

Géographie

Couleurs de la Terre, des mappemondes médiévales aux images satellitales

Sous la direction de Monique Pelletier. Éditions du Seuil/Bibliothèque nationale de France, 1998.

Ce grand et bel ouvrage a paru à l'occasion de l'exposition de prestige organisée par la Bibliothèque nationale de France sur son site de la rue de Richelieu, à la fin de l'année 1998. Il aborde l'histoire de la cartographie sous un jour inédit, en prenant pour thème l'emploi de la couleur, et combat l'idée répandue que les cartes anciennes sont belles et fausses, alors que les cartes modernes seraient exactes, mais peu agréables à regarder.

Une douzaine de collaborateurs ont composé cette œuvre collective en s'attachant, chacun pour son époque ou sa spécialité, à mettre l'accent sur l'affirmation et sur la diversification des couleurs en tant que langage visuel. Si la France se trouve naturellement au cœur de ces études, les innovations d'autres pays d'Europe y sont aussi exposées, notamment dans les Pays-Bas du Nord et du Sud, avec également une ouverture sur le Japon ancien.

Les cartes léguées par le Moyen Âge sont avant tout des mappemondes

schématiques, illustrant des manuscrits enluminés, où les couleurs deviennent de plus en plus significatives. Deux exemples seulement : certains auteurs antiques pensaient qu'à chacun des quatre éléments devait être attribuée une couleur qu'il avait engendrée. Ainsi la Terre était-elle colorée en bleu pervenche, car le lin – dont on extrayait cette couleur – en était le fruit, mais les mers étaient figurées en pourpre, pigment produit par un mollusque qui vivait dans les eaux océaniques. Par ailleurs, dans le système ptoléméen des planètes, la Terre se voyait souvent attribuer une couleur sombre, attirée en raison de son immobilité au sein du mouvement perpétuel des autres planètes qui, elles, portaient des couleurs vives.

Avec les cartes-portulans, à la fin du Moyen Âge, naissent les premières cartes outils, à l'usage des navigateurs. Elles apparaissent en Méditerranée, chez les Catalans et les Génois, et leurs couleurs chatoyantes évoquent le Sud. Les Portugais, à leur tour, donnent aux cartes destinées à de hauts personnages l'aspect de luxueux tableaux. Il s'agit d'éblouir les commanditaires des expéditions au Brésil et en Inde. Les cartes, mises au service des conquérants et des marchands, doivent évoquer la promesse de fructueux profits.

Les rares cartes de l'école normande du XVI^e siècle s'inscrivent dans cette tradition. Trop belles pour naviguer, elles servaient de tableaux d'apparat. Leurs coloris se distinguent par la dominante des teintes froides, des bleus et des verts délicats, souvent rehaussés d'or. Elles font cependant peu de cas des artistes

qui les ont ornées : leurs noms sont restés inconnus.

L'imprimerie révolutionne la cartographie, mais avec un certain retard. On constate d'abord une continuité entre le manuscrit et l'imprimé, les mêmes hommes exerçant les fonctions d'enlumineur, d'imprimeur et de cartographe. L'impression en couleur étant presque impossible techniquement, les cartes gravées sont imprimées en noir et blanc, puis enluminées pour séduire un plus large public. L'âge d'or de la cartographie imprimée se situe aux XVI^e et XVII^e siècles, en Flandre et aux Pays-Bas, où les cartes, les atlas et les globes sont omniprésents dans les intérieurs, comme en témoignent les tableaux de Vermeer.

À la même époque, la cartographie française revêt un aspect plus austère, mais elle se développe aux XVII^e et XVIII^e siècles, dans une direction originale, grâce au perfectionnement des corps d'ingénieurs, militaires ou civils, rompus aux techniques du paysage. Une fois maîtrisées les difficultés de la géodésie, ils portent leurs soins au rendu du terrain, inventent les plans en relief et élèvent à son apogée la peinture au naturel de la géographie physique. L'École des ponts et chaussées, créée en 1747, instaure notamment, à partir de 1775, un «exercice de carte» qui porte sur un territoire imaginaire complexe, réunissant tous les éléments du savoir-faire du dessinateur et donnant lieu à de ravissantes et curieuses cartes utopiques. Les cartes des ingénieurs des Lumières sont des chefs-d'œuvre de méticulosité et de raffinement où, à la fin du XVIII^e siècle, l'amplification de certains éléments annonce déjà le romantisme.

Elles connaissent un aboutissement particulier dans le cadre de la diplomatie, lors des règlements des litiges territoriaux entre États, lorsqu'il faut démêler l'enchevêtrement des frontières. Dans la seconde moitié du XVIII^e siècle et, surtout, dans le cadre du traité de Vienne, en 1815, se manifeste en effet la volonté de stabiliser les frontières. Les cartes des limites entre la France et les Pays-Bas deviennent alors des instruments juridiques et politiques à part entière, qui se démarquent des cartes strictement topographiques pour ne retenir que les éléments utiles aux négociateurs.

Avec le XIX^e siècle vient la grande époque de la cartographie thématique, dans l'élaboration de laquelle la couleur joue un rôle essentiel. Celle-ci perd peu à peu son rôle décoratif pour devenir un élément symbolique fondamental, résultant d'une synthèse intellectuelle : la plage



Bibliothèque nationale de France

Carte réalisée vers 1460, selon le système de Claude Ptolémée.

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'enfonce 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