

Bibliothèque nationale de France



Ce Globe vert, réalisé vers 1506, serait le plus ancien document représentant l'Amérique.

de couleur résume une somme d'observations ponctuelles. L'invention du procédé de la chromolithographie, en 1845, permet de diminuer les coûts et d'ouvrir le champ de son utilisation.

Les cartes géologiques, inventées entre 1790 et 1830, adoptent assez tôt des conventions de couleurs durables, pour lesquelles le choix se fonde sur la ressemblance avec la nature. La comparaison des trois éditions successives de la *Carte géologique de France*, de 1889, 1933 et 1996, démontre la continuité du choix des couleurs.

Dans le domaine de la végétation et des climats, le naturaliste allemand Alexandre de Humboldt (1769-1859) est à l'origine d'innovations importantes ; mais, pendant longtemps, l'emploi de la couleur dans les cartes de végétation repose davantage sur les conseils de l'imprimeur que sur les principes des auteurs. La carte de la végétation de la France au 1/200 000, entreprise en 1945 marque un pas important vers l'utilisation raisonnée des couleurs.

Dans les cartes des phénomènes politiques, à la fin du XIX^e siècle, la couleur vient remplacer les drapeaux et les armoiries comme symboles d'appartenance politique. Le rouge est fréquemment employé, dans un contexte d'exacerbation des nationalismes et d'affrontements coloniaux, tandis que l'emploi des cartes se généralise dans les écoles et dans la presse.

L'époque contemporaine voit la fin de la cartographie descriptive, aux couleurs tantôt réalistes, tantôt symboliques. Les cartographes ont aujourd'hui à leur disposition des appareils photographiques perfectionnés, mais aussi des capteurs généralement embarqués sur des satellites artificiels qui enregistrent des tranches

de rayonnement électromagnétique situées au-delà du visible. Pour rendre perceptibles les mesures instrumentales faites dans l'invisible, de même que pour élaborer les cartes théoriques appelées « modèles », il leur appartient de choisir des couleurs et des nuances artificielles proposées par milliers par des logiciels infographiques et identifiables, chacune, par un numéro qui la distingue. « L'abondance de l'offre peut être source de cacophonie comme elle peut servir à révéler des espaces insoupçonnés », écrivent les auteurs de ce chapitre.

La cartographie de notre fin de siècle a enfin inventé, grâce à l'informatique, la carte animée, qui permet de passer des observations localisées à des prévisions géospatiales simulées, comme cela est proposé chaque jour aux téléspectateurs lors de la diffusion des bulletins météorologiques.

Mireille PASTOUREAU

Géologie

La subduction océanique

S. Lallemand. Édition Gordon and Breach Science, 1999.

La subduction, un des phénomènes le plus caractéristiques de la tectonique des plaques, correspond à l'enfoncement d'une plaque dans le manteau sous-jacent ; le phénomène est toujours accompagné d'une forte sismicité. Les zones de subduction actuelles se suivent sur quelque 50 000 kilomètres. Elles correspondent pour l'essentiel à l'enfoncement de plaques océaniques. Il existe aussi des subductions continentales, à l'origine de chaînes de montagnes, mais elles sont encore mal connues.

Étant moi-même un « subducteur continental », j'ai évidemment été très intéressé par la mise au point proposée par Serge Lallemand, car la plupart des subductions continentales ont été précédées par des subductions océaniques. Le travail de présentation était difficile, car, comme l'a signalé Xavier Le Pichon dans sa préface, « aucun auteur ne peut dominer seul un sujet aussi vaste ».

L'auteur signale d'entrée que son livre est essentiellement destiné aux étudiants de troisième cycle des universités et aux chercheurs de la spécialité. La difficile figure de la première page donne le ton. Puis, tout au long de l'ouvrage, l'accent est mis sur les aspects

mécaniques de la subduction, l'auteur utilisant beaucoup la modélisation.

Grâce à l'information abondante qui est présentée, le livre donne rapidement une idée claire de l'état actuel de la discipline. La présentation est éclairée par 130 figures, consacrées à des exemples variés, et complétée par une longue bibliographie, localement surabondante mais où j'ai déposé une étrange lacune, probablement due aux délais de publications : n'est pas mentionnée la célèbre publication de S. Grand, R. van der Hilst et S. Widiyantoro, parue en avril 1997, qui montrait pour la première fois que la subduction Ouest-américaine s'enfonçait dans le manteau jusqu'à 2 700 kilomètres de profondeur ; ce travail révolutionna nos idées sur la subduction.

Dès les premières pages, le lecteur constate que les méthodes d'investigation utilisées par les géologues océanologiques sont bien différentes de celles des géologues continentaux : comme les structures sous-marines se trouvent souvent à plusieurs kilomètres de profondeur, le spécialiste de subduction océanique doit raisonner sans la moindre roche (sauf dans le cas rarissime de sondage profond). Il se focalise alors inévitablement sur la topographie sous-marine (dont on tire de magnifiques cartes topographiques), sur quelques profils sismiques à travers les empilements sédimentaires, et sur la localisation et la signification des séismes. Comme la part d'incertitude est grande avec cette géologie sans roche, il utilise largement la modélisation.

Un intéressant chapitre est consacré au fonctionnement des zones de subduction ; se fondant sur une abondante documentation glanée dans toutes les parties du Globe, S. Lallemand s'efforce d'être pluridisciplinaire. Il tire de son exploration une série de coupes générales théoriques, assez parlantes, des zones de subduction. Quel dommage qu'elles soient souvent sans échelle, ou avec des échelles non respectées ! Chemin faisant, il utilise constamment la sismologie, mais parfois trop rapidement (le moment sismique, qui résume le cisaillement le long de la faille, n'est pas proportionnel au cube de la surface ; la magnitude des séismes ne varie pas de 0 à 10...).

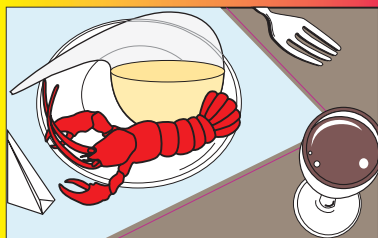
Puis il considère les prismes d'accrétion sédimentaires associés aux subductions, dont la structure est toujours compliquée. D'importants développements sont tirés de leur comparaison avec la très belle expérimentation analogique mise au point depuis longtemps par mon collègue J. Malavielle, à l'aide de couches de sables. L'auteur ne fait-il pas trop confiance à ces belles

FRANCE INFO et POUR LA SCIENCE

vous invitent
à écouter la chronique
de Marie-Odile Monchicourt :

Info Sciences

Tous les jours
sur **France Info**
à 15 heures 41,
17 heures 10,
20 heures 12,
22 heures 12,
et 23 heures 42



Les prochains
résultats présentés
dans la rubrique
Science et Gastronomie
seront annoncés sur
France Info
le 26 mai 1999.

FRANCE

info

expériences? Quand il écrit «il est démontré expérimentalement et vérifié sur de nombreuses marges», ne prend-il pas un raccourci dangereux?

Il n'en reste pas moins que les expériences analogiques comparables de S. Dominguez, à l'Université de Montpellier, sur le devenir des grands volcans sous-marins qui sont entraînés dans la subduction, sont impressionnantes. Dans ce cas, des aller-retour expérimentation-observation ont montré de façon convaincante que les effets de ces aspérités pouvaient être suivis jusqu'à des dizaines de kilomètres en arrière du front de chevauchement et jusqu'à des profondeurs de 10 à 20 kilomètres.

Le livre fait ensuite une large place à «l'érosion tectonique». Je trouve malheureux ce terme, utilisé par une partie de la communauté internationale, non pas pour évoquer l'érosion que tous les géologues continentaux connaissent bien, mais pour décrire un phénomène susceptible de se produire en profondeur : des subductions «ablatives», capables d'arracher des copeaux à la plaque supérieure et de les entraîner à grande profondeur ; le bord de la plaque serait ainsi peu à peu grignoté, de sorte que sa surface diminuerait notablement.

Après une longue discussion, l'auteur propose que l'érosion tectonique (= ablation) «est certainement un processus aussi répandu que l'accrétion sédimentaire». Cette conclusion me semble fort exagérée, car elle ne s'appuie guère que sur la subsidence des marges, sans envisager d'autres phénomènes.

L'ouvrage se termine de façon méritoire par des considérations générales, prenant en compte des régions émergées de l'Ouest Pacifique, et en allant jusqu'à la collision continentale. Cependant les problèmes restent traités avec la logique sous-marine ; on ne voit pas apparaître les raisonnements géologiques, à base de cartographie, de données, de paléogéographie, de structures... utilisés par les géologues aériens, à partir de l'observation d'un grand éventail de roches affleurant sur le terrain.

C'est ainsi que l'obduction (enfouissement d'un continent sous un océan), dont l'exemple le plus célèbre se trouve en Oman, est quasi oublié. On ne trouve aucune discussion sur l'hypothèse classique du métamorphisme de haute pression, qui admet que ce métamorphisme est lié à des subductions océaniques.

Malgré ses inévitables imperfections, cet ouvrage sera certainement utile, car il fera découvrir le monde particulier et attachant de la géologie sous-marine, avec ses diverses tendances, ses modes actuelles, et cela juste avant le bouleversement de la discipline dû à

la tomographie sismique. Il montrera que, grâce aux nombreux (et coûteux) projets internationaux, les spécialistes de la subduction océanique ne se cantonnent plus à une région. Dans un cadre international, ils sont informés sur toutes les zones de subduction actuelles de la planète en envisageant toujours les choses de façon globale... d'une manière qui ne se fait pas encore pour les subductions continentales.

Des progrès surviendront quand on poursuivra ces tendances, sans se limiter aux phénomènes actuels ou très récents. Il est temps de s'intéresser à l'histoire géologique des subductions qui ont eu lieu depuis au moins 150 millions d'années.

Maurice MATTAUER

Biologie

Biochimie : livre compagnon

R.I. Gumport, A. Jonas, R. Mintel, C. Rhodes et R.E. Koeppe (traduction de P. Kamoun). Flammarion, Médecine-Sciences, 1998.

Imaginons un moment un étudiant idéal qui se destine à apprendre la biochimie dans les grandes largeurs.

Outre son assiduité sans faille au cours magistral, il s'exerce et cerne mieux sa discipline lors des travaux dirigés. Dans la foulée, il assiste à quelques travaux pratiques, où il effleure de ses mains la genèse expérimentale du savoir et essaie, comme il peut, de concilier sciences et techniques.

Il se heurte alors au volume considérable des connaissances à intégrer, à l'art subtil de l'approximation, à la nuance capitale entre une hypothèse et un acquis. Il aborde le difficile mariage de la chimie et de la biologie, du macroscopique et du microscopique, du qualitatif et du quantitatif, de l'empirisme et de l'analyse. Finalement, il doit, vaille que vaille, se situer face au cours du professeur et à la trilogie «cours-TD-TP» : sa vision de la biochimie étant très fragmentaire, il conclut rapidement que seul le recours au livre lui permettra d'élargir son savoir et de mûrir sa compréhension. Quel livre choisir? Ils sont si nombreux et il en paraît presque chaque jour!

Lubert Stryer rallie depuis longtemps un grand nombre de suffrages, au grand bonheur de la maison Flammarion pour