

HYPOGÉES

«LES BOUEUX»

**La Saga du Dôme de Vredefort
ou tout le mal que le nationalisme peut
causer à la science: impressions d'un témoin.**

par Jacques Martini

Article révisé, paru initialement dans Hypogées N° 72, pp 49-64, © SSG
[Société genevoise de spéléologie].

Repris pour l'AIPUG avec l'autorisation de l'auteur et de la SSG

Numéro 72



HYPOGÉES "Les Boueux"

Revue de la SSG, Société spéléologique genevoise
N° 72 - 52^{ème} année - 2013

ISSN 0379-2684

Tirage : 230 ex.

La SSG est une des sections
de la SSS/SGH, la Société
suisse de spéléologie.

Président de la SSG :
Gérald Favre
président@hypogees.ch

SSG,
Société spéléologique
genevoise
Case postale 555
CH-1211 Genève 99 - Suisse
www.hypogees.ch

RÉDACTION
Ludovic SAVOY
Redacteur@hypogees.ch
ISSN 0379-2684
tirage: 200 exemplaires

ADMINISTRATION,
ABONNEMENTS ET
ÉCHANGES:
abonnements@hypogees.ch

PRIX & ABONNEMENTS:
Suisse: CHF 25.-
France: CHF 28.-
Payements par CCP:
SSG (mention Hypogées)
CCP 12-7563-0
Virement bancaire IBAN:
CH13 0900 0000 1200 7563 0

MISE EN PAGE:
Nathalie STOTZER

CORRECTEUR:
A. Gautier

Edito	2
Spécial Gouffre du Petit Pré	3
Jubilé du «Petit-Pré» (1962-2012).....	4
Cinquante ans après.....	6
Rencontre du 22 et 23 septembre 2012,	7
Pourquoi un puits « Zosso » au Petit-Pré ?.....	9
Bernard Pugin	9
L'accès artificiel	10
Gouffre du Petit-Pré: quelques souvenirs anecdotiques.....	11
Quelques souvenirs du Petit-Pré 1963-1964	15
Souvenirs d'un sauvetage au gouffre du Petit-Pré... ..	16
Faut que ça pète !	19
Jurassique caves	20
Les Sablons ou grotte du Sablon	23
Découverte post siphon à la grotte d'Archamps	28
La grotte de la Mine (Darbon, Haute-Savoie).....	31
Explorations de la SSG à la grotte de la Mine	35
Le Gouffre du Glacier	44
Jacques Martini nommé membre d'honneur de la SSS	48
La Saga du Dôme de Vredelfort	49
<hr/>	
Les souterrains des anciennes fortifications de Genève.....	65
Souvenirs de Bolivie	74
La formation en plongée spéléo.	77
Plongée spéléo dans les grottes maltaises	80
13 ^e Congrès National de Spéléologie.	82
Spéléo-Secours-Suisse	86
Hommage à Alain Prette.....	89
Charles - Henri Roth	91
Le Bac-Tir.....	93
Bibliothèque	94
SMS	94
Nouvelles coordonnées suisses.....	95

La rédaction décline toute responsabilité quant aux opinions émises par les auteurs et se réserve le droit de refuser des textes ou de demander leur modifications à leurs auteurs.

COPYRIGHT © 2013 SSG, Société spéléologique genevoise

La Saga du Dôme de Vredefort ou tout le mal que le nationalisme peut causer à la science : impressions d'un témoin

J. Martini

Introduction

En 1971, me sentant trop à l'étroit en Suisse et voulant changer d'air, j'ai alors décidé d'émigrer en Afrique du Sud après avoir trouvé une place de "senior geologist" au "Geological Survey of South Africa", qui représente le service géologique d'état de ce pays. En février 1972 je fis le grand saut et pris le bateau à Venise avec ma famille. Après une longue croisière, nous débarquâmes à Cape Town, où sur le quai nous fûmes accueillis par le docteur Theron, le directeur de la branche locale du Geological Survey. Encore un jour et deux nuits en train jusqu'à Pretoria, à l'arrivée nouvel accueil sur le quai, mais par le docteur Herzberg du bureau central. Enfin nous nous installâmes. Une nouvelle vie commençait. Les premiers mois j'eus carte blanche pour me familiariser avec la géologie locale et j'ai donc passé de nombreuses journées dans la bibliothèque du Service Géologique. Fabuleux pays pour un géologue : roches extrêmement anciennes dans lesquelles on peut déchiffrer l'histoire de la terre peu après qu'elle se soit formée, éruptions volcaniques phénoménales qui donnent froid dans le dos, richesses minérales colossales, presque

indécentes, pour ne citer que trois exemples. Pas étonnant qu'en Afrique du Sud le géologue est roi et "reconnu socialement", alors qu'en Suisse il ne l'est guère. Ici il semble que l'on comprenne mieux que la recherche pure, souvent qualifiée d'académique, peut être en fait tout aussi utile que la science appliquée. Je n'ai pas ressenti, aussi durement qu'en Suisse, le souverain mépris que les "géo-ingénieurs" (terme du Prof. Aug. Lombard !) et les scientifiques purs s'affichent mutuellement. Cependant, comme on va le voir, les géologues sud-africains semblent parfois plus dramatiquement manquer d'objectivité que les Suisses.

Initiation

Encore à Genève, sur la carte géologique au millionième de l'Afrique du Sud j'avais déjà remarqué une curieuse structure circulaire, de 80 km de diamètre, dont la moitié sud est masquée par le recouvrement des couches subhorizontales du grand bassin du Karoo. Elle n'attira alors guère mon attention. Cependant durant mon activité de "rat de bibliothèque", je découvris de quoi il s'agissait. C'est le fameux Dôme de Vredefort, qui va sans cesse revenir sur le tapis tout au long de ce récit: un soulèvement exposant une série stratigraphique surtout archéenne, très redressée, même renversée par endroits, et de 25 km d'épaisseur. Elle représente une coupe presque complète de la croûte continentale. La moitié supérieure consiste en couches sédimentaires et en laves, qui reposent sur un soubassement granitique, dont la partie inférieure, qui forme le cœur du Dôme, est déshydratée, c'est à dire charnockitique. Pour les géologues sud-africains, qui ont été les premiers à l'étudier, son origine était énigmatique. Cependant en 1937, deux Américains, Boon et Albritton, en utilisant les descriptions publiées, suggérèrent que la structure pourrait être due à l'impact d'une météorite géante ou d'un astéroïde. C'était spéculatif, mais les choses se précisèrent par la suite. En 1961 Hargrave, un géophysicien professant à l'université de Yale, vint en Afrique du Sud et découvrit des "shattercones", une structure conique très particulière, qui suggère un impact d'une très grande magnitude et dont la pointe indique que l'onde de choc est venue du centre du Dôme. Aux Etats-Unis ces cônes de choc ont été observés dans des cratères et des structures dont l'origine météoritique ne fait guère de doutes. En 1965 Carter, un autre américain, y découvrit dans le quartz une très curieuse texture en lamelles, encore une évidence supportant le modèle d'un impact.

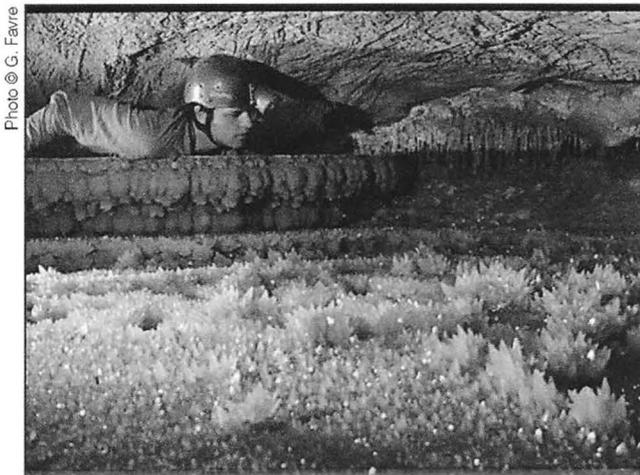
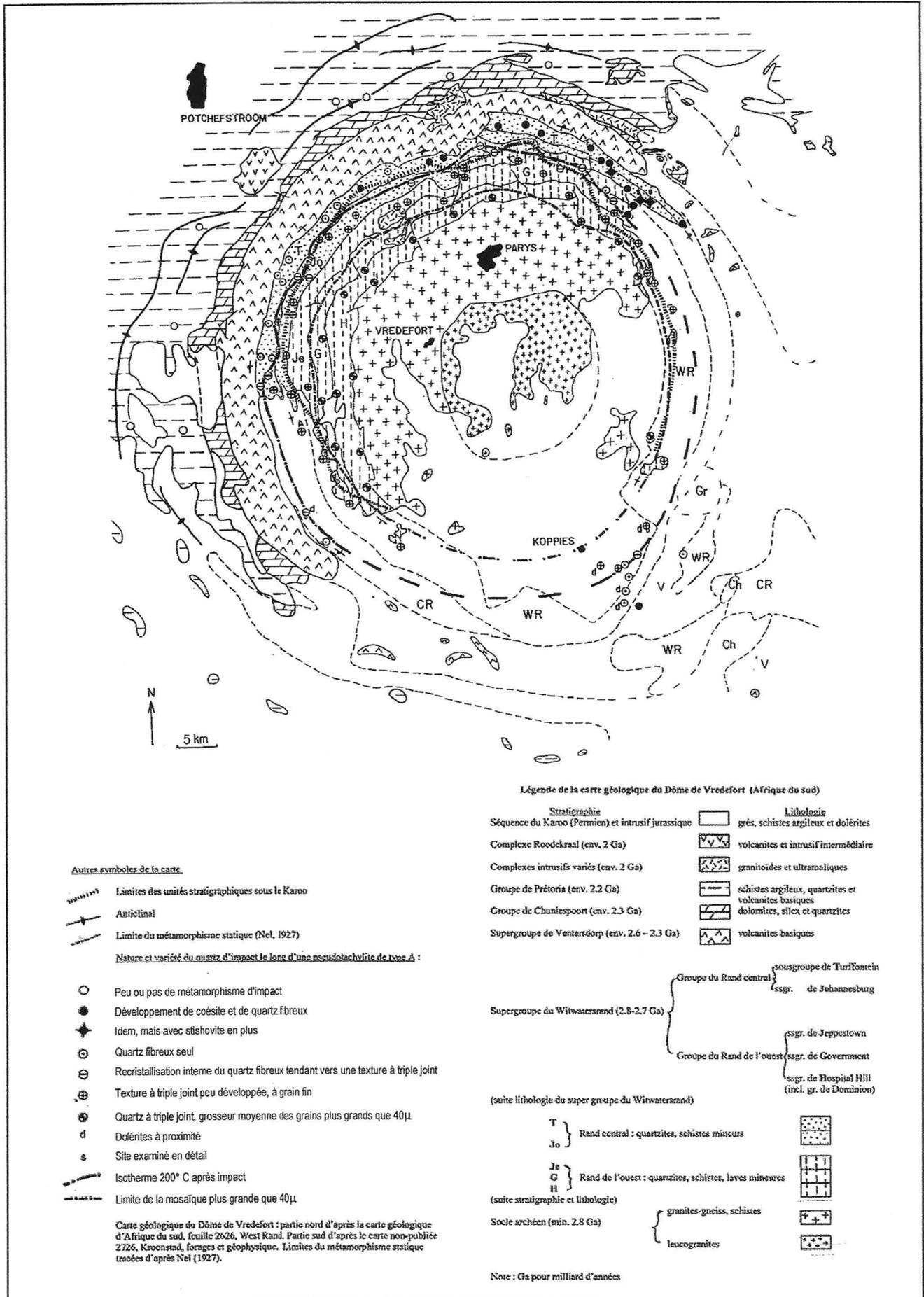


Photo © G. Favre

*Christian Rufi dans la grotte de Congo (partie 2)
Province du Cap*



Cette hypothèse d'une origine du ciel, plutôt que des profondeurs infernales de la Terre, a été dès le début très mal accueillie en Afrique du Sud. En lisant entre les lignes, il m'apparut que les géologues locaux considéraient ce modèle comme le comble du farfrelu et en faisaient un sujet de plaisanteries à chaque occasion. Par exemple je me souviens d'une conférence donnée par un géologue d'Anglo-Américain, la grosse boîte minière sud-africaine. Il parlait des problèmes concernant l'origine de l'or du Witwatersrand, dont certains points étaient restés inexplicables et mystérieux. "C'est une météorite" conclut-il. Rires de l'assemblée ! Les découvertes successives citées plus haut ne firent qu'attiser la polémique. J'ai discuté de ce problème avec un compatriote géologue, Gilbert Hutin, issu comme moi de l'Université de Genève, et qui se trouvait en Afrique du Sud les premiers mois après notre arrivée. Il m'a confirmé mon impression que l'origine du Dôme de Vredefort était ici un sujet très sensible et que pour des raisons diplomatiques, il fallait passer sur le sujet comme chat sur braise et surtout éviter de prendre parti pour le modèle des Américains. Plus tard, quand je rencontrais des jeunes géologues étrangers fraîchement débarqués, je leur recommandais, pour s'amuser, d'annoncer à leurs collègues sud-africains : "ah, maintenant on en est sûr, le Dôme de Vredefort est bien un impact". Dans les cas les plus graves les visages s'assombrissaient, les mains tremblaient et les voix s'étranglaient : "mais non, pas du tout, on a clairement démontré que ce n'est pas le cas" et avec véhémence de donner d'abondantes preuves à l'appui.

Quelques années plus tard, j'ai eu mon premier contact de terrain avec le Dôme à l'occasion de la visite du Professeur F. Jaffé, qui enseignait la géologie économique à Genève et qui s'était intéressé aux impacts de météorites. Il avait organisé une visite conduite par le Professeur Bisschoff de l'Université de Potchefstroom, qui bien qu'étant opposé au modèle de l'impact, comme la quasi-totalité des Sud-Africains, l'était sans le fanatisme de certains de ses collègues. De plus il était familier avec le terrain, puisqu'il en avait fait sa thèse de doctorat. Comme je connaissais Felice Jaffé, j'ai eu le privilège de faire partie de l'excursion. Cela m'a beaucoup intéressé de voir les shattercones, les filons de pseudotachylite et en général l'étrange fracturation qui affecte les roches du Dôme. Quelque chose de nouveau pour moi. En écoutant les discussions, j'ai compris qu'aucun modèle probant, alternatif à celui de l'impact, n'était



Photo © J. Marini

Shatter cones, à Venterkroon Bridge.

alors proposé et que les arguments avancés étaient surtout dirigés à montrer que l'origine par impact comportait des invraisemblances. Cependant même ces dernières ne me parurent pas totalement éliminatoires.

Après cette excursion, piqué par la curiosité, je me suis plongé dans la lecture de nombreux articles traitant du sujet des "astroblèmes", ainsi que les spécialistes appellent les blessures qu'infligent les météorites et les astéroïdes à notre mère la Terre. Il m'est alors apparu clairement que l'hypothèse astronomique était de loin la plus logique. L'aveuglement des géologues du pays m'a semblé comme très probablement d'origine chauvine : tout ce qui vient de l'étranger est suspect. On connaît ça, c'est un phénomène universel, mais qui semblait particulièrement dramatique en Afrique du Sud ! J'ai aussi compris que deux preuves manquaient à l'appel : d'une part des fragments du corps céleste et d'autre part deux minéraux aux noms rébarbatifs, la coésite et la stishovite. Retrouver des fragments de météorite semblait hors de question, car il s'agit ici d'un impact d'une magnitude colossale. En effet une grande masse n'est pas freinée par l'atmosphère et impacte à vitesse cosmique, soit plusieurs dizaines de kilomètres par seconde. En conséquence le corps céleste serait volatilisé ou très dilué dans les roches terrestres fondues par l'impact. Des météorites ou leurs fragments n'ont été trouvés que dans des petits cratères. Restent ces deux minéraux, qui sont des formes de silice de très haute pression et que l'on a détectés dans de nombreux astroblèmes. D'après les spécialistes, ils en sont les meilleures preuves.

Exploration

Vu les nombreuses recherches effectuées jusqu'à ce jour, il me semblait étonnant que l'on n'ait pas déjà découvert de la coésite et de la stishovite dans le Dôme. Serait-ce qu'il n'y en a pas ? Cependant on ne sait jamais, je me souviens que le Prof. A. Jayet avait coutume de dire que le terrain est inépuisable. J'ai décidé qu'à l'occasion je tenterais ma chance. Il m'a fallu tout d'abord étudier les cartes géologiques pour choisir l'endroit théoriquement le plus favorable: Evidemment il me faudrait chercher dans des roches à silice libre, par exemple des quartzites. De plus il faudrait qu'elles aient été enfouies à la plus faible profondeur possible à l'époque de l'impact, c'est-à-dire il y a exactement 2 milliards d'années. En effet il est impératif que la température ambiante de la roche n'ait pas dépassé 200°C et qu'elle se soit refroidie très rapidement après l'impact, puis soit ensuite restée "froide" jusqu'à maintenant. En effet, dans les cas contraires ces deux minéraux seraient retournés à l'état initial de quartz, qui représente la forme de silice de loin la plus commune. Les meilleurs candidats me semblèrent être les quartzites dits du Witwatersrand, familiers même du non géologue, car ils renferment les plus que fameux "reefs" aurifères du Transvaal. Ces quartzites sont ici épais de près de 10 km, décrivent un demi-cercle dans la partie affleurante du Dôme et sont surmontés des laves de Ventersdorp, également très puissantes. C'était donc dans la zone proche du contact avec les laves qu'il me faudrait chercher. Mais cela représentait une longueur de 100 km! Heureusement à l'Est d'une faille, l'épaisseur des laves diminue fortement, ce qui remonte les quartzites encore plus près de l'ancienne surface et délimite un segment d'arc beaucoup plus court, seulement long de 20 kilomètres. C'était la zone à prospecter! Seul point négatif le secteur est proche du point où le "Wits" (ainsi que les géologues familièrement appellent le Système du Witwatersrand) disparaît sous les couches horizontales du Karoo, qui sont ici d'âge permien. Là le pays est plat, les affleurements donc rares, mauvais et altérés. Néanmoins, point positif en ma faveur, ce n'était pas l'endroit le mieux connu des géologues, lesquels préfèrent les affleurements spectaculaires, situés plus au Nord, là où le Dôme a été profondément entaillé par la rivière Vaal.

Découverte

En 1977, en revenant de l'Etat Libre d'Orange où on m'avait envoyé pour évaluer des ressources en caliches pour l'agriculture, j'ai décidé d'aller lancer un œil dans la cible identifiée

précédemment. Au premier arrêt j'ai longuement fouillé les hautes herbes sans tomber sur la moindre roche en place. Un peu plus loin, sur la ferme Weltevrede, j'ai repéré quelques petits affleurements de quartzite le long d'un petit ruisseau. Sur leur surface on pouvait distinguer quelque chose comme des traits de crayon gris à peine visibles. Il s'agissait de très fines veinules de "pseudotachylite", développées sur des micro-fractures produites lors du passage de l'onde de choc et le long desquelles le quartz avait été vitrifié par l'intense concentration de pression. J'ai prélevé des échantillons.

Dans le laboratoire du Service Géologique, après concassage, j'ai trié et séparé à la loupe des fragments de pseudotachylite, les ai pulvérisés et passés au diffractomètre à rayons X. Le dépouillement du diagramme n'a guère montré que du quartz, sauf un petit "épaulement" adossé au pic principal de ce minéral. Mais l'épaulement aurait pu correspondre au "pic 100" de la coésite ! Il m'a fallu alors suivre la procédure de concentration adéquate dans un tel cas. Elle est basée sur la vitesse de dissolution dans l'acide fluorhydrique, qui est rapide pour le quartz, beaucoup plus lente pour la coésite et encore plus lente pour la stishovite. C'est une procédure très délicate, car cet acide est traître et il faut travailler sous chapelle ventilée, avec un masque et des gants. Après un premier traitement à l'acide de moins d'une minute, puis rinçage, centrifugation et re-diffraction, les pics du quartz s'étaient abaissés et ceux de la coésite commencèrent à se développer. En répétant la manœuvre j'ai bientôt obtenu un diagramme complet de coésite. Youpi, bingo ! En continuant le traitement, les pics du quartz disparurent peu à peu et ceux de la coésite commencèrent à s'abaisser à leur tour. Puis, cerise sur la tourte de Zoug, ceux de la stishovite apparurent !

Il m'a fallu encore consolider cette découverte en examinant la pseudotachylite en lame mince et en confirmant la composition chimique de ces deux minéraux par des analyses à la microsonde électronique. Ils doivent alors ne montrer que du silicium. Assis avec une laborantine expérimentée devant cette machine magique, je plaçai le fin pinceau d'électrons sur une aiguille de stishovite et elle enclencha l'analyseur. Seuls les pics du silicium apparurent. Je ne pus réprimer un sursaut de triomphe. La laborantine a commenté qu'elle n'avait jamais vu quelqu'un être aussi content de constater que ce qu'il pensait être un minéral rare, ou de valeur, se révélait à l'analyse n'être que du vulgaire quartz! Ce qu'elle pensait !

C'est très pardonnable, peu de gens ont entendu parler de ces minéraux fort peu communs. Je ne l'ai pas "mise au parfum", pour des raisons qui

Photo © J. Martini



Pseudotrachillite post-onde-de-choc dans un granite-gneiss; carrière d'Otavi.

seront expliquées au prochain chapitre. Quelques précisions doivent être données ici sur ces minéraux. La densité monte de 2,65 pour le quartz, à autour de 3 pour la coésite et dépasse largement 4 pour la stishovite. Pour se former la coésite nécessite une pression de 25 kilobars et la stishovite, de 75 kb. En milieu géologique classique, pour la coésite cela représente un enfouissement d'environ 100 km, lequel n'est réalisable que lorsque la croûte océanique est forcée de plonger dans les profondeurs de la terre et ensuite de remonter rapidement à la surface, afin d'échapper à la digestion magmatique et de se placer à la portée du marteau du géologue. Effectivement on a trouvé de la coésite dans les parties de l'écorce terrestre qui ont subi un tel traitement structural, par exemple dans les Alpes italiennes ou en Chine. On en a aussi trouvé en inclusion dans les diamants, qui eux aussi sont

montés très rapidement des grandes profondeurs. A préciser que le contexte géologique du Dôme exclut une telle origine profonde ! Par contre la stishovite nécessiterait une profondeur de 300 km, et en conséquence elle n'a été observée que dans les astroblèmes. En lame mince la coésite se distingue mal du quartz, mais présente quand même une réfringence un peu plus grande, mais une biréfringence plus basse. Par contre la stishovite est très différente. Elle forme des aiguilles présentant un très fort relief et une grande biréfringence. Elle ressemble bien à du rutile. La ressemblance s'étend d'ailleurs à la structure cristalline, qui est du même type. A remarquer que pour Vredefort la taille des cristaux est exceptionnellement grande : elle atteint 150 microns pour la stishovite, alors que généralement elle ne dépasse guère un micron dans les autres astroblèmes. La taille des cristaux dépend de la durée des conditions de haute pression, qui pour le Dôme s'élevait probablement à plusieurs secondes. Cette durée était bien sûr relatée à la taille de l'astéroïde. A titre de comparaison, dans les tests en laboratoire, le passage d'une onde de choc ne prend qu'environ un dix millième de seconde !

Incertitudes

N'ayant pas escompté un succès si rapide, je dus réfléchir aux conséquences pratiques avant de claironner la nouvelle avec enthousiasme. L'expérience m'avait déjà enseigné qu'avant de parler il faut d'abord bien réfléchir. Bien souvent les "vautours" tournent autour du chercheur pour tenter de s'accaparer de sa découverte par toutes sortes de méthodes. De plus ici se greffait la difficulté supplémentaire liée à l'impopularité locale du modèle impact. Ne serait-ce pas au détriment de ma carrière d'en parler? Ne devrais-je pas enterrer tout cela, comme peut-être d'autres l'ont déjà fait avant moi ? Après tout j'ai atteint mon but, je suis convaincu que l'origine par impact est la plus probable. Dans la recherche je suis surtout motivé par la curiosité, la soif de comprendre et l'intense plaisir de la découverte. Si cela dérange des gens pourquoi publier ? Composer et préparer un article, en tout cas en ce qui me concerne, représente la phase la moins plaisante de la recherche. Je me suis souvenu, n'étant encore qu'un étudiant non gradué, que j'avais eu une discussion avec Jean Charollais, alors assistant au département de géologie de l'Université de Genève. J'exprimais mes vues sur les buts de la recherche et prétendais que la satisfaction de la découverte était suffisante et que je n'étais pas particulièrement enclin à

publier. J'étais encore bien naïf et idéaliste! Il m'a répondu que dans ce cas mon travail resterait stérile et ne pourrait en tout cas jamais contribuer au progrès de la science. C'est vrai. Je n'ai jamais oublié ses paroles. Plus tard j'ai aussi compris qu'on ne soutient pas financièrement un chercheur qui ne communique pas les résultats de ses recherches. Avant d'en parler j'ai écrit à Felice Jaffé, un meilleur connaisseur de l'humanité et de la psychologie académique que moi, pour exprimer mes incertitudes et demander conseil. Il m'a simplement répondu qu'il ne "doutait pas que je publierais" !

Publication

Avant de continuer, pour comprendre la suite, il est indispensable de mettre le lecteur au courant de la cryptique mentalité de clocher, qui régnait à cette époque en Afrique du Sud dans les milieux géologiques. Parmi les universités, les divers départements de géologie étaient clivés en deux : anglophones et "afrikanophones". Les premiers étaient plutôt opposés à l'apartheid et libéraux, au contraire des seconds, qui étaient conservateurs donc plus ou moins racistes. Par exemple à Johannesburg il y avait l'"University of the Witwatersrand" (anglophone, opposée au gouvernement alors au pouvoir) et la Randse Universiteit (afrikaans, pour le gouvernement). À Pretoria le Service Géologique, dont je faisais partie, était aussi très conservateur. Par contre tous étaient unis sur un point : le Dôme de Vredefort, n'est pas un astrolème ! L'"University of the Witwatersrand" avait même créé une unité de recherche, financée par la fondation du "Bernard Price", dont le but inavoué était de prouver que le Dôme n'est pas une structure d'impact. Le Professeur Nicolaysen avait pris la tête de cette unité. Brillant et savant, il avait à son crédit de nombreux travaux sur la géochronométrie, en particulier par la méthode rubidium-strontium, qui a largement révélé l'histoire des roches précambriennes de l'Afrique Australe. Pour le Dôme il a proposé un modèle que j'avoue trouver plutôt ingénieux, bien que très hypothétique et manquant de preuves solides. Il voyait sa formation comme due à une montée de fluides à partir du noyau du Globe, suivie de décompression près de la surface produisant ainsi le Dôme. Autoritaire et respecté, il jouissait d'une grande réputation. Une véritable icône.

Les rapports entre "Wits" (diminutif également utilisé pour désigner l'Université du Witwatersrand) et le Service Géologique étaient plutôt du type chien et chat, c'est-à-dire pas très bons, bien

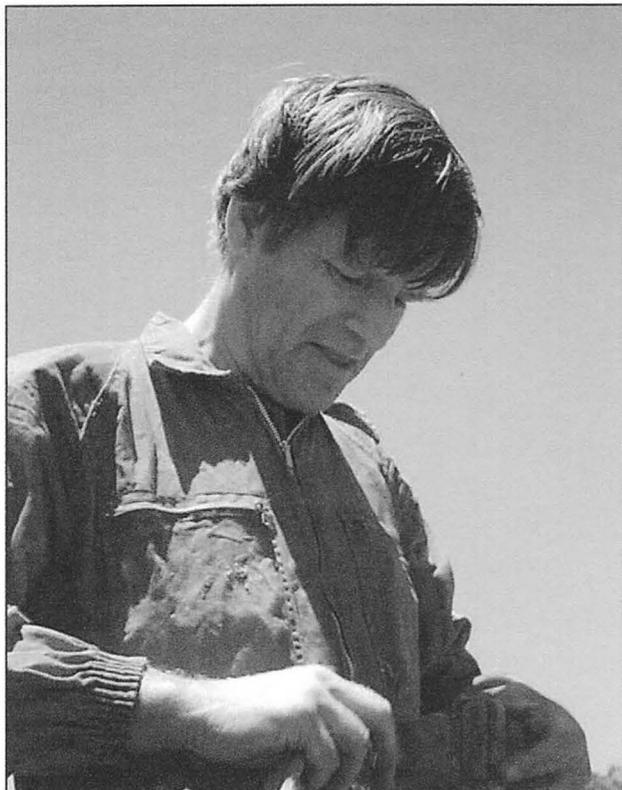
que superficiellement cordiaux. J'ai pensé que je pourrais donc jouer sur cette compétition et que le Service Géologique verrait de bon ton une publication qui leur mettrait le bâton dans les roues. J'en ai discuté avec mes chefs, qui bien que "non-impactists", favorisèrent une publication. J'allai donc de l'avant et préparai le manuscrit d'une note que j'envoyai ensuite à la revue *Nature* au début 1978. Peu après je reçus une lettre d'Hargrave, qui avait été contacté comme "lecteur", et qui me recommanda quelques modifications. Evidemment très satisfait de la découverte de ces deux minéraux clefs, le découvreur des shatter cones exprima sa satisfaction et prédit la fin de la polémique. Je lui répondis que je n'étais malheureusement pas aussi optimiste, vu le caractère très émotionnel, créateur d'œillères, que représentait l'origine du Dôme par impact.

L'article parut en avril de la même année, mais je ne l'appris qu'indirectement, par la presse locale. En effet *Nature* n'arrivait dans la lointaine Afrique du Sud qu'avec un certain retard : l'Internet n'existait pas encore. A Londres, un correspondant du "Pretoria News" et du "Rand Daily Mail" avait dû repérer mon article, ou en avait été informé. Le titre était tapageur : "South Africa's Great Bang" ! Mais l'article était relativement bien fait, contrastant avec ce que les journalistes écrivent souvent. Jubilation au Service Géologique qui se voit à l'honneur. Les géologues du Bernard Price Institute ont dû être vexés d'apprendre la nouvelle par la presse populaire et de n'avoir pas été mis au courant avant. En effet "Wits" représente une université élitiste, dont les membres sont fiers de leur supériorité et souvent ne se prennent pas pour la queue de la poire. Le Bernard Price Institute voyait peut-être aussi d'un mauvais œil que cet article dans les journaux répande largement des idées "fausses" parmi le grand public ! Donc un certain Gay, un chercheur de ce groupe, m'a immédiatement contacté par téléphone et me "somma" sèchement de lui envoyer mon manuscrit le plus vite possible ; ce que je fis. J'aurais aussi bien pu lui conseiller d'attendre patiemment de recevoir le N° de *Nature*.

Léthargie

Ayant satisfait ma curiosité et publié ce que je pensais du Dôme, je ne m'en suis plus guère préoccupé pendant 9 ans et me suis tourné vers d'autres phénomènes géologiques intéressants, lesquels ne manquaient pas dans le pays. J'ai seulement reçu quelques demandes d'information et des visiteurs. Par exemple j'ai rencontré le

Photo © G. Favre



Jacques Martini en Afrique du Sud.

Professeur Dachili, un Américain connu comme un des pionniers de la recherche sur les impacts. En particulier il avait tenté de mettre en éveil le public scientifique sur les conséquences hyper-catastrophiques qu'aurait un impact de grande magnitude (Vredefort est de ceux-là), prôné une sérieuse surveillance astronomique pour détecter les nouveaux astéroïdes et d'en calculer leurs trajectoire. Il m'a immédiatement demandé : "vous croyez que le Dôme est un astroblème?". A ma réponse positive, il s'exclama : "Ah, enfin quelqu'un de sensé. Quel plaisir ! Vous ne croyez sûrement pas au modèle de Nicolaysen, qui visualise la Terre "rotant" des gaz produits par son noyau ! Je viens juste de le voir et il m'a tenu la jambe pendant 2 heures pour tenter de me faire avaler son modèle à la gomme. Il m'a expliqué gentiment, comme on le fait avec un petit enfant, que le Dôme de Vredefort, n'est pas un impact. Me traiter comme ça, moi qui suis probablement plus âgé que lui !" Il était encore traumatisé et en avait vraiment gros sur la patate. Discuter avec moi fut un soulagement.

Lors d'un congrès j'ai rencontré des étudiants gradués travaillant sous la houlette du Prof. Nicolaysen et qui étaient très curieux de rencontrer l'homme mystérieux qui avait décrit la présence de coésite et stishovite. Apparemment peu informés, ils me demandèrent dans quelle revue cela avait été publié. D'une autre source

j'appris que des étudiants avaient demandé à Nicolaysen des détails sur ces deux minéraux et il leur avait répondu que dans leurs recherches ils devaient ignorer ma publication. Il semblait donc qu'au sein du Bernard Price Institute ils devaient travailler dans une atmosphère quasi dictatoriale et uniquement pour prouver qu'il ne s'agissait pas d'un impact. Cependant je ne m'en suis guère inquiété.

Pourtant Nicolaysen m'a contacté, indirectement par l'intermédiaire de la secrétaire de la Société de Minéralogie, pour m'inviter à donner une conférence sur les impacts à "Wits". En effet cette université organise des séries de conférences sur des sujets très divers et invite souvent des "speakers" d'autres institutions. Mais je me méfiais que l'on veuille peut-être me faire tomber dans une trappe oratoire. En effet, timide et gauche dans les discussions en présence d'une audience, je me trouve alors en position très défavorisée. Je me souviens, quand j'étais encore étudiant à Genève, avoir fait une communication sur une découverte stratigraphique, où dans la discussion qui a suivi, j'ai été complètement désarçonné par un géologue à la langue bien pendue. Cependant par la suite il s'est avéré que j'avais malgré tout raison. Cette expérience a bien servi. J'ai alors gravé dans la roche : "ne t'aventure plus jamais dans une joute oratoire, ne discute toujours que par écrit". Depuis je ne me suis que rarement départi de cette règle. Je répondis que n'ayant plus touché à ce domaine depuis des années, je n'étais pas en position pour parler d'impacts, mais que je pouvais donner une conférence sur les minéraux secondaires des grottes du Transvaal. Ces dernières s'étaient révélées d'une extraordinaire richesse : elles m'ont livré près de 80 espèces ! A l'échelle mondiale elles ne sont battues que par les grottes de Cupp-Coutunn au Turkmenistan. C'était un sujet pratiquement vierge dans ce pays, donc pas de danger pour moi ! Ce fut aussi l'occasion d'être officiellement présenté au Prof. Nicolaysen, le gourou du Bernard Price Institute, que jusqu'alors je n'avais pas eu l'occasion de rencontrer.

C'est durant cette période léthargique que Nicolaysen engagea un spécialiste des impacts, U. Reimold, un jeune Allemand qui avait produit une thèse sur des astroblèmes du Bouclier Baltique, mais qui disait ne pas croire que le Dôme était un astroblème. Nicolaysen pensa donc être tombé sur la perle rare, l'homme qui, par sa formation, pourrait puissamment contribuer à démolir les arguments en faveur du modèle impact. Reimold me rendit visite au

Service Géologique. Nous ne discutâmes que de problèmes anodins concernant le Dôme et il me sembla être un chercheur objectif ne cherchant que de s'approcher de la vérité. Mais alors je ne soupçonnais absolument pas la lutte féroce qu'il allait m'imposer dans les années à venir.

Photo © G. Favre



Gérald Favre et Christian Rufi dans le karst de Berlin (Transvaal de l'Est)

Réveil

En 1987 je reçus une lettre signée par Nicolaysen et Reimold, m'invitant à Johannesburg pour un congrès sur le Dôme de Vredefort. Pour plusieurs raisons je n'étais pas chaud et surtout j'aurais manqué une expédition spéléo importante en Namibie, où l'année précédente nous avons découvert un immense lac souterrain, le plus grand du Monde. J'ai donc répondu que j'étais sensible à l'honneur de m'avoir choisi, mais que j'avais un empêchement et que j'étais désolé de ne pas pouvoir participer à ce congrès. Au retour de Namibie, j'en ai perçu quelques échos, notamment d'un Américain, dont j'ai oublié le nom, qui m'a confié n'avoir jamais participé à une réunion aussi secrètement organisée et annoncée ! Puis je reçus une lettre d'un certain Bevan French, encore un Américain, employé par le Service Géologique des Etats-Unis, mais qui en est détaché à la NASA, où il s'occupe d'impacts. Il avait participé au congrès de Nicolaysen et

m'informait que l'on avait beaucoup parlé de moi et que la plupart des spécialistes américains avaient amèrement regretté que je ne sois pas présent. En effet au sujet des présentations de modèles "non-impactistes", ils ont remarqué : "mais que faites-vous de la présence de coésite et stishovite ?". Les réponses : "Rien, nous n'avons pas retrouvé ces minéraux et nous soupçonnons une fraude". Evidemment il est plus facile de ne rien trouver que de trouver quelque chose ! French me conseilla vivement de reprendre les recherches, car écrivait-il "ces gens vous insultent et cela pourrait nuire à votre carrière. Il faut vous défendre. Et aussi nous voulons savoir de quoi il en retourne". Je sentis la moutarde me monter au nez et je me suis réveillé. Evidemment il fallait que je fasse quelque chose. En fait cela tombait bien. Je venais justement d'être promu "specialist scientist" et mes fonctions au Service Géologique se réduisirent considérablement : seulement la consigne de faire de la recherche, avec liberté de choisir le domaine à étudier et de publier. Le paradis ! Je décidai donc de reprendre l'étude de Vredefort.

Reprise

Une des premières choses à faire était de soumettre des échantillons à d'autres instituts. J'en envoyai un à McHone et Nieman aux Etats-Unis, par l'intermédiaire de Reimold, afin d'être sûr qu'il puisse être d'accord qu'il s'agissait bien d'une roche du Dôme et qu'il puisse constater qu'elle n'avait pas été "salée" (comme s'il m'était possible de me procurer ces minéraux litigieux !). Ces deux minéralogistes l'analysèrent par résonance magnétique, une méthode différente de celle qui avait été à ma disposition en 1977, et confirmèrent d'abord la présence de la stishovite, puis plus tard de celle de la coésite. Un premier point important de gagné !

Ensuite je me suis attaqué à un échantillonnage systématique de toutes les fines pseudotachylites dans les quartzites du Dôme afin d'en étudier la minéralogie, les textures et le degré de recristallisation post-impact. En effet en 1977 je n'en avais récolté que huit, la plupart au même point. Cette fois j'en ai échantillonné plus de 150. Cela m'a d'abord révélé que le premier coup de marteau donné, il y avait 10 ans, était le meilleur. Ça c'était vraiment du bol ! C'est en effet là que la stishovite est la mieux représentée. Dans les 15 autres sites qui refermaient de la coésite, la stishovite n'était détectable qu'en deux endroits, d'ailleurs proches du premier. Ces minéraux sont présents au sommet du "Wits" et seulement

dans le quart NE du Dôme. Si on s'éloigne de cette zone, soit latéralement, soit en descendant dans la série, ils disparaissent et on observe une recristallisation croissante. C'était bien ce que j'avais prévu. Il est fort rare que la nature obéisse aussi docilement à nos désirs !

Il y avait un autre point à éclaircir. Sur la carte géologique seule la moitié du Dôme est visible, laquelle montre une forme à peu près semi-circulaire. Mais ce n'est plus le cas pour la moitié cachée sous les couches du Karoo. On savait ça depuis longtemps à cause d'un minuscule affleurement de granite archéen, qui confère au Dôme une forme en poire. Par la suite cette forme a été confirmée par géophysique. Ceci a été évidemment utilisé comme un argument anti-impact. J'avais suspecté dès le début que la forme en poire était en relation avec une structure tectonique pré-impact : la forme en cercle parfait n'est évidemment possible que pour des couches régulières et horizontales. Mais il fallait démontrer cette idée. Pour en savoir d'avantage il m'aurait fallu avoir accès aux forages des compagnies minières.

Depuis quelques années nous fréquentons un couple d'amis de Lausanne, les Toros, dont lui, géologue, travaillait pour Gold Fields, encore une grosse boîte minière sud-africaine. Nous nous étions rencontrés dans la brousse par accident, une rencontre mémorable du type "docteur Martini, I presume" (cf. Livingstone et Stanley!), car il savait que j'existais quelque part dans le Transvaal. Mon accent m'a trahi ! Quelques années plus tard il supervisait une exploration pour charbon exactement dans le secteur caché qui m'intéressait. Gold Fields forait à travers les couches permienues, puis s'arrêtait au contact du socle Archéen, mais heureusement après en avoir quand même carotté quelques mètres. S'il avait pu arranger quelque chose pour moi, ça aurait été sympa. Il en a parlé à son chef Richard Viljoen, qui, avec son frère jumeau Morris, formait une brillante association très populaire en Afrique du Sud. Ces jumeaux sont académiquement orientés, perspicaces et fameux sur le terrain pour leur efficacité, qui est évidemment doublée ! De plus j'ai eu maintes fois l'occasion de les rencontrer et ils me connaissaient bien. Richard a été d'accord. Je me suis ensuite rendu plusieurs fois sur les sites de forage et de stockage des carottes. Intéressant, mais il n'était pas toujours facile d'identifier des roches qui avaient le plus souvent subi une altération pédologique pré-permienne. Néanmoins j'y suis

arrivé avec force lames minces et diagrammes de diffraction X. Dans un sondage j'ai même observé de la coésite dans une fine veinule de pseudotachylite affectant une veine de quartz, elle-même recoupant les laves de Ventersdorp. Cela a alors montré que la coésite est présente sur la moitié de la circonférence ! De plus, en ajoutant les données d'autres compagnies charbonnières qui avaient déposé leurs logs de sondage au Service Géologique, ainsi que la loi l'exige, j'ai pu reconstituer avec une précision suffisante la géologie de la partie cachée du Dôme. Il est alors apparu que vers la "queue de la poire" le Wits est très aminci par érosion, ou non-dépôt, de ses formations supérieures. Pris au niveau des laves de Ventersdorp, le Dôme est alors apparu circulaire !

Quand j'eus terminé cette partie du projet, Maurice Toros m'a transmis le désir de Richard Viljoen : pourrais-je donner une causerie pour les géologues de Gold Fields ? Cette fois je n'y coupais pas, je ne pouvais évidemment pas refuser. Je me rendis à leur bureau de terrain d'Oberholtzer, au cœur du plus riche champ aurifère du pays. Richard me présenta puis ajouta en substance "comme vous le savez le dôme de Vredefort est un sujet très sensible, mais je vous demande maintenant de faire un gros effort pour rester calmes et objectifs ; c'est une question de gros sous". La consigne a été bien suivie : c'est là un avantage de la géologie commerciale sur la géologie académique, elle est capable de forcer les scientifiques à garder la tête froide et elle peut donc aussi contribuer au progrès de la science pure ! Au tableau, j'ai affiché ma carte de la face cachée du Dôme et Richard s'est aussitôt exclamé : "il est quand même circulaire!". Ils m'ont évidemment demandé de pouvoir sur le champ faire une copie de la carte, chose que je n'ai également pas pu refuser. Son intérêt économique n'était donc pas nul !

En 1991 j'arrivais au bout de mon projet. Je publiai dans "Earth and Planetary Science Letters" un article sur une étude de la coésite et de la stishovite, bien plus détaillée que celle qui était parue dans Nature en 1978. Je sortis un deuxième article dans "Journal of Metamorphic Geology" en 1992. Ce dernier traite de la recristallisation associée aux pseudotachylites et du mystérieux métamorphisme pré-impact qui est régional par sa distribution, mais de type contact à l'échelle de l'échantillon ! Cependant ce mystère se dissipe si on adopte l'origine par impact ! Je pensais en avoir fini avec ces polémiques, en tout cas en ce qui me concerne. Mais je me trompais.

Duel

En 1992, je reçus du comité d'édition de "Earth and Planetary Science Letters" le manuscrit d'une réponse de Reimold à mon article de 1991 sur la coésite et la stishovite. Ainsi qu'il est convenu internationalement, de telles réponses critiquant un article paru dans la même revue n'est pas soumis à des lecteurs, mais envoyé au "critiqué", qui a le droit de se défendre s'il le désire. Pour ajouter du poids de son attaque, Reimold avait invité deux co-auteurs : Colliston et Walmach. Quelques années auparavant, ces deux géologues avaient été les artisans d'un modèle orogénique de type classique pour le Dôme, qu'ils visualisaient comme une nappe charriée vers le Nord. Rien qu'en regardant la carte, n'importe quel géologue ayant travaillé en domaine alpin ne pourrait pas facilement digérer un tel modèle ! Cependant ce modèle voudrait dire que le Dôme recouvre peut-être du Wits productif, c'est à dire de l'or ! Une ruée vers ce précieux métal s'ensuivit et des compagnies explorèrent le Dôme par vibro-sismique et forages, et je me suis laissé dire qu'elles dépensèrent quelque chose comme 100 millions de rands. Evidemment sans résultats. Quel gâchis ! Dans ce cas, le virus du nationalisme académique avait quand même réussi à infecter le monde commercial !

A lire les critiques de Reimold et al, il m'est immédiatement apparu qu'elles n'étaient vraiment pas solides. Répondre serait du gâteau. Il essayait de montrer que la coésite et la stishovite n'étaient pas des indicateurs de haute pression, mais il était bien évident qu'il ne s'était pas donné la peine de lire attentivement les articles qu'il citait et racontait des bêtises énormes. Pour ne citer ici qu'une seule de ses perles, il a écrit que "les expériences de synthèse [pour former ces deux minéraux] ont été conduites dans des conditions de pression et de températures spécifiques, mais sans considérer les changements de volumes". Non seulement la dernière partie de la phrase est inexacte, mais la déclaration défie des principes physiques de base : les équations qui définissent l'état thermodynamique des corps comprennent trois variables (température, pression et volume) et il suffit d'en connaître deux pour obtenir la troisième. On sait cela dès le collège !

Je rédigeai ma réponse. Mais pour cela, afin d'utiliser les mots justes, je fus aidé par mon ami Mike Bowles, travaillant également au Service Géologique. En effet dans ces situations de disputes, le langage doit être très châtié, il faut visualiser les adversaires comme

irréprochablement froids et respectables. C'est le flegme britannique encore de rigueur ici, pas question d'user de jeux de mots insultants comme le faisait par exemple le Prof. Lugeon. Peu après, juste avant une réunion du comité de la Société de Minéralogie, dont Reimold faisait aussi partie, j'étais déjà assis à la table de discussion. Ce dernier vint alors vers moi en souriant et paternellement posa sa main sur mon épaule en me disant gentiment: "tu as reçu ma critique ? Il ne faut pas te vexer, c'est un procédé classique, c'est la science, je ne peux pas faire autrement". Je lui fis une réponse évasive "oui, oui, oh, je vais voir". Intérieurement je me disais : "attends un peu, tu vas perdre ton arrogance !".

Le duel (un contre trois !) parut quelque temps après et j'en envoyai un tiré-à-part spécialement enluminé à Hargrave. Pour cela j'avais dessiné au crayon un "cartoon" humoristique où je boxais les trois lascars. De mon poing rayonnaient des shattercones et des onomatopées exprimant le choc (coes ! stish !), qui les envoyaient au tapis. Hargrave me répondit qu'il avait été enchanté du dessin. En effet la résistance acharnée des Sud-Africains avait dû être bien agaçante pour lui. A la réunion suivante du comité de la Société de Minéralogie, je sus immédiatement que Reimold avait aussi reçu ses tirés à part. Il ne me salua pas et me lança un regard noir. Sa rogne dura encore plusieurs mois. Lors de la réunion annuelle de la Société de Géologie, dans le lobby je parlais avec la secrétaire de la Société de Minéralogie, lorsqu'il gicla vers elle et sans me saluer, ou s'excuser, entama une discussion avec elle, m'ignorant complètement ! Cependant après plus d'une année, il s'adoucit et nous fûmes de nouveau en "speaking terms", comme ils disent là bas.

Dégel

En parallèle avec ce que je viens de raconter, à partir de la fin des années quatre-vingt, le monolithe de l'opposition au modèle impact a commencé à se fissurer. C'était en bonne partie à cause de la conférence de 1977 à Johannesburg et des découvertes remarquables de l'exploration de notre système planétaire par la NASA. En effet cette dernière avait montré clairement que les astrolèmes ne sont que banalités sur les planètes et les satellites possédant une croûte moins mobile que celle de la Terre. Chose surprenante le dégel a commencé à partir de l'Université de Potchefstroom, qui est pourtant très conservatrice, car songez qu'à l'origine elle fut créée uniquement pour la formation des pasteurs

de l'église réformée hollandaise. Mais elle s'est diversifiée depuis. Le mouvement a été initié par Sybrand de Waal, une forte personnalité que je connaissais bien et qui a déclaré en substance : «maintenant ça suffit comme ça, il faut admettre que c'est un impact". Bisschoff, qui nous avait fait les honneurs du Dôme sur le terrain, à Jaffé et à moi, rejoignit également le clan des impactistes. Albat et Mayer, de cette université, ont alors découvert un nouveau type de fracturation caractéristique des astroblèmes. Ce sont les "S-structures", qui se présentent comme des craquelures parallèles, régulièrement espacées d'environ 2 cm et qui, comme les shattercones, sont orientées en fonction du centre du Dôme. Elles se sont développées peu après le passage de l'onde de choc. En effet elles n'affectent que les "chilled margins" des dykes de roche fondues par l'impact et injectées "per descensum" dans le soubassement granitique, mais pas leur partie médiane qui a mis plus de temps à se figer.

En 1990 Mcarthy, de Wits (mais pas du groupe Nicolaysen !), a alors fait une découverte importante en mettant en évidence des ondulations tectoniques concentriques au Dôme jusqu'à une distance de 150 km du point zéro. La description de l'astroblème fut alors complète. Cela a permis de le classer comme un "ring basin", soit la morphologie caractéristique des plus grands impacts. Quelques explications sont peut-être maintenant nécessaires pour éclairer le lecteur peu familier avec ces phénomènes. Les petites météorites ne blessent pas la Terre. Lorsque leur taille augmente elles excavent des cratères à fond plat. Celles qui sont encore plus grande produisent des cratères avec un piton central, comme par exemple le cirque de Copernic sur la Lune. Lorsqu'il s'agit d'astéroïdes de un à plusieurs kilomètres de diamètre, il se produit un "ring basin", comme celui du Yucatan qui a causé l'extinction des dinosaures. Un autre exemple magnifique a été observé sur Mercure. La formation de tels astroblèmes s'effectue en trois phases : 1) impact, génération d'une onde de choc et excavation d'un cratère défonçant la croûte terrestre, avec projection de matières fondues et blocs jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres à la ronde; 2) rebond : le cratère se retourne comme un gant et le centre gicle en hauteur en un pic s'élevant de plusieurs kilomètres ; 3) affaissement du pic et développement des ondulations. Il est facile de visualiser un tel évènement : ces trois phases se retrouvent lorsqu'une goutte tombe dans l'eau. Seule l'échelle diffère ! A remarquer que le Dôme ne représente que le rebond affaîssé et que les shattercones n'indiquent son

centre qu'indirectement. En fait ils pointent vers l'extérieur ! Pour qu'ils montrent le centre il faut remettre les couches à plat, avec leurs pendages pré-impact ! Enfin il faut aussi préciser que le Dôme a subi plusieurs phases d'érosion depuis sa naissance, il y a 2 milliards d'années, et que ce que l'on observe actuellement ne correspond qu'à sa partie profonde. Il est probable que plusieurs centaines de mètres de roche ont été rabotées.



Photo © J. Marini

Jointes de diaclase dans le quartzite basal du Wits, série renversée avec pendage d'env. 60°. Côté NW de l'anneau.

Durant la même période, un géologue nouvellement converti à l'impactisme, travaillant au centre atomique de Pelindaba, Marco Andreoli, a aussi interprété de bizarres déformations dans des argilites comme étant l'effet de ces ondulations. C'était pratiquement à son lieu de travail, soit à 180 km du point zéro. Il me les a montrées, décrites avec force de superlatifs et en gesticulant avec véhémence ! J'en ai aussi observé, mais en un lieu quelque peu insolite, soit dans une grotte du Far West Rand : alors que je remontais à la surface, pendu aux jumars et me balançant dans le puits d'accès de 75 m. Là sur la paroi exposant des couches subhorizontales de dolomie entrelardée de minces bancs de chert, j'ai remarqué des petites failles inverses, dont l'obliquité avec la stratification n'était que d'environ 10°. Elles ne déplaçaient les cherts que de 20 à 30 cm horizontalement. C'était bien là le témoignage du passage d'une puissante onde sismique. La grotte n'était distante du centre du Dôme que de 70 km, je n'étais donc que sur la première vague.

C'est dans les premières années de la dernière décennie du millénaire que le nombre des impactistes s'est accru considérablement. Lors d'une excursion dans le centre du Dôme,

conduite par Robb (encore un converti !), de Wits, où participèrent un bon nombre de géologues du Service Géologique, après le terrain nous votâmes pour tester les opinions : impact ou pas. Le score fut 50-50 ! Mais les disputes restaient vives. Par exemple j'avais été invité à Wits pour assister à une causerie-discussion à l'occasion d'un invité d'honneur, Simpson du Service Géologique des Etats-Unis. C'est un spécialiste des astroblèmes que j'avais déjà rencontré. Bien que flairant une séance houleuse, je m'y suis quand même rendu, mais en retard. Je m'installai au fond de la salle et à côté d'autres posters j'affichai ma carte du Dôme montrant la répartition de la coésite et de la stishovite. Durant une pause, Reimold et Nicolaysen, qui ne l'avaient pourtant jamais vue, détournèrent la tête en passant devant. Andreoli y jeta un œil et prenant la parole sur l'estrade déclara : regardez, la coésite est largement distribuée sur le Dôme, maintenant il faut admettre que c'est un impact ! Comme les discussions s'éternisaient, je levai l'ancre. Me voyant partir Simpson me lança un sourire de connivence.



Christian Rufi dans la grotte de Jewel (Transvaal)

J'ai aussi été sollicité à montrer le Dôme à des visiteurs. J'en ai fait les honneurs au Professeur Marc Vuagnat, de Genève, de qui j'avais appris l'existence de la coésite et de la stishovite. C'était il y a bien longtemps, lors d'une excursion

universitaire en Auvergne, mais j'étais alors loin de penser qu'un jour j'en trouverais et que ces minuscules minéraux perturberaient les gens à ce point. Comme on parle de l'Auvergne : j'ai aussi montré le Dôme au Professeur Vincent, de Clermont-Ferrand, qui connaissait bien l'astroblème de Rochechouart, situé près de chez lui, dans le Limousin. Cependant la visite la plus sensationnelle a été celle du Professeur Arribas, spécialiste des gîtes minéraux, qui s'est amené avec un car entier de l'élite géologique espagnole. C'est un personnage brillant, débordant d'activité et très haut en couleur. Il est maintenant à la retraite, mais l'inaction tuant, il avait retrouvé une place d'enseignant à l'université d'Oviedo. Il m'a d'ailleurs présenté au professeur de cette université, qui, disait-il, l'a sauvé. Je ne me souviens que de son prénom : Jesus. Sur le terrain je leur ai montré les pseudotachylites dans les carrières de Paris (pas les catacombes, Paris dans l'Etat Libre d'Orange !). Elles sont là particulièrement bien mises en évidence sur les parois sciées pour l'extraction des gros cubes. C'est d'ailleurs ce granite qui a été utilisé pour décorer l'aéroport de Johannesburg et qui représente ainsi le meilleur endroit pour étudier les pseudotachylites, mais seulement macroscopiquement ! Je leur ai aussi montré un spectaculaire jardin de shattercones, mais avec interdiction d'utiliser les marteaux, sauf comme échelle pour les photos. Le soir j'ai dû encore improviser une causerie, qu'ils m'ont demandé de faire en français, la langue étrangère qui leur est la plus familière. En remerciement, Arribas m'a offert un bel échantillon de cinabre d'Almaden.

Je me suis aussi dit que si je pouvais trouver un document prouvant qu'un géologue sud-africain avait le premier pensé à une origine extra-terrestre, cela éteindrait radicalement l'incendie : Pffff... ! D'autres y ont déjà pensé, mais n'ont rien trouvé dans la littérature publiée. Par exemple le seul indice, très ténu, que les Américains avaient relevé est de Nel, qui a écrit dans sa grande monographie de 1927, que "la roche du Dôme semble avoir été comme fracturée par un choc". Mais il n'a pas ajouté "par un astéroïde". Il l'aurait fait, quelle économie d'efforts et de talents cela aurait représenté ! Dans les archives du Service Géologique sont conservées toutes les cartes et notes de terrain depuis les débuts héroïques des pionniers à la fin du 19ème siècle et au début du 20ème. Là j'avais déjà remarqué que les levés de terrains pouvaient renfermer des données secrètes, par exemple j'avais une fois découvert à la loupe un minuscule cœur percé dessiné à

l'encre de Chine! Parfois elles différaient de celles publiées. Par exemple je peux narrer cette histoire. Alors que sur le terrain je levais une certaine formation, j'avais observé qu'elle était affectée par une intrusion de granite du Bushveld (chose importante pour comprendre l'évolution géologique locale), ce qui n'était pas indiqué sur la carte publiée, mais l'était sur celle de terrain ! Cette dernière était signée de Söhnge, lequel avait pourtant contribué comme co-auteur à la publication qui suivit. Il devait à l'époque n'être qu'un jeune géologue dans son premier job et ses patrons ont dû maquiller la carte afin qu'elle "colle" avec leurs idées. Söhnge a ensuite rempli une brillante carrière académique et vit maintenant dans une maison de retraite au Cap. Je lui envoyai un tiré à part et il me répondit que me lire lui avait fait un immense plaisir, lui avait rappelé ses jeunes années et que ça avait été son meilleur Xmas pudding. Fouiller dans les archives peut se révéler bien utile !

Donc j'ai passé plusieurs jours à fouiller. En particulier j'ai lu les notes de Rogers, le directeur du Service Géologique naissant, qui était sage et clairvoyant. En effet il disait aux jeunes géologues qui s'engageaient : "maintenant mettez-vous bien dans la tête que vous aurez trois choses à faire tout au long de votre carrière : 1) observer ; 2) observer ; 3) observer". Il y avait aussi Hall qui partait dans la brousse pour 6 mois, en char à bœufs, avec armes et bagages. Le soir il jouait du violon autour du feu de camp et animait des petits bals pour les farmers. Dans ses carnets il avait magnifiquement dessiné les affleurements, exactement tels qu'ils apparaissaient par la suite dans ses publications. Lombard est battu à plate couture ! Ses notes, écrites avec soin, frôlent la poésie. Les géologues étaient alors certainement plus relaxes et réfléchis que de nos jours. Tout ça fut très intéressant mais je n'ai rien trouvé, ils n'ont pas pensé à une météorite.

Comme à ce moment-là, l'apartheid était officiellement aboli, j'ai aussi caressé l'idée saugrenue que si par hasard l'un des initiateurs américain de 1937 pouvait avoir été noir, le nouveau gouvernement aurait pu imposer le modèle de l'impact dans tous les manuels d'école! De toute façon répandre une telle rumeur aurait fait mousser l'affaire ! Je me suis informé, mais là aussi je n'ai rien trouvé sur les couleurs de peau.

Débâcle

Vers le milieu des années 90, se produisit un évènement qui allait accélérer le changement d'opinion sur l'origine du Dôme, enclencher la

débâcle de l'opposition anti-impact et la réduire à une minorité d'irréductibles : Nicolaysen prit sa retraite. Reimold fut alors mis à la tête du groupe de recherche, qui changea de nom et devint quelque chose comme "groupe d'étude des astroblèmes en Afrique Australe". Il avait donc complètement tourné casaque ! Voilà une trahison peu brillante. Mais j'appris plus grave encore. Un de mes collègues du Service Géologique, allemand comme Reimold, m'a rapporté qu'il lui avait confié avoir toujours pensé que Vredefort était un impact. Si une chaise s'était trouvée à proximité, je serais tombé assis, mais je ne fis que me balancer sur la plante pieds ! Comment ce "scientifique" a-t-il pu publier à jet continu toute cette masse d'articles pour démontrer que ce n'était pas un astroblème, tout en sachant bien que ce n'était que mensonges ? Il aurait dû démissionner de ce groupe, ainsi que l'ont fait d'autres qui se sont trouvés dans la même situation, comme par exemple Lilly et Gay. Il aurait dû être rayé de la liste des chercheurs et solennellement dégradé : épaulettes arrachées, sabre tiré du fourreau et brisé, comme pour Dreyfuss, mais qui lui était innocent. Pourtant en y réfléchissant bien, ce n'est pas si incroyable que cela. Je me souviens qu'en discutant avec Simpson, ce dernier remarqua : "je me demande si Reimold pense vraiment ce qu'il prétend, j'ai des difficultés à le croire". Ayant discuté avec lui plus longuement et plus subtil que moi, Simpson avait donc ressenti des doutes.

Le groupe de Reimold mit alors les bouchées doubles pour regagner le temps perdu. Il s'est attaqué à trois autres petits astroblèmes sud-africains, dont deux avaient déjà été suspectés comme tels, le Pretoria Saltpan et le Kalkkopie dans le sud du Karoo. Par forage ils identifièrent des effets de choc et les considérèrent comme des cratères d'impact. Dans le Dôme de Vredefort ils reprirent l'étude des "impact melts", formant les dykes injectés "per descensum". Quelques années auparavant Bevan French avait construit un modèle de magmas, qui indiquait clairement que cet "impact melt", un granophyre à bronzite, provenait bien de la fusion d'un mélange des diverses roches du Dôme. C'est dans les "impact melts" que l'on pourrait retrouver une contamination chimique donnant une idée de la nature de l'astéroïde. Comme la masse de ce dernier est très minime comparé à la totalité de la roche fondue, les données sont généralement très ténues. Donc la composition des éléments majeurs n'est le plus souvent pas informative. Les éléments traces peuvent néanmoins fournir des indices, principalement l'iridium (il se mesure là

en milligrammes par tonne !), un élément qui a été énormément appauvri dans l'écorce terrestre lors de sa formation, mais évidemment pas dans les roches peu différenciées constituant beaucoup des astéroïdes et des météorites. C'est par une anomalie d'iridium que l'on a pu identifier la fine retombée qui a recouvert une bonne partie de notre planète et qui marque la limite Crétacé-Tertiaire. On n'avait pas détecté une telle anomalie dans ce granophyre. Néanmoins les chercheurs du groupe Reimold détectèrent un indice sous la forme d'un rapport isotopique anormal dans l'osmium (aussi en traces infimes), qu'ils attribuèrent à la contamination par l'astéroïde : enfin une évidence en faveur d'un impact à son crédit! Cependant, ironie du sort, ce rapport pourrait également supporter le modèle de Nicolaysen. En effet, comme ce dernier visualisait une montée de fluides à partir du noyau, les fluides pourraient évidemment avoir "échantillonné" au passage toutes les couches de la Terre et apposé un cachet de composition primitive aux granophyres !

L'observation de l'effet d'un impact sur Jupiter, un événement qui s'est produit durant cette période de débâcle, a encore contribué à affaiblir d'avantage le modèle Nicolaysen. Il faut mentionner ici qu'il n'avait pas seulement appliqué son modèle au Dôme, mais aussi à de nombreux autres astéroïdes dans le Monde. Ainsi dans l'Est des Etats-Unis, il existe une série d'impacts de taille modeste, qui sont parfaitement alignés. Nicolaysen pensait que cet alignement prouvait une origine par montée profonde le long d'une fracture, plutôt que du ciel. Il avait tenté de voir un tel alignement du Dôme avec des structures tectoniques et des complexes magmatiques jusqu'au Zimbabwe, mais cela avait déjà été jugé peu acceptable comme preuve, si on tient compte des probabilités, de même que des données de la géochronométrie et du paléomagnétisme. L'impact sur Jupiter a représenté le coup de grâce. Il a été produit par un astéroïde, qui s'était fragmenté en un train de morceaux axés sur la même trajectoire. Comme Jupiter pivote aussi sur un axe, les impacts ont creusé d'énormes trous dans la couverture nuageuse, lesquels étaient évidemment alignés. Simple mais il fallait y penser ! Cela démontre une fois de plus, qu'il n'y a rien de tel que la comparaison avec un phénomène actuel pour asseoir solidement les modèles d'événements lointains dans le temps.

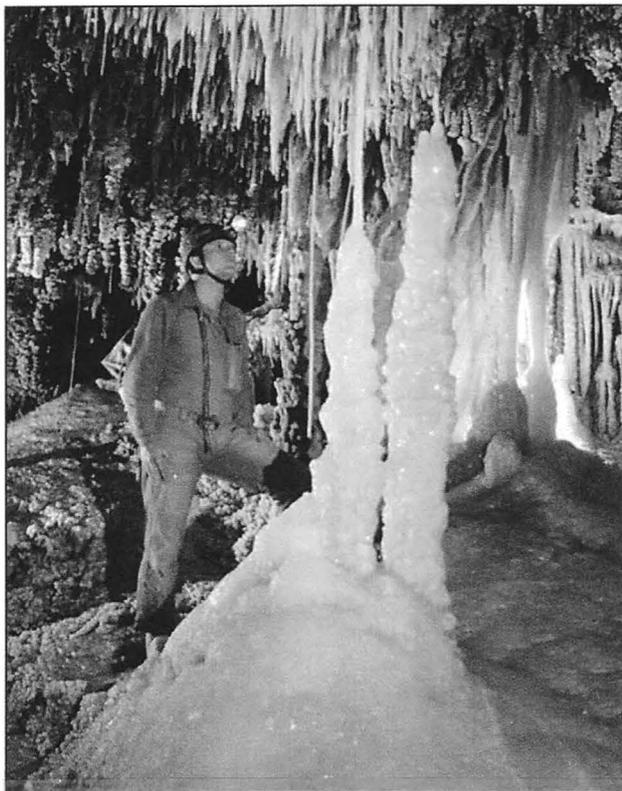
A cette époque je repris un projet vieux de 20 ans. Je venais alors de découvrir la coésite et la stishovite et avais tenté de visualiser dans

quel bassin sédimentaire on pourrait retrouver les débris éjectés par l'explosion du Dôme. En effet ils peuvent être projetés à des distances considérables sous forme de blocs et de paquets de verre fondu. Par exemple des blocs de la taille d'une tête ont été projetés à 300 km de l'astéroïde d'Acraman, en Australie. On observe cela dans une épaisse série plissée, dans les Flinders Ranges au nord d'Adélaïde, où l'on peut mettre le doigt sur la limite Précambrien-Cambrien, et observer la retombée : une couche à blocs, juste en dessous de l'Ediacarien, la période durant laquelle les premiers animaux sont apparus. Dans le Transvaal, l'endroit le plus favorable pour trouver quelque chose du même genre pourrait être la "Loskop Formation", pas loin de Pretoria et bien à portée de tir du Dôme. Là la carte géologique indiquait des lentilles de bizarres "brèches sédimentaires" : peut-être la retombée de Vredefort ?

Ici se place une anecdote à raconter. Un samedi après-midi j'allais voir cette brèche, en combinant terrain avec balade dans la brousse avec Claire, mon épouse. Je suis d'abord allé voir les farmers pour m'annoncer et demander la permission d'étudier les roches. Le visage de l'homme, qui était déjà très âgé, s'est immédiatement éclairé et avant tout préambule, m'a dit: "j'ai un reef sur ma ferme, il faut que je vous montre ça". Décemment, je ne pouvais pas refuser. Il prit immédiatement un bâton et je le suivis dans la chaleur torride de décembre. Claire est restée à la ferme. Il devait probablement penser diamants, car l'importante mine de Cullinan n'était pas loin et il pouvait espérer que l'on trouve la même chose sur sa ferme. Cahin-caha nous sommes arrivés dans un ravin exposant un filon de dolérite, pas de la kimberlite, ni du basalte à méliolite malheureusement. J'ai quand même prélevé un échantillon et promis de le contacter plus tard, mais précisai qu'il ne fallait pas se faire d'illusions. De retour à la ferme, je repars seul pour la brèche : elle est très grossière, mal classée et constituée uniquement de quartzite claire dans une matrice gréseuse rouge. En tout cas pas la retombée escomptée. Après avoir quitté les lieux, Claire m'a éclairé sur la grande excitation du farmer. Sa femme venait de lui raconter que la nuit précédente son mari avait eu un songe : un géologue du gouvernement allait venir et lui découvrir une mine de diamant. C'est une triste histoire, j'étais désolé. Il pensait seulement à ses enfants. Par la suite j'ai appris qu'il avait attrapé une insolation et avait failli mourir.

Je suis alors retourné sur les lieux, car à

Photo © G. Favre



*Christian Rufi dans la grotte de Cango (partie 2)
Province du Cap*

l'époque je n'avais inspecté le terrain que très superficiellement. Je découvris alors que la brèche résultait de l'érosion d'escarpements de failles, qui étaient actives pratiquement pendant une sédimentation de grès et shale rouges. Celles-ci ont disséqué la moitié inférieure de la formation en un assemblage de gigantesques blocs prismatiques, qui avaient subi des rotations dans un environnement de tension tectonique. La moitié supérieure de la formation de Loskop, s'est ensuite moulée sur cette surface accidentée de type "toit d'usine". J'ai fait faire de nombreuses lames minces dans la base de cette partie supérieure, mais sans déceler d'indices d'impact dans les grains de quartz. J'ai donc bien eu la confirmation que le Dôme n'avait rien à voir avec cette brèche. Cependant comme le sujet était très intéressant au point de vue sédimentation géodynamique, j'ai activement poursuivi les investigations. Elles ont abouti à un article, qui a ajouté une brique à l'édifice publié traitant du complexe magmatique stratifié du Bushveld, lequel représente une autre monstruosité géologique de ce pays. Comme à l'époque les datations géochronométriques avaient généralement bien progressé, il apparaissait aussi que la retombée ne pouvait probablement pas se retrouver dans la formation de Loskop, mais peut être plus haut, entre cette dernière et les couches du Waterberg. Mais les deux

unités sont séparées par une discordance et une lacune stratigraphique de 100 millions d'années. Ce n'était pas encourageant, probablement la retombée a été détruite par érosion et paléopédogenèse. Néanmoins dans le cadre de cette étude, sur le terrain j'ai toujours lancé un regard oblique de part et d'autre de cette lacune, mais sans résultat. Dans ce cas Dame Nature n'a pas accédé à mes désirs.

Epilogue

A partir de la dernière année du millénaire, je ne me suis plus guère soucié du Dôme. Nous préparions déjà notre retour en Europe, car en Afrique du Sud la situation devenait de plus en plus préoccupante à cause de l'insécurité. De plus si nous étions restés, le danger d'une inflation galopante dévorant notre retraite était réel : un risque à ne pas prendre. Enfin nos deux enfants avaient déjà plié bagages et s'étaient installés dans l'hémisphère nord. Cependant un événement allait brièvement remettre le sujet du Dôme sur le tapis. Au début de 2001, je suis convié à venir avec Claire à l'assemblée générale annuelle de la Société Géologique d'Afrique du Sud pour recevoir la médaille Draper. C'est paraît-il la plus haute distinction de la Société, remise de temps en temps pour "contribution exceptionnelle à la géologie sud-africaine". Ce n'était pas la première fois que je recevais une médaille. Pour la première ce fut au tout début de ma carrière, alors que j'avais 5 ans, à une école maternelle de Boulogne sur Seine. J'étais fièrement revenu à la maison avec une médaille étoilée, épinglée sur ma poitrine et décernée pour avoir bien appris l'alphabet. Mais j'ai dû la rendre le lendemain. Cette deuxième, 60 ans plus tard, se place symétriquement dans le temps, car juste avant l'extrême fin officielle de ma carrière, c'est-à-dire ma mise à la retraite. Cette médaille là, j'ai pu la garder. Pourquoi m'avoir choisi pour cette distinction ? Peut-être en partie parce que l'on aurait pu avoir eu vent de mon projet de quitter le pays, bien que j'aie été très discret sur ce point jusqu'à une ou deux semaines avant le départ. On aurait peut-être voulu me garder : j'aurais pu être encore utile, surtout comme interprète, car après la fin de l'apartheid, le Service était très sollicité par les anciennes colonies françaises d'Afrique. Napoléon n'a-t-il pas dit "Une médaille n'est qu'un hochet, mais cela fait toujours plaisir et ne coûte presque rien" !

Cette assemblée générale annuelle s'est tenue dans la "club house" de l'"University of the Witwatersrand". C'est une maison élégante de

style colonial hollandais, située dans un cadre ombragé. Comme d'habitude elle réunissait une bonne partie de la communauté géologique du pays et plusieurs discours furent écoutés. Puis le speaker distribua les "sucettes". Quand vint mon tour, il éclaira tout d'abord l'audience sur mes "prouesses" en débitant une longue liste d'évènements de nature très variée. Sa longueur découle du fait que je ne suis pas un spécialiste, mais un "man of all trades", comme ils disent là-bas. En effet tout au long de ma carrière, j'ai été incapable de me spécialiser et chaque fois que je trébuchais sur quelque chose d'inconnu ou de mystérieux, je n'ai pas pu résister à la tentation d'explorer pour en savoir plus. Il avait été bien informé, probablement par mes collègues du Service, et il apparut que j'avais été plus ou moins impliqué dans l'étude de presque tous les domaines géologiques d'Afrique du Sud, sauf dans celle des diamants. Mais c'est une exception de taille ! Noyé dans cette masse, le Dôme était néanmoins bien placé et cité comme une "contribution clef". Après la séance un plantureux buffet a été organisé et à cette occasion au moins une cinquantaine de participants sont venus me serrer la main, y compris Reimold, qui lui aussi, croyez-le bien, a reçu une récompense, mais seulement une citation d'"honneur" ! Comme toujours, Nicolaysen m'a superbement ignoré : au stand des boissons il a seulement demandé où trouver du vin à Claire, qui était à mes côtés. Le pire affront subi avait été une fois lors d'une réception au Service Géologique. L'invité d'honneur était le directeur du service géologique du Congo, avec qui je devais coller aux basques en tant qu'interprète. Je l'avais présenté à Nicolaysen, qui, bien que me reconnaissant parfaitement, m'avait demandé : "vous venez aussi du Zaïre ?". Mais je ne lui en veux pas, je ressens même de la compassion, il doit être malheureux. Une bonne partie de sa carrière avait cependant été brillante, pourquoi ne s'est-il pas dépêtré à temps de cette affaire du Dôme ? Il aurait dû suivre les conseils d'un professeur Anglais, dont j'ai oublié le nom, qui disait à ses étudiants : "You may make love to a model as much as you want, but under no circumstances you should marry her !". Une mauvaise fin de carrière, qu'il n'est pas le premier à subir. Quant à Reimold je ne peux pas m'empêcher de ne ressentir du mépris pour lui.

Un peu plus tard, après avoir encore travaillé sous contrat pour le Service pendant trois mois, afin de terminer une carte métallogénique du Gabon, au début juin 2001 je m'envolai pour Genève, puis roulai vers l'ensoleillé midi de la France où j'allai m'établir. Cependant c'était avec le cœur serré que j'abandonnais l'Afrique du

Sud, car c'est principalement dans ce pays que j'ai pu réaliser ce que j'avais voulu faire dans la vie. Cela s'est concrétisé au moment où j'ai été promu "specialist scientist", j'avais alors pris la nationalité sud-africaine, car je m'étais souvenu d'en avoir fait le serment au Prof. Ronald Chessex avant d'émigrer.

Maintenant la page est tournée. En Ardèche je ne m'occupe plus que du karst et de ses grottes, le domaine qui représente peut-être ma réelle et constante spécialité, puisqu'elle a toujours été présente en tant que toile de fond. Elle avait même été citée par le speaker lors de cette mémorable séance de la Société Géologique d'Afrique du Sud. Il avait mentionné mes travaux sur les paléokarsts minéralisés, sur les karsts développés dans des quartzites, sur les grottes hydrothermales de la Namibie et sur les minéraux des grottes. Il avait également relevé que j'avais exploré et topographié sans encombre 150 km de grottes en Afrique Australe !

Références de l'auteur en lien avec l'article

MARTINI, J., 1978 – Coesite and Stishovite in the Vredefort Dome, South Africa. *Nature*, 272, 715-717.

MARTINI, J., 1991 – The nature, distribution and genesis of the coesite and stishovite associated with the pseudotachylite of the Vredefort Dome, South Africa. *Earth Planet. Sc. Letters*, 103, 285-300.

MARTINI, J., 1992 – The metamorphic history of the Vredefort Dome at approximately 2 Ga as revealed by the coesite-stishovite-bearing pseudotachylites. *J. Metam. Geol.*, 10, 517-527.