



Exploitation didactique de l'histoire des sciences dans une perspective de formation à l'enseignement des sciences

**Didactic use of the history of science
in the context of teaching of science**

**Explotación didáctica de la historia
de las ciencias en una perspectiva de formación
en la enseñanza de las ciencias.**

**Didaktische Anwendung der
Wissenschaftsgeschichte in Zusammenhang
mit der Ausbildung zum Unterrichten der
Wissenschaften**

Mourad MADRANE et Mohamed KHALDI

Laboratoire des nouvelles technologies éducatives École normale supérieure,
Tétouan, Maroc.
madrane2000@yahoo.fr – medkhaldi@yahoo.fr

Mohammed TALBI

LIRADE-TIE Faculté de sciences Ben M'sik Casablanca, Maroc.
maarifcentre@yahoo.fr

Résumé

L'article vise à présenter la conception, l'élaboration et la mise en œuvre d'un module de formation structuré à partir d'éléments d'histoire des sciences. Des faits historiques ont servi à dégager des implications didactiques misent à profit dans une optique de formation à l'enseignement des sciences.

Cet article rend compte également d'une appréciation sommaire des retombées de ce module de formation après la deuxième année de sa mise en oeuvre.

Mots clés : *Histoire des sciences, Formation à l'enseignement des sciences, Implications didactiques, Module de formation.*

Abstract

This article aims to introduce the conception, the elaboration, and the implementation of a structured module based on notions drawn from the history of science. Historical facts serve to press forward the didactic implications gained from the perspective of teaching science. This article likewise proffers a brief evaluation of the results of this module after two years of its inception.

Key words: *History of science, training in the teaching of science, didactic implications, training module.*

Resumen

El artículo pretende presentar la concepción, la elaboración y la puesta en práctica de un módulo de formación estructurado a partir de elementos de historia de las ciencias. Hechos históricos se han utilizado para extraer implicaciones didácticas aprovechadas en una óptica de formación en la enseñanza de las ciencias.

Este artículo da cuenta igualmente de una evaluación sumaria de las consecuencias de este módulo de formación después de dos años de puesta en práctica.

Palabras clave: *historia de las ciencias, formación en la docencia de las ciencias, implicación didáctica, módulo de formación.*

Zusammenfassung

Der Artikel zielt darauf ab, die Entwicklung, die Ausarbeitung und die Umsetzung eines Ausbildungsseminars vorzulegen, das aus wissenschaftsgeschichtlichen Elementen strukturiert wurde. Auf Grund

historischer Tatsachen konnte man didaktische Folgen in einer Perspektive der Ausbildung zum Lehren der Wissenschaften unterscheiden.

Dieser Artikel berichtet auch über eine zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse dieses Seminars zwei Jahren nach seiner Einführung.

Schlüsselwörter: *Wissenschaftsgeschichte, Ausbildung zum Unterrichten der Wissenschaften, didaktische Folgen, Ausbildungsseminar.*

INTRODUCTION

Malgré les efforts déployés dans le domaine de l'enseignement des sciences, les retombées de cet enseignement sont limitées par rapport aux buts assignés à cet enseignement (Piaget, 1972 ; Giordan, 1978 ; Désautels, 1980 ; Astolfi *et al.*, 1984 ; Giordan et de Vecchi, 1987 ; Johsua et Dupin, 1993). Selon Melhaoui *et al.* (2004), les taux d'échec et d'abandon d'étudiants dans les universités marocaines sont élevés, seulement 10 % des étudiants d'une promotion obtiennent leur licence en quatre ans. D'après une enquête¹ officielle, ce problème touche toutes les tranches d'âge entre 15 et 29 ans, aussi bien en milieu urbain qu'en milieu rural. D'autres constats, tel que le niveau des bacheliers à l'arrivée de l'université ou les profils de sortie proposés par l'université non compatibles avec les compétences sollicitées par le marché de l'emploi, témoignent d'un enseignement universitaire en échec.

Le souci d'améliorer cet enseignement est un objectif prioritaire pour tout pays car l'enseignement des sciences occupe une place de choix comme levier de développement (Hulin, 1992). Il convient de souligner que dans ce système d'enseignement des sciences, l'enseignant joue un rôle important car il est le seul à pouvoir concrétiser des projets d'enseignement en actions éducatives effectives et efficaces. Cela implique qu'il possède des compétences disciplinaires et didactiques. Bien entendu, d'autres paramètres sont à prendre en considération pour instaurer les conditions favorables à la mise en œuvre de projets d'enseignement efficaces.

Le développement de ces compétences disciplinaires et didactiques passe par la formation à l'enseignement des sciences qui mérite un investissement important en termes de recherches et de budgets. Au Maroc, les changements relatifs à la formation sont rares et ponctuels, les réformes touchent principalement les programmes, les manuels scolaires, les filières, les procédés d'évaluation et les aspects institutionnels ou organisationnels. L'analyse et l'évaluation des programmes et des procédés de formation sont rarement retenues

(1) Enquête réalisée auprès de 18 010 jeunes au cours des mois d'avril à juillet de l'année 2001 par le ministère de la Jeunesse et des Sports du Maroc.

comme axes de recherches prioritaires dans la problématique générale de l'enseignement des sciences au Maroc. Le système de formation évolue exceptionnellement. Il est stabilisé à cause des pratiques classiques bien établies, des attitudes de résistance et des contraintes institutionnelles. La grande réforme de l'enseignement en cours comporte peu de "clauses" aptes à opérer des changements significatifs au niveau de la formation à l'enseignement des sciences. D'une part, l'application des principes et des orientations de la charte nationale de l'éducation et de la formation de 1999 ne semble pas modifier profondément ces pratiques bien ancrées de formation à l'enseignement des sciences, d'autre part la réforme de l'université engagée depuis l'année académique 2002-2003 semble avoir un impact très limité sur les procédés de formation en cours. Il y a lieu de préciser que le recours récurrent à de telles pratiques peut être également expliqué par l'incapacité des formateurs à monter et à mettre à l'essai des pratiques alternatives de formation.

De plus en plus un consensus existe sur le fait que c'est l'apprenant qui structure, organise et construit ses connaissances (Giordan *et al.*, 1978 ; Giordan et Martinand, 1989) ; il change de culture et procède à un dépassement d'obstacles (Bachelard, 1972). L'engagement d'enseignants dotés de compétences disciplinaires et didactiques est la condition sine qua non pour développer ce contexte didactique favorable. D'où la nécessité de concevoir des projets de formation innovants susceptibles de développer ces compétences chez le futur enseignant afin de préparer les conditions d'un enseignement des sciences de qualité en rapport avec les objectifs de développement.

1 PLACE DE L'HISTOIRE DES SCIENCES DANS LES PROGRAMMES DE FORMATION À L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

Nous avons cherché à apprécier la place de l'histoire des sciences à travers une analyse² de quelques programmes de formation à l'enseignement des sciences en vigueur dans quelques ENS³ et CPR⁴ au

(2) Une analyse qui n'était fondée sur une grille explicite mais visait plutôt une appréciation sommaire de la dimension historique dans quelques programmes de formation à l'enseignement des sciences. Une analyse fine de ces programmes ne constituait nullement un objectif majeur du travail entrepris.

(3) ENS : École normale supérieure (centre de formation des enseignants du lycée).

(4) CPR : Centre pédagogique régional (centre de formation des enseignants du collège).

Maroc (Annexe 1). L'analyse sommaire entreprise permet de distinguer les programmes suivants :

- des programmes qui n'accordent aucune place à l'histoire des sciences (CPR de Derb Ghalef de Casablanca, 1990-1991 ; 1991-1992 et 1992-1993) ; (CPR de Fès, 1992-1993) ;

- des programmes qui mentionnent le recours à l'histoire des sciences mais ne donnent aucune indication sur la façon de mettre en œuvre des éléments historiques dans le cadre de la formation à l'enseignement des sciences (CPR de Rabat, 1990-1991 ; ENS Tétouan ; ENS Fès ; ENS Marrakech) ;

- un programme qui suggère une référence à l'histoire des sciences, mais préconise le recours à des livres d'histoire des sciences qui n'auraient pas, selon nous, un rôle formateur compte tenu du type d'histoire des sciences proposé (Rostand, 1945 ; Théodoridès, 1965). C'est le cas du programme du CPR de Fès pour l'année académique 1992-1993 ;

- un programme qui suggère une référence à l'histoire des sciences en fournissant des explications pertinentes sur une mise en œuvre d'éléments historiques pour concevoir et construire des procédés de formation à l'enseignement des sciences. C'est le cas du programme du CPR de Derb Ghalef de Casa Anfa pour l'année académique 1993-1994.

À cause de contraintes temporelles ou pour des raisons institutionnelles, les éléments historiques ne font plus partis des procédés de formation à l'enseignement des sciences. La formation est centrée sur l'élaboration des leçons, les conduites à tenir en classe de science ainsi que les stages pratiques. La conception qui sous tend ce type de formation est à mettre en relation avec l'idée que le savoir scientifique serait un ensemble d'idées « claires » et « évidentes » que l'on peut transmettre par le biais d'un discours, de représentations graphiques, symboliques ou mathématiques et d'expériences.

Du fait que l'enseignement des sciences de la vie et de la terre vise principalement la présentation scolaire de concepts scientifiques, une formation à cet enseignement nous paraît être l'occasion d'approcher certaines problématiques telles que :

- Qu'est-ce qu'un concept scientifique ?
- Comment s'élabore-t-il ?
- Découle-t-il d'une observation ou de l'analyse d'un objet concret ?
- Quelles sont les activités didactiques d'enseignement favorables à une éventuelle conceptualisation ?

2 DES POINTS DE VUE D'UN GROUPE D'ÉLÈVES-AGRÉGÉS SUR LE SENS ATTRIBUÉ À UN CONCEPT SCIENTIFIQUE

Dans la filière des sciences de la vie et de la terre, la pratique enseignante consiste à développer certaines compétences à travers un savoir scolaire constitué par des concepts, des théories, des modèles, des lois, etc. En fait, l'enseignant est souvent appelé à tenir des discours sur des concepts scientifiques. Dans cette perspective il nous a paru intéressant de chercher à approcher les conceptions de futurs agrégés (option : biologie-géologie) sur le sens qu'ils accordent à un concept scientifique. Il faut préciser que ces futurs agrégés sont sélectionnés par voie de concours et sont, soit des étudiants (niveau deuxième année de la faculté : DEUG), soit des enseignants ayant déjà exercé dans des lycées. Il s'agit d'un groupe de stagiaires devant constituer plus tard une élite de professeurs exerçant dans différents lycées.

Pour caractériser, d'une façon sommaire, les conceptions des futurs agrégés, nous avons demandé à chaque stagiaire ce que signifie pour lui un concept scientifique. Après une analyse des productions écrites nous avons essayé de dégager la signification, principale et probable, attribuée à un concept scientifique.

Nous présentons dans le tableau 1 quelques résultats du travail d'analyse entrepris :

Sens donné au concept scientifique	Répondants (E ⁵)
- savoir universel et général.	- E1
- outil intellectuel.	- E6
- ensemble de connaissances, de faits et de données scientifiques.	- E2, E12
- interprétation théorique.	- E11
- conception.	- E7, E4, E5
- en relation avec un phénomène scientifique.	- E9
- démarche, analyse, interprétation, manipulation.	- E10, E13

Tableau 1 • récapitulatif de quelques résultats relatifs à la signification attribuée à un concept scientifique par un groupe de futurs agrégés

Les réponses développées montrent que les idées avancées sont diverses.

(5) E désigne : Enseignant.

Nous tenons à préciser que cette investigation sommaire ne constitue nullement un travail d'analyse rigoureux appliqué aux productions écrites des répondants. Ils représentent simplement un élément indicateur des besoins en formation à l'enseignement des sciences justifiant le choix et l'importance du module de formation proposé.

3 UN PARADOXE RÉVÉLATEUR

Ces différents résultats permettent de mettre en évidence un certain paradoxe. En effet, alors que le travail des enseignants consiste à présenter des concepts scientifiques, la plupart d'entre eux n'en ont pas une conception adéquate. Cette constatation a été à l'origine de la réflexion sur les actions de formation à entreprendre pour clarifier le sens d'un concept scientifique. Il paraît difficile aux enseignants de présenter un concept dont ils semblent ignorer le contexte historique de son élaboration et de son développement.

Rumelhard (1986) explique l'importance d'un enseignement scientifique centré sur les concepts scientifiques et Mayr (1981) insiste sur l'importance d'une compréhension adéquate des concepts de la biologie de l'évolution pour éviter d'éventuelles confusions et incompréhensions. L'idée de centrer l'enseignement des sciences expérimentales sur les concepts scientifiques est également soulignée par les chercheurs en didactique des sciences (Aster, 1985). D'où l'importance de connaître ce que signifie un concept scientifique par les professionnels de la formation à l'enseignement des sciences et par les enseignants de sciences.

Nous avons adopté dans le présent article quelques caractéristiques proposées par Rumelhard (1986) pour définir un concept scientifique :

– « une dénomination et une définition, autrement dit un nom chargé d'un sens le plus univoque possible, contrairement aux concepts linguistiques généralement équivoques » ;

– « capable de remplir une fonction opératoire, une fonction de discrimination ou une fonction de jugement, dans l'interprétation de certaines observations ou certaines expériences » ;

– « tout concept a une extension ou une compréhension, un domaine et des limites de validité, étroitement dépendant d'une définition nettement fixée » ;

– « un concept fonctionne toujours en relation avec d'autres concepts techniques et théoriques. Il est un nœud dans un réseau de relations cohérent et organisé, et non un élément disposé à côté d'autres par simple juxtaposition »

4 DES IMPLICATIONS PÉDAGOGIQUES POSSIBLES DE L'HISTOIRE DES SCIENCES DANS UNE OPTIQUE DE FORMATION À L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

Il n'existe pas une conception particulière de l'histoire des sciences qui fasse consensus dans les communautés des historiens des sciences et des chercheurs en didactique : la pertinence didactique de la dimension historique ne serait pas la même selon la construction historique réalisée (Gagné, 1991). Il y a lieu de faire remarquer que chaque type d'histoire constitue une "matière" à penser différente selon les éléments historiques proposés. Nous pouvons dire que la nature des éléments historiques détermine en partie la nature des réflexions didactiques développés et les implications didactiques qui en découlent. On distingue généralement trois approches historiographiques en histoire des sciences (Kuhn, 1977 ; Pomian, 1978 ; Jones, 1989). Ces approches historiographiques sont nommées différemment selon les auteurs : classique, événementielle pour la première ; interne, intellectuelle pour la seconde ; externe, sociale ou contextuelle pour la troisième. Une histoire des sciences dont les éléments pourraient inspirer des projets de formation novateurs, en matière de formation à l'enseignement des sciences, devrait présenter les caractéristiques suivantes :

- une histoire des sciences qui permettrait, entre autres, d'accéder aux conditions de possibilité et aux obstacles de la construction du savoir scientifiques (Jacob, 1970) ;

- une histoire qui permettrait d'approcher la dynamique intellectuelle, les obstacles à la conceptualisation, les conditions de possibilité de l'établissement des faits scientifiques et les déterminants contextuels de l'activité et de la production scientifique (Canguilhem, 1983) ;

- une histoire des science permettant de situer la science moderne et d'expliquer son évolution (Fourez, 1992). Une histoire des sciences qui propose un cadre élargi qui augmenterait l'intelligibilité des discours développés à l'égard des « sciences modernes » ;

- une histoire sociale des sciences telle que la présente par exemple Latour (1989) ;

- une histoire qui permettrait de mettre en question un savoir établi (Stengers, 1986, 1992) ;

- une histoire des sciences qui rend compte des conditions (intellectuelles, philosophiques, culturelles et idéologiques) qui autorisent

des types de questionnements scientifiques possibles ainsi que la proposition et la validation des modèles explicatifs (Mathy, 1992). Une histoire qui tend à définir des collectivités de chercheurs qui ont su mettre à profit des idées, scientifiques ou autres, pour aller des productions scientifiques les moins formelles aux plus formelles.

Bref, une histoire qui propose des éléments historiques incitant à des réflexions historico-épistémologiques ; une histoire qui serait génératrice d'indices didactiques pouvant baliser des pratiques innovantes de formation. Dans cette optique, Mathy et Fourez (1997) soulignent l'importance d'une culture épistémologique pour le futur enseignant de sciences, pour mener à bien des actions éducatives efficaces. Ces auteurs font remarquer avec une insistance particulière l'intérêt de cette dimension épistémologique pour l'acquisition de nouvelles postures professionnelles permettant d'une part une appréciation nuancée par le futur enseignant de son épistémologie spontanée et, d'autre part, de l'épistémologie qui marque la structure des cours de sciences qu'il dispense. D'autres auteurs s'accordent également sur les implications didactiques de l'histoire des sciences dans une optique de formation à l'enseignement des sciences (Lacombe, 1987 ; Stengers, 1992 ; Guilbert & Méloche, 1993 ; Kassou, 1993 ; Gagné, 1993 et 1994 ; Orlandi, 1994 ; Gueye, 1999 ; Coquidé, 2000).

5 UN MODULE DE FORMATION STRUCTURÉ À PARTIR D'ÉLÉMENTS D'HISTOIRE DES SCIENCES

Ce module de formation a été mis en œuvre, au cours de l'année académique 2004-2005, dans un cycle de préparation à l'agrégation des sciences de la vie et de la Terre de l'école normale supérieure de Tétouan (Maroc) avec une population dont les caractéristiques ont été précisées au chapitre deux. Les éléments de référence qui ont orienté le choix et la conduite des activités de formation sont les suivants :

- le développement de nouvelles postures épistémologiques ;
- les objectifs de formation officiels relatifs à l'enseignement des sciences ;
- notre conviction de l'intérêt didactique d'une mise en œuvre d'« objets historiques » pour opérer une évolution de certaines idées relatives aux sciences, à l'enseignement et à l'apprentissage des sciences.

Ce module se déroule sur trois mois à raison de deux heures par semaine. C'est un module qui implique des récurrences du fait de sa nature complexe et des réflexions inhabituelles auquel il renvoie. Un accompagnement didactique particulier de notre part était nécessaire afin d'aider l'enseignant stagiaire à développer des réflexions en rapport avec les objectifs du présent module. Cet accompagnement consistait à développer des questions et à proposer des objets de réflexion qui puissent aider le futur enseignant à dégager des idées pertinentes sur les processus et les conditions d'élaboration des concepts scientifiques. En fait, il s'agissait de fournir, par le biais de questions précises et de remarques pertinentes, des éléments suffisamment incitateurs pour susciter l'évocation et la proposition par le stagiaire d'idées qui pourraient déboucher sur ses implications didactiques possibles des faits historiques à l'étude. Ce contexte didactique de formation a constitué un espace à l'intérieur duquel les enseignants stagiaires étaient invités à exprimer et confronter leurs points de vue, sur des questions et des aspects précis de quelques faits historiques qui ont marqué les procédés et les conditions d'évolution des concepts scientifiques à l'étude, ce qui pourrait induire une mise en évolution des conceptions des stagiaires, relativement au sens d'un concept scientifique en particulier et à la nature du savoir scientifique en général.

Nos efforts de formation ont consisté à réunir les conditions pour aider le stagiaire à prendre du recul par rapport à ces faits historiques et entreprendre, par voie de conséquence, une lecture distanciée de ces faits.

5.1 Choix des thèmes d'histoire des sciences

Pour développer le module de formation, nous avons retenu deux thèmes historiques que nous avons jugés pertinents et susceptibles de fournir des indications utiles pour une compréhension adéquate du sens d'un concept scientifique :

- de l'immunisation à l'immunologie (des techniques de vaccination à la science de l'immunologie) ;
 - quelques repères importants de l'histoire du concept de cellule.
- Le choix de ces thèmes découle, d'une part des compétences du formateur à mettre en valeur des thèmes de l'histoire des sciences et à sa capacité à concevoir des activités concrètes de formation congruentes avec les finalités de la formation, d'autre part de la recherche de thématiques présentant des caractéristiques pertinentes :

- des thématiques qui auraient des implications didactiques en rapport avec les objectifs de la formation à l'enseignement des sciences ;
- des thématiques qui permettent de lutter contre une conception empiriste largement partagée et véhiculée à travers les discours tenus par les enseignants, les programmes et les manuels scolaires ;
- des thématiques qui permettraient de nuancer le statut de l'observation dans la construction du savoir scolaire (concept de cellule) ;
- des thématiques qui permettraient de saisir la nature du travail de conceptualisation (passage de pratiques empiriques d'immunisation à la construction d'une théorie claire de l'immunité) ;
- des thématiques qui permettraient de prendre conscience de l'importance des obstacles et des facteurs favorables à l'élaboration de la connaissance scientifique (concept de cellule) ;
- des thématiques qui permettraient de mettre en évidence des relations réciproques entre idéologie, science et culture.

Objectifs du module de formation

Les objectifs de formation visés à travers ce module sont les suivants :

- amener l'élève agrégé à prendre conscience du fait qu'un concept scientifique est avant tout une première réponse à un problème en évolution ;
- contribuer à une invalidation d'une approche scientifique basée sur la seule observation et la manipulation d'objets concrets ;
- remettre en cause la conception selon laquelle la démarche Oheric est susceptible de décrire la façon dont la connaissance scientifique s'élabore ;
- identifier, pour chaque concept étudié, quelques obstacles qui ont entravé son élaboration et son évolution ;
- mettre en exergue des conditions favorables à l'élaboration et à l'évolution d'un concept scientifique ;
- prendre conscience du fait qu'un concept scientifique ne désigne pas un fait, mais une relation qui peut se retrouver dans des situations diverses ;
- montrer le rôle déterminant des idées reçues et les conceptions de chaque époque sur l'élaboration et l'évolution des concepts scientifiques.

La mise en œuvre de ce module avait pour but l'instauration d'un contexte didactique de formation reposant sur une lecture critique de faits historiques, mettant en question l'évidence du sens et de la nature d'un concept scientifique et conduisant à une réflexion sur l'élaboration d'une notion scientifique et son évolution conceptuelle. Ce module est une contribution au renouvellement des programmes de formation à l'enseignement des sciences en proposant de nouvelles finalités de formation.

5.2 Exploitation didactique des thèmes de l'histoire des sciences dans une perspective de formation

Un volume horaire de douze heures, à raison de deux heures par semaine, a été consacré à chaque thème historique. Chaque thème a constitué un objet de réflexion à partir duquel nous avons essayé de dégager les aspects suivants :

- la problématique initiale et son évolution ;
- les conditions et les questions qui conditionnent l'évolution de la problématique initiale ;
- la clarification de quelques problèmes (conceptuels ou techniques) auxquels les auteurs étaient confrontés à chaque époque ;
- la mise en évidence de l'importance des représentations, des idées en place et des idées théoriques dans l'interprétation des faits scientifiques ;
- le rôle nuancé de l'observation, de la technique et des idées philosophiques dans l'élaboration d'un concept précis (concept de cellule) ;
- le rôle des idées et des représentations en cours comme facteurs de blocage ou d'évolution des idées ;
- quelques conditions favorables à l'élaboration et l'évolution des concepts étudiés (scientifiques, intellectuels, techniques, philosophiques, etc.).

La conception, l'élaboration et la mise en œuvre d'un module de formation implique une référence, implicite ou explicite, à une ou plusieurs théories d'apprentissage. Cependant, il n'est pas toujours aisé de situer les actions de formation entreprises. Les idées qui fondent les réflexions et l'élaboration du module qui en découle relèvent des théories constructivistes de l'apprentissage (Glaserfeld, 1985 ; Désautels & Larochelle, 1989 ; Fourez, 1997). Plus particulièrement, nous avons adopté les présupposés

socioconstructivistes développés par Jonnaert & Vander Borgh (2003), pour penser et structurer notre module de formation. Ce modèle socioconstructiviste est interactif et sous tendu principalement par trois composantes solidaires :

- une composante constructiviste : le sujet s'engage dans un travail réflexif sur ses propres connaissances ;
- une composante relative aux interactions sociales : l'apprentissage est réalisé à travers des interactions (enseignant et pairs) ;
- une composante en rapport avec le milieu : l'apprentissage est fonction des situations et donc foncièrement contextuel.

La préparation des activités de formation a consisté à élaborer et à distribuer un document préparé à l'avance relatif aux thématiques historiques retenues. En fait, il s'agissait d'un document visant à introduire des questionnements et des éléments de réflexion auxquels les stagiaires étaient tenus de réagir lors des activités de formation. Ce document de travail comportait des faits historiques formulés de manière à faciliter des réflexions et des raisonnements s'articulant aux objectifs assignés à ce module de formation.

Chaque fait historique a donné lieu à un débat animé et entretenu par des remarques et des questionnements du formateur pour activer et faciliter le développement d'idées sur l'élaboration, l'évolution et le sens des concepts scientifiques à l'étude. Les interventions didactiques de formation ont consisté à canaliser les raisonnements développés vers des problématiques de compréhension précises en relation avec les présupposés et conditions qui fondent l'élaboration et l'évolution historique des concepts à l'étude. Il y a lieu de préciser que le choix et la mise en forme des idées relatives aux faits historiques étudiés ont considérablement facilité l'organisation et le déroulement du travail didactique de formation. La finalité des actions de formation entreprises visait la proposition collective de quelques implications didactiques ainsi que leurs traductions en termes de pratiques de classes de sciences.

5.3 Un exemple de mise en relation de l'évolution historique d'un concept et des implications didactiques possibles pour la formation

Thème historique 2 : Concept de système immunitaire : (volume horaire : deux heures par semaine pendant six semaines)

Évolution des idées et élaboration du concept de système immunitaire	Des implications didactiques possibles de formation et / ou d'enseignement
<ul style="list-style-type: none"> – Pratique empirique de mithridatisation et des pratiques empiriques d'immunisation (surtout contre la variole) dès l'Antiquité (de 200 avant J.-C. à 400 après J.-C.) : des pratiques d'une médecine magico-religieuse. – Aucune explication du succès des pratiques d'immunisation ou de certains échecs imputés à l'altération de la matière vaccine. – Développement de pratiques d'immunisation sans chercher à élucider les mécanismes et les processus à la base de l'immunisation à partir de 1720. – La possibilité de l'organisme d'acquérir une immunité contre certains agresseurs est connu empiriquement depuis fort longtemps (recours à une conception vitaliste pour donner sens à ce phénomène). La métaphore « immunité » passe dans le champ médical et désigne la capacité de résister aux maladies qu'elles que soient leurs causes au XVII^e siècle et surtout au XVIII^e siècle. 	<ul style="list-style-type: none"> – Ce point constitue un thème important pour faire comprendre la signification d'une pratique empirique ; – Obstacles à l'élaboration d'une explication scientifique pour les raisons suivantes : <ul style="list-style-type: none"> - absence d'une problématique bien définie et délimitée ; - absence d'hypothèses pouvant orienter les recherches scientifiques ; - manque de techniques et de procédés d'analyse ; - quasi absence de concepts et d'outils intellectuels pouvant aider à bâtir une explication scientifique. – Implications didactiques possibles : <ul style="list-style-type: none"> - le travail de construction de connaissances par l'apprenant, par le biais de situations éducatives adéquates, implique une problématique de compréhension ou des phases de résolution de problèmes ; - une activité visant l'élaboration collective du savoir scolaire implique la proposition d'hypothèses qui inciteraient à s'engager dans un processus de validation et d'argumentation.
<ul style="list-style-type: none"> – La médecine était plus une affaire de croyances et de présupposés philosophiques que de savoir scientifique et expérimental. – Développement de la théorie microbiologique (à partir de 1878) et proposition d'une entité causale : la bactérie et l'immunité est conçue comme étant une résistance à l'infection. 	<ul style="list-style-type: none"> – Pour un formateur c'est une opportunité pour introduire et aider à saisir la notion d'obstacle à l'élaboration d'une explication scientifique savante ou scolaire ; – Pour l'enseignant, une connaissance de ce qu'est une conception vitaliste serait importante pour une éventuelle constitution d'une grille d'analyse des idées et des représentations développées par les élèves et pour la conception de stratégies didactiques efficaces. – Une prise de conscience de l'importance des moments scolaires de conceptualisation dans l'appropriation du savoir scolaire.

Évolution des idées et élaboration du concept de système immunitaire	Des implications didactiques possibles de formation et / ou d'enseignement
<ul style="list-style-type: none"> - Autour de 1880, deux modes d'explication de la maladie : - la théorie de l'auto-intoxication de Charles Bouchard ; - la théorie infectieuse des maladies. Cette théorie infectieuse représente un changement de perspective important dans le discours médical du fait qu'on est passé de la description des symptômes et des troubles vers la proposition de la cause de ces dérèglements. 	<ul style="list-style-type: none"> - Un enseignant qui a compris le sens de la conception vitaliste serait capable de reconnaître cette conception chez des élèves du collège ou du lycée par exemple ; dans une perspective de formation ceci constituerait l'occasion d'expliquer la notion de pratique empirique, ce caractère empirique est souvent avancé sans explication précise.
<ul style="list-style-type: none"> - Évolution des idées et élaboration du concept de système immunitaire - Conditions favorables à l'évolution du savoir relatif à l'immunologie : <ul style="list-style-type: none"> - développement d'une expérimentation rigoureuse ; - développement des techniques de l'isolement de la culture et de l'inoculation. - Malgré l'adoption et un consensus sur la théorie infectieuse de la maladie des obstacles importants marquent ce schéma explicatif : <ul style="list-style-type: none"> - la maladie ne se manifeste qu'après un stade de développement, et par suite elle n'est diagnosticable qu'après un temps de latence ; - devant la diversité des individus et leur idiosyncrasie, la difficulté d'affirmer le rôle explicite d'un germe particulier dans le développement de la maladie ; - * élaboration du concept de porteur sain proposé par Nicolle à partir de 1930 initialement écarté par la communauté scientifique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ces faits historiques permettent encore de montrer la portée d'une explication scientifique qui présente toujours des limites et qui correspond, en fait, à un modèle explicatif qui peut être amélioré ou réfuté complètement selon le nombre et l'importance des critiques adressées à l'encontre de cette explication scientifique. - Exemple pour faire remarquer que le projet n'était pas orienté par une problématique visant la compréhension de l'immunité mais avait pour objectif principal la mise au point des vaccins ; - Importance de la critique dans la construction et le développement du savoir scolaire du fait que ceci contribuerait à mieux fonder et à stabiliser le savoir scolaire par l'apprenant suite à un travail d'argumentation. - Une mise à profit de cette explication pour la présenter comme étant une des "conceptions-obstacles" qui ont entravé une éventuelle conceptualisation du champ de l'immunologie et auxquelles des apprenants peuvent être confrontés dans une optique d'apprentissage des notions relatives à ce champ de connaissance. - Aider le stagiaire à saisir l'importance du consensus et de validation des propositions scientifiques par la communauté scientifique. - Aider à prendre conscience de la complexité des procédés de validation des modèles explicatifs.
<ul style="list-style-type: none"> - Finalité des travaux de Pasteur surtout à partir de 1880 : essentiellement des pratiques empiriques d'immunisation basées sur un protocole d'atténuation par tâtonnements expérimentaux et ne reposant pas sur des hypothèses théoriques touchant l'immunité ; - La maladie était considérée comme une agression provenant de l'extérieur et touchant un organisme passif, sans résistance et innocent ; 	<ul style="list-style-type: none"> - Démarche de clarification pour mettre au clair le caractère empirique et utilitaire des travaux de Pasteur qui ne visaient pas l'élucidation des mécanismes biologiques à la base de l'immunité post vaccinale. - Une prise en compte de ces obstacles lors de la conception et de la conduite des stratégies didactiques visant l'enseignement de l'immunologie.

Évolution des idées et élaboration du concept de système immunitaire	Des implications didactiques possibles de formation et / ou d'enseignement
<ul style="list-style-type: none"> - Principales difficultés vers l'élaboration d'une théorie globale de l'immunité : <ul style="list-style-type: none"> - l'idée d'un hôte passif face à la maladie ; - conceptions dominantes sur l'origine externe de l'agent causal et la fonction temporaire de l'immunité ; - quasi absence d'outils intellectuels ; - difficultés de proposer une ou des explications sérieuses des mécanismes de protection immune. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dans une perspective scolaire, il y a nécessité de prendre conscience de l'importance didactique des activités d'enseignement permettant des critiques et des confrontations de points de vue dans les démarches de construction et de structuration du savoir scolaire par l'apprenant. - C'est un exemple pertinent pour faire comprendre la nature de l'explication scientifique qui serait une réponse partielle à un problème en devenir.
<ul style="list-style-type: none"> - La théorie infectieuse de la maladie a connu un triomphe apparent (surtout à partir de 1880) mais elle reste muette face aux faits suivants : <ul style="list-style-type: none"> - l'inégalité naturelle face au même germe ; - l'événement vaccinal ; - la mémoire immunitaire. - Les théories guerrières de l'immunité : <ul style="list-style-type: none"> - la théorie phagocytaire de E. Metchnikoff (à partir 1883) ; - la théorie humorale de l'immunité (1890) ; - la théorie des chaînes latérales de P. Ehrlich (environ 1900). - Cette théorie des chaînes latérales constitue en fait une théorie chimique de l'immunité et certaines conditions favorables à la formulation de cette théorie seraient les suivantes : <ul style="list-style-type: none"> - une réflexion à partir d'un cadre de pensée différente ; - développement de la chimie ; - développement de la biologie. <p>Remarque : la théorie des chaînes latérales serait une théorie complète de l'immunité dans la mesure où elle essaye d'expliquer le phénomène vaccinal.</p> <ul style="list-style-type: none"> - C'est une théorie qui correspond à une phase importante de l'histoire du concept d'immunité dans la mesure où elle a proposé une explication des deux faits essentiels du phénomène vaccinal : la spécificité et la mémoire. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'implication didactique scolaire de ce fait historique incite à instaurer des activités qui puissent donner lieu à des confrontations de points de vue, d'idées et qui déboucheraient sur des débats incitant l'apprenant à adopter ou à changer de façon consciente d'idée ou de conception. - Aider à saisir l'importance des modèles dans l'assimilation du savoir ainsi que l'intérêt didactique des activités de modélisation dans la construction du savoir scolaire du fait qu'elles permettent de comprendre, de stabiliser et de mobiliser le savoir scolaire : <ul style="list-style-type: none"> - l'enseignement ne consiste pas proposer de nouvelles conceptions mais plutôt à aider à changer de conceptions ; - l'enseignement des sciences doit favoriser le développement de la compétence relative au questionnement nécessaire à la construction du savoir scolaire et à l'adoption d'une posture critique à l'égard de ce savoir ; - montrer l'intérêt du symbolisme et du substantialisme dans des démarches visant l'explication des phénomènes immunitaires et scientifiques ; - prendre conscience de l'importance didactique des analogies et des modèles pour la compréhension des aspects relatifs à l'immunité ou les phénomènes scientifiques en général.
<ul style="list-style-type: none"> - Limites de cette théorie : <ul style="list-style-type: none"> - la théorie ne propose aucune hypothèse sur la nature et le nombre des récepteurs « anticorps » ; - elle ne rendait pas compte de la multiplicité des antigènes. - Des perspectives nouvelles dans l'élaboration du concept de système immunitaire en relation avec les faits suivants : <ul style="list-style-type: none"> - Landsteiner décide d'aborder la question de l'immunité du point de vue des substances immunisantes 1912 ; - les réactions immunitaires pouvaient dépasser les limites strictes des maladies infectieuses. 	<ul style="list-style-type: none"> - Implications didactiques relatives à l'élaboration et au développement de la théorie des chaînes latérales : <ul style="list-style-type: none"> - inciter l'enseignant à prendre conscience de l'importance des activités de conceptualisation du fait qu'elles représentent des moments importants pour construire et s'approprier des notions scientifiques ; - prendre conscience du caractère construit de la connaissance scientifique et déduire de ce fait que l'enseignement consiste non pas à communiquer des connaissances mais à aider à construire des connaissances ; - envisager des démarches alternatives qui débutent par l'étude des aspects fonctionnels.

Évolution des idées et élaboration du concept de système immunitaire	Des implications didactiques possibles de formation et / ou d'enseignement
<ul style="list-style-type: none"> – Proposition des théories instructives (exemple de modèle de Pauling vers 1940). – Malgré la pertinence relative de ces théories, elles ont fini par s'effondrer du fait qu'elles étaient incapables de rendre compte d'un certain nombre d'observations : <ul style="list-style-type: none"> - l'augmentation exponentielle de la production des anticorps lors de la première phase de la réaction immunitaire ; - le phénomène de rappel observé lorsque l'animal est exposé une seconde fois au même antigène (notion de mémoire immunitaire). - * la tolérance du soi. 	<ul style="list-style-type: none"> – Aider l'enseignant stagiaire à prendre conscience de la complexité du fonctionnement du système immunitaire et les difficultés à conceptualiser le champ de connaissance de l'immunologie. Ainsi, l'histoire de ce concept représente un cadre de référence pertinent auquel nous pouvons rapporter les productions et les formulations des apprenants afin de comprendre leur complexité et leur donner sens. – Aider l'enseignant stagiaire à prendre conscience du caractère complexe et dynamique du savoir scientifique et qu'il est nécessaire de mettre en œuvre des stratégies d'enseignement efficaces pour aider l'apprenant à s'approprier les concepts relatifs au fonctionnement du système immunitaire. – Aider l'enseignant stagiaire à prendre conscience du fait qu'un changement des conceptions relatives au fonctionnement du système immunitaire exige des actions éducatives fondées pour éviter la communication de termes vides de sens.
<ul style="list-style-type: none"> – La conception de la maladie par auto-immunité a constitué un facteur de développement puissant de l'immunologie et le modèle de l'auto-immunisation est fort heuristique du fait qu'il a permis de poser de nouvelles questions ainsi que l'ouverture de nouvelles perspectives de recherche. – Évolution des idées sur la production et la diversité des anticorps : <ul style="list-style-type: none"> - des théories instructives qui donnaient le premier rôle à l'antigène valides à partir de 1930 jusqu'à la fin des années soixante (1960) ; - à la théorie de Burnet (1941-1949) basée sur le processus d'apprentissage comme mécanisme des réactions immunitaires ; - théories sélectives développées par Jerne et Burnet à partir de 1954. – Évolution de la conception scientifique relative au fonctionnement du système immunitaire : <ul style="list-style-type: none"> - d'un système de rejet déclenché occasionnellement et tourné essentiellement vers le pathologique ; - vers une conception où le système fonctionne de façon permanente et qui est caractérisé par des réactions de rejets et des réactions de tolérance. 	<ul style="list-style-type: none"> – Aider l'enseignant stagiaire à prendre conscience de l'importance de la conception de la maladie par auto-immunité dans le développement du concept d'immunité pour être en mesure d'élaborer et de mettre en œuvre des situations d'enseignement efficaces visant le développement de cette conception. – Aider à prendre conscience de l'existence conjointe de plusieurs théories valables et qui ne seraient pas exclusives. – Aider à stabiliser l'idée du caractère construit et relatif du savoir scientifique. – Mettre en évidence que chaque courant théorique construit et sélectionne les arguments fondateurs de la théorie ainsi que la complexité de la relation expérience-théorie dans la validation ou la réfutation des théories. – Aider à mettre en échec l'idée de vérité scientifique. – Conditions favorables à l'évolution des idées sur le fonctionnement immunitaire : <ul style="list-style-type: none"> - la problématique de l'immaturité immunologique ; - la problématique de l'auto tolérance ; - la problématique de l'auto-immunité et la maladie auto-immune ; - la problématique de la production secondaire des anticorps longtemps après une première exposition à un antigène ; - la problématique de l'augmentation de la production des anticorps suite à une exposition à un antigène.

Notre travail ne visait nullement une reconstitution de l'histoire conceptuelle de chaque notion proposée, mais consistait plutôt à opérer un choix de faits historiques susceptibles de présenter des implications didactiques de formation.

Le module proposé représente un modèle ouvert qui peut être mis en œuvre par des formateurs ayant une certaine culture épistémologique et didactique pour, d'une part opérer les ajustements nécessaires, d'autre part le choix d'actions et la construction d'activités qui puissent assurer une exploitation didactique des faits historiques. En fait, notre objectif ne consiste pas à présenter un module avec des orientations didactiques figées, mais à proposer un projet de formation avec lequel un formateur peut interagir pour procéder aux changements qui s'imposent en fonction des objectifs spécifiques de formation et du groupe cible. Notre souci est de solliciter une contribution du formateur en lui offrant l'occasion de construire partiellement un module « singulier » de formation modulable selon l'évolution des objectifs de formation.

6 UNE APPRÉCIATION DES RETOMBÉES DIDACTIQUES DU MODULE DE FORMATION

Suite à ce module de formation il ressort que les stagiaires ont développé des idées relatives à la nature et au sens d'un concept scientifique qui présentent peu de recouvrements avec les orientations épistémologiques actuelles. Malgré les actions et les activités de formation entreprises ils ont rencontré des difficultés pour s'approprier les éléments de formation visés à travers ce module. Le discours que nous avons développé au cours de ce module ne semble pas répondre aux besoins et aux préoccupations de l'enseignant stagiaire généralement préoccupé par des problématiques relatives aux pratiques de classes.

On peut faire l'hypothèse que ce discours, « inhabituel » car invitant les stagiaires à des réflexions nouvelles et difficiles à développer, exige pour être compris une initiation préalable à des réflexions historico-épistémologiques. Il s'agirait de susciter un besoin de compréhension et de développer des conceptions susceptibles d'aider l'enseignant stagiaire à s'engager dans des réflexions auxquelles renvoient des thématiques historiques.

Nous pouvons avancer l'idée que les effets d'un module de formation reposant sur l'histoire des sciences dépendent de l'intérêt et de la motivation à l'égard du discours historique, des capacités à analyser un tel discours et de la reconnaissance par les stagiaires des implications pratiques pouvant être mises en œuvre en classe. Un travail préalable au

module de formation, susceptible de réunir les conditions qui donnent accès à un nouvel état de réflexions sur les contenus de formation auxquels le stagiaire est peu habitué, nous paraît nécessaire.

CONCLUSION

Les implications didactiques de l'histoire des sciences à des fins de formation ne semblent pas envisageables de manière simple et évidente. Elles nécessiteraient un travail d'analyse et d'élaboration à travers une théorie, des représentations ou des idées précises en rapport avec la problématique de la formation à l'enseignement des sciences. Des questions préalables, relatives à des aspects particuliers de cette problématique de formation, permettraient au formateur-chercheur de dégager des points de vue historiques pouvant constituer une matière à penser pour déduire des implications didactiques possibles de l'histoire des sciences en rapport avec les finalités de la formation à l'enseignement des sciences. Ceci expliquerait, peut être, les difficultés à passer d'un discours sur la pertinence didactique de l'histoire des sciences à la proposition de projets concrets de formation inspirés de l'histoire des sciences.

Nous pensons qu'il est temps de se pencher sur cette problématique didactique, à laquelle les chercheurs sont assez peu sensibles, pour fonder des actions didactiques de formation et pour dégager de nouvelles pistes de recherches relativement aux préoccupations actuelles de la formation à l'enseignement des sciences. Une formation à l'enseignement des sciences ne devrait en effet pas se limiter uniquement à des propositions de "recettes d'enseignements, des consignes de travail et des postures pédagogiques à tenir en classe, mais devrait viser encore le développement d'un regard critique par rapport aux pratiques éducatives, aux programmes scolaires, aux manuels scolaires en vigueur et aux procédés d'évaluation. Ces dispositions critiques et réflexives seraient nécessaires pour que le futur enseignant puisse proposer des situations d'enseignement, constamment renouvelées, qui répondent aux besoins d'un contexte en perpétuel changement et marqué par des enjeux importants. Une formation par l'histoire des sciences constituerait un procédé de formation approprié pour développer de telles dispositions.

BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI J.P., CAUZILINE-MARMÈCHE E., GIORDAN A., HENRIQUES – CHRISTOFIDÈS A., MATHIEU J. & WEIL-BARAIS A. (1984). *Expérimenter, sur les chemins de l'explication scientifique*. Toulouse : Privat.
- COQUIDÉ M. (2000). *Le rapport expérimental au vivant*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches non publié. Paris : université Paris-Sud.
- BACHELARD G. (1972). *La formation de l'esprit scientifique : Contribution à une psychanalyse de la connaissance scientifique*. Paris : J. Vrin.
- DÉSAUTELS J. (1980). *École + science = Échec*. Québec, Québec Science Édition.
- DÉSAUTELS J. & LAROCHELLE M. (1989). *Qu'est-ce que le savoir scientifique ? Points de vue d'adolescents et d'adolescentes*. Sainte Foy, Les Presses de l'Université Laval.
- GAGNÉ B. (1991). *L'histoire des sciences dans l'enseignement des sciences : recourir à l'histoire, oui, mais quelle histoire ?* Séminaire sur la représentation, n° 60. Montréal, CIRADE, Université du Québec à Montréal.
- FILLON P. (1991). Histoire des sciences et réflexion épistémologique des élèves. In l'élève épistémologue. *Aster*, n° 12, p. 91-120.
- FOUREZ G. (1992). *La construction des sciences*. 1^{re} éd 1988. Bruxelles, De Boeck.
- FOUREZ G., ENGLEBERT-LECOMPTE V. & MATHY P. (1997). *Nos savoirs sur nos savoirs. Un lexique d'épistémologie pour l'enseignement*. Bruxelles, De Boeck.
- GAGNÉ B. (1993). *L'histoire des sciences dans la formation à l'enseignement des sciences*. Séminaire sur la représentation, n° 79. Montréal, CIRADE, université du Québec à Montréal.
- GAGNÉ B. (1994). Autour de l'idée d'histoire des sciences : représentations discursives d'apprentis(e) s – enseignant(e)s de sciences. *Didaskalia*, n° 3, p. 61-78.
- GIORDAN A. (1978). *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*. Paris, Centurion.
- GIORDAN A., ASTOLFI J.P., GOHAU G., HOST V., MARTINAND J.L., RUMELHARD G. & ZADOUNAÏSKY G. (1978). *Quelle éducation scientifique pour quelle société ?* Paris, PUF.
- GIORDAN A. & DE VECCHI G. (1987). *Les origines du savoir*. Neuchâtel-Paris, Delachaux & Niestlé.
- GIORDAN A. & MARTINAND J-L. (1989). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que ça marche*. Nice, Z'édition.
- GLASERFELD E.V (1985). *L'approche constructiviste : vers une théorie des représentations*. Séminaire sur la représentation, n° 7. Montréal, CIRADE, université du Québec à Montréal.
- GOHAU G. (1967). Enseigner l'histoire des sciences. Pourquoi ? *Cahiers Pédagogiques*, n° 15, p. 7 – 35.
- GUEYE B. (1999). L'histoire des sciences au secours de la formation des professeurs de biologie/géologie. *LIENS nouvelle série* n° 2, p. 25-33.
- GUILBERT L. & MÉLOCHE D. (1993). L'idée de science chez les enseignants en formation : un lien entre l'histoire des sciences et l'hétérogénéité des visions ? *Didaskalia*, n° 2, p. 7-30.
- HULIN N. (1992). Une question lancinante : comment former à l'enseignement des sciences. In Sciences à l'école : les raisons du malaise, *Sciences et Vie*, n° 180, p. 36-45.
- JACOB F. (1970). *La logique du vivant*. Paris, Gallimard.
- JOHSUA S. & DUPIN J-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris, PUF.
- JONNAERT p. & VANDER-BORGH T. (2003). *Créer des conditions d'apprentissage*. Bruxelles, De Boeck & Larcier.

JONNES R. (1989). The historiography of science : retrospect and future challenge. In Shortland, M. & Warwick A. (éd.) : *Teaching the history of Science*. Oxford, Basil Blackwell, p. 80-99.

KASSOU S. (1993). *Éléments pour l'analyse didactique du statut de l'expérience dans l'enseignement de la biologie : le cas de la photosynthèse*. Thèse. Paris, université Paris – Diderot Paris VII.

KUHN T – S. (1983). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris, PUF.

LACOMBE G. (1987). Pour l'introduction de l'histoire des sciences dans l'enseignement du second cycle. *Aster*, n° 5, p. 87-116.

LATOUR B. (1989). Joliot : l'histoire et la physique mêlées. In Serre M. (dir). *Éléments d'histoire des sciences*. Paris, Bordas, p. 423 – 445.

MATHY P. (1992). *Les théories de l'évolution dans les manuels scolaires, analyse critique historico-épistémologique et propositions d'alternatives*. Namur, Publications du Département Sciences, Philosophies, Sociétés des Facultés Universitaires de Namur.

MATHY P. & FOUREZ G. (1997). De l'épistémologie dans les cours de sciences ? Réponses à quelques questions qu'on n'ose poser. *Courier du Cethes Numéro spécial n° 37 : Épistémologie et enseignement secondaire*. [http:// www.fundp.ac.be/sciences/scpilosoc/cethes/CourierduCethes/courier_du_cethes.html](http://www.fundp.ac.be/sciences/scpilosoc/cethes/CourierduCethes/courier_du_cethes.html). (Consulté le 12 Juin 2007).

MAYR E. (1981). *La biologie de l'évolution*. Paris, Hermann.

MELHAOUI M., EI HAFID L., AMAMOU B. & HAMMOUTI A. (2004). *L'échec à l'université Marocaine : bilan des principales causes et attentes de la pédagogie universitaire*. Dans AIPU. Actes du 21^e Congrès international de l'AIPU du 3 au 7 mai. Publication de l'université Cadi Ayyad, Marrakech (Maroc), p. 22-23.

ORLANDI E. (1994). Les conceptions d'enseignants de biologie à propos de la démarche expérimentale. In A. Giordan, Y. Girault et P. Clément, *Conceptions et connaissances*. Berne, Peter Lang, p. 133-143.

POMIAN K. (1978). Histoire des sciences. In Le Goff, J. (dir) : *La nouvelle Histoire*. Paris, CEPL, p. 504 – 507.

Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales. (1985). *Aster* n° 3. Collection Rapports de recherches. Paris, INRP.

RUMELHARD G. (1986). *La génétique et ses représentations dans l'enseignement*. Berne, Peter Lang.

STENGERS I. (1986). L'histoire des sciences et comment s'en servir. In J.P Dupuy *et al.*, *Sens et place des connaissances dans la société*. Paris, CNRS, p. 117-145.

STENGERS I. (1992). *Le rôle possible de l'histoire des sciences dans l'enseignement. Séminaire sur la représentation*, n° 65. Montréal, CIRADE, université du Québec, Montréal.

THÉODORIDÈS J. (1965). *Histoire de la biologie*. Paris, PUF.

Livres d'histoire des sciences et références

BAJA R. (1969). *La méthode biologique*. Paris, Masson et C^{ie}.

CANGUILHEM G. (1977). *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences*. Paris, J. Vrin.

CANGUILHEM G. (1980). *La connaissance de la vie*. Paris, J. Vrin.

CANGUILHEM G. (1983). *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris, J. Vrin.

GIORDAN A. (Sous dir). (1987). *Histoire de la biologie. Tome II*. Paris, Technique & Documentation -Lavoisier.

GIORDAN A. (Sous dir). (1987). *Histoire de la biologie. Tome I*. Paris, Technique & Documentation-Lavoisier.

JACOB F. (1970). *La logique du vivant*. Paris, Gallimard.

KLEIN M. (1936). *Histoire des origines de la théorie cellulaire*. Paris, Hermann.

KLEIN M. (1980). *Regards d'un biologiste*. Paris, Hermann.

L'immunologie, jeux de miroirs (1990). *Aster*, n° 10. Paris, INRP.

MOULIN A-M. (1991). *Le dernier langage de la médecine : histoire de l'immunologie de Pasteur au SIDA*. Paris, PUF.

ROSTAND J. (1978). *Esquisse d'une histoire de la biologie*. Paris, Gallimard.

RUMELHARD G. (1990). Le concept de système immunitaire. *Aster*, n° 10, p. 8-26.

RUMELHARD G. (1990). L'enseignement de l'immunologie : thèmes de recherche. *Aster*, n° 10, p. 3-7.

THÉODORIDÈS J. (1984). *Histoire de la biologie*. 1^{re} édition 1965. Paris, PUF.

ANNEXE 1 LISTE DES PROGRAMMES (DE FORMATION) DE QUELQUES CENTRES DE FORMATION

1. Plan d'action de l'année (1990-1991) de la direction de la formation des cadres du ministère de l'Éducation nationale.

Titre : Élaboration des syllabus relatifs au complément de formation à la didactique et à la terminologie. Cycle pédagogique. Centre pédagogique régional de Rabat. Pages : 68.

2. Plan d'action de l'année (1992-1993) de la Direction de la Formation des cadres du ministère de l'Éducation nationale.

Titre : Syllabus des cours de biologie, de physiologie animale et de didactique des sciences naturelles et physique chimie. Centre pédagogique régional de Fès. Pages : 36.

3. Plan d'action (1992-1993) du centre Pédagogique régional de Derb Ghalef Casa Anfa.

Titre : propositions d'exemples de progression sur le programme de formation des sciences naturelles de la direction de la formation des cadres. Nombre de pages : 43.

4. Plan d'action (1993-1994) du Centre pédagogique régional de Derb Ghalef Casa Anfa. Nombre de page : 55.

5. Plan d'action (1989-1990) du Centre pédagogique régional de Derb Ghalef, Casa Anfa

Titre : Projet de référentiel pour la 7^e année de l'enseignement fondamental. Pages : 54.

6. Plan d'action (1990-1991) du Centre pédagogique régional de Derb Ghalef de Casa Anfa relatif à la section des sciences naturelles.

Titre : Propositions de quelques exemples de fiches d'expériences à réaliser en complément de formation du Cycle Pédagogique. Nombre de pages : 95.

7. Plan d'action de l'année (1991-1992), du Centre pédagogique régional de Derb Ghalef de Casa Anfa relatif à la section des sciences naturelles, élaboré par la direction de la formation des cadres du ministère de l'Éducation nationale.

8. Plan d'action du Centre pédagogique régional de Fès pour l'année (1992-1993) élaboré par la direction de la formation des cadres.

Titre : Plan d'action relatif à l'expérimentation d'une stratégie mettant en relief les notions et concepts des sciences physiques dans l'étude de la digestion au niveau de la 8^e année de l'enseignement fondamental.

9. Plan d'action du Cycle pédagogique régional de Fès de juin 1993.

Titre : Syllabus de biologie, physiologie végétale, écologie et microbiologie. Pages : 65.

Programmes propres à quelques ENS (Tétouan, Fès et Marrakech)

Remarque : Nous tenons à préciser que le formateur, au niveau des CPR ou des ENS, est libre de proposer des modules qui ne figurent pas obligatoirement dans le cursus de formation.