

Utilisation du temps en Sciences de la Terre par les lycéens tunisiens pour expliquer la genèse du pétrole.

TOUNSI Karima, Institut Supérieur de l'Éducation et de la Formation Continue (I.S.E.F.C.), Université de Tunis. Tunisie : tounsikari@yahoo.fr

BEN ISMAIL-LATTRACHE Kmar, Département de Géologie, Faculté des Sciences de Tunis, Université Tunis El Manar, Tunisie : kmbenismail@gnet.tn

Mots clés: Sciences de la Terre, pétrole, genèse, temps géologiques, actualisme, conception.

Résumé

La notion du temps a été toujours source d'ambiguïté pour l'homme. Elle a été liée simultanément à la philosophie et à la science. Dans notre recherche nous nous intéressons aux sciences de la Terre qui sont étroitement liées à la notion du temps.

Dans le cadre de l'apprentissage, plusieurs travaux en didactiques des Sciences de la Terre ont souligné les difficultés que présentent les élèves pour aborder la géologie. Ces difficultés s'expliquent aux rapports que cette discipline entretient avec le temps géologiques : difficultés à appréhender des temps longs (Orange, D., 2003), à élaborer un raisonnement diachronique et à concevoir le rôle de la contingence dans l'histoire géologique (Gould S.-J., 1990). Nous nous proposons de voir comment les lycéens tunisiens utilisent le temps pour expliquer la genèse du pétrole et de repérer à quel(s) niveau(x) d'actualisme recourent ces élèves pour expliquer ce phénomène géologique.

Notre analyse a montré que les apprenants tunisiens n'utilisent pas de la même manière le temps pour expliquer la formation du pétrole. Aussi, ils ont une difficulté à utiliser le principe de l'actualisme plus particulièrement l'actualisme de deuxième niveau.

Introduction

La géologie est une science diachronique, c'est-à-dire relative à des phénomènes qui se déroulent dans le temps (Termier H. & Termier G., 1979). Elle vise à définir à la fois le fonctionnement présent de la planète et son histoire passée. Selon Gohau G. (1987) et

Orange D. (2003), la géologie est à la fois une science historique et fonctionnaliste. La géologie fonctionnaliste étudie les phénomènes géologiques actuels, externes (érosion, sédimentation) ou internes (volcans, séismes); alors que la géologie historique reconstruit le passé de la terre. Ce passé est interprété à partir des enregistrements des phénomènes géologiques dans les couches terrestres. La recherche d'une explication du processus la genèse

du pétrole était toujours une préoccupation des géologues qui font appel au principe de l'actualisme. L'importance de ce principe nous a conduit à s'intéresser aux utilisations du temps par les apprenants tunisiens pour expliquer la genèse du pétrole.

Contexte général de cette étude.

Du point de vue didactique, nous nous intéressons à l'explication en Sciences de la Terre et particulièrement aux registres explicatifs. Plusieurs scientifiques et philosophes ont mis en évidence l'importance de l'explication dans les sciences. Pour Popper (1991, 1998, p.297) ; « *Le but de la science, c'est découvrir des explications satisfaisantes de tout ce qui nous entoure et paraît nécessiter une explication* ». Aussi Toulmin S., (1973) et Jacob F., (1981) pensent que le savoir scientifique est de nature explicative. En fait, toute activité scientifique plus précisément en sciences de la Terre s'appuie sur la recherche des explications. La construction des concepts et l'explication des phénomènes scientifiques reviennent à modéliser le monde qui nous entoure.

Orange C., (2001), considère l'activité d'explication-modélisation en sciences comme une mise en tension entre deux registres : le registre empirique (« *ou mondes des faits et des phénomènes* ») dont les éléments correspondent aux faits pris en compte dans l'explication, et le registre des modèles (« *ou mondes des explications* ») est formé de constructions rendant raison de certains faits et phénomènes de registre empirique.

Le registre explicatif s'ajoute à ces deux registres et il permet la mise en relation et la construction des deux registres. Il correspond aux références explicatives de celui qui propose un modèle.

Dans le cadre d'un apprentissage constructiviste, nous prenons en considération les conceptions des apprenants. Ces représentations sont un: "*ensemble d'idées coordonnées et d'images cohérentes, explicatives, utilisées par les apprenants pour raisonner face à des situations problèmes*". (Giordan A. & Devecchi G., 1989).

Ces conceptions marquent la façon de penser et de raisonner des élèves face à des situations d'apprentissage. En fait, une conception peut être considérée comme un modèle explicatif permettant à l'élève d'expliquer quelques problèmes.

Notre recherche s'intéresse à la géologie du pétrole qui relève de deux points de vue, géodynamique et historique. Nous tenterons de déceler les explications du temps qu'utilisent les apprenants pour approprier ce savoir en question: la genèse du pétrole. Le facteur temps joue un rôle important dans le processus qui va de la synthèse des molécules d'hydrocarbures jusqu'à leur accumulations dans les pièges qui peuvent les conserver. Il intervient à tous les stades de la genèse et de plusieurs façons:

1- par la durée des phénomènes, en particulier en ce qui concerne l'action thermique et la subsidence.

2- par la continuité ou la discontinuité des processus sédimentaires et structuraux et notamment de mouvements de subsidence et de soulèvement.

3- par la situation relative et l'enchaînement des événements contribuant à la formation des gisements.

La maturité du kérogène et le début de "la fenêtre à huile" sont atteints à des températures différentes dans les bassins sédimentaires. Celles-ci sont en relation étroite avec l'âge de la roche mère et l'importance des couches sédimentaires qui la recouvrent (temps de réaction) ainsi que le temps passé sous ce recouvrement (cinétique de la réaction).

En effet, les réactions de formation des hydrocarbures obéissent comme toutes les réactions chimiques à une cinétique dans laquelle la quantité du produit formée résulte non seulement de la température et de la pression mais aussi du temps de la réaction. Ainsi, la quantité des hydrocarbures formée à partir d'un kérogène donné ne sera pas la même si celui-ci a été porté à une température pendant un 1 million ou 100 millions d'années.

En traitant les liens épistémologiques et didactiques entre la biologie et la géologie, Orange. C et Orange. D (1995) évoquent la nécessité de la problématisation du temps en géologie et en biologie. En réalité, le temps joue un rôle moteur dans les diverses phases de la formation du pétrole qui se déroulent dans un temps long non perceptible à l'échelle humaine. Ceci rend le cycle naturel du renouvellement non appréhensible par les apprenants (il s'agit d'un temps longs).

Le principe de l'actualisme ou principe d'uniformitarisme.

Le principe de l'actualisme est un principe méthodologique sur lequel se base la géologie. Il permet de reconstituer l'histoire de la Terre jusqu'à son état actuel. Il s'énonce de la manière suivante: "*les phénomènes à l'origine des changements géologiques passés (leurs causes géologiques) ont existé et existent encore dans la nature actuelle. Ces phénomènes sont de même nature que les phénomènes agissant aujourd'hui ("Principe des causes actuelles" équivaut à "principe des causes agissant aujourd'hui") mais également de même intensité (Principe d'uniformité)*". (Orange. D, 2003, p45).

Suite à une étude épistémologique et historique, Orange. D (2003) a aboutit à distinguer deux niveaux dans le principe méthodologique de l'actualisme.

Un actualisme de 1^{er} niveau : actualisme de simple analogie.

Il consiste à référer une trace à une structure ou un processus actuel que l'on exporte dans le passé et à n'importe quel point de ce passé. Par exemple une roche basaltique sera interprétée comme la trace d'un volcan ancien. Le temps géologique est considéré comme un repère chronologique.

Un actualisme de 2^{ème} niveau, ou actualisme à temps long.

Comme précédemment, on explique une trace par des processus actuels. Mais ces processus, à l'échelle des temps humains, ne sont pas suffisants : il faut imaginer un temps long, producteur de phénomènes. Par exemple, une chaîne de montagne sera expliquée par des mouvements tectoniques du même ordre que ceux que l'on peut constater aujourd'hui, mais ayant nécessairement agi sur un temps très long (on ne voit pas une chaîne de montagne s'ériger au cours d'une vie humaine.)

La genèse du pétrole s'inscrit dans un temps long.

Pour passer d'un bassin sédimentaire ancien (zone de dépression) avec des êtres vivants (matières organiques initiales, essentiellement du plancton) au pétrole (Kérogène puis hydrocarbures), l'explication fait intervenir une diagenèse et une fossilisation progressive,

référé à un processus se produisant encore de nos jours mais non perceptible à l'échelle humaine.

Pour expliquer ce passé, nous pensons que l'analogie avec du présent est insuffisante. En effet, nous pouvons mettre un échantillon de pétrole en correspondance directe avec des conditions observées actuellement (bassin avec dépôts riches en plancton) et reconstituer dans le passé des dépôts sédimentaires au fond d'un bassin. Mais des dépôts sédimentaires actuels observés soumis aux mêmes conditions ne produisent pas du pétrole parce qu'ils ne sont pas bien fossilisés. Il nous faut alors expliquer la transformation de la matière organique (plancton) en roche (ce que l'on appelle la diagenèse), avec compaction et craquage de la matière organique sous l'influence de la température et de la pression et au cours d'un temps long (voir figure).

Donc si nous prenons ce qui se passe actuellement : il n'y a pas, à l'échelle du temps humain, un lieu de "craquage, migration" où nous récupérons des hydrocarbures. Ce qui explique que la diagenèse s'effectue mais elle prend beaucoup de temps. La diagenèse qu'a subie la roche mère est expliquée par le recours au temps long. Nous dirons qu'il s'agit d'un actualisme méthodologique de 2^{ème} niveau qui mobilise de l'actualisme d'analogie nécessitant du temps long. Donc on peut s'interroger sur quel(s) niveau(x) d'actualisme recourent les élèves pour expliquer la genèse du pétrole ?

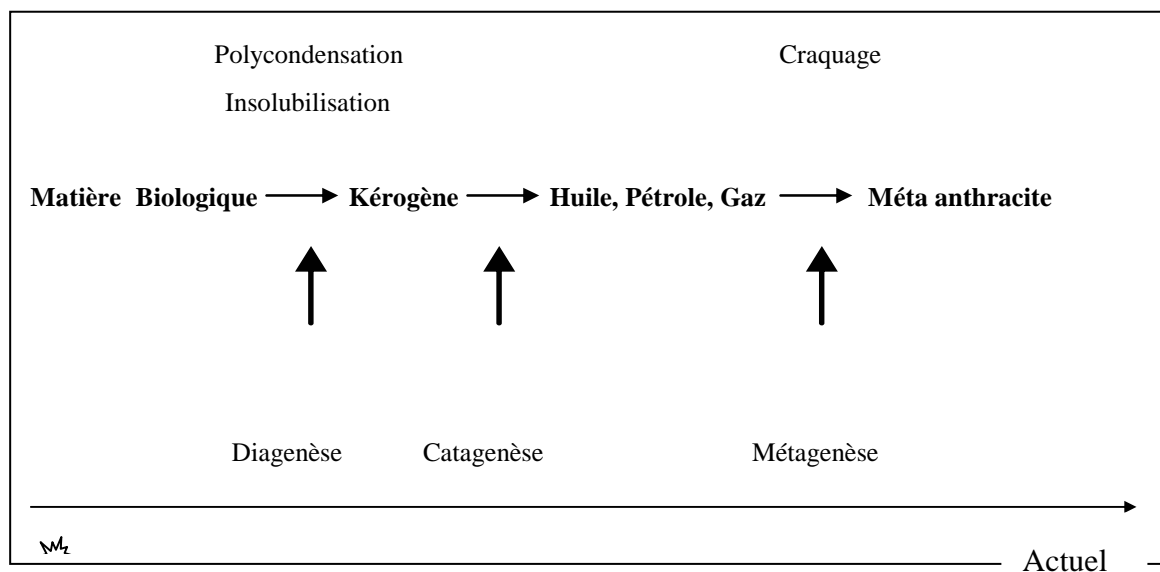


Figure: Evolution de la matière organique en kérogène
(Actualisme à temps long)

Méthodologie.

Notre échantillon est constitué de 40 élèves tunisiens de la deuxième année secondaire âgés de 15-17ans. Cet échantillon est homogène, il s'agit des apprenants appartenant à une même classe et ayant subit le même cursus scolaire. En fait, en Tunisie, tous les élèves tunisiens utilisent un même manuel scolaire. Le savoir à enseigner est concrètement défini par les programmes officiels. Parmi les objectifs spécifiques du thème : la genèse du pétrole, définis par le dit programme, est de localiser les principaux gisements de pétrole en Tunisie et expliquer la genèse du pétrole.

Pour recueillir des informations sur l'état de connaissances des élèves, nous avons utilisé comme outil le questionnaire avant apprentissage du cours. Les questions portent sur l'origine, la répartition et le processus de formation du pétrole. La question qu'on a retenue est la suivante « *Comment s'est formé le pétrole qu'on exploite aujourd'hui ?* »

La question est de type indirect. Elle renvoie indirectement les apprenants à utiliser ou non le temps dans leurs explications. Nous pensons que cette consigne les conduit à repérer les étapes de formation du pétrole et les manières de sa genèse en précisant les limites temporelles de cette histoire depuis sa formation jusqu'à aujourd'hui.

Pour nos analyses on s'est basé sur les réflexions de D. Orange, 2003 sur le principe de l'actualisme où elle a distingué deux niveaux : actualisme d'analogie et actualisme du temps longs.

Résultats et Discussion.

Les réponses des 40 élèves interrogés sont hétérogènes. Ceci a permis de constater que les élèves ne mentionnent différemment le temps pour expliquer le processus de la formation du pétrole. Nous avons classé dans une même catégorie les réponses proches du point de vue explications proposées. Diverses catégories de réponses ont été recensées.

Première catégorie: raisonnement hors du cadre temporel.

On a classé dans cette catégorie les élèves qui mentionnent que le pétrole se forme une fois pour toute ou/ il existe déjà dans la nature (origine divine) et qui négligent le temps dans leurs réponses. Pour certains élèves le pétrole existe déjà, il est l'œuvre de Dieu, donc ils ne se posent pas des questions sur son mode de formation. Ces élèves mobilisent une conception *statique* du monde. Pour eux, le pétrole n'a pas d'histoire et le facteur temps ne figure pas dans leurs réponses. Pour expliquer l'origine de la conception statique du globe terrestre, on peut avancer les hypothèses suivantes :

-La non maîtrise de l'échelle géologique : La lenteur de processus de la formation du pétrole (sédimentation et genèse), est évoquée comme une difficulté. Elle rend ce phénomène quasi imperceptible à l'échelle humaine.

-La profondeur et la difficulté de l'observation : la formation du pétrole se passe à l'intérieur du globe terrestre. Son étude n'est pas donnée directement à l'observation empirique. Son observation dépend toujours d'une théorie ou d'un modèle antécédent.

Pour d'autres élèves, le pétrole se forme, et sa formation dépend de certaines conditions ou résulte d'un assemblage et/ou de transformation de matériaux, On cite les exemples de réponses des élèves :

E11 : *"Quand le pétrole ne trouve pas la bonne température, il se forme seulement avec la matière organique".*

E7 : *"Le pétrole se forme à partir d'une roche qui devient soluble qui se trouve sous terre."*

E8 : *"Il y a des pierres particulières qui se dissout à cause du feu et à partir ce cela se forme le pétrole".*

Dans ces réponses, le temps est donc quasi absent dans le raisonnement des apprenants. Ils raisonnent hors du cadre temporel. Ils expliquent la formation du pétrole en se référant à la stabilité des structures et à l'état actuel du globe terrestre

Etant donné que la formation du pétrole est un processus non perceptible à l'appréhension humaine, nous pensons que les élèves ont des difficultés de concevoir ce phénomène. En fait, ils pensent que le globe terrestre est fixe et il n'est pas en perpétuelle transformation.

Aussi, une conception divine a été identifiée, la formation du pétrole est d'origine divine. Pour ces apprenants le pétrole ne se forme pas. C'est un liquide naturel que Dieu a offert à l'homme. Citons l'exemple de la réponse de l'élève E8 "C'est une richesse naturelle que dieu nous a offert et c'est lui qui a choisi le lieu du pétrole."

La deuxième catégorie : Utilisation du Temps.

Cette catégorie regroupe les élèves qui sont conscients **du temps géologique**. Ils expliquent la genèse du pétrole en se référant au temps. On distingue deux types d'utilisation du temps.

✓ **Utilisation de l'actualisme du premier degré.**

On a classé dans cette catégorie les apprenants qui mentionnent le temps, mais ils se contentent de le rappeler (*il y a des millions d'années, il y a longtemps*), ce qui met le processus de formation en petite histoire. Aussi les réponses des lycéens qui mentionnent que le pétrole est formé dans le passé. E30: *« il ya des milliers d'année, le pétrole s'est formé. La matière organique provient des organismes planctoniques entraine la formation du pétrole. Après l'élévation de la pression et de la température. La matière s'enfonce dans la vase argileuse qui constitue un milieu anaérobie riche en bactérie qui fait décomposer incomplètement le kérogène. »*

Cet apprenant utilise le temps comme repère chronique seulement. Le pétrole exploité aujourd'hui, étant formé dans le passé, ces apprenants ne peuvent pas percevoir sa formation dans le temps actuel. Le temps est utilisé comme un repère chronique sans plus.

Exemple de réponse de l'élève E25 : *« On n'a pas les mêmes conditions que celles qui existaient avant et qui étaient nécessaires pour la formation du pétrole. Ces conditions étaient, l'accumulation de la matière organique, dans un bassin sédimentaire, une forte pression et une température très haute. Dans ce cas, il n'y a pas de formation du pétrole actuellement, car ça va arriver un jour où il y aura plus de pétrole. Ce n'est pas comme le vent qui existe toujours »*. Pour lui, les conditions et les phases de la genèse se sont déroulées dans un temps passé.

E17 : *« il ya des milliers d'années, que le pétrole s'est formé, les étapes de sa formation sont nombreuses et nécessite la présence d'un bassin sédimentaire »*. Comme précédemment, pour cet apprenant le temps est employé comme un repère chronique.

✓ **Utilisation de l'actualisme du deuxième degré**

La minorité a recours à l'utilisation d'actualisme de deuxième niveau, ils mobilisent de l'actualisme d'analogie mais aussi du temps long. Cette catégorie d'élèves mentionne que le pétrole se forme aujourd'hui et sa formation nécessite beaucoup de temps (temps géologiques). Ils sont conscients de l'immensité de l'échelle géologique. Nous citons par exemple la réponse de l'élève E37 : *« La formation du pétrole qu'on exploite aujourd'hui passe par 3 étapes : phase de dépôt ou il ya accumulation de la matière organique dans le bassin sédimentaire, phase de formation de pétrole qui nécessite des milliers d'années, qui*

nécessite l'absence de l'oxygène et en présence des bactéries anaérobies. On peut dire aussi que le pétrole se forme encore aujourd'hui».

Cet apprenant met en évidence que la formation du pétrole exige un temps long à l'échelle géologique et il mentionne que le pétrole continue à se former de nos jours.

Conclusion

Nous concluons que les réponses des apprenants sont variées. La majorité des élèves se limitent à un actualisme de 1^{er} niveau. Ce type d'explication pourrait constituer un obstacle à la pensée du temps et à l'histoire géologique. Ces élèves fournissent aussi des explications qui sont des mises en histoire simple ce qui banalise la réalisation de ce processus. On note aussi que certains apprenants ont mentionné des termes tels que : *depuis, préhistoire, il y a des millions d'années*. Ces élèves semblent donc incapables d'imaginer des durées très longues, ou, tout au moins, ils n'en ont pas besoin pour développer leurs explications.

Nos résultats viennent rejoindre les résultats de Orange D. (2003), qui évoquent que les élèves ont en plus de l'attitude fixiste, une difficulté à utiliser l'actualisme de deuxième niveau.

Dans ce cadre de travail, nous nous sommes limités à repérer les difficultés des apprenants à l'usage du temps géologique dans l'explication de la genèse du pétrole. Une étude plus poussée sur les obstacles, tels que ceux identifiés par Gohau G., (1995) (la notion du temps et le fixisme lors de l'apprentissage des sciences de la Terre), pourrait être l'initiative d'une nouvelle investigation.

Bibliographie

Allain, J.-C., 1995, «Séismes, éruptions volcaniques et intérieur de la terre: Conceptions d'élèves de huit à dix ans ». *ASTER*, 1995, 20. INRP: Paris.

Astolfi, J.-P., & Develay, M., 1989, «La didactique des sciences » *Paris, P.U.F, "Que sais-je?"*

Aubouin, J, et al, 1975, «*Précis de la géologie, tome 1 : Pétrologie* ». Paris : Dunod Universities..

Biju- Duval, B., 1999, « *Géologie sédimentaire : Bassins, Environnement de dépôts, Formation du pétrole* ». TECHNIP.

Bonte A., 1987, «*A qui la terre? Réflexion d'un géologue sur la propriété des richesses naturelles*». Erg. La Barbonnerie

Clément, P., Giordan, A., & Girault Y., Dir., 1994, « *Conceptions et Connaissances* ». Berne, Peter Lang.

Dalmont, E., 1994, « *Géologie du pétrole* ». Edition, Que sais-je ?

Giordan A. & De Vecchi G., 1989, « *L'enseignement scientifique : comment faire pour que « ça marche »* ». Editions. Séminaire recherche.

Gohau , G., 1995, « Traquer les obstacles épistémologiques à travers les lapsus d'élève et écrivain ». *ASTER*, 20. INRP : Paris.

- Gohau, G., 1987, «*Une histoire de la géologie*». Paris: Editions du seuil (ré de 1990).
- Gould, S.-J., 1990, «*Aux racines du temps*». Paris: Grasset.
- Jacob F., 1981, «*Le jeu des possibles* ». Paris: FAYARD.
- Orange C., 2001, «*Idées et raisons : constructions de problèmes, débats et apprentissage scientifique en sciences de la vie et de la terre.* » Habilitation à diriger des recherches, IUFM/Université de Nantes.
- Orange, C., & Orange, D., 1995, «Géologie et biologie: Analyse de quelques liens épistémologiques et didactiques». *ASTER, 21. INRP: Paris.*
- Orange, D., 2001, «L'histoire des ophiolites selon les géologues et les lycéens : comparaisons et séquences didactiques ». In *Actes des deuxièmes rencontres des scientifiques de L'ARDIST, Octobre 2001.*
- Orange, D., 2003, «Utilisation du temps et explications en sciences de la terre par les élèves de lycée: Etude dans problèmes quelques problèmes géologiques». *Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Nantes.*, p. 25.
- Orange, D., 2005, «Le principe d'actualisme, pierre d'achoppement des lycéens confrontés à des problèmes de géologie historique.» In *Actes des quatrièmes rencontres des scientifiques de L'ARDIST, 12-15 Octobre 2005*
- Perrodon, A., 1999, «*Quel pétrole demain ?*». Editions TECHNIP.
- Popper K.R., 1998, «*La connaissance objective* ». Paris: Flammarion. , p.125.
- Termier, H., & Termier, G., 1979, «*Histoire de la terre* ». Presses Universitaires de France
- Toulmin S., 1997, «*L'explication scientifique* ». Paris: Armand Colin.
- Le programme officiel tunisien de l'enseignement secondaire de Sciences de la vie et de la Terre 2^{ème} année (2004-2005), p : 3.
- Extrait du manuel de l'enseignement des sciences de la 2^{ème} année secondaire