

Problématisation comparée d'un débat scolaire et d'une controverse historique à propos de l'origine des coquilles fossiles

CREPIN-OBERT Patricia, formatrice IUFM de Besançon, CREN de l'Université de Nantes, France, patricia.crepin@fcomte.iufm.fr

Mots clés : fossiles, débat scolaire, controverse historique, problématisation, savoir apodictique, obstacle épistémologique, animisme

Résumé

La question centrale épistémologique est celle des rapports discutés entre les faits et les explications lors d'un débat scolaire ou d'une controverse historique à propos des coquilles fossiles. Les premiers apprentissages à l'école primaire ou la pensée préscientifique de deux savants du XVIII^e siècle organisent des arguments conflictuels dans différents registres - empiriques, des modèles et explicatifs- Dans le cadre théorique de la problématisation des concepts paléontologiques –nature des fossiles, pétrification, origine marine- sont étudiés sous l'angle du savoir apodictique en construction et en tension avec un obstacle épistémologique, l'animisme. Cette étude de cas comparative permet d'aborder la validité différente des raisons mobilisées, des possibles et des nécessités stabilisées ou conditionnelles.

Introduction

Les coquilles fossiles ont été des objets d'études paléontologiques relativement délaissés au XIX^e siècle sauf par quelques rares naturalistes tels Lamarck et Alcide d'Orbigny. La part belle est revenue essentiellement aux vertébrés fossiles pour construire les principes fondateurs de l'anatomie comparée et de la paléontologie par Cuvier encensé dans les rétrospectives historiques. Or au XVIII^e siècle ces coquilles pétrifiées constituent un des centres de discussion de la communauté scientifique. Ce sont aussi des objets d'étude le plus à la portée des élèves de primaire. Objets familiers de récolte dans la région, objets diversifiés dans l'étage Oxfordien de la période Jurassique, ils constituent un potentiel d'étude d'une grande richesse didactique. Nous nous proposons d'effectuer une étude comparative d'un épisode de débat scolaire et d'une controverse historique dans lesquels un obstacle animiste émerge à propos de la nature et de l'origine de ces coquilles fossiles.

Cadre théorique et problématique

Le débat scolaire peut être considéré comme une situation favorable aux apprentissages scientifiques (Orange, 2000). Et le choix d'une communauté discursive lors d'une controverse historique est effectué en vue d'une réflexion vers une transposition didactique pour la classe (Chevallard, 1985). Comment pourrait être fécond le rapprochement entre deux épisodes, l'un d'une co-construction scolaire et l'autre d'une construction historique de la même connaissance scientifique visée débattue? Deux concepts didactiques sont mobilisés dans ce

sens, l'obstacle épistémologique bachelardien (Bachelard, 1938) et la problématisation ou construction de problèmes en sciences (Fabre, 1999). Les savoirs scientifiques sont des savoirs rectifiés d'une pensée commune. Les savoirs scientifiques sont aussi des savoirs problématisés, c'est-à-dire authentifiés par leur caractère explicatif sur les objets de la nature, et par leur caractère apodictique ou nécessaire (Orange, 2000). Quelle diversité d'argumentation empirique et explicative peut être révélée à travers la construction d'un savoir paléontologique controversé en milieu scolaire ou en histoire des sciences ? L'aboutissement d'un véritable débat n'est pas de produire la solution d'une « vérité scientifique » mais de clarifier un registre empirique et un registre sur les modèles explicatifs. Quelle mise en tension entre ces deux registres structure une cohérence dans le raisonnement respectif des deux communautés scolaire et historique? De plus si ces situations peuvent favoriser l'argumentation des différents protagonistes, ce sont aussi des situations complexes en référence aux pratiques des scientifiques (Martinand, 2001). Car dans ces moments privilégiés de controverse historique ou de débat scolaire, des savoirs non stabilisés sont en jeu, soit liés à la naissance d'une discipline soit liés aux premiers apprentissages scolaires. Or la genèse de ces savoirs paléontologiques peut être autant porteuse de raisons -possibles ou nécessaires- que d'obstacles épistémologiques. Dans les connaissances préscientifiques en paléontologie quelles relations peuvent être établies entre les deux concepts épistémologiques de problèmes et d'obstacles ? A priori l'isomorphie d'un obstacle peut-elle se décliner par une divergence de problématisation ?

Méthodologies et résultats d'un débat scolaire et d'une controverse historique

La méthodologie comparative s'est appuyée sur la conception d'une progression pédagogique intégrant des temps de discussion en milieu scolaire et sur la prospection de discussions institutionnelles en histoire des sciences à propos du concept de fossile. Les épisodes scolaires et historiques sont retenus pour une analyse parallèle dans la mesure où une convergence globale d'un obstacle était décelable. Outre la forme discursive et la problématique de nature des fossiles, l'identification d'un obstacle convergent est le troisième point commun recherché entre nos deux communautés pour le recueil des données. Dans ce sens l'étude de cas retenue ici porte sur l'animisme. Et les différentes problématisations associées sont issues soit de l'enregistrement d'un débat transcrit dans une classe de CM1 soit d'un mémoire de l'Académie des sciences de Paris couplé à un ouvrage édités au XVIII^e siècle.

Puis la méthodologie d'analyse comparative est effectuée sur ce corpus par le biais d'un outil méthodologique commun, l'espace de contraintes (Orange, 2000). Il valorise l'architecture du raisonnement en mettant en tension les arguments empiriques et explicatifs menant aux savoirs scientifiques ayant une valeur de nécessité. Le test de cet outil méthodologique dans le cas d'une controverse et non pas d'un débat consensuel va nous amener à discuter la notion de contraintes et de nécessités.

Une étude de cas scolaire en CM1, la croissance des fossiles

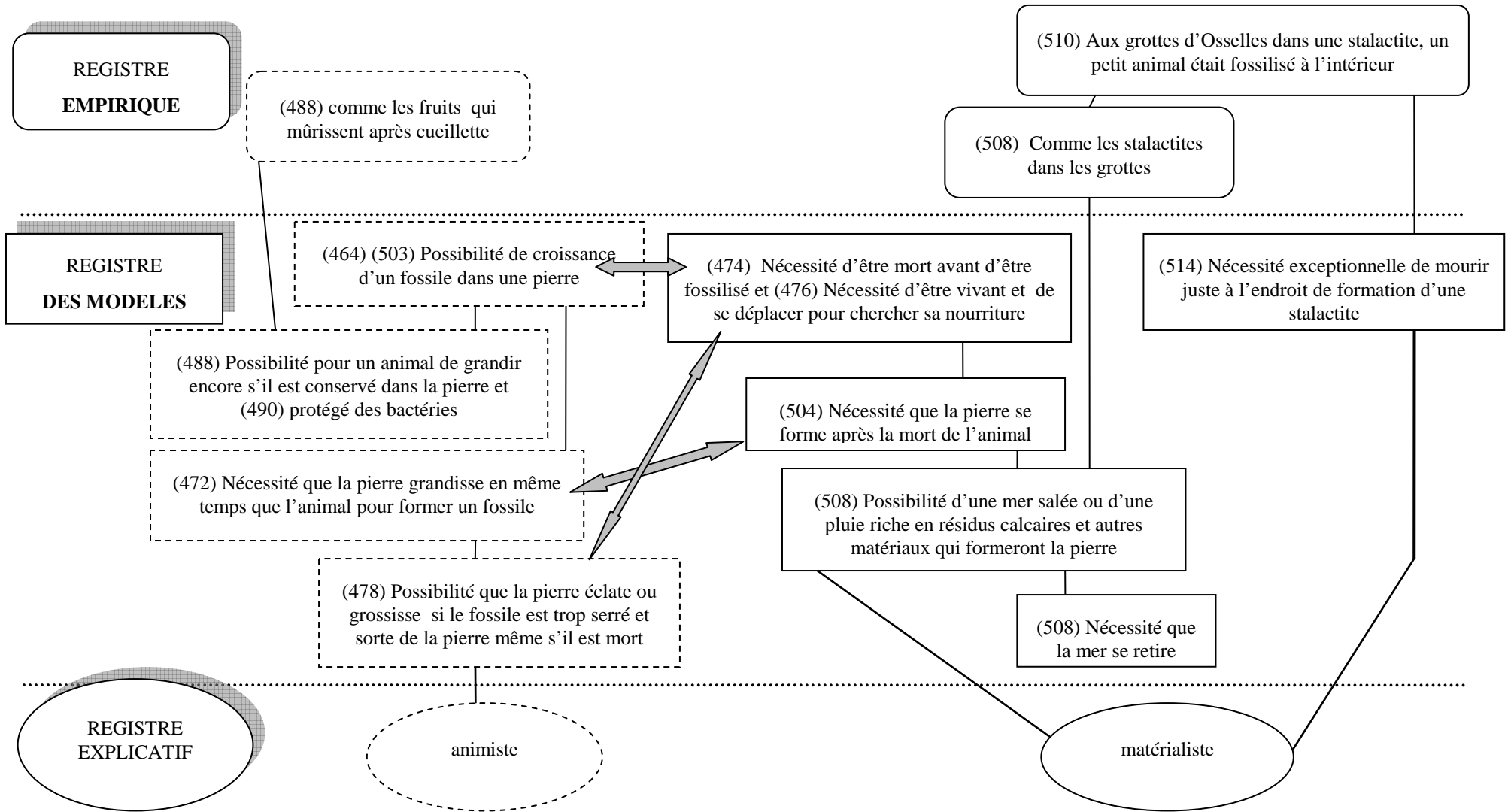
Le débat repéré s'inscrit dans une progression menée dans une classe de CM1 par un professeur des écoles, maître formateur, en mai 2005. Cette séquence répond aux objectifs d'apprentissage scientifique des programmes 2002 où la paléontologie est explicitée. Ils sont abordés par un premier niveau de conceptualisation qui vise à structurer la généralisation des

fossiles à tous les vivants animaux comme végétaux et par conséquent à comprendre leur nature organique. Il veut construire aussi le processus de fossilisation simultanée à la sédimentation, permettant la transformation de l'animal en fossile -par épigénèse- et du sédiment en roche -par diagenèse-. La séance du débat s'intègre après l'observation raisonnée d'une collection de divers vivants actuels et fossiles (coraux, échinodermes et nombreuses coquilles) qui amène à cerner la définition d'un fossile. Les conceptions initiales sont sollicitées et les élèves répondent individuellement au questionnement de l'enseignant « Qu'est-ce qu'un fossile ? Comment se forme un fossile ? Est-ce que tu connais d'autres fossiles que ceux que nous avons vu la dernière fois ? ». Deux conceptions qui relevaient d'un modèle explicatif animiste en regard de l'étude historique sont offertes à la critique du groupe classe pour une problématisation collective. Elles ont servi de support de discussion aux deux épisodes retenus du débat (occurrences 460 à 517)¹. Les arguments pertinents des élèves sont représentés par la méthodologie retravaillée des espaces de contraintes. Nous avons repris la différenciation entre les trois registres mais en identifiant les arguments qui revenaient à chacun des protagonistes. Et les argumentations opposées s'organisent non seulement dans un espace de contraintes mais aussi de possibles (Schéma N°1). Un codage différencie les trois registres, le registre empirique, le registre des modèles et le registre explicatif. La controverse scolaire oppose l'origine naturelle d'ancien vivant et la croissance in situ des coquilles fossiles dans la terre. Un autre codage différencie l'appartenance à chaque système explicatif.

Deux logiques explicatives s'affrontent, la croissance d'un fossile ou la pétrification naturelle après la mort de l'animal mobilisant sept élèves dans cette discussion. La conception d'une élève, Laura, était très explicite sur la logique d'une analogie entre la croissance d'une graine et celle d'une coquille fossile « puisque le fossile, la pierre elle grandit, pis l'animal il grandit donc le fossile, il grandit avec » et un autre élève, Hugo, traduit sa pensée par « c'est comme des graines de pierre ». Mais aucune nécessité n'est explicitée clairement par les élèves. Le chercheur doit interpréter les interactions langagières des élèves qui relèvent d'un caractère de nécessité en rapport avec la problématique de la nature des fossiles. Au départ la conception de Laura défendant une croissance simultanée entre l'animal et la pierre pour former le fossile, lui apparaît comme une nécessité. L'ambiguïté entre l'animal et le fossile, le vivant et le mort, est nettement marquée. La croissance ne semble pas être une fonction exclusive du vivant. La mise en histoire de cette croissance possible d'un fossile n'est étayée que par un registre empirique restreint au monde végétal. La croissance et la conservation d'un fossile auraient comme analogues le mûrissement et la conservation d'un fruit. Les arguments d'analogie ou de contradictions ne démontrent pas une adhésion solide à cette conception. Le statut heuristique l'emporte sur le statut apodictique pour l'argumentation animiste. Et c'est l'alternance entre des possibles imaginées de végétation de fossiles, explications prudentes ponctuées de « peut-être », et une objection répétée de mortalité obligée avant la fossilisation que peu à peu émergent quelques nécessités convergeant vers une pétrification naturelle : nécessité d'une formation pierreuse enrobant l'animal mort, nécessité d'un milieu aqueux chargé de sels ou de calcaire, nécessité de retrait de la mer dans la région de Franche-Comté riche en grottes. Elles sont déduites « en miroir » des impossibilités explicitées, par exemple liant la croissance aux contraintes théoriques des fonctions du vivant telles le déplacement et l'alimentation.

¹ La totalité du débat transcrit peut être envoyé à toute personne qui le solliciterait à l'adresse électronique de l'auteur

SCHEMA N° 1 : Espace de contraintes et de possibles, un extrait de débat en CM 1 : Les fossiles peuvent-ils grandir ? (Occurrences 460 à 517)



Une étude de cas historique d'une controverse entre La Sauvagère et Guettard, la végétation des fossiles

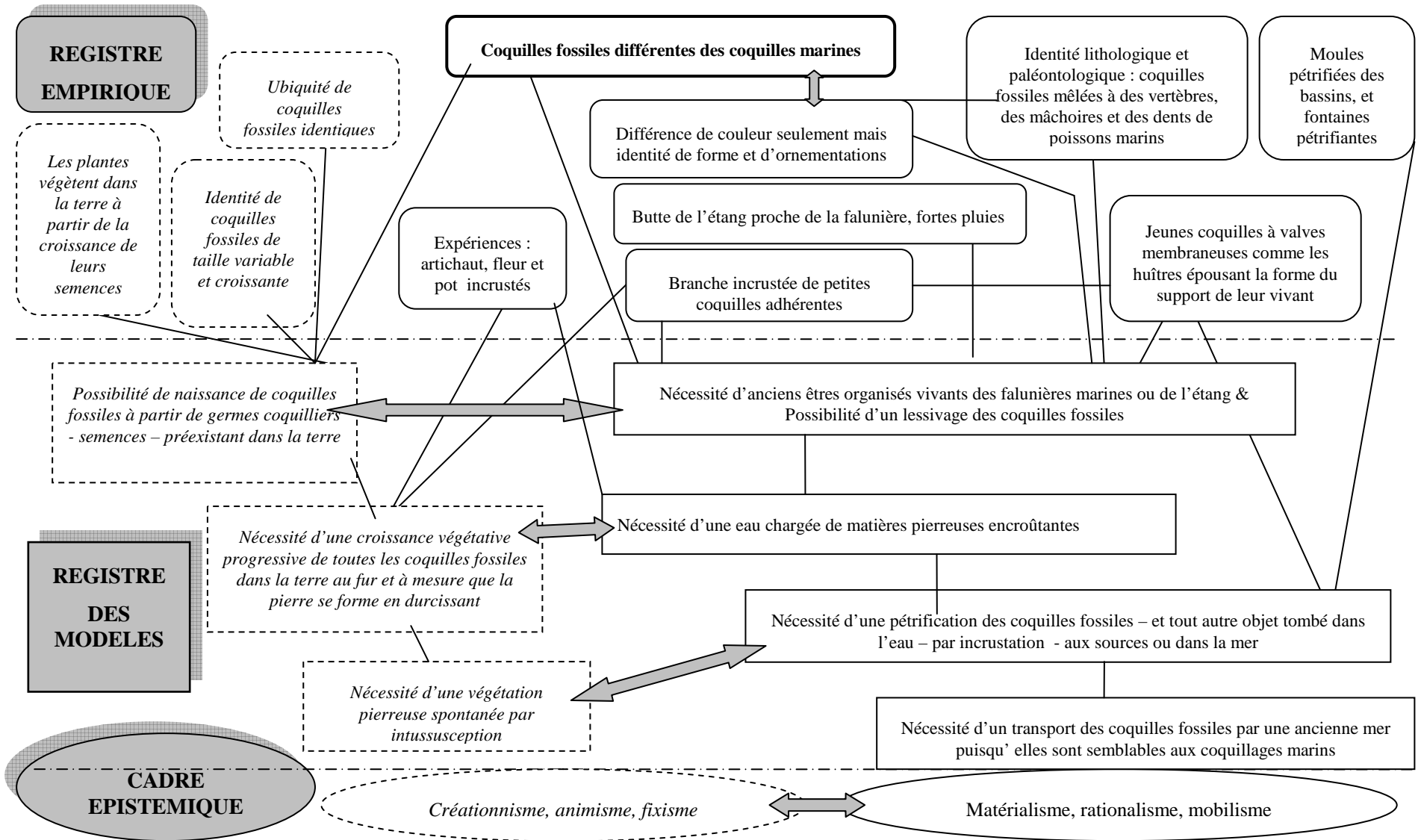
Jean-Etienne Guettard (1715-1786), disciple de Réaumur et académicien naturaliste attaché au cabinet du Duc d'Orléans, se donna mission dans ces derniers écrits de lutter contre toute erreur scientifique de son époque. Il attaqua donc Voltaire (1694-1778) contre ses conceptions anthropocentrées pour expliquer la présence de poissons ou coquilles fossiles en plein cœur des montagnes (Crépin-Obert, 2005). Et à la même période il remet en cause les idées spontanéistes de La Sauvagère (1707-1781), ingénieur en chef des îles d'Oléron cautionné par Voltaire à propos de la nature des coquilles fossiles (Guettard, 1983). C'est une réponse critique prenant à contre-pied chaque argument décliné dans le système explicatif erroné de La Sauvagère publié en 1776. Comme précédemment les argumentations opposées sont organisées dans un espace de contraintes et de possibles (schéma N°2). Seul le registre empirique présente des faits et des phénomènes à expliquer communs. Alors que l'ensemble du système explicatif est complètement divergent. Plus complexe que chez les élèves il peut être envisagé à trois niveaux, le registre des modèles et plusieurs registres explicatifs imbriqués dans un cadre épistémique. L'argumentation de La Sauvagère est mise en italique et encadrée en pointillé pour la différencier de l'argumentation de Guettard dans notre schématisation.

Le système de La Sauvagère s'appuie sur un raisonnement analogique avec les plantes. Il est construit à partir du principe de croissance des semences par intussusception² et l'idée centrale de son système repose alors sur le concept de germe, les « seminia », et sur des observations à différentes échelles de nombreuses coquilles. De plus comme il considère ces coquilles fossiles différentes des coquilles marines actuelles, alors il lui est possible d'envisager leur croissance dans la terre à partir de germes coquilliers issus de la création divine originelle. Tout le fondement du système de La Sauvagère est profondément créationniste c'est pourquoi il affirme préférer un autre miracle de la nature si merveilleuse, la végétation ou génération spontanée des coquilles fossiles, au miracle d'un déplacement des mers défendu par Réaumur ou Buffon.

Par opposition la pierre angulaire du raisonnement de Guettard est l'identité des coquilles fossiles terrestres avec les coquilles marines actuelles, ce que nie son adversaire. Il ajoute de nombreux et nouveaux éléments empiriques paléontologiques ou biologiques, la localisation géographique du gisement fossilifère, la paléocénose indubitablement marine des faluns de Touraine, les coquilles actuelles retrouvées dans les sources pétrifiantes, le cycle actuel de développement des huîtres. Si l'identité des coquilles fossiles avec les coquilles marines actuelles est démontrée, d'autres nécessités découlent de ces multiples observations telles l'origine organique des coquilles fossiles, la pétrification par incrustation ou juxtaposition dans des sources minéralisantes et le transport des fossiles par lessivage actuel ou par d'anciens courants marins. Le fondement du système de Guettard est matérialiste et sépare science et religion. Il privilégie une méthode positiviste en multipliant les faits d'observations naturalistes tout en restant très frileux vis-à-vis de toute théorie de la Terre contrairement à son célèbre contemporain Buffon.

² L'intussusception est un mode d'accroissement d'un corps par la réception d'un suc qui se répand dans tout l'intérieur de la masse. Il s'oppose à la juxtaposition, accroissement qui se fait par l'apposition d'une nouvelle matière à la surface d'une autre (Diderot & d'Alembert, *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, 1751-1765)

SCHEMA N°2 : Espace de contraintes et de possibles, controverse entre Guettard et La Sauvagère sur la nature des coquilles fossiles



Les désaccords sont tels que tout semble opposer les deux protagonistes, de la lecture d'un même registre empirique et de son interprétation jusqu'aux cadres épistémiques contradictoires qui les sépare alors que tous deux sont croyants. Les doubles flèches mettent en avant les points principaux de la controverse.

Analyse comparée et discussion

Problématisations, argumentations convergentes et savoirs apodictiques

En comparant les arguments mobilisés par les adversaires respectifs, dans le cadre scolaire et dans le contexte historique des similitudes se dégagent. La première est de constater que l'argumentation pour la mise en histoire de la formation d'un fossile se situe à une échelle de temps historique quelle soit développée en biologie ou en géologie

L'analogie avec le cycle de vie végétale est mise en avant par chaque camp défendant l'explication animiste. Pour certains élèves des « graines de pierre » sont envisageables comme les « semences de coquilles fossiles » étaient conçues par La Sauvagère au XVIII^e siècle. Le mûrissement d'un fruit et sa conservation possible, alors qu'il est détaché de l'arbre vivant, complètent l'argumentation principale empirique. Alors que pour le savant cette analogie entre la végétation des coquilles fossiles et la végétation des plantes est fortement soutenue par de nombreuses observations de fossiles orientées par un cadre épistémique créationniste et fixiste.

La référence aux dépôts calcaires est l'argument commun mobilisé par chaque camp défendant l'explication matérialiste. Au cas singulier d'une fossilisation exceptionnelle rapportée par un élève s'oppose un réseau d'arguments convoqués par le naturaliste Guettard. Le savoir paléontologique construit trois nécessités. La première est la nature organique des coquilles fossiles. Pour les élèves les coquilles fossiles observées lors du premier tri représentent des animaux proches des vivants actuels connus (ammonite et escargot terrestre, rhynchonelle et coquillage de mer). Et d'autre part l'impossibilité d'une synergie entre enterré, mortalité et croissance est mise en avant à plusieurs reprises. Ces deux arguments induisent la nécessité d'un ancien être vivant, mort avant d'être fossilisé. Quant à Guettard leur nature organique ne fait plus aucun doute par l'identité des coquilles fossiles avec les coquilles marines actuelles ainsi que par leur association avec des restes fossiles de poissons marins. Cette nécessité est stabilisée. En conséquence la pétrification dans un milieu aquatique apparaît en deuxième nécessité. Pour les élèves ce n'est qu'une possibilité corrélée aux matériaux dissous dans l'eau des sources calcaires ou dans l'eau de mer salée. Pour Guettard c'est une nécessité à conforter au vu des observations de moules incrustées dans les fontaines pétrifiantes. Et par corrélation le déplacement des mers est engagé comme troisième nécessité. A l'idée spontanée d'une mer salée chez les élèves s'oppose la raison soutenue d'une ancienne mer chez le scientifique. Mais la pétrification en milieu marin et la présence d'une ancienne mer ne sont pas arrêtées, ce sont des nécessités conditionnelles sur lesquelles le doute peut encore porter.

Le statut de preuve scientifique en science historique telle la paléontologie répond bien aux critères poppériens, des preuves de réfutation et la probabilité d'un ensemble cohérent d'arguments (Popper, 1979/2006).

Polymorphie de l'obstacle animiste

Ainsi l'animisme est une pensée commune décelable chez les élèves comme chez les naturalistes. Décliné différemment dans le cadre scolaire et dans plusieurs contextes historiques, nous pouvons caractériser cet obstacle de polymorphe. Nous allons en voir les différentes facettes.

Devant la classe Laura n'est pas capable de justifier son idée spontanée et la croissance d'une coquille fossile en analogie à une graine reste implicite ou formulée maladroitement. Par contre la défense de l'idée animiste par d'autres élèves prouve par ailleurs qu'elle peut être systématisée comme mode de pensée enfantine. Selon Piaget c'est une conception inhérente à la pensée enfantine précausale prêtant vie et conscience à de nombreux éléments inertes de la nature, d'autant plus s'ils sont associés aux mouvements dont celui de croissance « pour l'enfant presque tous les corps naissent et croissent » -les astres, les nuages, les fleuves, les montagnes, les fleurs, les cailloux et la terre- (Piaget, 1947/1999, p. 193)

En histoire des sciences la théorie de végétation spontanée des fossiles n'est pas aussi anachronique et exceptionnelle que nous pouvions le supposer. En effet elle fut acceptée par d'autres savants du siècle des Lumières selon trois logiques. Soit c'est la volonté de lier les trois règnes et de discerner des passages de l'un à l'autre. Bertrand (1713-1797) conçoit tout d'abord la continuité harmonieuse entre le règne minéral et les autres règnes végétal et animal avant de se rétracter. Robinet (1735-1820) veut généraliser une fonction de reproduction de tout élément de la nature. L'abbé Pachon fait resurgir cette conception animiste encore au milieu du XIX^e siècle pour attester la beauté de la création originelle qui a permis la surabondance de fossiles en attente d'une naissance potentielle. La seconde logique est de résoudre le problème des fossiles n'ayant pas d'analogues actuels. Tournefort (1656-1708) explique ainsi la présence de fossiles comme les cornes d'Ammon ou ammonites. Et même Guettard, lorsqu'il se refuse d'admettre des espèces « détruites et anéanties », manifeste un recours aux germes et dévoile un fondement créationniste (Guettard, 1783) ! Pourtant c'est par une belle métaphore qu'il avait explicité la ténacité « des systèmes sur la formation des coquilles, qui n'ont pas plus de solidité, que plusieurs autres qui ont été mille fois péremptoirement réfutés & renversés, & qui, comme les têtes de l'hydre de Lerne, reparoissent de temps en temps, mais avec quelques changements » (ibid., p. 5). La troisième logique de mobilisation d'une pensée animiste concerne la genèse du monde. En 1778 Buffon reléguait cette explication animiste à la genèse des êtres vivants dans les contrées septentrionales de sa cinquième époque. Et Lamarck faisait appel à des semences divines dans un cadre fixiste qu'il abandonna en 1802 au profit des générations spontanées aquatiques alors nécessaires à l'origine de son échelle continue et graduelle des êtres vivants (Tirard, 2006).

Nous pouvons présumer des incidences entre la compréhension des fossiles par le paradigme des semences et les idées fondatrices en minéralogie développées dans ces mêmes siècles (Gohau, 2004). Selon Bachelard le raisonnement commun analogique entre le règne végétal et le règne minéral serait lié à un mythe du caractère universel de la vie. Il transpose les phénomènes vitaux aux phénomènes de la matière en les associant par métaphores telles la « fécondité minérale » ou la « semence métallique » ou « les minéraux croissent et renaissent à la manière des plantes » (Bachelard, 1938 / 2004, pp. 188-190). Dans ce sens le concept central est celui de végétation valable pour tout ce qui croît, survalorisant le vivant dans la pensée préscientifique.

Conclusion

Nous retiendrons une convergence de l'animisme comme un mode de pensée commun pouvant émerger dans les premiers apprentissages scolaires et ayant été décelé avec récurrence en histoire des sciences. Cependant nous opposerons le système explicatif spontané des élèves aux systèmes explicatifs soutenus des différentes communautés scientifiques historiques. Chez les élèves il n'est pas encore stabilisé, il reste malléable et sa résistance est moindre car la problématisation révèle une faible cohérence d'argumentation.

Par ailleurs les fonctions didactiques des débats nous apparaissent primordiales pour travailler ensemble obstacle et problématisation. Plutôt que d'ignorer un système explicatif animiste erroné la controverse a permis de le faire émerger, de le prendre en charge, de le déstabiliser par la critique collective et de révéler un modèle opposé matérialiste en favorisant une démarche heuristique. L'obstacle peut être transformé en problème identifié par la communauté. Les natures minérale et organique ainsi que la transformation de la matière sont discutées sous l'angle des relations possibles ou nécessaires entre l'animal et le fossile et entre le sédiment et la roche. La possibilité d'une ancienne mer salée et son retrait sont même explorés. L'entrée en problématisation, positionnement du problème et argumentation raisonnée, construit une validité scientifique stabilisée ou conditionnelle.

Même si la convergence est relative nous anticipons combien ces enquêtes historiques ont une valeur éducative pour les enseignants ou les élèves. La science peut être comprise comme « vivante et précaire » et « non morte et définitive » à travers ses controverses (Langevin, 1964, p. 208). Une vigilance épistémologique peut être effective sur la récurrence d'un obstacle qui sera pris au sérieux. L'animisme ne resurgirait-il pas actuellement par le courant néocréationniste qui détourne les arguments empiriques paléontologiques (Hayha, 2007)?

Bibliographie

Guettard, J-E. (1783) "Premier mémoire – Sur plusieurs Corps marins fossiles de la classe des Coraux ". In *Mémoires sur différentes parties des Sciences & Arts*, Tome quatrième (pp. 1-75). Paris : Philippe-Denys

La Sauvagère, F-F. Le Royer d'Artezet de. (1776) *Recueil de dissertations ou recherches historiques et critiques*. Paris : Veuves Duchesne & Tilliard

Bachelard, G. (1938/ 2004). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin

Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée Sauvage

Crepin-obert, P. (2005). Etude comparée épistémologique et didactique à propos du concept de fossile. Place et rôle de l'enseignant dans la gestion des débats. *Quatrième rencontres scientifiques de l'ARDIST*, 101-107

Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : PUF

Gohau G. (2004) De Sthal à Dolomieu : la notion de molécule intégrante. *Travaux du Comité Français d'Histoire de la Géologie*, Troisième série, T.XVIII, n°4, 79-91

Langevin, P. (1964). "Le professeur et l'éducateur". *La pensée et l'action* (pp 176-250). Paris : Editions sociales

Martinand J-L. (2001). "Pratiques de référence et problématique de la référence curriculaire". In A. Terrisse (dir.). *Didactiques des disciplines- les références au savoir* (pp 18-24). Bruxelles : De Boeck Université

Piaget, J. (1947 / 1999). *La représentation du monde chez l'enfant*. Paris : PUF

Popper, K. (1979 /2006). *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique*. Paris : Payot

Orange, C. (2000). *Idées et raisons. Construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en sciences de la vie et de la terre*. Habilitation DR, Nantes.

Tirard, S. (2006). "Génération spontanée". In *Lamarck, philosophe de la nature* (pp. 65-104). Paris : Presses Universitaires de France

Yahya, H. (2007). *L'Atlas de la création - Les fossiles réfutent la théorie de l'évolution*. Istanbul : Editions Global