. (1991) - Les différents types de minéralisation en PGE des massifs ophiolitiques de Tropoja et de Bulqiza, Albanie: vers une reconnaissance du potentiel platinifère des ophiolites. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, série II, 313, 201-208.

PUBLICATIONS C

POUCLET A. et OHNENSTETTER M. (1990) Petrography and geochemistry of igneous rocks from the Kaiko diving cruise (Japan, 1985). Geochronological implications on

geodynamics. The Japanese Trench - Kaiko program "Nautile" submersible cruise, ed. by IFREMER. Campagnes océanographiques françaises, 10, 145-200.

COMMUNICATIONS ET RESUMES PUBLIES

1990

SLANSKY E., JOHAN Z., BARRON L.M., OHNENSTETTER M., SUPPEL D. (1990) Surface analysis of PGE minerals from Fifield, N.S.W. AXAA-90, Eight Australian Schools and Conference on X-ray Analysis and Surface Analysis. Univ. of Melbourne 11-16 february, 1990.

BARRON L.M., SLANSKY E., SUPPEL D., JOHAN Z., OHNENSTETTER M. (1990) Late- to post-magmatic PGE mineralisation in the Fifield platinum province and the Owendale intrusive complex, NSW. Geol. Soc. of Australia, Tenth Australian Geological Convention, Hobart, Univ. of Tasmania, February 4-9, 1990.

OHNENSTETTER M., JOHAN Z., AUGÉ T., COCHERIE A., LEGENDRE O., MARTEL-JANTIN B., RAKOTOMANANA D. (1990) The West Andriamena complexes in Madagascar: a new type of Pt-Pd mineralization. 15 th Colloquium of African Geology, Nancy 10-13 septembre 1990, p. 218

OHNENSTETTER M., CALVEZ J.Y., JOHAN Z. (1990) Les complexes ultramafiques de la région Ouest Andriamena à Madagascar: mise en évidence d'un rifting pan-africain Principaux résultats scientifiques et techniques BRGM 1989, 163-165.

OHNENSTETTER M., OHNENSTETTER D., JOHAN Z. (1990) Classification des complexes mafiques-ultramafiques sur la nature et la répartition des minéralisations en PGE (éléments du groupe du platine) associées. Principaux résultats scientifiques et techniques BRGM 1989, 171-173.

NEZIRAJ A., KARAJ N., OHNENSTETTER M., OHNENSTETTER D. (1990) Quelques données préliminaires sur la pétrologie et la métallogénie des massifs ophiolitiques de Bulqiza et de Tropoja (Albanie). Principaux résultats scientifiques et techniques BRGM 1989, 175-177.

OHNENSTETTER M., JOHAN Z., AUGÉ T., COCHERIE A., LEGENDRE O., MARTEL-JANTIN B., RAKOTOMANANA D. (1990) Les complexes ultramafiques pan-africains d'Ouest Andriamena à Madagascar: un nouveau type de minéralisation en Pt et Pd. Principaux résultats scientifiques et techniques BRGM 1989, p165-167.

SLANSKY E., JOHAN Z., OHNENSTETTER M., BARRON L.M., SUPPEL D. (1990) Les minéralisations platinifères dans les complexes alaskéens près de Fifield, N.S.W., Australie. Part 2. Les minéraux du groupe du platine dans les placers de Fifield. Principaux résultats scientifiques et techniques BRGM 1989, 174-175

LEGENDRE O., AUGÉ T., OHNENSTETTER M., JOHAN Z. (1990) Les minéraux du groupe du platine du secteur Ouest Andriamena (Madagascar). Principaux résultats scientifiques et techniques BRGM 1989, 168-170.

COCHERIE A., OHNENSTETTER M., AUGÉ T., LEGENDRE O. (1990) Processus magmatiques et minéralisations en platinoïdes: exemple des pyroxénites d'Andriamena (Madagascar). Principaux résultats scientifiques et techniques BRGM 1989, 170-171.

1991

OHNENSTETTER M., CINA A., JOHAN Z., KARAJ N. and NEZIRAJ A. (1991) - PGE mineralization in ophiolitic mantle and cumulates of Albania: preliminary results. EUG VI, Strasbourg 24-28 March, p.108.

OHNENSTETTER M., JOHAN Z., AUGÉ T., CALVEZ J.Y., COCHERIE A., JOHAN V., LEGENDRE O., MARTEL-JANTIN B. and RAKOTOMANANA D. (1991) - An infiltration metasomatism model for Pan-African Pt-Pd mineralization in Madagascar ultramafic complexes. EUG VI, Strasbourg 24-28 March, p.108.

WU X., OHNENSTETTER M. and JOHAN Z. (1991) - Hydrothermal synthesis of rhodium-bearing pyrrhotite and associated rhodium-bearing phases. EUG VI, Strasbourg 24-28 March, p.107.

- CINA A., OHNENSTETTER M., JOHAN Z., KARAJ N. et NEZIRAJ A. (1991) - Les minéralisations en PGE du manteau et des cumulats d'Albanie. Résultats préliminaires. Colloque sur la géologie de l'Albanie, Séance Sp. S.G.F., Paris, 12-13 avril.
- KARAJ N., OHNENSTETTER M. et CINA A. (1991) - Evolution pétrologique et métallogénique de la région nord-ouest du massif ophiolitique de Bulqiza, Albanie. Colloque sur la géologie de l'Albanie, Séance Sp. S.G.F., Paris, 12-13 avril.
- NEZIRAJ A., OHNENSTETTER M. et CINA A. (1991) - Les gisements de chromite et les minéralisations platinifères du massif ophiolitique de Tropoja, Albanie. Colloque sur la géologie de l'Albanie, Séance Sp. S.G.F., Paris, 12-13 avril.
- JOHAN Z., OHNENSTETTER M., SLANSKY E., BARRON L. and SUPPEL D. (1991) - PGE mineralization in the Alasjan-type complexes near Fifield, N.S.W., Australia. IAGOD, 6th Intern. Platinum Symposium, July 8-11, Perth, p.26.
- OHNENSTETTER D., OHNENSTETTER M., GLAUSER M. and SCHAUFELBERGER F. (1991) - First occurrence of alluvial sperrylite in the Swiss Alps: Comparison with others mineralization of the Alps. IAGOD, 6th Intern. Platinum Symposium, July 8-11, Perth. p.40.
- OHNENSTETTER M., CINA A., JOHAN Z., KARAJ N. and NEZIRAJ A. (1991) - PGE mineralization in ophiolitic mantle and cumulates of Albania: preliminary results. IAGOD, 6th Intern. Platinum Symposium, July 8-11, Perth. p. 41.
- OHNENSTETTER M., JOHAN Z., COCHERIE A., EBERLE JM., MARTEL-JANTIN B. and RAKOTOMANANA D. (1991) - An infiltration metasomatism model for a new type of Pt-Pd mineralization in Pan-African ultramafic complexes of Madagascar. IAGOD, 6th Intern. Platinum Symposium, July 8-11, Perth. p.41.
- ORBERGER B. and OHNENSTETTER M. (1991) - Platinum-group elements in the Nan-Uttaradit mafic-ultramafic belt, Northern Thailand.
- YAMAN S. and OHNENSTETTER M. (1991) - Distribution of platinum group elements of chromite deposits within the ultramafic zone of Mersin ophiolite (South Turkey). Abstracts of the Geological Congress of Turkey, Ankara, 4-8 september, p.66.

1992

- OHNENSTETTER M., KARAJ N., NEZIRAJ A., JOHAN Z., CINA A. (1992) Platiniferous potential of ophiolites: four types of platinum group elements (PGE) mineralizations in the ophiolitic complexes of Tropoja and Bulqiza, Albania. GAC-MAC Wolfville 25-27 may 1992, A85
- COCHERIE A., GUERROT C., OHNENSTETTER M., & JOHAN Z. (1992) Age and conditions of emplacement of the West Andriamena pan-african ultramafic complexes in Madagascar: trace element and U-Pb and Nd geochemistry. Goldschmidt Conference, 8-10 may 1992
- JOHAN Z. & OHNENSTETTER M. (1992) - Platinum-group element deposits: the examples of discriminating PGE fractionation. Congrès Géologique International Tokyo.
- OHNENSTETTER M., JOHAN Z. (1992) Inclusions de verre silicate dans les isoferroplatines: leur incidence sur la formation des concentrations de platine et la nature des magmas sources. Journées SFMC Orléans 7-9 septembre 1992
- OHNENSTETTER M., JOHAN Z. (1992) Typologie des gisements de platine dans les complexes rubanés: conséquences sur le développement de la prospection et du traitement des minerais. Journées SFMC Orléans 7-9 septembre 1992
- OHNENSTETTER M., FONTAINE C., JOHAN Z. (1992) Porteurs de palladium dans les complexes ultramafiques minéralisés de West Andriamena, Madagascar. Journées SFMC Orléans 7-9 septembre 1992
- OHNENSTETTER M., FONTAINE C., JOHAN Z. (1992) Etude du concentré lourd du massif de Lavatrafo, région de West Andriamena, Madagascar. Son incidence sur le modèle de mise en place de la minéralisation platinifère. Journées SFMC Orléans 7-9 septembre 1992
- KARAJ N., OHNENSTETTER M. (1992) Répartition des minéralisations et fractionnement en éléments du groupe du platine (EGP) lors de l'évolution magmatique du complexe ophiolitique de Bulqiza, Albanie. Journées SFMC Orléans 7-9 septembre 1992
- NEZIRAJ A., OHNENSTETTER M. (1992) La minéralisation platinifère des cumulats ultrabasiques du massif ophiolitique de Tropoja, Albanie. Journées SFMC Orléans 7-9 septembre 1992

1993

GUERROT C., COCHERIE A., OHNENSTETTER M. (1993) Origin and evolution of the West Andriamena pan-african mafic-ultramafic complexes in Madagascar as shown by U-Pb, Nd isotopes and trace elements constraints. EUG VII, Strasbourg 4-8 april 1993. Terra Abstracts, 5, 1, 387

KARAJ N., OHNENSTETTER M. (1993) Distribution of platinoids, chromites and sulphides in the Bulqiza complex, Albania, and its consequences for metallogenic processes related to ophiolites. EUG VII, Strasbourg 4-8 april 1993. Terra Abstracts, 5, 1, 447-448

NEZIRAJ A., OHNENSTETTER M. (1993) Metallogeny of the Tropoja ophiolitic complex, Albania, especially concerning chromite deposits and platinum group element concentrations. EUG VII, Strasbourg 4-8 april 1993. Terra Abstracts, 5, 1, 449

OHNENSTETTER M., JOHAN Z. (1993) Classification of PGE deposits related to zoned mafic and ultramafic complexes. EUG VII, Strasbourg 4-8 april 1993. Terra Abstracts, 5, 1, 449

ENCADREMENTS DE THESES

CECI E. (1990) "Etudes des possibilités de lixiviation de minerais de platinoïdes à partir de leur caractérisation physico-chimique et de leur comportement vis-à-vis de différents traitements hydrométallurgiques". Thèse de l'Université de Paris VI, Jury: Y. Jeannin (Prés.), J. Lemerle, R. Maury, **M. Ohnenstetter** et P. Ollivier (rapp.), D. Bauer et C. Colin (exam.), A. Marse (Invité).

SINOJMERI A. (1990) "Minéralogie et paragenèses du gisement volcanogène de Munella, Mirdita Central, ophiolites d'Albanie". Thèse de Doctorat de l'Université d'Orléans; Jury: J.C. Touray (Prés.), Z. Johan et F. Tollon, (rapp.), A. Cina, F. Cesbron, Y. Moëlo et **M. Ohnenstetter** (exam.)

KARAJ N. (1992) "Répartition des platinoïdes, chromites et sulfures dans le massif de Bulqiza, Albanie. Incidence sur les processus métallogéniques dans les ophiolites." Thèse de l'Université d'Orléans, Jury: F. Cesbron (prés.), A. Cina et D. Watkinson (rapp.), J. Bebien, Z. Johan et D. Ohnenstetter (exam), **M. Ohnenstetter** (dir. de thèse).

NEZIRAJ A. (1992) "Etude pétrologique et métallogénique du massif ophiolitique de Tropoja, Albanie. Référence particulière aux gisements de chromite et éléments du groupe du platine." Thèse de l'Université d'Orléans, Jury: J. Charvet (prés.), A. Cina et J. Bebien (rapp.), Z. Johan, D. Ohnenstetter et D. Watkinson (exam.), **M. Ohnenstetter** (dir. de thèse)

HOXHA M. (1993) "Etude structurale et pétrologique de l'ophiolite de Kukës (Albanie): cinématique de la déformation et géométrie de la ride" Thèse INPL Nancy, Jury: J. Macaudière (prés.) J. Bébien et **M. Ohnenstetter** (rapp.), A. Kodra et A. Nicolas (exam.), A.M. Boullier (dir. de thèse).

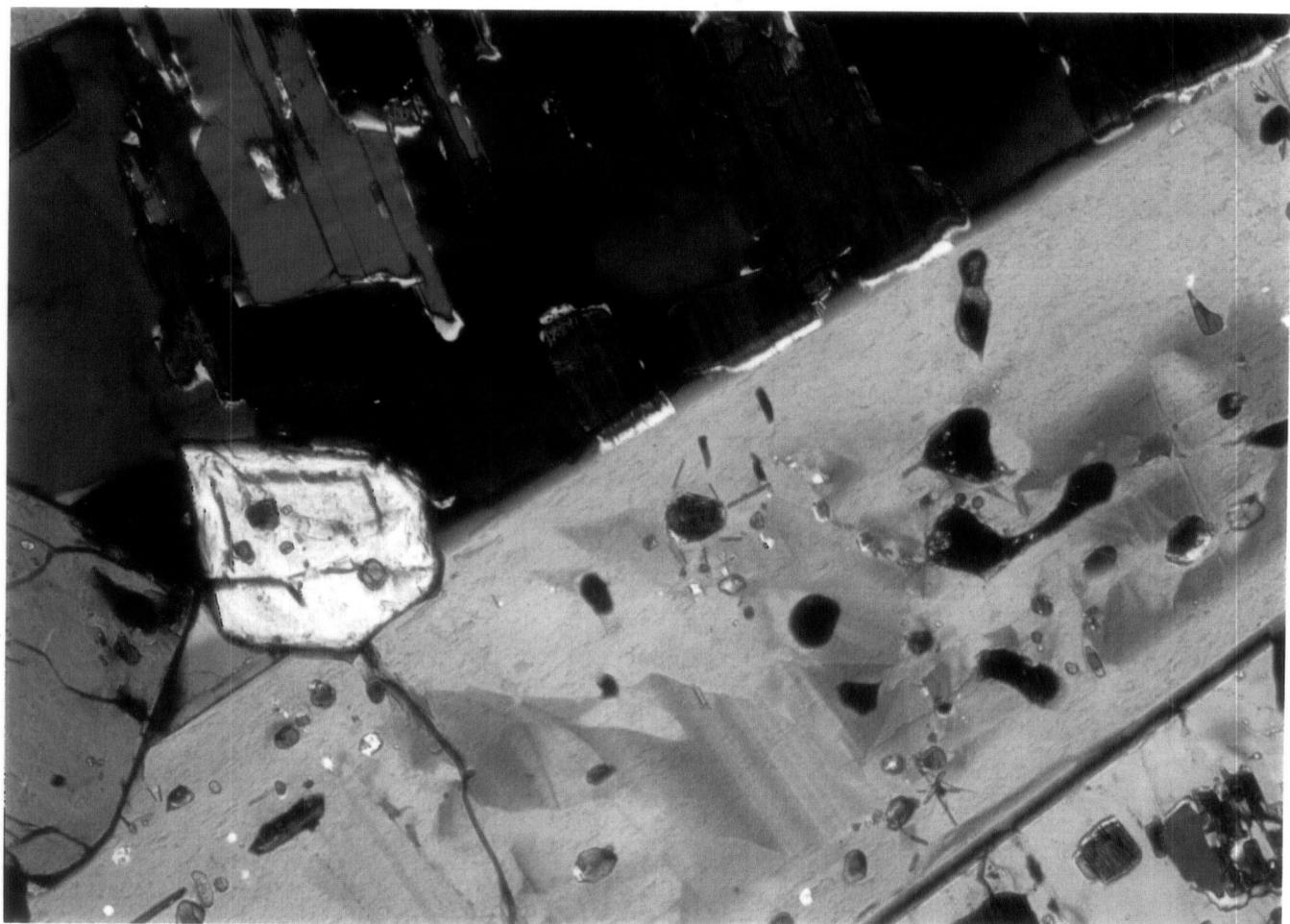
4 PUBLICATIONS SIGNIFICATIVES (PÉRIODE 89-92)

OHNENSTETTER M., BECHON F., OHNENSTETTER D. (1990) Geochemistry and mineralogy of lavas from the Arakapas fault belt, Cyprus: consequences for magma chamber evolution. *Mineral. Petrol.*, 41, 105-124.

OHNENSTETTER M., KARAJ N., NEZIRAJ A., JOHAN Z. et CINA A. (1991) - Les différents types de minéralisation en PGE des massifs ophiolitiques de Tropoja et de Bulqiza, Albanie: vers une reconnaissance du potentiel platinifère des ophiolites. C. R. Acad. Sci., Paris, série II, 313, 201-208.

SLANSKY E., JOHAN Z., OHNENSTETTER M., BARRON L. and SUPPEL D. (1991) Platinum mineralization in the alaskan-type intrusive complexes near Fifield, N.S.W., Australia. Part II: Platinum group minerals in placer deposits at Fifield. *Mineral. Petrol.* 43, 161-180.

OHNENSTETTER M. (1992) PGE-enriched upper mantle peridotites in Monte Maggiore ophiolites (Corsica, France): mineralogical evidence for ore-fluid metasomatism. *Mineral. and Petrol.*, 46, 85-107



**C.R.P.G., C.N.R.S., 15 rue Notre Dame des Pauvres,
B.P. 20, 54501 Vandoeuvre-lès-Nancy, France.**