

Enseigner l'évolution du vivant dans un contexte concordiste

SAÏDA AROUA¹, MARYLINE COQUIDÉ², SALEM ABBES¹

¹Université Tunis El Manar
Faculté des Sciences de Tunis et Institut Pasteur de Tunis
Tunisie

Saida.Aroua@fss.rnu.tn
Salem.Abbes@pasteur.rns.tn

²STEF, École Normale Supérieure de Cachan
France
maryline.coquide@ens-lyon.fr

RÉSUMÉ

La Tunisie, pays arabo-musulman, se caractérise par un contexte socio-culturel concordiste qui fait que les élèves mobilisent des conceptions de la diversité du vivant qui sont un mélange de connaissances religieuses et scientifiques. Le dispositif d'enseignement de l'évolution du vivant décrit dans ce papier traite ces conceptions en débats de classe accompagnés de réflexions épistémologiques sur les caractéristiques scientifiques de l'évolution en tant que science historique. Au cours de l'enseignement, les élèves ont développé différentes tendances explicatives, ont manifesté une meilleure compréhension de ce qu'est une connaissance scientifique et plusieurs ont fini par développer des explications distinctes de la diversité du vivant.

MOTS-CLÉS

Evolution du vivant, dispositif didactique, épistémologie, statut scientifique, contexte socioculturel.

ABSTRACT

Tunisia, Arab Muslim country, is characterized by a concordist socio-cultural

context. Students mobilize conceptions of the diversity of life that are a mixture of religious and scientific knowledge. The teaching of the biological evolution described in this paper addresses these concepts in classroom debates that include epistemological reflections on the scientific characteristics of evolution as a historical science. During the teaching, students have developed different explanations, manifested a better understanding of what is scientific knowledge and finally, many of them developed separate explanations of the diversity of life.

KEYWORDS

Biological evolution, design of teaching, epistemology, scientific status, socio-cultural context

INTRODUCTION

Bien que la question de la légitimité scientifique de l'évolution du vivant soit dépassée depuis longtemps (Jacob, 1970; Mayr, 1997), un débat social peut persister dans certains contextes socio-culturels. Ce débat peut être transféré à son enseignement car les acteurs du débat social développent des discours aux bases argumentatives très différentes, possèdent différents principes de compréhension, de croyances ou de valeurs, et présentent des explications conflictuelles (Levinson, 2006).

Jusqu'à présent, en Tunisie, il n'y a pas de contestation manifeste de l'enseignement de l'évolution. Deux explications pourraient être avancées : le contexte social tunisien est considéré comme concordiste (Schlegel, 2004) : il envisage une harmonie entre science et religion, avec une religion musulmane encourageant la recherche et l'appropriation de la connaissance, y compris la connaissance scientifique. La deuxième est que des arabo-musulmans médiévaux, tels que El Jahidh (775-868), Ikhwan Essafa (Les Frères de la Pureté, vers 983), Ibn Khaldoun (1332-1406) sont considérés comme pionniers des idées évolutionnistes. Cependant, le concordisme peut dénoter une méconnaissance de la méthodologie scientifique (Schlegel, 2004). En conciliant religion et science il ne propose que des explications et des argumentations mitigées. En conséquence de ce contexte marqué culturellement et historiquement, le statut de l'enseignement de l'évolution paraît fragilisé (Aroua et al., 2001).

Nous avons repéré une conception-obstacle chez des élèves de terminales sciences. Ils expliquent la diversité du vivant dans un amalgame de connaissances théologiques : « *La diversité du vivant résulte d'une création et de transformations grâce à l'œuvre divine* » et de connaissances « scientifiques » peu maîtrisées de la classe de biologie : « *ces transformations sont une conséquence de l'évolution, de l'adaptation, des mutations, des*

recombinaisons génétiques, etc. ». Ils ont une conception « composite » de la diversité du vivant qu'ils argumentent dans un mélange de référentiels argumentatifs théologique et scientifique. Ainsi, nous caractérisons un premier obstacle dans le fait de donner une explication de la diversité du vivant en se basant sur « une création divine » d'une part et des « transformations » justifiées par des processus biologiques (peu maîtrisés) de la classe de science. À la limite, ces transformations seraient également sous la dépendance d'une œuvre divine. Les processus évolutifs, expliquant la diversité du vivant, sont conçus dans une « fixité » relevant du fait de son attribution à l'action divine. Cette conception-obstacle ne pourrait s'accorder avec la connaissance scientifique car les processus évolutifs sont dynamiques, imprédictibles et résultent de la contingence d'événements historiques fortuits. D'autre part, le problème devient méthodologique dans le sens où dans le registre scientifique la production d'énoncés scientifiques doit être accompagnée d'évidences empiriques. Ainsi, un obstacle sous-jacent à la conception « composite » apparaît ; il consiste dans un amalgame des référentiels argumentatifs théologique d'une part et scientifique d'autre part. Ces deux obstacles sont d'autant plus renforcés que la conception de la biologie et de la science en général dans les programmes et chez les enseignants et élèves est « positiviste » (Aroua et al., 2005, 2007). À savoir que les évidences empiriques soutenant les énoncés scientifiques ne peuvent être issues que de la démarche expérimentale. Ce constat pourrait expliquer les difficultés des élèves du secondaire à entrer dans une démarche scientifique lors de l'enseignement de l'évolution du vivant (Aroua, 2003). En effet, en absence d'une validation par l'expérience, dont c'est le cas ici pour la science historique de l'évolution, les élèves rejettent les savoirs de l'évolution car « ...les études sur l'évolution sont basées sur la théorie car tous les verbes sont au conditionnel lorsqu'on parle de l'évolution ce ne sont que des hypothèses ».

Ainsi, un déficit de compréhension des pratiques scientifiques en biologie évolutionniste contribuerait à une précarité du statut scientifique de l'enseignement de l'évolution du vivant, déjà fragilisé par l'influence des facteurs socio-culturels et son interférence avec les croyances religieuses des élèves. Mc Clish (2005) et Herbert (2008) se réfèrent au concept de « *cultural bordercrossing and collateral learning* » de Jegede et Aikenhead (1999) pour proposer une prise en compte du contexte social dans l'enseignement des sciences alors que pour Anderson (2007) il y aurait à considérer un contexte social, scientifique, culturel et pédagogique.

À partir de ces constats l'idée d'une contextualisation de l'enseignement de l'évolution en Tunisie paraîtrait une première entreprise qui préparerait une construction de savoirs de l'évolution en tant que science. Dans ce sens, plusieurs publications convergent pour proposer l'accompagnement de l'enseignement de l'évolution par un enseignement explicite de la nature des sciences (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). Andersson et Wallin (2006) montrent qu'intégrer à l'enseignement

de l'évolution des aspects sur la nature des sciences peut aider les élèves à repérer des points de discordance entre science et croyance dans l'explication de la biodiversité. D'autres recherches ont proposé d'intégrer à l'enseignement de l'évolution des réflexions épistémologiques sur les caractéristiques et les démarches de la science et de l'évolution du vivant (Smith, 1994; Rudolph & Stewart, 1998; Crawford et al., 2005; Aroua, 2006, 2009; Aroua et al., 2009) en contexte interactionnel (Ratcliffe et al., 2001; Lombroso et al., 2008).

Le présent travail propose de contextualiser l'enseignement de l'évolution. Il est basé sur la conception et la mise en œuvre d'un dispositif d'enseignement avec un repérage de son impact chez les élèves. Le dispositif d'enseignement s'attache au traitement des obstacles au statut scientifique de l'évolution en développant des réflexions épistémologiques chez les élèves en lien avec des critères de scientificité de l'évolution, en tant que science historique (Aroua, 2006).

Dans ce papier, nous présenterons d'abord la méthodologie de recherche, soit la méthodologie de recueil et d'analyse des données. Ensuite, nous présenterons quelques résultats commentés et enfin nous conclurons et procéderons à une discussion de l'apport de la recherche.

MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

La recherche est prospective. C'est une étude de cas qui se base sur une méthodologie double. Elle se base sur la conception et la mise en œuvre d'un dispositif d'enseignement et des interviews semi directives en pré et post-enseignement. Les apports du dispositif didactique sont repérés par l'intermédiaire d'une évaluation interne en tant que dispositif d'enseignement et par une évaluation externe au moyen d'interviews en pré et post-enseignement.

Les interviews

Les interviews en pré et post-enseignement de l'évolution biologique sont semi-directives et sont réalisées avec le sous-groupe classe partagé en trois petits groupes d'interactions à propos d'une ou des explications relatives à la diversité du vivant.

Le dispositif didactique

Cadres théoriques d'élaboration du dispositif

La conception du dispositif didactique a été guidée par trois choix de cadre théoriques : Un cadre didactique basé sur un traitement d'obstacle, un cadre épistémologique empruntant les principaux jalons épistémologiques ayant menés historiquement des idées évolutionnistes à la théorie de l'évolution et un cadre pédagogique de débats de classe.

Cadre didactique : Traitement d'obstacles

Pour concilier entre objectifs pédagogiques et obstacles, Martinand (1985) a proposé le concept d'objectif-obstacle. Dans le choix des objectifs d'un enseignement, celui qui sera véritablement recherché est celui d'un traitement de l'obstacle. Astolfi et Peterfalvi (1997) ont proposé une stratégie de traitement de l'obstacle en plusieurs étapes :

- diagnostic de la conception : cette étape consiste en un repérage de la conception suivi d'une caractérisation de l'obstacle qui lui est sous-jacent.
- traitement de l'obstacle : une fois l'obstacle caractérisé, il est traité en trois étapes : une déstabilisation de l'obstacle, une reconstruction alternative et une identification de l'obstacle par les élèves.

La déstabilisation est une action initiée par l'enseignant pour confronter les élèves à leur conception. La construction alternative est orientée vers l'apport ou l'élaboration collective d'un nouveau modèle explicatif alternatif, en l'occurrence le modèle scientifique relatif au phénomène étudié. Le troisième moment auquel il faudrait accorder une importance particulière est celui de l'identification de l'obstacle.

Cadre épistémologique : Des idées évolutionnistes à la théorie de l'évolution

Le cadre épistémologique regroupe les différents repères historiques correspondants au passage progressif des idées évolutionnistes vers une théorie confirmée de l'évolution.

Jacob (1970) et Canguilhem (2004) ont évoqué les différents obstacles épistémologiques qu'il a été nécessaire de surmonter, historiquement, pour qu'une théorie de l'évolution soit envisageable en biologie. Cependant, deux autres obstacles de taille sont à surmonter pour que la théorie de l'évolution puisse se constituer en tant que théorie scientifique. D'abord, s'imposer une autonomie vis-à-vis de toute référence métaphysique afin de se constituer une référence scientifique (Grimoult, 2000), ensuite, s'imposer en tant que science historique ayant une méthodologie spécifique (Stengers, 1993).

Des idées de transformation et de gradation chez les espèces semblent avoir commencé chez les Grecs (Mayr, 1982; Théodorides 1992) pour disparaître sous l'influence de l'Eglise qui a fait valoir l'idée d'une interprétation statique du monde vivant au dépend de l'idée d'évolution jusqu'au XVIIe (Mayr, 1982). Néanmoins, à la même époque médiévale, plusieurs penseurs arabo-musulmans ont émis des idées de ressemblance, de parenté entre les vivants, d'une gradation dans la chaîne des vivants et de transformation au sein des vivants. Au IXe siècle, El Jahidh a procédé à des descriptions comparatives de vivants pour en conclure à un lien de parenté et une filiation (El Jahidh, 1969, p. 156). Entre le X-XIe siècle, Ikhwan Essafaa (Les

Frères de la Pureté) ont tenté de réussir une concordance entre la philosophie grecque et la théologie islamique. Ils reconnaissent l'existence d'une chaîne des êtres allant des minéraux, aux plantes, aux animaux, ensuite à l'homme pour en arriver aux anges (VIIIe épître). Grâce à l'observation, voire à l'observation comparative, ils ont procédé à des descriptions morphologiques, anatomiques ou embryologiques de différentes catégories d'animaux et de végétaux. Au XIVe siècle, Ibn Khaldoun (1993) reconnaît une gradation allant des minéraux, aux végétaux, aux animaux pour finir avec l'homme. Il serait le premier penseur arabo-musulman à avoir émis l'idée d'une transformation chez les vivants. Les vivants sont susceptibles de se transformer les uns en les autres. Cependant, la tendance à l'interprétation empirique chez El Jahidh finit par rejoindre une argumentation théologique tirée du Coran, El Hadith et Essonâa (Toukane, 1984). Quant à Ikhwan Essafaa (1999), diversité et gradation sont la résultante de la volonté et de la sagesse divine. La méthodologie de recherche d'Ibn Khaldoun reste indépendante de toute référence à la théologie tant que le but n'est pas atteint ; une fois arrivé à son but, elle finit, toujours, dans une argumentation théologique (Toukane, 1984).

Au XVIIIe siècle, Buffon, tout en étant fixiste, mais ayant pris conscience de la possibilité d'une descendance d'un ancêtre commun a contribué à l'essor des idées évolutionnistes. Cependant, sous l'influence des pressions subies de l'Eglise, il a dû se rétracter pour penser une conception déiste et créationniste du vivant (Aroua, 2006). Au XIXe siècle, avec Lamarck et puis Darwin les explications devenaient matérielles et se situaient dans le cadre d'une théorie scientifique. Lamarck (1994/1809) fut le premier à donner une explication entièrement matérielle à la diversité du vivant. C'est la première théorie sur la transformation des espèces étayée par une argumentation empirique basée sur des preuves tirées de l'observation des animaux et des végétaux. Dans la deuxième partie du XIXe, Darwin (1973/1859) a structuré une véritable théorie de l'évolution : la théorie de la descendance avec modification étayée par une argumentation empirique construite sur le principe de l'inférence. L'apparition des formes nouvelles résulterait de la conjonction de deux mécanismes : celui de la production d'une variabilité et celui de la réduction de cette variabilité par la sélection naturelle. L'élaboration de ces deux concepts a permis, depuis, l'intégration des dimensions de « hasard » et de « contingence » au sein des mécanismes explicatifs des phénomènes évolutifs. Ils ont constitué une base explicative des mécanismes de transformation des espèces pour les théories ultérieures. Cependant, tout en s'accordant sur l'hypothèse d'une évolution au sein du vivant, les discussions et les controverses théoriques sont actuellement alimentées par l'émergence de nouveaux questionnements relatifs aux mécanismes du processus évolutif.

Il est admis que la théorie de l'évolution est la seule théorie assurée et scientifique qui explique l'histoire du vivant. Cependant, au sein de la communauté scientifique, il

a fallu lui reconnaître un statut scientifique confirmé à travers une démarche de validation, non pas expérimentale, mais historique. Parmi, les difficultés majeures auxquelles l'évolution est confrontée, Jacob (1970) relève les difficultés d'ordre méthodologique que Stengers (1993) attribue à une manière de penser dont les conséquences sont fâcheuses pour l'évolution : la quasi-identification entre science et science théorico-expérimentale. Pour la science de l'évolution, il fallait pouvoir intégrer une problématique propre aux sciences de terrain et qui la distingue des sciences du laboratoire pour ériger sa singularité en tant que science historique. En effet, leur méthodologie ne pouvait convenir aux événements historiques, tels ceux de l'histoire du vivant qui répondent à un statut particulier. Ils constituent des événements exceptionnels et non reproductibles car ils ne se prêtent pas à la reproductibilité à l'échelle temporelle de l'expérimentation au laboratoire. À cet égard, la biologie a du intégrer une nouvelle démarche de validation : la démarche historique ou d'enquête qui se base sur la production d'énoncés reconstituteurs des événements passés (Mayr, 1982; Stengers, 1993).

En outre, le débat scientifique ne concerne plus que les mécanismes évolutifs, pour lesquels les scientifiques ont plusieurs modèles explicatifs, successifs ou alternatifs selon les théories : lamarckisme, darwinisme, mutationnisme, néodarwinisme, néolamarckisme, neutralisme, ponctualisme...

Ainsi, une large part de légitimité scientifique de l'évolution pourrait être recherchée dans trois principales idées :

- sa démarcation par rapport aux explications par le surnaturel et le théologique ;
- le statut scientifique reconnu aux sciences historiques dont, elle fait partie intégrante ;
- les controverses relatives aux mécanismes de l'évolution.

Ces idées ont constitué les principaux repères épistémologiques adoptés dans les choix des enjeux et outils didactiques pour la contextualisation de l'enseignement de l'évolution proposé. Ils ont été matérialisés par des textes contemporains et surtout historiques mettant en valeur les caractéristiques de l'évolution en tant que science historique.

Cadre pédagogique

C'est un cadre interactionnel. Afin d'assurer les interactions entre l'enseignant et les élèves le mode d'intervention choisi a été celui de la tutelle et/ou la médiation (Weil-Barais & Dumas-Carré, 1998).

Dans une tutelle, Winnykamen (1998), reprenant Bruner, considère que lors des interactions il se tisse entre le sujet qui apprend et le sujet qui l'assiste une relation de guidage. Les interactions de tutelle pour la résolution d'une tâche sont une forme

d'organisation des interactions en situation de construction, d'acquisition et de transmission de connaissances. Les interventions du tuteur entraînent un enrôlement dans la tâche. Le guidage est perçu et construit en fonction de ses effets sur le développement et les modifications des connaissances. Dans une médiation, en tant qu'intervenante externe, l'enseignant médiateur est intermédiaire entre le savoir (scientifique) et l'élève. Il utilise des outils de médiations, dont le langage, pour négocier avec l'(les) élève(s) des changements cognitifs, épistémologiques, etc. Les élèves sont invités à débattre jusqu'à ce qu'il y ait un compromis, un accord sur l'objet en discussion. Weil-Barais & Dumas-Carré (1998) parlent de construction d'une connaissance négociée.

Élaboration et mise en œuvre du dispositif

Les enjeux didactiques ont été fixés en fonction des différentes étapes de la stratégie de traitement des obstacles.

- *Premier temps* : repérage des conceptions et la caractérisation des obstacles (Rep).
- *Deuxième, troisième et quatrième temps* : traitement des obstacles selon les trois étapes proposées par Astolfi et Peterfalvi (1997) : *déstabilisation, reconstruction alternative et identification*.

Aux quatre temps didactiques correspondent quatre séquences d'enseignement subdivisées en sous-unités d'enseignement (su) (cf. Tableau 1). La séquence introductive se réduit à une séquence d'apprentissage dans l'ensemble du sous-groupe classe. La première, la deuxième et la troisième séquence sont constituées d'une alternance de débats dans les petits groupes et d'apprentissage dans l'ensemble du sous-groupe classe.

Le fonctionnement de l'enseignant en tutelle est restreint à l'organisation des tâches et à l'orientation des activités des élèves pour laisser un maximum de plage horaire à la médiation qui est très privilégiée dans les interactions en petits-groupes.

Au cours de la mise en œuvre, nous nous sommes rapprochés le plus possible des conditions usuelles de la classe. Les élèves, choisis au hasard, âgés de 18 à 21 ans sont au nombre de 15. Ils appartenaient à un sous-groupe classe de terminale sciences expérimentales d'un lycée du Nord de la Tunisie. L'enseignement d'une durée totale de 8 heures a été étalé sur une durée d'un mois à raison de 2 heures hebdomadaires. En revanche, la mise en œuvre du dispositif a été réalisée par un enseignant ayant une formation en didactique de la biologie, en épistémologie et histoire des sciences et des compétences de gestion de la classe en tutelle et médiation.

Méthodologie de recueil et d'analyse des données

Nous avons deux types de données : les discours de classe et ceux des interviews en pré et post-enseignement. Les débats de classe enregistrés et finement transcrits ont fait l'objet d'une analyse de contenu (Bardin, 1977) macroscopique pour cerner les thèmes de discussion, d'une analyse microscopique avec un repérage de mots et expressions-pivots (Bardin, 1977), de connecteurs (Riegel, 1994) et d'une analyse de discours (Kerbrat-Orrechioni, 1990, 2001) où l'unité d'analyse retenue est le tour de parole.

Concernant le discours de l'enseignant, nous avons construit une grille d'analyse des interventions, énoncés et actions de l'enseignant, inspirée du modèle ternaire d'interactions enseignant-élèves, IRF ou IRE¹, proposé par Sinclair et Coulter en 1975 (Bachmann et al., 1981), de travaux d'analyses de comportements de l'enseignant (Postic, 1972) et d'analyses de modes d'intervention de l'enseignant en tutelle et/ou médiation (Weil-Barais et Dumas-Carré, 1998; Saint-Georges, 2001). L'ensemble a été enrichi et complété à partir des analyses de nos propres données empiriques (Aroua, 2006; Aroua et al., 2007) (Tableau 1).

RÉSULTATS

Ici, nous rapportons les indices révélateurs d'une incitation de l'enseignant à la réflexion épistémologique chez les élèves et ceux indiquant des réflexions épistémologiques et un changement épistémologique chez les élèves.

Aide de l'enseignant médiateur au développement de réflexions épistémologiques chez les élèves

Les interventions de l'enseignant en tutelle ou en médiation apparaissent diversifiées, nuancées et souvent ajustées aux réponses des élèves. L'analyse fine des épisodes choisis dans les dialogues des séquences d'apprentissage dans l'ensemble du sous-groupe classe a permis de repérer les indices d'une incitation au discours réflexif et critique (en gras dans les extraits).

- L'enseignant donne la possibilité aux élèves d'exprimer leurs opinions

Extrait de Sgc/su1-2

33. Enseignant: qu'en **penses-tu** Abdou ?

34. Abdou : **Moi, je pense que**, c'est plutôt *عالم القردة* (le monde des singes) du

I : Initiating move ou Intervention initiative, R : Responding move ou Intervention réactive, F ou E : follow-up move ou Intervention évaluative.

TABLEAU 1

Étapes d'élaboration du dispositif didactique				
Séquences d'enseignement	Enjeux didactiques et actions prévues de l'enseignant	Outils didactiques	Tâches de l'élève	
Séquence introductive (Seq1)	L'enseignant interagit avec les élèves à propos de leur explication de la diversité du vivant : Emergence des conceptions et caractérisation des obstacles : la conception « composite » et caractérisation de l'obstacle « amalgame des référentiels argumentatifs ». (Rep)	Film documentaire en projection vidéo : diversité biologique dans un milieu forestier naturel.	Les élèves interagissent avec l'enseignant en réponse à la question: « comment expliquez-vous la diversité du vivant ? »	
Diagnostic des conceptions et obstacles				
Première séquence (su1-1, su1-2, su1-3)	La réflexion épistémologique pourrait aider au changement épistémologique en passant par : 1. premièrement, le fait de savoir qu'il y a plus d'une explication et plus d'un référentiel argumentatif à l'explication de la diversité du vivant. Ceci aiderait à une déstabilisation de la conception 'composite' (su1-1/Dt1)	Premier outil didactique : deux textes actuels controversés (fixiste, évolutionniste) expliquant la diversité du vivant, le premier est écrit par un scientifique et le deuxième par un créationniste américain. R1 : Les espèces issues d'un ancêtre commun évoluent par accumulation de différences par rapport à l'ancêtre commun. R2 : Les espèces sont la résultante de créations spéciales, elles ne changent pas.	Question posée : « En quoi ces idées vous paraissent-elles différentes ? Argumentez votre réponse »	
Déstabilisation de la conception « composite » et de l'obstacle « amalgame des référentiels argumentatifs » ou « équivalence argumentative entre les référentiels »	2. deuxièmement, le fait de pouvoir repérer les caractéristiques du référentiel scientifique, en construisant un savoir méthodologique en termes de: • nature de l'argumentation, qui est matérielle en science (par opposition à une argumentation non-matérielle (théologique ou évoquant le surnaturel) (su1-2/Dt2)	Deuxième outil didactique : cinq textes historiques qui en parlant de la diversité du vivant évoquent des idées évolutionnistes argumentées, allant de l'époque médiévale arabo-musulmane (11, 12) jusqu'à Lamarck (14) et Darwin (15, 15') en passant par Buffon (13). 11 : Une chaîne des êtres, une succession dans l'apparition (création) des espèces, une complexification des structures corrélatrice à la succession dans l'apparition (création) des espèces (Argumentation non-matérielle). 12 : une gradation dans l'ensemble des créatures	Questions posées : « Comparez les démarches argumentatives exposées dans les différents textes, identifiez celles que vous pourriez caractériser de scientifiques. Argumentez votre réponse »	

	<p>qui va des minéraux, aux végétaux, aux animaux pour en arriver à l'homme, une transformation des êtres les uns en les autres, une diversité et une diversification dans le monde animal (Argumentation non-matérielle) 13 : idées de parenté, d'origine commune, puis, rétraction : les espèces résultent de la création divine (Argumentation matérielle, puis rétraction, argumentation non-matérielle) 14 : complexification des espèces, chaîne de gradation des êtres, complexification des organisations consécutive de l'action de la nature (Argumentation matérielle intégrée dans une théorie) 15, 15' : ressemblance entre animaux fossiles et actuels, parenté des animaux, modification graduelle, principe de conservation du plus apte : sélection naturelle (Argumentation matérielle intégrée dans une théorie structurée)</p>	<p>Questions posées : « Quels sont les types d'arguments avancés par Darwin pour justifier d'une évolution au sein du vivant ? Comparez ce type de démarche de validation par rapport au type de démarche de validation par l'expérience, Comment pourriez-vous justifier cette démarche? Argumentez votre justification »</p>	
	<p>Troisième outil didactique : Deux textes de Darwin (15, 15') : arguments : comparaison des fossiles et des actuels, comparaisons biogéographiques etc. Indices et non expériences directes, le facteur temps implique un problème de reproductibilité à l'échelle du laboratoire.</p>		
<p>Deuxième séquence (su2) Construction alternative à la conception « composite » : preuves et mécanismes de l'évolution selon le modèle synthétique (programme officiel)</p>			
<p>Troisième séquence (su3-1) Déstabilisation de l'obstacle « amalgame des référentiels » (suite)</p>	<p>Continuer la réflexion épistémologique : travailler la conception dogmatique de la science comme « savoir absolu » en retrouvant une autre caractéristique du savoir scientifique : la dimension probabiliste (su 3-1/Dt4)</p>	<p>Quatrième outil didactique : illustre la controverse dans le milieu scientifique : deux documents de recherche relatifs à deux mécanismes explicatifs différents de l'évolution du même fossile : le Trilobite.</p>	<p>La question est : « L'analyse comparative des données des documents C1 et C1' (évolution du Trilobite) révèle un autre critère de la démarche scientifique. En quoi consiste-t-elle ? »</p>

point de vue sens, c'est beaucoup plus proche du sens général du texte. Il y a, **je pense** une erreur de frappe.

...

62. Manel : **Mais, madame !!! Je crois que** le texte d'Ibn Khaldoun s'est basé uniquement sur l'observation **mais** après, il n'y a plus rien de scientifique !!!

■ L'enseignant rappelle les acquis pour relancer la réflexion épistémologique

Extrait de Sgc/su 1-3

13. Enseignant: **Donc tu penses qu'il (Darwin) a fait des expériences**

14. Chaima : Après.

15. Enseignant: **Pourquoi il avait besoin de faire des expériences ?**

16. Sawsen : Madame !

17. Enseignant: **Écoutons, ce que va dire Sawsen ou Nouha.**

18. Nouha : La nature même du sujet ne permet pas de faire des expériences

...

47. Enseignant : **Là donc, c'est la démarche expérimentale.** Lorsque, j'ai un phénomène, par exemple, prenons la digestion. Justement au niveau du tube à essai, **qu'est ce qu'on a essayé de faire ?**

...

50. Rahma : On réalise ce qui se passe dans le tube digestif.

51. Enseignant : On essaye de le réaliser, autrement dit, de le reproduire. **Mais, comment ? Qu'est-ce que l'on fait ?**

...

58. Enseignant : **Donc, c'est un phénomène non reproductible** ce que Sawsen, Dorsaf, Abir et Manel voulaient nous expliquer tout à l'heure ? **Qu'est-ce que vous vouliez nous dire tout à l'heure ?**

59. Dorsaf : Oui. Les expériences ne sont pas possibles. On ne peut pas refaire ça au laboratoire.

60. Enseignant : Oui, **Pourquoi ? A cause de quoi ?**

...

64. Enseignant : Alors dans ce cas là **qu'est-ce que l'on fait pour justifier l'hypothèse d'une non immuabilité des espèces ?**

...

70. Enseignant : **Oui, une recherche mais en quoi consiste cette recherche ?**

- L'enseignant s'assure d'une mutuelle compréhension et relance la réflexion épistémologique

Extrait de Sgc/ su 1-2

175. Enseignant : Il parle d'observations faites sur des ...

176. Groupe : Des fossiles

177. Enseignant: **Est-ce qu'il les a faites, uniquement, au niveau des fossiles ?**

Extrait de Sgc/su 2-2

15. Enseignant : **Nous reprenons, ... Pour Sawsen, l'évolution s'explique par l'adaptation... Qu'est-ce que tu veux dire par –adaptation- ?**

...

19. Enseignant: ... Réfléchissez bien : **Est-ce ainsi que vous, vous expliquez qu'il y a une évolution ?**

20. groupe : Non.

21. Ens : **Qui dit non ?**

Développement de réflexions épistémologiques chez les élèves

Les élèves ont montré une disposition à la réflexion épistémologique essentiellement, dans les débats de petits groupes qui précédaient les séquences d'apprentissage dans l'ensemble du sous-groupe classe.

L'analyse de contenu thématique montre que ce sont particulièrement les épisodes de négociation qui ont permis aux élèves des distanciations par rapport aux questions débattues. Par exemple, nous avons repéré des attitudes critiques, l'émergence de questionnements parfois accompagnés d'un regard rétrospectif, des objections et des analyses comparatives.

Attitude critique

Extraits du transcript Pg/su 1-2 Glle

Manel est critique par rapport aux écrits des auteurs des textes. Le connecteur argumentatif « mais » exprime une opposition. A son avis, argumenter par la création et la simple observation ne peut constituer des arguments clairs et encore moins des arguments « scientifiques ».

21. Manel : **mais** dans le texte 1, le savant se base sur...

22. Najla : la **création**

23. Manel : et il se base **uniquement** sur **l'observation** de la forme extérieure de l'animal ... Il n'y a **pas d'argument clair** on ne peut **pas** dire que ce sont des résultats **scientifiques** ...

24. Inès : il n'y a **pas d'arguments**.

25. Manel : il n'y a **pas d'arguments concrets palpables**. On sent qu'il y a **uniquement un raisonnement**. Ce n'est **pas du concret**.

Émergence d'un questionnement

Extrait du transcript Pg/su 1-2 GIVe

Chaima se rend compte qu'il y a deux explications à la diversité. Elle pose des questions.

7. Chaima : Comment peut-on expliquer ceci ? **Est-ce que c'est Dieu** qui commande l'existence des êtres vivants **ou bien c'est la sélection naturelle** qui offre aux êtres vivants les conditions de vie qu'il leur faut et alors ce sera l'origine de la **diversité** ? Comment ?

Extraits du transcript Pg/su 1-IIIle

Abir, Dorsaf et Soumaya se posent également des questions qui mènent Dorsaf à s'interdire un parti pris. Le « mais » de la deuxième assertion (U36) exprime une réorientation argumentative : « **Mais attention** chaque texte expose ses arguments. ». Elle attire l'attention de ses camarades sur le fait qu'il y aurait plutôt à « réfléchir » et à « prendre de la distance » afin d'examiner et de discuter les différents arguments.

34. Soumaya : Oui, mais regardez bien chacun des auteurs donne ses propres arguments pour nous convaincre.

35. Abir : **Est-ce que c'est le deuxième qui nous convainc ?**

36. Dorsaf : **Est-ce que l'on doit être convaincu par le deuxième ? Mais attention chaque texte expose ses arguments.**

Regard critique rétrospectif

Extraits du transcript Pg/su 1-2 GIIIe

Dorsaf a pris conscience que cette façon de pensée vient de leur culture enfantine.

20. Dorsaf : Ici les auteurs ont pris l'idée **religieuse idée que nous avons nous-mêmes reçue depuis notre naissance**. C'est pour cette raison qu'elle nous paraît juste, **mais attention** elle est **totalelement reliée** avec la **religion**.

Analyse comparative

Extraits du transcript Pg/sul-3 Gle

En procédant à une comparaison, Abdou justifie la démarche argumentative de Darwin dans le facteur 'temps'.

14. Abdou : on peut **justifier** cette démarche par **le facteur temps**. On **ne peut pas reproduire le phénomène par des expériences** comme on a l'habitude de le faire.

Ses camarades le suivent dans sa justification. Elles semblent convaincues de ce qu'il avance.

15. Asma : Les **conditions** pour **reproduire** l'évolution par **l'expérience** ne sont **pas possibles**.

16. Olfa : On **remplace** le tout, les documents à fournir, par la **recherche sur les fossiles**.

Différentes tendances explicatives et changement épistémologique

Dans cette partie, nous recherchons, les changements épistémologiques au cours de l'enseignement. Nous avons repéré différentes tendances explicatives chez les élèves au fur et à mesure de la déstabilisation et de l'identification des obstacles.

Afin de suivre l'évolution parallèle des explications de la diversité et des référentiels leurs correspondants chez les élèves, nous avons choisi une notation sous forme d'un couple de lettres (D, R) où la lettre « D » est relative à l'explication de la diversité du vivant et la lettre « R » au référentiel argumentatif correspondant à l'explication.

Au cours de l'enseignement, nous avons retrouvé :

- deux éventualités relatives à l'explication de la diversité du vivant :
 - D_c : une explication « composite »,
 - D_{2x} : deux explications différentes,
- trois éventualités relatives au référentiel argumentatif correspondant à l'explication :
 - R_{am} : deux référentiels argumentatifs amalgamés,
 - R_{id} : un référentiel argumentatif indéterminé,
 - R_{sp} : deux référentiels argumentatifs séparés : l'un scientifique, l'autre religieux.

En pré-enseignement et au début de l'enseignement (séquence introductive, sui) tous les élèves avaient une explication « composite » de la diversité du vivant et un référentiel argumentatif amalgamé, soit une tendance explicative (D_c, R_{am}).

Au cours des différents sous-unités d'enseignement (su) et en fonction des trois tentatives de déstabilisation des obstacles (Dt1, su 1-1 ; Dt2, su 1-2 ; Dt 3, Su1-3 ; éventuellement en su 2-1) et des identifications des obstacles en su 1-3 et su 3-1 (cf. Tableau I), nous avons constaté chez les élèves deux types de mouvements :

- le premier mouvement va d'une explication composite et un référentiel amalgamé (D_c, R_{am}) à deux explications leur correspondant deux référentiels (D_{2x}, R_{sp}). Dès que le changement se produit, il se maintient. L'élève se rend compte de l'existence de deux explications qui leur correspondent deux référentiels argumentatifs respectifs différents.
- le deuxième mouvement est progressif. Il va d'une explication composite et un référentiel amalgamé (D_c, R_{am}) à deux explications leur correspondant deux référentiels (D_{2x}, R_{sp}) en passant par des intermédiaires différents apparus à des moments différents du dispositif d'enseignement :
 - (D_c, R_{sp}) : une seule explication « composite » argumentée dans deux référentiels différents,
 - (D_c, R_{id}) : une seule explication « composite » mais le ou les référentiels sont indéterminés,
 - (D_{fc}, R_{am}) : une seule explication fixiste créationniste argumentée dans deux référentiels amalgamés,
 - (D_{2x}, R_{am}) : deux explications argumentées dans deux référentiels amalgamés.

L'analyse globale de l'ensemble de la dynamique en fonction de la progression dans l'enseignement montre six moments transitoires particuliers. Ils correspondent aux différents moments de déstabilisation et/ou d'identification des obstacles :

- un premier, en su 1-1 : disparition de l'état initial (D_c, R_{am}), apparition de trois états intermédiaires (D_c, R_{sp}), (D_c, R_{id}), (D_{fc}, R_{am}) et l'état visé (D_{2x}, R_{sp}). L'état (D_{2x}, R_{sp}) est maintenu jusqu'à la fin du dispositif,
- un deuxième, au début de su 1-2 : réapparition de l'état initial (D_c, R_{am}) au début de su 1-2, disparition de deux des états intermédiaires apparus en su 1-1 jusqu'à la fin du dispositif et maintient de l'état (D_{2x}, R_{sp}).
- un troisième, en cours de su 1-2 : ce moment est particulier dans le sens où, au début de su 1-2, seuls 2 élèves se trouvaient dans l'état (D_{2x}, R_{sp}), mais à la fin de la sous-unité, nous en comptons 9. Ce qui veut dire que 7 élèves ont bougé. Ils ont quitté leurs états respectifs pour se retrouver dans l'état (D_{2x}, R_{sp}),
- un quatrième, à la fin de su 1-3 : il y a disparition du troisième état intermédiaire apparus à la su 1-1 et l'état initial (D_c, R_{am}) jusqu'à la fin du dispositif,
- un cinquième, à la fin de su 2-1 : il y a apparition d'un nouvel état (D_{2x}, R_{am}).

- un sixième, à la fin de su 3-1 : disparition de l'état (D_{2x} , R_{am}) et maintien du seul état (D_{2x} , R_{sp}).

À titre d'illustration, le tableau 2 présente les mouvements différents repérés chez sept des élèves du sous-groupe classe. Les huit autres élèves ayant un parcours similaire à celui de Dorsaf. Cependant, il est nécessaire d'indiquer que même s'il y a des similitudes les parcours demeurent spécifiques de chaque élève.

À la fin du dispositif d'enseignement la majorité des élèves se retrouvent dans le cas (D_{2x} , R_{sp}). C'est-à-dire qu'ils affirment devoir séparer les deux explications, évolutionniste et fixiste créationniste en argumentant par une distinction entre référentiels argumentatifs respectifs. Ceci, indiquerait une remise en question d'une conception « composite » chez les élèves. Cependant, nous préférons être prudents quant à la considération d'une réelle remise en question. En effet, arriver à prendre conscience qu'il y a au moins deux explications auxquelles correspondent deux référentiels argumentatifs différents ne constitue en fait qu'un préambule à l'enjeu didactique essentiel de l'enseignement conçu, soit de construire un savoir de l'évolution en tant que savoir scientifique. Des investigations complémentaires seraient nécessaires, notamment, sur un plan conceptuel. Il y aurait à savoir comment les élèves conçoivent les deux explications de la diversité du vivant qu'ils affirment être différentes.

TABLEAU 2

Évolutions des conceptions et des référentiels associés chez sept des élèves au cours de l'enseignement

	Dispositif d'enseignement						
	Séquence i	1ère séquence			2ème séquence		3ème séquence
	Diagnostic	T r a i t e m e n t d e s o b s t a c l e s					
		Déstabilisation		Déstabilisation Identification	Reconstruction, Déstabilisation Identification		Déstabilisation Identification
	Sui	Su1-1/Dt1	Su1-2/Dt2	Su1-3/Dt3	Su2-1	Su2-3	Su3-1/Dt4
Kheiri	(Dc, Ram)	(Dc, Rid)	(Dc, Ram)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)
Imen	(Dc, Ram)	(Dfc, Ram)	(Dc, Rsp)	(Dc, Rsp)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)
Chaima	(Dc, Ram)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)
Dorsaf	(Dc, Ram)	(Dc, Rid)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)
Zeineb	(Dc, Ram)	(Dc, Ram)	(Dc, Ram)	(Dc, Ram)	(D2x, Ram)	D2x, Ram)	(D2x, Rsp)
Manel	(Dc, Ram)	(D2x, Rsp)	(Dc, Ram)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)
Abdou	(Dc, Ram)	(Dc, Rsp)	(Dc, Rsp)	(D2x,Rsp)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)	(D2x, Rsp)

En post-enseignement, au cours des interviews, plusieurs élèves ont exprimé des engagements personnels qui attesteraient d'un changement épistémologique.

Extrait du transcript Pg/GIIIb

Imen qui à un certain moment de l'enseignement a manifesté et défendu une conception créationniste fixiste de la diversité du vivant paraît capable de réflexions épistémologique lui permettant de séparer les référentiels argumentatifs. Tout en précisant qu'elle est parfaitement consciente que l'évolution est une explication relevant de la science, elle exprime son choix personnel pour une conception fixiste créationniste.

*27. Imen : Effectivement, je comprends bien cela. Je reviens au scientifique pour comprendre l'évolution **mais, je veux bien garder pour moi, mes croyances.***

Extrait du transcript Pg/GIIb

Pour Manel la transformation épistémologique demeure quelque peu tronquée car elle continue à s'imposer un choix.

*35-Manel : Je ne suis pas d'accord avec toi parce que la **création** est une autre explication. Et, je pense que c'est **une explication qu'il ne faut pas laisser de côté.***

...

*39. Manel : Comme, il me semble qu'une question ne peut pas avoir deux solutions. Il faut **décider de celle qui est juste.***

Extrait du transcript Pg/GIIIb

Il en est de même pour Abir.

*38. Abir : Moi, aussi, je dis qu'il faut chercher ce qui permet **de convaincre le plus.***

Persistance des obstacles

Toutefois, une réserve est à émettre comme pour le cas de Chaima qui paraît atypique. En référence au tableau 2, nous remarquons qu'elle est l'unique dans le sous-groupe à avoir évolué très tôt dès la première tentative de déstabilisation de la conception-obstacle au tout début du dispositif en suI-I. Toutefois, ses affirmations en post-enseignement (cf.ci-dessous) attestent d'une résistance des obstacles puisque conception « composite » et « amalgame des référentiels argumentatifs » réapparaissent à nouveau.

Extrait du transcript Pg/Glb

38. Chaima : ... ce que je sais maintenant, c'est qu'il y a deux idées une religieuse, une scientifique. Et puis, moi, je trouve que les deux idées sont complémentaires. C'est bien Dieu qui a créé l'ADN. Non ? Et, puis, ce que je ne peux pas faire maintenant, c'est dire laquelle des deux est juste.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Notre recherche est une étude de cas contextualisée et ponctuelle, elle ne peut prétendre à une généralisation de ses résultats. Son apport majeur se résume dans la possibilité d'un traitement d'obstacles au statut scientifique de l'évolution du vivant par un accompagnement sous forme d'incitation à des réflexions épistémologiques sur la nature des sciences historiques.

Elle a montré que des lycéens tunisiens ont développé des explications distinctes, scientifiques et religieuses, de la diversité du vivant au cours du dispositif innovant. Néanmoins, deux mois après l'enseignement, quelques-uns parmi eux ont mobilisé à nouveau des cadres explicatifs composites.

Notre étude rejoint d'autres recherches qui proposent des approches épistémologiques sur la nature des sciences et les méthodologies des sciences. Accompagner, ponctuellement, l'enseignement de l'évolution par celui explicite de la nature des sciences ne suffirait cependant pas à échapper de l'influence des croyances. Par exemple, pour des étudiants américains, un changement d'attitude est constaté en post-enseignement, mais uniquement pour ceux qui présentaient de l'hésitation (vers une acceptation de l'évolution) (Ingram & Nelson, 2006; Martin-Hansen, 2008).

Les recherches qui s'intéressent à une formation des enseignants qui puisse accompagner l'enseignement de l'évolution, privilégient des dispositifs avec un enseignement explicite de la nature des sciences. Cependant, les recherches décrites ne se regroupent pas autour d'un consensus, ni sur la signification de la nature des sciences ni sur le contenu des dispositifs de formation envisagés (Smith, 2010). Dans certains contextes, accompagner l'enseignement de l'évolution d'un enseignement explicite de la nature des sciences ne suffirait pas. Ainsi, pour traiter d'éventuelles tensions autour de l'enseignement de l'évolution, il semblerait qu'il soit incontournable de se confronter à des questions et à des dispositifs qui dépasseraient les limites du cours de science (philosophie, épistémologie, histoire des sciences, sociologie...). Gould (1999) appelle à une séparation stricte de la science et de la religion car elles relèvent de deux registres de compétences différents. Mc Clish (2005) et Herbert (2008) se référant au concept de « *cultural bordercrossing and collateral learning* » de Jegede et Aikenhead (1999) sont pour la prise en compte du

contexte social dans l'enseignement des sciences. Mc Clish (2005) soutient l'idée d'une *éducation scientifique multiculturelle*. Celle-ci vise à créer des liens entre les cultures présentes et des contenus pertinents de connaissances en explicitant leurs visées respectives et en passant par la compréhension de la nature des sciences d'une part, et celle des croyances d'autre part.

Alors, peut-on envisager de dépasser les limites du cours de science, comme le suggère Feltz (2008), faisant profiter l'enseignant de science de son statut d'éducateur ? Convient-il de conserver strictement les limites du cours de sciences pour aborder ces questions dans un cadre interdisciplinaire (Plutynsky, 2010), tel celui du cours de philosophie ou d'histoire ? La tendance actuelle semble être orientée vers le cadre pluridisciplinaire.

RÉFÉRENCES

- Abd-EL-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science course on students' views of nature of science. *Journal of Research Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- Anderson, R. D. (2007). Teaching the theory of evolution in social, intellectual, and pedagogical context. *Science Education*, 92(4), 664-677.
- Andersson, B. & Wallin, A. (2006). On developing content-oriented theories taking biological evolution as example. *International Journal of Science Education*, 28(6), 673-695.
- Aroua, S. (2003). Débat et argumentation autour de la diversité du vivant chez des élèves de terminales sciences expérimentales. *Revue de la Faculté des Sciences de Bizerte*, 2, 128-137.
- Aroua, S. (2006). *Dispositif didactique pour l'enseignement de l'évolution. Débat en classe pour l'enseignement de la théorie de l'évolution en Tunisie*. Thèse de Doctorat (Paris-Tunis: ENS Cachan - ISEFC de Tunis).
- Aroua S. (2009). Enseignement de l'évolution et contexte socioculturel, le cas de la Tunisie. In M. Coquidé & S. Tirard (coord.) *L'évolution du vivant. Un enseignement à risque ?* (Paris : Vuibert/Adapt-SNES), 137-152.
- Aroua, S., Coquide, M. & Abbes, S. (2001). Les rapports d'élèves tunisiens à l'évolution biologique et leurs référentiels d'argumentations. *Skholé*, HS, 177-187.
- Aroua, S., Coquide, M. & Abbes, S. (2005). Faut-il former les enseignants à l'épistémologie de la biologie ? Cas de l'évolution biologique. *Revue de la Faculté des Sciences de Bizerte*, 4, 49-55.
- Aroua, S., Coquide, M. & Abbes, S. (2007). Fragilité du statut scientifique de l'enseignement tunisien de l'évolution au secondaire et à l'université : analyse des contenus enseignés. *Revue de la Faculté des Sciences de Bizerte*, 6, 9-18.
- Aroua, S., Coquide, M. & Abbes, S. (2009). Overcoming the effect of the socio-cultural context: Impact of a biological evolution teaching in Tunisia. *Evolution: Education and Outreach*, 2(3), 474-478.
- Astolfi, J.-P. & Peterfalvi, B. (1997). *Stratégies de travail des obstacles : Dispositifs et ressorts*. Aster, 25, 193-215.
- Bachmann, C., Lindeneld, J. & Simonin, J. (eds) (1981). *Langage et communications sociales* (Paris: Hatier).
- Bardin, L. (1977). *L'analyse de contenu* (Paris: PUF).

- Canguilhem, G. (2004). Vie. *Encyclopedia Universalis* 10 (DVD).
- Crawford, B.-A., Zemba-Saul, C., Munford, D. & Friedrichsen, P. (2005). Confronting prospective teachers' ideas of evolution and scientific inquiry using technology and inquiry-based tasks. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(6), 613-637.
- Darwin, C. (1973/1859). *L'origine des espèces* (Belgique: Marabout).
- El Jahidh (1969/775-868) *كتاب الحيوان - Le livre de l'animal* (Lobnen, Beyrouth: Manchourat elmajmaa elimi elarabi alislami).
- Feltz, B. (2008). Théorie de l'évolution ? Religions et modernités. *Education Comparée*, 1, 33-45.
- Gould, S. J. (1999). *Et Dieu dit : " Que DARWIN soit ! "* (Paris: Seuil).
- Grimoult, C. (2000). *Histoire de l'évolutionnisme contemporain en France : 1945-1995* (Genève-Paris: Librairie Droz).
- Herbert, S. (2008). Collateral learning in science: students' responses to a cross-cultural unit of work. *International Journal of Science Education*, 30(7), 979-993.
- Ibn Khaldoun (1993/1332-1406). *المقدمة* (Prolégomènes) (1375-1379) (Tounès: Dar Etounissia linacher).
- Ikhwan Essafaa (1999/vers 983). *رسائل إخوان الصفاء - Les lettres de Ikhwan Essafaa* (Beiryout: Dar Sader).
- Ingram, E. L. & Nelson, C.-E. (2006). Relationship between achievement and student's acceptance of evolution and creation in an upper-level evolution course. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(1), 7-24.
- Jacob, F. (1970). *La logique du vivant. Une histoire de l'hérédité* (Paris: Gallimard).
- Jegade, O. J. & Aikenhead, S. G. (1999). Transcending cultural borders: implications for science teaching. *Journal for Science and Technology Education*. 17(1), 45-66.
- Kerbrat-Orrechioni, C. (1990). *Les interactions verbales : Approche interactionnelle et structure des conversations*, Tome I (Paris : Armand Colin).
- Kerbrat-Orrechioni, C. (2001). *Les actes de langage dans le discours : théorie et fonctionnement* (Paris: Nathan Université).
- Lamarck, J.-B. (1994/1809). *Philosophie zoologique* (Paris: Flammarion).
- Levinson, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socio-scientific. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1201-1224.
- Lombroso, T., Thanukos A. & Weisberg M. (2008). The importance of understanding the nature of science for accepting evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 1, 290-298.
- Mc Clish, D. R. (2005). *Effective science education in a multicultural setting: Facilitating border-crossing between religion and science subcultures* (www.wm.edu/education/599/05Abstracts/mcclish_abstract.pdf).
- Martinand, J.-L. (1985). *Connaître et transformer la matière : des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques* (Berne : Peter Lang).
- Martin-Hansen, L. M. (2008). First-year college students' conflict with religion and science. *Science & Education*, 17(4), 317-357.
- Mayr, E. (1982). *Histoire de la biologie. Diversité, évolution et hérédité* (Paris: Fayard).
- Mayr, E. (1997). *Qu'est que la biologie ?* (Paris: Fayard).
- Plutynsky, A. (2010). Should intelligent design be taught in public school science classrooms. *Science & Education*, 19(6-8), 779-795.
- Postic, M. (1972). *Observation et formation des enseignants* (Paris: PUF).
- Ratcliffe, M., Osborne, J., Collins, S., Millar, R. & Duschl, R. (2001). *Evidence-based practice in*

- science education (EPSE). *Teaching pupils'ideas about science: clarifying learning goals and improving pupil performance*. Paper presented at the Conference of the European Science Education Research Association, Thessaloniki, Greece.
- Riegel, M. (1994). *Grammaire méthodique du français* (Paris: PUF).
- Rudolph, J.L. & Stewart, J. (1998). Evolution and the nature of science: on the historical discord and its implications for education. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(10), 1069-1089.
- Saint-Georges, M. (2001). L'analyse des dialogues de classe : un outil pour une formation didactique des professeurs de sciences. *Aster*, 32, 91-117.
- Schlegel, J. L. (2004). Les dangers de l'harmonie à tout prix. *La Recherche, Hors-série*, 14, 74-77.
- Smith, M. U. (1994). Counterpoint: belief, understanding, and the teaching of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 591-597.
- Smith, M. U. (2010). Current status of research in teaching and learning evolution: I. Philosophical/Epistemological Issues. *Science & Education*, 19(6-8), 539-571.
- Stengers, I. (1993). *L'invention des sciences modernes* (Paris : Flammarion).
- Théodorides, J. (1992). *Histoire de la biologie* (Paris : PUF).
- Toukane, K.-H. (1984). *العلوم عند العرب* - Les sciences chez les Arabes (Beiryout: Dar Ikraa).
- Weil-Barais, A. & Dumas-Carré, A. (1998). Les interactions didactiques : tutelle et/ou médiation ? In A. Dumas-Carré & A. Weil-Barais (dir.) *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique* (Berne: P. Lang), 1-15.
- Winykamen, F. (1998). Approche psychologique de la tutelle. In A. Dumas-Carré & A. Weil-Barais (dir.), *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique* (Berne: P. Lang), 29-58.