

La construction du concept de fossile, une étude comparée historique et scolaire

Patricia Crépin-Obert

Centre de recherches en éducation
de Nantes – CREN
Ch. de la Censive du Tertre
BP 8122
F – 44312 Nantes cedex 3

Université de Franche-Comté
Ecole interne IUFM
57 avenue de Montjoux
F – 25000 Besançon

E-mail:
patricia.crepin@univ-fcomte.fr

In Reynard E., Laigre L. et Kramar N. (Eds) (2011). *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque en l'honneur du Professeur Michel Marthaler*, 24-26 juin 2010, Lausanne (Géovisions n° 37). Institut de géographie, Université de Lausanne.

Introduction

La présentation faite au colloque *Les géosciences au service de la société* a voulu rebondir sur une spécificité du savoir scientifique mise en avant dans la plaquette du colloque dédié à Michel Marthaler, « le savoir vivant ». Ce qualificatif choisi, lié aux savoirs géologiques, entre tout à fait en résonance avec un axe de réflexion d'un travail de thèse en sciences de l'éducation (Crépin-Obert, 2010a). Cette recherche démontre dans ce sens des interactions entre l'histoire de la paléontologie et l'enseignement de cette discipline. En effet, dans ces deux domaines d'étude, le savoir paléontologique est démontré comme étant un savoir dynamique car réorganisé en preuves nouvelles, empiriques et explicatives ; de fait, c'est un savoir provisoire car soumis à des réfutations au sein de communautés discursives. En référence à Piaget et Garcia (1983 : 19), rappelons que « la science est en perpétuel devenir ». Ce sont les processus d'un savoir en construction que nous avons analysés, selon un progrès continu, non pas linéaire mais erratique et soumis aux controverses.

Problématique et cadre théorique : enjeux dialectiques entre problème et obstacle

Actuellement les fossiles sont des marqueurs précis de temps sur une échelle stratigraphique par chronologie relative. Ce sont aussi des indicateurs de faciès des paléoenvironnements. Et enfin, ils constituent un des arguments en faveur de la théorie synthétique de l'évolution des espèces. L'objectif de la recherche était de cerner quels chemins et détours de la connaissance ont été empruntés avant cette construction actuelle ; pour ce faire, une comparaison a été envisagée entre une pensée préscientifique historique mise en regard avec les premiers apprentissages scolaires. La visée principale de la recherche était épistémologique et la question centrale était la suivante : quelles raisons sont entrées en conflit dans les différentes communautés scolaires et historiques à propos des fossiles autour de trois problèmes : leur origine, leur nature et leur analogie avec les organismes vivants actuels ?

La construction collective du savoir paléontologique est analysée dans le cadre principal de la problématisation, développée par le Laboratoire en sciences de l'éducation du Centre de recherches en éducation de Nantes (CREN). Il prend appui sur des spécificités d'un savoir scientifique en construction, auxquelles le savoir paléontologique, lui aussi, doit répondre. C'est un savoir explicatif pour lequel les faits et les phénomènes de la nature sont expliqués par des modèles et des théories soumis à la critique collective (Popper, 1979) ; c'est un savoir problématisé pour lequel les temps de positionnement du problème et son élaboration sont tout aussi fondamentaux, sinon plus, que leur résolution (Fabre & Orange, 1997) ; c'est un savoir apodictique, c'est-à-dire qui acquiert un caractère de nécessité par un raisonnement qui contraint les modèles explicatifs mis en tension avec un registre empirique et qui se distancie de la notion de vrai et de faux (Fabre & Orange, 1997) ; c'est un savoir rectifié qui a dépassé une pensée commune jonchée d'obstacles épistémologiques (Bachelard, 1938) ; enfin, c'est un savoir collectif et social, construit historiquement (Rudwick, 1985 ; Ellenberger, 1988 et 1994 ; Gohau, 1990 ; Gould, 1991).

Méthodologie comparée historique et scolaire

Une collecte séparée de données historiques et scolaires

Le défi de comparer la dynamique de construction de la connaissance paléontologique dans l'enseignement et en histoire de la paléontologie, lors des temps privilégiés de discussion conflictuelle entre pairs, a été relevé. La fécondité d'une étude comparative des différentes constructions de problèmes, ciblés lors des controverses, en lien avec des obstacles épistémologiques, était recherchée dans les deux communautés discursives, à partir de situations de débats scolaires et de controverses historiques. Des principes ont guidé les choix méthodologiques, en mettant en avant la démarche d'enquêtes didactiques et historiques. Dans un premier temps, les enquêtes didactiques et historiques ont été menées séparément. Dans les classes, la conception et la mise en œuvre de séquences pédagogiques intégrant des temps de discussion collective ont été réalisées. Ils permettaient l'émergence des modèles explicatifs des élèves et leurs possibilités à raisonner en sciences. Des questionnaires ont été testés auprès des élèves et des activités d'investigation par les élèves, autour de divers objets fossiles, ont été expérimentées. Et dans les archives historiques, la prospection de discussions institutionnelles ou non a été effectuée. Elle s'est faite par croisement et questionnement de nombreuses bibliographies, manuscrites ou publiées, provenant essentiellement du Muséum d'histoire naturelle de Paris et de l'Académie des sciences de Paris.

Un choix et une analyse du corpus par la recherche de points communs

Dans un second temps, la recherche de points communs a été réalisée. Le premier point commun des enquêtes est bien la forme discursive recherchée au sein d'une communauté en désaccord. La mise en tension entre des savoirs apodictiques et une pensée commune peut révéler une interaction possible entre problématisation et obstacle. Certaines productions en classe et certaines archives historiques ont pu être croisées car elles répondaient à un parallèle possible en ciblant deux autres critères de convergence, l'identification d'un problème commun et l'identification d'un obstacle épistémologique commun. Explorer les temps forts de débats, les nœuds que sont les controverses paraissait intéressant car ces temps de discussion peuvent être considérés comme des temps favorisant l'argumentation de différents protagonistes et comme des pratiques de référence pour des savoirs encore non stabilisés soumis à l'opinion. Les corpus historique et scolaire étant ciblés, le dernier point commun concernait leur analyse comparée recherchant la convergence ou divergence des processus de construction de la connaissance paléontologique. Le choix s'est orienté essentiellement vers deux outils méthodologiques d'analyse d'une problématisation, plus couramment utilisés dans le cadre des situations de débats scolaires. L'intérêt de ces outils réside dans des schématisations qui révèlent la fonction, la nature et les relations entre les divers arguments qui contraignent le raisonnement dans un champ scientifique. L'espace-problème, proposé par M. Fabre et C. Orange (1997), privilégie les interactions entre questionnement, réponses et objections, qui s'enchaînent ou qui entrent en concurrence. Les espaces de contraintes et de possibles organisent les arguments empiriques et explicatifs et révèlent les tensions entre faits et modèles

soutenant des argumentations divergentes souvent symétriques par désaccords des protagonistes. Un registre explicatif dans le contexte scolaire ou un cadre épistémique dans le contexte historique fédère la cohérence du raisonnement. Les fonctions heuristiques, argumentatives et théoriques de ces discussions peuvent être comparées. L'étude comparative, didactique et historique de problèmes paléontologiques conduit à une convergence à trois niveaux des relations entre problèmes et obstacles : le problème de l'origine des fossiles lié à l'obstacle artificialiste, le problème de la nature des fossiles lié à l'obstacle animiste par végétation spontanée et le problème d'identité des faunes fossiles par rapport aux faunes actuelles lié à l'obstacle « analogiste » proposé dans ce travail.

Analyse des résultats à propos du problème de l'origine des fossiles

La recherche de divergences entre la pensée enfantine et la pensée préscolaire

Interpellant le didacticien et l'historien, un rapprochement a été possible entre une conception enfantine et une conception historique (Crépin-Obert, 2010b). Le problème est similaire, ici l'origine des coquilles fossiles ; les produits du raisonnement nous apparaissent semblables, révélant un modèle explicatif convergent, ici l'artificialisme pris dans un sens élargi. Celui-ci prête une intervention humaine plus ou moins importante à l'origine d'un monde minéral et fait obstacle à la pensée scientifique. Cependant des différences évidentes sont liées aux contextes – historique ou d'apprentissage scolaire –, aux finalités, aux corpus et à leurs rhétoriques. Afin de dépasser l'analogie initialement perçue des raisonnements, c'est la recherche d'une divergence entre la pensée enfantine et la pensée préscolaire qui prime, et non pas d'une identité. Cette divergence résulte en fait dans les processus de construction argumentative sous-jacents de la connaissance paléontologique, marqués par les possibilités et les nécessités mobilisées par les deux communautés discursives.

La construction de nécessités, d'impossibilités et de possibilités

En classe, comme en histoire des sciences, des constructions de problèmes en lutte avec l'artificialisme, envisageant une intervention humaine plus ou moins prégnante, vont s'effectuer pour expliquer l'origine des fossiles. Cette logique explicative s'oppose au matérialisme d'une pétrification naturelle après la mort d'un ancien vivant. Par rapport à la construction des raisons nécessaires qui correspondent aux savoirs à valider, les nécessités construites se rejoignent, dont celle d'une pétrification naturelle par ensablement marin ou par encroûtement d'un ancien vivant. Mais le statut argumentatif est différent dans les deux communautés, selon s'il est construit en classe de CM1 (élèves de 9 ans) ou par J.-E. Guettard, académicien du XVIII^e siècle. La première nécessité, la nécessité d'une origine naturelle, est construite explicitement par le naturaliste en corrélant deux arguments empiriques : l'identité des coquilles fossiles avec les coquilles marines actuelles et leur association avec des restes fossiles de poissons marins. Elle est construite implicitement par les élèves en miroir des objections décli-

nant l'impossibilité pour les hommes préhistoriques de tailler aussi finement des fossiles, parfois de grande taille et d'autant plus intégrés dans une roche. De cette première nécessité corrélant la nature organique et l'origine naturelle des fossiles découlent d'autres nécessités. Une deuxième nécessité, la nécessité d'une pétrification dans un milieu aquatique, est construite chez Guettard par corrélation avec les observations de moules incrustées dans les fontaines pétrifiantes. Elle est envisagée par les élèves seulement comme une possibilité au vu des concrétions calcaires des grottes de Franche-Comté. Enfin, une troisième nécessité, la nécessité d'une ancienne mer retirée corrélée à la formation des reliefs, est construite comme une conséquence nécessaire chez les naturalistes. Elle est seulement évoquée et acceptée par les élèves comme une contrainte théorique hors du champ de leur questionnement.

Des nécessités stabilisées versus des nécessités conditionnelles

Au sein de la communauté scientifique apparaissent nettement deux types de nécessités. Guettard valorise le registre empirique et assure que les coquilles fossiles sont analogues aux coquilles marines actuelles par leur identité de forme et d'ornementations ; seules les couleurs diffèrent. Pour lui, la nature organique des fossiles et l'origine marine sont donc complètement démontrées et admises. Cette nécessité est stabilisée. Par contre, le déplacement des mers est encore soumis à la critique collective. La communauté scientifique du XVIII^e siècle débat encore beaucoup sur la validité de cette nécessité en envisageant plusieurs possibles (recul de simples rivages côtiers, changement de l'axe d'inclinaison de la Terre provoquant la venue de la mer des Indes en Europe). Cette dernière nécessité est encore sous condition de validation et rencontre quelques antagonistes. Ainsi, pour Voltaire, les lois physiques admises rendent inacceptable le déplacement des mers chaudes des Indes et encore plus inacceptable la formation des montagnes par celles-ci, vu les hauteurs considérables de reliefs contenant des coquilles ou des poissons fossiles. Sa démarche heuristique lui fait envisager d'autres alternatives dans un cadre fixiste (Carozzi, 1983). L'hypothèse des pèlerins transportant des coquilles fossiles le long des chemins de traverse montagneux est en concurrence avec quatre autres variantes (Crépin-Obert, 2010a : 197). Ici, contrairement à certaines conceptions d'élèves, la participation de l'homme est partielle puisque limitée au transport et à l'abandon de coquilles à l'origine de la présence de fossiles marins loin des mers, sans nier leur origine d'ancien vivant pour les coquilles analogues aux actuelles. Parmi tous ces possibles, il semble plus simple à Voltaire de penser la nécessité d'assèchement d'anciens lacs au sein des montagnes : « *une huître près du Mont Cenis ne prouve pas que l'océan Indien ait enveloppé toutes les terres de notre hémisphère [...] Pourquoi donc imaginer que des coquillages des Indes sont venus s'amonceler dans nos climats quand nous en avons chez nous par millions ?* » (Voltaire, 1768 : 146). Il s'agirait donc de coquilles dulçaquicoles formées *in situ* et non de coquilles marines allochtones fossilisées dans les montagnes. En définitive, le déplacement des mers, conséquence nécessaire admise par les naturalistes, est un problème insurmontable pour Voltaire et reste impensable dans son cadre épistémique fixiste. La réponse de Guettard dans une lettre manuscrite inédite se moque du raisonnement rétrograde et enfantin de Voltaire : « *Comment peut-il s'imaginer que des coquilles qui ressemblent entièrement à celles qu'on tire de la mer, puissent avoir été formées par une cause aussi*

étrangère que celle qui forme le depost dans l'Etang Des Places. Sans doute que ces pierres ne sont dues qu'à un dépost. La matière qui la forme n'est pas certainement d'une nouvelle création [...] M. de Voltaire a réellement été dans presque tout ce qu'il a vu un vray Don Quichotte qui voyoit toujours le contraire de ce que les hommes sensés voyoient. [...] il faut avouer que M. de Voltaire a l'imagination plus vive qu'il n'a de bons yeux » (Guettard, n. d. post 1768 : 50, 57-58). Ceci prouve aussi la difficulté de Voltaire d'accepter que la science ne puisse tout expliquer ; l'important pour lui est de lutter contre les modèles explicatifs mobilisant le Déluge et une pensée biblique. Il préfère donc réfuter cette généralisation des coquilles marines actuelles analogues aux coquilles fossiles par la communauté scientifique. D'autant plus que ce système laisse en suspens certaines coquilles d'espèces inconnues par rapport aux coquilles actuelles, comme celles des ammonites.

Conclusion : la mise à l'épreuve d'un savoir apodictique historique et actuel

Un des résultats spécifiques de cette recherche est d'avoir mis à l'épreuve la notion de savoir apodictique. La notion de nécessité conditionnelle qui lui est associée est proposée afin de spécifier ces raisonnements qui mettent en tension possible et nécessaire, caractéristiques des sciences historiques telles la paléontologie. Réhabilitons ces nécessités conditionnelles, marine et dulçaquicole, disputées par Guettard et Voltaire. Les études géologiques modernes ont confirmé en partie leurs interprétations en fonction des gisements considérés. Certaines coquilles fossiles retrouvées autour du lac Léman et correspondant donc à celles observées par Voltaire dans les environs de Ferney, appartiennent à une molasse oligocène (environ 38 millions d'années) et leur origine dulçaquicole est attestée par un fossile, *Helix ramondi*. Par contre, certains terrains du Moyen-Pays suisse sont constitués d'une molasse miocène d'origine marine attestée par des fossiles de grandes huîtres, de *pectens* et des dents de requin (Carozzi, 1983). La cause unique marine, évoquée par les naturalistes du XVIII^e siècle, est ainsi loin d'être le seul processus expliquant la formation des montagnes.

Plusieurs évènements sédimentaires et tectoniques entrent dans cette histoire géologique complexe des Alpes. Les processus de raisons, des objets fossiles aux concepts paléontologiques, ont fédéré des enquêtes en géosciences qui invitent à voyager dans le temps et l'espace. Aujourd'hui, les fossiles caractéristiques, mémoire de l'histoire de la Terre, ont permis de reconstituer l'histoire tectonique d'océans disparus tels celui alpin (Marthaler, 2001). Or, cette histoire actuelle résulte d'une science « en marche » ; le problème paléontologique initial, illustré par la controverse Guettard-Voltaire, devient un problème stratigraphique, puis tectonique. Les Alpes ont été l'objet de nombreux modèles explicatifs successifs depuis le questionnement de mouvements des mers au XVIII^e siècle, en passant par la thèse des déplacements latéraux par H.-B. de Saussure, puis les nappes de charriage de M. Bertrand et enfin la belle synthèse des soulèvements successifs des montagnes de L. Élie de Beaumont en 1829 qui marque une rupture (Gohau, 2010). Par un éclairage épistémologique, cette recherche a ainsi voulu réhabiliter l'étude des errements de la connaissance,

passés et scolaires car « *l'histoire de la connaissance [...] est l'histoire des erreurs et l'histoire des victoires sur l'erreur* » (Canguilhem, 1968 : 364). N'oublions pas d'accorder une place prépondérante à l'erreur comme faisant partie de la construction de la connaissance en considérant cette genèse du possible et son passage au nécessaire comme des processus fondamentaux du raisonnement scientifique.

Bibliographie

Sources historiques

- Guettard J.-E. (n.d. post. 1768). Réponse à Voltaire au sujet de la formation des pierres et coquilles. *In Ms 2186, Minéralogie 1, B. Notes diverses sur la minéralogie, son utilité, la façon de l'étudier*, (50-58). Paris, Bibliothèque du Muséum d'Histoire naturelle.
- Voltaire F.-M. Arouet, dit. (1768). Des singularités de la nature par un académicien de Londres, de Bologne, de Pétersbourg, de Berlin, etc. *Œuvres complètes de Voltaire – Nouvelle édition*, Paris, Garnier frères, Mélanges VI, 125-157, rééd. 1879.

Sources contemporaines

- Bachelard G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris, Vrin.
- Canguilhem G. (1968). *Études d'histoire et de philosophie des sciences concernant les vivants et la vie*. Paris, Vrin, rééd. 2002.
- Carozzi M. (1983). Voltaire's attitude toward geology. *Archives des sciences*, 34(1), 1-145.
- Crépin-Obert P. (2010a). *Construction de problèmes et obstacles épistémologiques à propos du concept de fossile : étude épistémologique comparative entre des situations de débat à l'école primaire et au collège et des controverses historiques du XVII^e et XIX^e siècle*. Thèse de doctorat, Université de Nantes.
- Crépin-Obert P. (2010b). Idées et raisons sur les coquilles fossiles : étude épistémologique comparée entre une situation de débat à l'école primaire et une controverse historique. *Recherches en didactiques des sciences et des technologies*, 1, 93-120.
- Ellenberger F. (1988 et 1994). *Histoire de la géologie*, Tome 1 et 2. Paris, Technique & Documentation-Lavoisier.
- Fabre M., Orange C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, 24, 37-57.
- Gohau G. (1990). *Les sciences de la Terre aux XVII^e et XVIII^e siècles. Naissance de la géologie*. Paris, Albin Michel.
- Gohau G. (2010). *Histoire de la tectonique. Des spéculations sur les montagnes à la tectonique des plaques*. Paris, Vuibert-Adapt-Snes.
- Gould S.-J. (1991). *La vie est belle. Les surprises de l'évolution*. Paris, Seuil.
- Marthaler M. (2001). *Le Cervin est-il africain ? Une histoire géologique entre les Alpes et notre planète*. Lausanne, Editions LEP.
- Piaget J., Garcia R. (1983). *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris, Flammarion.
- Popper K.R. (1979). *Conjectures et réfutations – La croissance du savoir scientifique*. Paris, Editions Payot & Rivages, rééd. 2006.
- Rudwick M.J.S. (1985). *The meaning of fossils. Episodes in the history of palaeontology*. Chicago, The University of Chicago Press.