جامعة سيدي محمد بن عبد الله بفاس
UNIVERSITÉ SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH DE FES

كلية العلوم ظهر المهراز فاس
FACULTE DES SCIENCES DHAR EL MAHRAZ FES

N° d'ordre : 01/2023

Centre des Etudes Doctorales : Sciences et techniques et sciences médicales

Formation Doctorale : Didactique des Sciences et Ingénierie Pédagogique

Discipline : Sciences de la Vie et de la Terre
Spécialité : Didactique des Sciences de la Vie et de la Terre

Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux Organométalliques, Moléculaires et Environnement

Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique des Sciences et Techniques

Thèse pour l'obtention de DOCTORAT

Etude didactique et épistémologique de l'enseignement expérimental des sciences de la vie au secondaire qualifiant

Préparée par : Sophia Bouzit

Soutenue le 07 janvier 2023 devant le jury :

Nom et prénom	Grade	Etablissement	Qualité
ZAKI Moncef	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	Président
ALAMI Anouar	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	Directeur de thèse
SELMAOUI Sabah	PES	Ecole Normale Supérieure, Marrakech	Co-directeur de Thèse
ESSEDAOUI Aafaf	PH	CRMEF Casablanca- Settat	Rapporteur & examinateur
MADRANE Mourad	PES	École Normale Supérieure, Tétouan	Rapporteur & examinateur
BENJELLOUN Nadia	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	Rapporteur & examinateur
AGORRAM Boujemaa	PES	Ecole Normale Supérieure, Marrakech	Examinateur
EL MADHI Youssef	PES	CRMEF Kénitra	Examinateur

Année Universitaire : 2022-2023

Résumé de la thèse

L'enseignement des sciences de la vie requiert une mise en place récurrente des expériences scientifiques. Ces dernières facilitent la compréhension des apprenants en minimisant l'écart entre les concepts abstraits et la réalité concrète. De surcroît, la réalisation des expériences par les apprenants les initie aux techniques de laboratoire et construit chez eux un registre de référents empiriques. Cependant, plusieurs contraintes de différentes natures et à plusieurs échelles peuvent être à l'origine d'un abandon de ce type d'enseignement. A travers des outils appropriés, qui varient entre l'observation et l'interview, la présente recherche a pu mettre en évidence un ensemble de contraintes qui entravent la réalisation des expériences en classe des Sciences de la Vie et de la Terre (SVT) au secondaire qualifiant. Ces contraintes, d'ordre technique, matériel, infrastructurel, pédagogique, éthique et épistémologique (liée à la nature de la discipline et à la pratique enseignante) altèrent le caractère expérimental de la discipline et privent les apprenants de toute pratique d'activité expérimentale en classe. Dans une perspective de développement et d'amélioration de l'enseignement expérimental, une centration sur les contraintes épistémologiques liées à la pratique enseignante nous a conduit vers l'élaboration d'un questionnaire. Ce dernier vise à détecter, chez les enseignants des SVT exerçants, la présence de glissements épistémologiques rationalistes responsables de leur abstention à réaliser les expériences en classe. Il vise également à mettre en évidence les interdépendances entre certaines caractéristiques de l'échantillon (genre, ancienneté, formation épistémologique, cadre de formation et approche de formation), et la présence de ces glissements. Les résultats montrent que la pratique enseignante est imprégnée de glissements rationalistes que ni le genre, ni l'ancienneté, ni la formation et son cadre ne conditionnent ou non leur apparition, ce qui soupçonne une expérience professionnelle basée sur la reproduction d'anciennes façons de faire ainsi qu'une formation déficitaire sur le plan de l'accompagnement professionnel, la réflexion sur les pratiques, l'autoévaluation et l'autocorrection. Les résultats montrent également que la recherche pédagogique a un effet préventif sur l'apparition des glissements rationalistes de niveau important à très important par l'initiation des enseignants à réfléchir sur les pratiques de la classe au lieu d'être de simples imitateurs.

Mots clés :

L'enseignement expérimental, contraintes, solutions, glissements épistémologiques

Abstract

The teaching of life sciences requires a recurrent use of scientific experiments. These make it easier for learners to understand by minimizing the gap between abstract concepts and concrete reality. In addition, the realization of experiments by learners introduces them to laboratory techniques and builds a register of empirical referents. However, several constraints of different types and nature can lead to the neglection of this type of education. Through appropriate tools, varying between observation and interview, the present research was able to highlight a set of constraints that hinder the realization of experiments in the Life Sciences classroom at the Moroccan high school level. These constraints, of technical, material, infrastructural, pedagogical, ethical and epistemological nature (linked to the nature of the discipline and to the teaching practice) alter the experimental character of the discipline and deprive the learners of any practice of experimental activity in class. In a perspective of development and improvement of experimental teaching, a focus on the epistemological constraints linked to teaching practice led us to the elaboration of a questionnaire. This questionnaire aims at detecting, among practicing teachers, the presence of rationalist epistemological shifts responsible for their abstention from carrying out experiments in class. It also aims at highlighting the interdependencies between certain characteristics of the studied sample (gender, seniority, epistemological training, training framework and training approach) and the presence of these shifts. The results show that the teaching practice is characterized by rationalist shifts. Neither gender, nor seniority, nor training and its framework affect these shifts appearance. This suggests the presence of a professional experience based on the reproduction of old ways of doing things, as well as a training that is deficient in terms of professional support, reflection on practices, self-evaluation and self-correction. The results also show that pedagogical research has a preventive effect on the appearance of high to very high-level rationalist shifts by initiating teachers to reflect on classroom practices instead of being mere imitators.

Keywords:

experimental teaching, constraints, solutions, epistemological shifts

ملخص

يتطلب تدريس علوم الحياة إجراءا متكررا للتجارب العلمية. هذه الأخيرة تسهل على المتعلمين عملية الفهم وذلك من خلال تقليص الفجوة بين المفاهيم المجردة والواقع الملموس. بالإضافة إلى ذلك، فإن إنجاز المتعلمين للتجارب العلمية يعرّفهم على التقنيات المخبرية ويبني لديهم سجلاً من المراجع التجريبية. إلا أن العديد من القيود والمعيقات ذات الطبيعة المختلفة وعلى عدة مستويات يمكن أن تكون سببا للتخلي عن هذا النوع من التعليم. باستعمال أدوات كشف مناسبة، تختلف بين الملاحظة والمقابلة تم تحديد مجموعة من المعيقات التي تحول دون إجراء التجارب في فصل علوم الحياة. هذه المعيقات هي ذات طبيعة تقنية، مادية، بنيوية ، بيداغوجية ، أخلاقية و ابستمولوجية (سواء المتعلقة بطبيعة المادة أو بالممارسة الصفية) و التي اتضح أن من شأنها تغيير الطبيعة التجريبية لتدريس علوم الحياة من خلال حرمان المتعلمين من كل ممارسة للنشاط التجريبي في الفصل. من منظور تطوير وتحسين هذا النوع من التدريس، أدى التركيز على المعيقات الابستمولوجية المتعلقة بممارسة التدريس إلى اعداد استمارة. تهدف هذه الأخيرة إلى الكشف، لدى مدرسي علوم الحياة الممارسين، عن وجود انزلاقات ابستمولوجية عقلانية مسؤولة عن امتناعهم عن إجراء التجارب في الفصل. كما تهدف إلى إبراز العلاقة بين خصائص العينة (الجنس، الأقدمية، التكوين الابستمولوجي، إطار ومنهج التكوين الابستمولوجي) ووجود هذه الانزلاقات. تظهر النتائج أن الممارسة الصفية مشبعة بانزلاقات ابستمولوجية عقلانية لا تتعلق بالجنس ولا بالأقدمية ولا بالتكوين الابستمولوجي وإطاره، مما يشير إلى تجربة مهنية قائمة على استنساخ طرق العمل القديمة بالإضافة إلى تكوين ابستمولوجي غير كاف من حيث الدعم المهني والتفكير في الممارسات والتقييم والتصحيح الذاتيين. تظهر النتائج كذلك أن ممارسة البحث التربوي تقلل من ظهور الانزلاقات العقلانية ذات المستوى العالي إلى العالي جدًا من خلال حث المدرسين على التفكير في الممارسات الصفية بدلاً من أن يكونوا مجرد مقلدين بسيطين.

الكلمات المفتاح:

التدريس التجريبي، المعيقات، الحلول، الانزلاقات الابستمولوجية

Remerciements

Ce travail de recherche a été réalisé au sein du **L**aboratoire **I**nterdisciplinaire de **R**echerche en **D**idactique des **S**ciences et **T**echniques (**LIRDIST**) (Accréditation 2014/2019) et du **L**aboratoire d'**I**ngénierie des **M**atériaux **O**rgano- métalliques, **M**oléculaires et **E**nvironnement (**LIMIOME**) (Accréditation 2020/2025) de la **F**aculté des **S**ciences **D**har El **M**ahraz (**FSDM**), dans le cadre d'un programme de collaboration avec le **L**aboratoire **I**nterdisciplinaire de **R**echerche en **D**idactique, **E**ducation et **F**ormation (**LIRDEF**) de l'**E**cole **N**ormale **S**upérieure de Marrakech (**ENS**).

A cette occasion, j'adresse mes amples remerciements et ma prééminente gratitude à mes très valeureux Professeurs, Mme **Sabah Selmaoui** de l'**ENS** de Marrakech et Mr **Anouar Alami** de la **FSDM** de Fès, pour lesquels revient le mérite d'encadrer cette étude puisqu'ils ont été pour moi des guides compétents, rassurants et attentifs le long de ma recherche.

Je tiens également à adresser toute ma reconnaissance et mes remerciements les plus sincères à Mr **Moncef Zaki**, Professeur et Directeur du laboratoire de recherche **LIRDIST** de la **FSDM** et à Mr **Mohamed Lachkar**, Professeur et Directeur du laboratoire de recherche **LIMOME** de la même faculté, pour la confiance qu'ils ont témoigné à mon égard en acceptant de m'accueillir au sein de leurs laboratoires.

J'adresse mes remerciements aussi aux membres du jury de soutenance ; Professeur **Moncef Zaki** de la FSDM, d'avoir honoré ce jury de soutenance tout en assurant sa présidence, les rapporteurs Professeur **Aafaf Essedaoui** du CRMEF Casablanca- Settat, Professeur **Mourad Madrane** de l' ENS de Tétouan et Professeur **Nadia Benjelloun** de la FSDM ainsi que les examinateurs Professeur **Boujemaa Agorram** de l'ENS de Marrakech et Professeur **Youssef El Madhi** du CRMEF de Kénitra, d'avoir accepté d'être rapporteurs ou examinateurs de ce travail et je salue la fidélité, la rigueur et la sympathie avec lesquelles ils ont traité mon manuscrit.

Mes remerciements vont également aux professeurs, Mr **Salah Eddine Khzami,** Mr **Mustapha Ourahay,** membres de **LIRDEF** de l'**ENS**, ils m'ont été d'une aide précieuse.

Je ne passe pas sans remercier la direction de l'**ENS** en le nom de son honorable et respectueuse directrice Mme **Khadija El Hariri** ; ils ont facilité ma tâche et la progression dans ma recherche.

Dédicace

Je dédie ce travail de thèse aux membres de ma famille et de ma belle famille, auxquels j'exprime mon respect, ma gratitude, ma considération et ma sincère reconnaissance :

Mon père, ***Mohammed Bouzit*** *qui m'a appris le sens du travail et de la responsabilité*

Ma mère, ***Bahija Benkader*** *qui m'a toujours soutenue et encouragée*

Mes deux sœurs ***Laila*** *et* ***Maria***

Ma tante ***Latifa***

Ma grand-mère ***Mina***

Mon Oncle ***Hassan***

Ma ***belle famille*** *en le nom de mon beau père* ***Abdelmajid*** *et ma belle mère* ***Fatima***

Et sans oublier mon mari ***Mohamed*** *que je remercie pour son aide, son soutien et son réconfort incessant*

Table des matières

Résumé ……i

Remerciements ..……iv

Introduction générale…….……1

1. ère partie 3

L'enseignement expérimental des sciences de la vie : contraintes à la réalisation..... 3

1.1 Cadre théorique 6

1.1.1 L'expérience scientifique 6

1.1.1.1 Définition de l'expérience scientifique..... 6

1.1.1.2 Attributs et limites de l'expérience scientifique 7

1.1.1.3 Cadres méthodologique et épistémologique de l'expérience scientifique..... 9

1.1.1.4 Cadres pédagogique et didactique de l'expérience scientifique 13

1.1.1.5 Cadres scientifique académique et technique de l'expérience scientifique..... 16

1.1.2 Les fonctions didactiques de l'expérience scientifique 18

1.1.2.1 L'expérience scientifique au sein de la démarche d'investigation 18

1.1.2.2 L'expérience scientifique comme moyen d'acquisition de l'esprit critique..... 19

1.1.3 La biologie..... 19

1.1.3.1 Définition de la science 19

1.1.3.2 Définition de la biologie..... 20

1.1.3.3 Histoire de la biologie 21

1.1.3.4 Caractères propres à la biologie 22

1.1.4 L'expérimental en biologie..... 23

1.1.4.1 Caractéristiques de l'expérimental en biologie 23

1.1.4.2 Enseignement de l'expérimental en biologie..... 24

1.1.4.3 Formation à l'expérimental en biologie..... 26

1.2 Etudes antérieures..... 26

1.2.1 Etude de Coquidé et Flageul (1999)..... 26

1.2.2 Etude de Taoufik sous le titre (2016) 30

1.2.3 Etude de Galiana sous le titre (1999)..... 31

1.3 Méthodologie..... 33

1.3.1 Type de la recherche..... 33

1.3.2 Critères de scientificité du type de la recherche 33

1.3.3 Outil de la recherche..... 33

1.3.3.1 L'entretien 34
1.3.3.2 L'observation 37
1.4 Résultats et discussions 40
1.4.1 Résultats 40
1.4.1.1 Résultats de l'entretien 40
1.4.1.2 Résultats de l'observation 42
1.4.2 Discussions 44
1.4.2.1 Discussion des résultats de l'entretien 44
1.4.2.2 Discussion des résultats de l'observation 47
2. ème partie 51
Influence de l'épistémologie pratique sur l'enseignement expérimental des SV 51
2.1 Cadre théorique 54
2.1.1 L'épistémologie 54
2.1.1.1 Définition de l'épistémologie 54
2.1.1.2 Définition de l'épistémologie professorale 55
2.1.1.3 Les courants épistémologiques majeures et leurs critiques 55
2.1.2 Empirisme ou Rationalisme dans l'enseignement des sciences expérimentales 62
2.1.3 L'épistémologie des enseignants des Sciences de la Vie 63
2.1.3.1 Positionnement épistémologique attendu 64
2.1.3.2 Glissements épistémologiques et Obstacles épistémologiques 65
2.2 Etudes antérieures 65
2.2.1 Etude de Ouarda et Ginestié (2009) 65
2.2.2 Etude de Therriault et al intitulée (2010) 66
2.3 Méthodologie 67
2.3.1 Choix méthodologique de l'outil 67
2.3.2 Construction du l'outil 68
2.3.2.1 Du courant épistémologique rationaliste à ses composantes 68
2.3.2.2 Des composantes du courant rationaliste aux items du questionnaire 70
2.3.3 Structuration du questionnaire 71
2.3.4 Notation du questionnaire 72
2.3.4.1 Partition des scores à l'échelle de l'item 72
2.3.4.2 Partition des scores à l'échelle du questionnaire 72
2.3.5 Validité et Pré expérimentation du questionnaire 73
2.3.5.1 Validation qualitative du questionnaire 73
2.3.5.2 Pré expérimentation du questionnaire 74
2.3.6 Expérimentation du questionnaire 74
2.3.6.1 Echantillon de recherche 74

2.3.7 Evaluation et mesure de la posture épistémologique 75
2.3.7.1 Evaluation et mesure en éducation 75
2.3.7.2 Instruments d'évaluation et de mesure de la posture épistémologique 75
2.3.8 Méthodes statistiques utilisées 76
2.3.8.1 Intérêt de l'utilisation des méthodes statistiques 76
2.3.8.2 Test de Khi deux χ^2 77
2.4 Résultats, analyses et discussions 78
2.4.1 Résultats 79
2.4.1.1 Analyse et interprétation des résultats relatifs aux caractéristiques de l'échantillon 79
2.4.1.2 Le genre 79
2.4.1.3 L'ancienneté 80
2.4.1.4 La formation 81
2.4.1.5 Le cadre de la formation 82
2.4.1.6 L'approche de la formation 83
2.4.2 Analyse et interprétation des résultats relatifs aux glissements rationalistes 84
2.4.2.1 Résultats relatifs à l'ensemble des items 84
2.4.2.2 Résultats relatifs à chaque item 85
2.4.3 Analyse et interprétation des résultats relatifs aux glissements épistémologiques rationalistes en fonction des caractéristiques de l'échantillon 92
2.4.3.1 Glissements rationalistes en fonction du genre 93
2.4.3.2 Glissements rationalistes en fonction de l'ancienneté 94
2.4.3.3 Glissements rationalistes en fonction de la formation 95
2.4.3.4 Glissements rationalistes en fonction du cadre de la formation 96
2.4.3.5 Glissements rationalistes en fonction de l'approche de formation 97
2.4.4 Discussion des principaux résultats 98
2.4.4.1 Discussion des principaux résultats relatifs aux glissements rationalistes 98
2.4.4.2 Discussion des principaux résultats relatifs à l'interdépendance entre les glissements rationalistes et les caractéristiques de l'échantillon 99
Conclusion 105
Conclusion générale 107
Recommandations et perspectives 110
Bibliographie
Annexes

Liste des figures

Figure 1 : Organisation des thématiques de l'entretien 35
Figure 2 : Répartition de l'échantillon selon le genre 79
Figure 3 : Répartition de l'échantillon selon l'ancienneté 80
Figure 4 : Répartition de l'échantillon selon la formation 81
Figure 5 : Répartition de l'échantillon selon le cadre de la formation 82
Figure 6 : Répartition de l'échantillon selon l'approche de la formation 83
Figure 7 : Pourcentages des répondants en fonction des scores de l'ensemble des items 84
Figure 8 : Niveaux de glissement rationaliste des répondants en fonction des sept items 85
Figure 9 : Diagramme en barres des réponses à l'item 1 86
Figure 10 : Diagramme en barres des réponses à l'item 2 87
Figure 11 : Diagramme en barres des réponses à l'item 3 88
Figure 12 : Diagramme en barres des réponses à l'item 4 89
Figure 13 : Diagramme en barres des réponses à l'item 5 90
Figure 14 : Diagramme en barres des réponses à l'item 6 91
Figure 15 : Diagramme en barres des réponses à l'item 7 92
Figure 16 : Niveaux des glissements rationalistes en fonction du genre 93
Figure 17 : Niveaux des glissements rationalistes en fonction de l'ancienneté 94
Figure 18 : Niveaux des glissements rationalistes en fonction de la formation 95
Figure 19 : Niveaux des glissements rationalistes en fonction du cadre de la formation 96
Figure 20 : Niveaux des glissements rationalistes en fonction de l'approche de formation 97

Liste des tableaux

Tableau 1 : Guide de l'entretien semi-directif 35
Tableau 2 : Récapitulatif des réponses à l'entretien relatives aux contraintes 40
Tableau 3 : Récapitulatif des réponses à l'entretien relatives aux solutions 41
Tableau 4 : Comportements et justificatifs des comportements des enseignants vis-à-vis de la réalisation des expériences 43
Tableau 5 : Courants épistémologiques et manifestations de leurs formes naïves 61
Tableau 6 : Les composantes du courant rationaliste selon les trois entrées épistémologiques 70
Tableau 7 : Les items correspondants aux différentes composantes du courant rationaliste ... 70

Introduction générale

L'expérimental est une partie intégrante de l'enseignement des sciences de la vie au lycée. A travers sa pratique, l'apprenant est amené à utiliser des matériaux, à appliquer des techniques, à suivre des méthodologies et à construire un référent empirique pour les élaborations conceptuelles ou modélisantes (Coquidé, 1998 ; Beaufils, 1999 ; Galiana, 1999). A l'opposé des pédagogies transmissives où l'apprenant est un récepteur passif de l'information, la pratique des activités expérimentales en classe dispose les apprenants d'un apprentissage actif, au sein d'une démarche investigatrice, permettant de les mettre au cœur de la situation d'enseignement-apprentissage (Millar, 2004 ; Coquidé, 2010).

Au sein ou en dehors du laboratoire, l'expérimental est considéré en tant qu'une reconstitution des phénomènes naturels. Il permet de rapprocher la réalité de la compréhension des apprenants et facilite leur assimilation des concepts (Rebstein-Mutti, 2012). En plus de cela, lorsque l'apprenant expérimente, directement ou indirectement, il entreprend, dans un parcours intellectuel, un ensemble d'opérations qui vont de la formulation de la problématique jusqu'aux résultats et conclusions en passant par l'élaboration de l'hypothèse, la conception du protocole expérimental et la réalisation de l'expérience. Ce processus permet à l'élève un entrainement au raisonnement scientifique et particulièrement à la démarche expérimentale (Bernard, 1865 ; Dewey, 1925).

Néanmoins, les activités expérimentales dans les classes des Sciences de la Vie (SV) au lycée font appel à un ensemble de critères qui permettent leur mise en place, à savoir :

- Une infrastructure spécialisée,
- Un matériel didactique adéquat,
- Un corps pédagogique formé et expérimenté,
- Des supports techniques et pédagogiques pensés et réfléchis.

Et toute inconformité à des standards fixés par les spécialistes du domaine serait en mesure de porter atteinte à la qualité et aux buts et finalités de ce type d'enseignement-apprentissage.

La pratique en classe des activités expérimentales fait appel également à une maîtrise curriculaire et technique, à une éducation à la sécurité et aux risques de laboratoire, à une bonne gestion de la classe et du temps et à l'adoption de stratégies d'entretien et de maintenance du matériel didactique (Taoufik et al., 2016).

Notre question principale de recherche s'énonce donc comme suit :

Quel serait le statut de l'enseignement expérimental au lycée marocain ?

Pour répondre à cette question principale de recherche, ce travail a été subdivisé en deux grandes parties :

- Une première partie : exploratoire descriptive, visant à mettre en évidence les différentes contraintes qui s'opposent à la réalisation de l'expérimental dans les cours des SV au lycée marocain ainsi que des propositions de solutions permettant de les dépasser.
- Une deuxième partie : investigatrice, qui a pour but la détermination de la présence de glissements épistémologiques rationalistes à l'origine de l'abstention des enseignants à réaliser les expériences en classes des SV au lycée marocain.

Vers la fin, une conclusion générale qui tente de donner une vision globale sur les différentes contraintes rencontrées par les enseignants quant à la réalisation des expériences scientifiques dans leur classe des SV au lycée, une réflexion sur les glissements épistémologiques détectés auprès de ces enseignants ainsi qu'une mise à disposition d'un ensemble d'orientations à prendre en compte dans la conception d'une formation continue à l'épistémologie de l'expérimental comme perspective d'amélioration des pratiques enseignantes.

1. ère partie

L'enseignement expérimental des sciences de la vie : contraintes à la réalisation

Introduction

L'expérience scientifique, en tant que moyen de construction de savoir, se différencie des autres moyens par certaines caractéristiques propres (usage du matériel et des produits chimiques, habileté manuelle, activités de mesure et d'observation, raisonnement particulier, …). Elle a des formes très diversifiées et variées sur les plans méthodologique, technique, logique, … ; et fait appel des fois à des protocoles expérimentaux compliqués et à un matériel sophistiqué tout en mobilisant des concepts et des procédures en dehors des sciences de la vie et de la terre (physique, chimie et mathématiques).

Depuis l'adoption de l'enseignement scientifique systématique, les expériences et les travaux pratiques en général dans les programmes des SV (Sciences de la Vie) au lycée marocain ne sont jamais exemptes des préoccupations de l'enseignement scientifique (Direction des programmes, 2007). Afin de garantir leur mise en place dans les classes des sciences de la vie au lycée, le ministère de l'éducation nationale a mobilisé un budget important pour équiper les laboratoires en matériel et produits adéquats, fournir des salles spécialisées alimentées en eau, gaz et électricité, dédoubler les classes en vue de diminuer l'effectif des apprenants par classe et fournir aux laboratoires un personnel technique d'accompagnement (Note ministérielle numéro 56, 1969 ; Note ministérielle numéro 112, 1979 ; Note ministérielle numéro 18, 1982).

Quant aux curricula et directives pédagogiques de l'enseignement des SV au lycée (Direction des programmes, 2007), et conformément aux textes officiels en France (Cariou, 2015), ils présentent une abondance de formulations qui insistent sur le caractère expérimental de la discipline. Ils valorisent le rôle des expériences scientifiques tout en montrant les différentes capacités intellectuelles et motrices mobilisées au profit des apprenants.

De nos jours, de considérables changements ont contribué à la dégradation de de ce type d'enseignement ; Notre pratique enseignante de la classe et celle de certains collègues témoignent ainsi de cet état. Les laboratoires des SVT sont devenus de plus en plus abandonnés et servent de dépôts du matériel qui reste, l'abandon de dédoublement des séances a provoqué la surcharge des apprenants par classe et les salles spécialisées manquent d'alimentations basiques avec une absence quasi totale de préparateurs de laboratoires.

En plus de cela, la non mention des expériences scientifiques à réaliser dans le programme et du volume horaire nécessaire laisse penser qu'il existe une incohérence entre les attentes

pédagogiques de la discipline et le programme à enseigner. L'enseignant doit donc chercher à intégrer les expériences scientifiques adéquates au programme dans sa planification, tout en respectant un emploi du temps imposé et figé. Ce qui expliquerait le recours de la plupart des enseignants à des expériences de démonstration (l'enseignant réalise l'expérience, les apprenants sont des spectateurs) ; au visionnement de capsule vidéo représentant la réalisation de l'expérience (l'enseignant et les apprenants sont des spectateurs ou l'enseignant apporte des commentaires lorsque la vidéo est muette) ou bien à l'utilisation de documents illustratifs.

Ce dépassement du caractère pratique de l'enseignement expérimental suscite l'inquiétude et le questionnement de tout acteur pédagogique sur les finalités de l'enseignement expérimental au Maroc. Si la pratique de la classe reflète une réalité où l'enseignement expérimental est dénudé de l'activité expérimentale, quel serait l'intérêt des efforts matériels et humains fournis par le ministère ?!

Pour faire face à ce paradoxe entre attentes et réalité, il faut commencer par explorer les domaines de l'enseignement expérimental au Maroc, en mesure de mettre en évidence les différentes contraintes qui vont à l'encontre de la bonne et effective réalisation des expériences scientifiques dans les classes des sciences de la vie au lycée, de chercher des solutions adéquates en vue de surmonter ces contraintes et par conséquent redonner à l'enseignement expérimental son caractère pratique et manipulatoire (Bernard, 1865).

Les questions de recherche s'énoncent donc comme suit :

- **Quelles sont les différentes contraintes qui s'opposent à une réalisation effective des expériences scientifiques dans les cours des SV au lycée marocain ?**
- **Quelles sont les solutions proposées en vue de dépasser ces contraintes ?**

Le plan de la première partie de ce travail de recherche est comme suit :

- **Cadre théorique de la recherche** : Il est destiné à cadrer l'objet de la recherche en définissant ses extensions et ses limites et à contextualiser la recherche pour mieux situer le lecteur. Il aborde les définitions des concepts clés de la recherche à savoir, l'expérience, la biologie et l'enseignement de l'expérimental en biologie.
- **Etudes antérieures** : elles permettent le positionnement de la recherche par rapport aux modèles et théories déjà existants, ce qui va permettre la mise en évidence de l'apport scientifique mené.

- **Méthodologie** : où sont détaillées toutes les procédures scientifiques qui ont permis de répondre aux questions de la recherche. Elle définit les outils de recherche, les justifications de leurs choix, leurs avantages et leurs inconvénients ainsi que leurs validations. Lors de cette partie, on va s'arrêter également sur l'échantillon et sa représentativité et sur les conditions dans lesquelles la collecte des données du terrain a été effectuée.
- **Résultats et leur discussion** : les constats obtenus à partir du terrain sont retranscrits puis exposés sous forme de propos et de comportements avant d'être confrontés avec les études antérieures et les actualités pédagogiques dans le domaine.
- **Conclusion** : c'est la partie synthétique du travail de recherche, dans laquelle sont présentées, la réponse à la problématique de départ et la contribution de ce travail de recherche à l'avancement de l'enseignement scientifique en général et à l'enseignement de l'expérimental en particulier. Elle apporte également des recommandations, des façons de faire et surtout une nouvelle piste de recherche (2ème partie de la recherche).

1.1 Cadre théorique

Dans cette partie, nous allons définir les différentes bases théoriques qui se rapportent à notre thématique de recherche d'une façon synthétique. Cela va permettre d'établir un certain consensus entre chercheur et lecteur quant aux principaux concepts traités.

1.1.1 L'expérience scientifique

1.1.1.1 Définition de l'expérience scientifique

Le petit robert attribue au mot expérimenter quatre synonymes : essayer, tester, éprouver et vérifier.

Eprouver : soumettre l'objet ou le sujet de recherche à une manipulation systématique dans le but d'en extraire des preuves qui décident de sa validité.

Tester : soumettre l'objet ou le sujet de recherche à un test construit spécialement pour vérifier sa validité.

Essayer : mettre l'accent sur la nécessité d'exercer l'activité que représente le sujet de recherche en question pour voir comment il fonctionne et selon quel principe fonctionne et quels en sont les résultats.

Vérifier : examiner avec précision le sujet de recherche pour voir son mode de fonctionnement et sa durée de validité.

En réalité, toutes ces significations trouvent leurs manifestations dans la pratique expérimentale scolaire sous le nom de 'l'expérience scientifique'. D'autre part, le terme expérience (nom de l'action), autre que le verbe expérimenter insinue plus un acquis pratique qu'accumule l'individu à travers l'exercice normal de la vie quotidienne. Ce dernier sens, bien qu'il ait une importance en éduction, n'a rien à voir avec le sujet. Ce qu'on désigne par expérience scientifique c'est ce test systématique qui requiert un questionnement et une réponse hypothétique anticipés, à partir duquel on aboutit à une réponse en guise d'une loi.

Selon Coquidé (2003), pour parler de l'expérience scientifique, il faut qu'il y ait une question qui interpelle une recherche et un test systématique centré sur une situation généralement artificielle et des résultats correspondant totalement ou en partie à des connaissances nouvelles. Il est habituel que le test dans l'expérience scientifique soit accompagné d'une manipulation dans laquelle l'habileté sensori-motrice et les instruments jouent un rôle non négligeable, et comme il y a consensus des spécialistes sur la non nécessité de ce côté manipulatoire dans la définition du concept expérience scientifique, il nous est possible d'élargir le concept expérience aux domaines par exemple de la géologie et de l'astronomie qui procèdent essentiellement par l'observation et l'enquête de terrain (Juignet, 2016). Il est même possible, dans les cas extrêmes, que la procédure de testage expérimental soit complétement remplacée par une ''expérience intellectuelle'' (Galilé) ce qui n'affecte en rien la validité du raisonnement expérimental.

En s'appuyant sur ces remarques, Coquidé (2003) propose une définition plus souple au concept 'expérience scientifique' en s'inspirant des travaux du chercheur Legay (1997) : « *l'expérience est toute opération organisée de collecte de données, selon un but prédéterminé, et qui procède par une confrontation et une comparaison avec le réel* ». Ces dernières particularités tolèrent d'élargir le domaine de définition de l'expérience scientifique pour englober toute opération visant l'extraction de données à partir du réel, ce qui fait que l'expérience ne se limite plus au laboratoire mais elle s'étend à toutes les formes d'enquêtes de terrain et qui rend l'expérience théâtre à des interactions complexes entre l'observation, la comparaison, la manipulation et la modélisation dans un climat perpétuel de controverses entre le réel matériel et les considérations théoriques.

1.1.1.2 Attributs et limites de l'expérience scientifique

L'expérience et l'observation

L'observation est un constat issu directement de faits et de phénomènes ou indirectement à travers leur examen ou leur mesure et qui fait obligatoirement intervenir les sens (ou instrument spécialisé) de l'observateur (Carret, 2008). Elle consiste en un recueil d'informations se rapportant à un phénomène donné en vue d'en formuler des hypothèses ou d'en tester.

Selon Claude Bernard (1858-1877), l'observation est passive, elle se limite à observer, à classer, à contempler les phénomènes de la nature et à déduire des lois générales. Elle prévoit, se gare, évite mais ne change rien activement.

Si l'observation est réalisée sans idée préconçue et dans le but de constater le fait sans chercher à le comprendre, on parle d'observation empirique. Alors que si l'idée est préconçue dans le but de vérifier une hypothèse, on parle d'observation scientifique (Bernard, 1858-1877).

Une autre classification peut se faire en se basant cette fois sur le stade où l'observation a lieu dans le processus de la démarche scientifique, on parle d'observation pré-hypothèse et d'observation post-expérience. La première initie la recherche en fournissant des constats sur le phénomène à étudier tandis que la deuxième concerne les résultats de l'expérience en guise de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse de départ.

A l'opposé de l'observation passive (appelée encore invoquée) qui se présente d'elle-même sans faire intervenir l'observateur, ce dernier peut provoquer, lui-même ou par l'intervention d'une autre personne ou par accident, le phénomène mais sans le modifier. On parle dans ce cas, d'observation active ou provoquée ou comme Claude Bernard la nommait expérience passive (ou expérience pour voir). C'est une expérience qui permet d'observer le phénomène sous son état normal, c'est-à-dire sans être perturbé (Bernard, 1858-1877).

Quand l'expérimentateur agit sur les phénomènes naturels, les règle et les modifie en vue de contrôler une idée préconçue dans l'intérêt de l'Homme, l'expérience est dite active. Elle consiste à troubler intentionnellement ou fortuitement le déroulement naturel des phénomènes et comparer le résultat de la modification avec l'état naturel. Cela, dans le but ultime de pouvoir expliquer et éventuellement contrôler les phénomènes de la vie (Bernard, 1858-1877)

L'expérience et l'expérimentation

Au sens scientifique du terme, l'expérimentation est une méthode scientifique intentionnelle et structurée, qui consiste à mener des expériences répétées, afin d'obtenir des données

permettant de confirmer ou d'infirmer une idée préconçue (l'hypothèse). Elle a pour objectif de chercher à expliquer les phénomènes de la nature en procédant à la modification des conditions de leur manifestation (Carret et al, 2008).

L'expérimentation consiste à découvrir, à partir de l'expérience, la validité d'une hypothèse. Elle débute donc par l'hypothèse ou l'idée directrice qui représente une explication logique et raisonnable mais provisoire du phénomène étudié. Et c'est par le biais de l'expérience qu'elle fournit les éléments (ou produits) nécessaires à la prise de décision par rapport à l'idée de départ (Develay, 1989).

Cependant, en absence d'idée directrice, l'expérimentateur fait des expériences tâtonnantes en espérant faire surgir une idée féconde, on parle donc de l'expérience et non pas de l'expérimentation (Bernard, 1858-1877). L'expérience est dans ce sens, tout ce qui arrive et s'impose au sens du hasard, elle n'est contrôlée par la raison que si elle part d'une idée directrice et c'est à ce moment qu'elle est appelée expérimentation (Carret et al. , 2008).

L'expérience et la manipulation

La manipulation représente le côté pratique et manipulatoire de l'expérience. Elle ne répond pas à la construction du savoir scientifique ni au développement de compétences méthodologiques. Sa dimension est psychomotrice et exécutive, de façon qu'elle met l'accent sur le caractère manuel de l'activité permettant d'atteindre l'expérience (Develay, 1989).

Le sens scientifique de la manipulation se réduit à du savoir-faire pratique, immédiat et simple à produire, mais loin de toute intention constructive méthodique ou cognitive. En effet, celui qui manipule n'interroge pas la nature, il ne pose pas de question directrice de son activité, il agit seulement avec ses mains, il manipule.

Dans le système éducatif, la manipulation n'est pas utilisée dans sa forme réduite et isolée, mais est généralement conduite dans le cadre d'une méthode expérimentale, ce qui lui confère une signification et surtout un objectif de vérification et de découverte (Bouasse, 1925).

1.1.1.3 Cadres méthodologique et épistémologique de l'expérience scientifique

L'expérience scientifique au sein de la démarche expérimentale

La méthode expérimentale est une démarche scientifique de recherche, utilisée essentiellement dans les sciences de la nature et de la matière (Grelley, 2012). Elle s'appuie sur le test expérimental pour vérifier l'hypothèse qui explique provisoirement un phénomène

de la nature. Alors que dans les méthodes anciennes, les propositions relatives à l'explication des phénomènes sont prises pour évidentes.

Dans son ouvrage intitulé "Novum Organum Scientiarum" (1620), le philosophe anglais Francis Bacon, un des pionniers de la pensée scientifique moderne, introduit pour la première fois la philosophie expérimentale d'une façon plus détaillée et explicite. Cet ouvrage est une réponse à l'Organon d'Aristote où le syllogisme, la logique formelle et les prémisses sont à l'origine de tout savoir certain (Vignais, 2007). Bacon critique l'entendement humain qui est constamment soumis à ce qu'il nommait « idoles ». Ces dernières sont des obstacles cognitifs (doctrines, habitudes, théories, opérations intellectuelles) responsables d'empêcher l'esprit humain de se porter vers la nature. L'auteur défend en contrepartie la méthode expérimentale qui se réfère à l'expérience, au recueil des faits, à leur énumération et à leur classement en vue d'une généralisation qui fait progresser les sciences (Bacon, 1561-1626, publié en 2014). L'expérience est devenue par conséquent un critère de scientificité, et le laboratoire est devenu le siège de toute découverte et de sa vérification (Carret et al., 2008).

Ce n'est qu'à la fin du XIXème siècle, que le physiologiste français Claude Bernard expose la méthode expérimentale dans les sciences de la vie. Cet avènement philosophiquement original de la pratique expérimentale dans l'étude du vivant a été l'objet principal de son célèbre ouvrage intitulé « introduction à l'étude de la médecine expérimentale » (1865). La médecine dépasse alors son caractère empirique passif basé sur des observations ou des dissections pour devenir une médecine expérimentale qui interroge la nature et cherche activement des réponses.

Les étapes de la démarche expérimentale

Selon Giordan (1999), la démarche expérimentale s'appuie sur trois éléments principaux : une question, une hypothèse et une argumentation.

- La question : A ce stade, le chercheur observe un phénomène qui ne s'accorde pas avec les modèles explicatifs et les systèmes de références en vigueur. Le chercheur étudie le phénomène et détermine les discordances et les discontinuités qu'il a avec les modèles et les théories contemporains, ce qui lui permet de poser une question (une problématique).
- L'hypothèse : A ce stade, le chercheur raisonne et s'informe suffisamment sur le phénomène, afin de pouvoir répondre à la question de recherche. Cette réponse nommée hypothèse, bien qu'elle soit fondée sur des théories solides et bien qu'elle

soit issue d'un raisonnement logique, ses origines, uniquement intellectuelles, l'obligent à être soumise à la confrontation avec le réel. Bernard lui attribue un rôle majeur en admettant que c'est le pouvoir à produire des hypothèses qui fait avancer les sciences. En revanche, l'hypothèse ne doit être ni imaginaire ni arbitraire, elle doit remplir trois conditions ; avoir un appui dans la réalité observée, être aussi probable que possible et être vérifiable expérimentalement.

- L'argumentation : A ce stade, l'hypothèse est soumise à la vérification expérimentale, ce qui aboutit à des résultats et des conclusions permettant de juger de sa validité. Le chercheur procède alors par une opérationnalisation de l'hypothèse permettant l'institution de l'expérience. Il spécifie le protocole expérimental nécessaire, le dispositif technique et les produits qu'il va utiliser, il indique d'une façon claire et exhaustive toutes les étapes de la démarche à suivre pour la réalisation de l'expérience, il détermine les variables et les constantes ainsi que l'expérience témoin ou de contrôle si besoin est.

Formules d'application de la démarche expérimentale

OHERIC : Cette formule consiste à commencer par l'observation du phénomène naturel, qui représente une contradiction avec les systèmes explicatifs en vigueur. La récolte et l'analyse des constats issus de cette observation, au sein du cadre théorique de référence en usage, permet normalement de proposer une hypothèse explicative du phénomène. On procède ensuite à sa vérification expérimentale, ce qui va fournir des résultats qu'on interprète afin de pouvoir produire un jugement par rapport à l'hypothèse de départ. La formule OHERIC signifie :

O : Observation

H : Hypothèse

E : Expérimentation

R : Résultats

I : Interprétation

C : Conclusion

On trouve cette formule présente dans un ensemble des écrits pédagogiques, comme les instructions officielles de l'enseignement des sciences en France à la fin des années 70 et à la fin des années 80 dans celles du Maroc. Elle a longtemps suscité l'intérêt de beaucoup de pratiquants, qu'ils l'ont adoptée dans leurs travaux de recherche. Jusqu'à ce que le chercheur

français André Giordan vienne l'attaquer avec force en se référant aux résultats de l'analyse du médecin et historien Grmek (1997). Ce dernier a montré que Bernard, dans son processus de recherche, travaillait avec deux méthodes ; une vraie méthode flexible et mouvementée qui a été détectée au niveau de ses cahiers de laboratoire et une autre méthode de présentation de ces travaux, où il supprime toutes les errances et les chemins non fructueux pour présenter un travail logique, bien structuré et convaincant. De ce point de vue, OHERIC est une méthode de présentation ordonnée du travail plus qu'elle est une méthode de recherche.

Parmi les critiques qui ont été avancées par rapport à la formule de recherche OHERIC :

- La formule limite le point de départ de la recherche à l'observation. Alors que dans la réalité, on peut partir d'un ensemble d'origines et d'opérations, comme la documentation, l'expérimentation, l'enquête investigatrice, l'entretien avec les experts, …
- La formule ne montre pas la problématique, qui est une part importante dans la recherche
- La formule donne l'exclusivité à l'expérience pour vérifier l'hypothèse, alors qu'elle peut être vérifiée par exemple par l'observation ou l'enquête investigatrice.

DiPHTeRIC : Les critiques de Giordan par rapport à la formule OHERIC ont poussé un ensemble de chercheurs didacticiens ou praticiens pédagogiques à inventer plusieurs formules d'application de la démarche expérimentale. On retient seulement la formule DiPHTeRIC qui est devenue présente dans un ensemble des écrits pédagogiques et qui a été à l'origine proposée par le chercheur français Cariou (2009). Selon l'auteur, la formule signifie :

Di : Données initiales

P : Problème

H : Hypothèse

Te : Test

R : Résultats

I : Interprétation

C : Conclusion

Il est clair que la nouvelle formule DiPHTeRIC a résout le problème des trois premières critiques qui ont été avancées contre la formule OHERIC. En revanche, la formule est toujours rectiligne et figée ce qui s'oppose avec la nature de la recherche.

1.1.1.4 Cadres pédagogique et didactique de l'expérience scientifique

Typologie des expériences scientifiques

Les expériences se diversifient selon plusieurs critères :

- ✓ Selon le but de l'expérience : on cite les expériences de découverte, les expériences d'exercice et d'entrainement, les expériences d'initiation, les expériences de démonstration et de preuve, les expériences d'illustration et les expériences de généralisation conceptuelle …
- ✓ Selon la nature des résultats : on cite les expériences qualitatives et les expériences quantitatives. On remarque ici que les sciences de la vie et de la terre n'ont pas encore muri méthodologiquement comme c'est le cas pour les sciences de la matière puisque ces premières utilisent essentiellement l'expérience qualitative.
- ✓ Selon le degré d'activité de l'élève : il y a des expériences entièrement effectuées par l'élève dans le cadre d'une pédagogie autonome (ce qui est très rare), des expériences où l'élève expérimente en suivant des directives écrites ou orales, des expériences effectuées entièrement par le professeur l'élève restant simple spectateur, des expériences racontées qui ne sont pas en contradiction avec la pratique d'un véritable raisonnement expérimental et sans oublier l'expérience intellectuelle où l'élève peut être totalement actif sur le plan mental.
- ✓ Selon l'originalité du travail de recherche : on trouve les expériences de découverte et les expériences de redécouverte où prédomine l'approche historique.

Dans son ouvrage intitulé « Le statut épistémologique de l'expérience dans les nouvelles approches préconisées pour l'enseignement des sciences », Cariou (2015) présente une catégorisation des expériences. Il réalise une distinction historique et actuelle dans le champ de la recherche scientifique et envisage cinq catégories d'expériences :

- Expérience pour voir ; dans le but de faire naître une idée ;
- Expérience de contrôle ou expérience-test ; dans le but de mettre une idée à l'épreuve ;
- Expérience de détermination quantitative ou qualitative ; dans le but de mettre en évidence une relation ou un phénomène ;
- Expérience pour produire un effet visé ; dans le but d'expliquer un phénomène ;
- Expérience analogique ; qui est une substitution d'une expérience irréalisable au laboratoire.

Modes didactiques des expériences scientifiques

En se basant sur une multitude de recherches européennes en ce qui concerne l'utilisation de l'expérience scientifique au sein des classes et spécialement celles des travaux pratiques, la chercheuse française Coquidé (1998) a essayé de concevoir un outil de travail sous forme d'une typologie des expériences dérivées d'un ensemble d'objectifs et de fonctions que les spécialistes ont attribué à l'expérience scientifique. Elle s'est inspirée, dans ce modèle, de la typologie d'Astolfi et al (1991) que ce dernier a conçue pour catégoriser les types de commandes pour les différentes situations de l'enseignement-apprentissage. La typologie d'Astolfi s'énnonce comme suit :

- La commande par la situation
- La commande par la méthode
- La commande par le savoir
- La commande par l'obstacle
- La commande par la production

En s'inspirant des situations d'apprentissage proposées par Astolfi (1991) et en s'inspirant de l'expérience anglaise rapportée par Nott (1996), Coquidé (1998) propose une typologie des expériences qui se présente sous forme de trois modes didactiques :

- Mode de familiarisation pratique
- Mode d'investigation empirique
- Mode d'élaboration théorique

Ces trois modes didactiques sont caractérisés par trois types d'entrées différentes qui sont dans le même ordre :

- Une entrée par l'élève (ou la situation comme dirait Astolfi (1991))
- Une entrée par la méthode
- Une entrée par le savoir conceptuel

Nous détaillons dans ce qui suit les caractéristiques et les exemples de ces modes didactiques comme ils ont été mentionnés dans les recherches et les écrits de M. Coquidé (1998).

a. <u>Le mode de familiarisation pratique (domaine de l'expérimentation-action)</u>

Appartiennent à ce mode, les expériences qui ont pour but et pour fonction, la familiarisation de l'apprenant avec les objets et avec les phénomènes, comme elles visent l'initiation de

l'apprenant et le premier abord vis-à-vis d'un nouveau sujet scientifique. Parmi les expériences représentatives de ce mode didactique : les expériences pour voir, les expériences d'exploration, les expériences de familiarisation et d'initiation première à un nouveau matériel, on cite aussi dans ce mode les expériences que l'enseignant programme pour aborder un nouveau sujet ; et pour faire émerger les fausses conceptions et les corriger.

Ce mode offre également à l'apprenant la chance d'enrichir son référent empirique avec des techniques, des procédures et des icônes mobilisables dans des situations futures, comme il permet l'acquisition des attitudes de curiosité, du questionnement permanent, des esprits d'observation, d'investigation et de confiance et de maîtrise de soi.

Le mode de familiarisation pratique trouve sa place méritée dans les niveaux de l'enseignement primaire, sauf que les chercheurs du domaine, à cause de sa force relative dans l'installation des attitudes et des intérêts de l'esprit scientifique, pensent que ce mode est indispensable à tous les niveaux scolaires.

b. Le mode d'investigation empirique (domaine de l'expérimentation-objet)

Ce mode concerne la formation méthodologique dans le domaine de l'expérimentation et ceci à travers l'exercice effectif et libre du raisonnement expérimental, et il est naturel qu'il exige un temps relativement long. Ceci inquiète les acteurs pédagogiques qui sont hantés par la réalisation au temps prescrit de l'ensemble du programme. La conséquence logique de ce sentiment serait la rareté de ce mode didactique dans la pratique de la classe.

Ce mode didactique requiert l'acquisition et la maîtrise des compétences méthodologiques expérimentales à travers deux pédagogies consécutives ; une pédagogie qui permet l'acquisition des procédures et des concepts expérimentaux séparément en fournissant à l'apprenant toutes les conditions de la maîtrise (une pédagogie qui n'est pas nécessairement figée), vient ensuite une pédagogie autonome, sous forme de situations où l'on mobilise les ressources métrologiques et conceptuelles acquises dans la résolution de problèmes authentiques tout en évitant toutes les procédures moulées et préétablies (OHERIC, DIPHTERIC …).

Les exemples de situations de maîtrise de ressources appartenant à ce mode seraient, l'extraction des problématiques à partir des études analytiques des données préliminaires ou l'induction-déduction des hypothèses à partir de l'interaction entre les données préliminaires, les généralisations théoriques et les éléments de la problématique ou l'établissement d'un plan

expérimental pour la vérification de l'hypothèse ou la conception de protocoles expérimentaux ou la compréhension et l'application des relations de causalité et la construction des modèles explicatifs ou encore la communication des résultats …en plus de la métacognition et sans oublier bien sur tous les contenus conceptuels mobilisables dans la situation expérimentale.

c. Mode d'élaboration théorique (domaine de l'expérimentation-outil)

La fonction que remplie ce mode didactique, comme son nom l'indique, consiste en la construction de connaissances théoriques, en la démonstration et en l'extension du domaine de validité des concepts scientifiques et de leurs illustrations, c'est pour ces raisons que Coquidé lui attribue l'épithète de l'expérience outil ou de l'expérience illustration. On trouve parmi les formules représentatives de ce modèle expérimental de construction de concepts : les expériences d'illustration, les expériences de démonstration, les expériences de référence, les expériences d'élargissement de concepts, les expériences de modélisation …. C'est ainsi qu'Astolfi (1998) attribue à ce mode didactique, le rôle de l'utilisation des concepts dans des situations expérimentales nouvelles pour leur donner le caractère de connaissances opérationnelles et fonctionnelles et d'élargir leurs champs de validité. Galiana (1999) affirme, de son côté, que le contenu comportemental de ce mode didactique, ne peut être que cognitif et ne laisse guère une place intentionnelle aux contenus psychomoteur et affectif.

1.1.1.5 Cadres scientifique académique et technique de l'expérience scientifique

L'expérience scientifique au sein des directives pédagogiques et des programmes officiels

Les directives pédagogiques officielles de l'enseignement des sciences de la vie et de la terre (2007), bien qu'elles donnent des principes généraux concernant l'expérimental, ceux-ci restent non opératoires. Elles donnent des recommandations sur la nécessité de l'expérience scientifique mais ne proposent aucune méthodologie sur la manière d'exploiter la grande diversité des expériences ni des directives pour une programmation et une articulation rationnelle dans le processus de la construction de la connaissance scientifique. Quant aux programmes, ils exposent essentiellement des contenus conceptuels et ne citent que rarement des expériences dont ils ne précisent pas les procédures et les modalités pédagogiques et didactiques et ne font aucune mention de la pratique ni de l'entrainement à la démarche expérimentale. Si les directives pédagogiques et les programmes officiels ne précisent pas les expériences à faire, quelles sont alors les ressources et les inspirations des professeurs des

SVT quant à la désignation et à la programmation des expériences scientifiques dans leurs leçons ?

Quelques rares académies, pour remédier à cette insuffisance, ont élaboré des dossiers pédagogiques propres à la thématique expérimentale mais qui se limitent aux côtés scientifique et technique des expériences, aucune allusion n'est faite à une méthodologie pédagogique et didactique suffisamment élaborée. De plus, ces dossiers pédagogiques échappent à l'évaluation du comité des inspecteurs nationaux et à l'officialisation ministérielle.

L'expérience scientifique au sein du manuel scolaire

Même s'il est validé par un comité national spécialisé, le manuel scolaire reste une référence non obligatoire et non ouvertement recommandée ni pour le professeur ni pour l'apprenant. Il expose un nombre d'expériences qui, sur le plan quantitatif, peut être qualifié de suffisant, au contraire du côté qualitatif qui dévoile certaines irrégularités comme le recours à la seule expérience cruciale, la pérennité de certaines expériences (ce que Galiana appelait expérience Prototypique) ou encore la rareté de l'usage de l'expérience témoin.

Sur le plan méthodologique, le manuel scolaire cite des expériences qui visent essentiellement la construction de concepts « mode d'élaboration théorique » en faisant abstraction de l'entrainement méthodologique « mode d'investigation empirique » et en laissant peu d'espace à l'initiation au matériel, aux appareils et aux outils de laboratoire « mode de familiarisation pratique ». Il expose l'expérience dans une progression pédagogique, qui malheureusement, ne respecte pas toute la logique de la psychologie de l'enseignement-apprentissage et ne programme pas l'entrainement méthodologique à la construction, à la maîtrise et au transfert de la démarche expérimentale (Bouzit et al., 2020).

Les exigences techniques de l'expérience scientifique

L'expérience scientifique fait appel à des mécanismes, à des outils et à des réactifs qui fonctionnent selon des règles physiques, chimiques et mathématiques et qu'il faut impérativement maîtriser afin d'assurer plus d'exactitude et de crédibilité aux résultats expérimentaux. En plus de cela, la réussite et la validité de l'expérience nécessitent la mise en place d'un protocole expérimental adéquat tout en mobilisant les connaissances et la créativité aussi bien des professeurs que des apprenants.

La crédibilité des résultats expérimentaux dépend également de la fiabilité des matériaux de laboratoire (produits, appareils d'observation et de mesure). En effet, l'expiration des produits ou la détérioration des appareils risque de produire des résultats peu ou carrément non fiables. Les professeurs se trouvent donc obligés de modifier ces résultats et des fois exagérer leur modification, afin de les rendre lisibles et facilement interprétables.

1.1.2 Les fonctions didactiques de l'expérience scientifique

1.1.2.1 L'expérience scientifique au sein de la démarche d'investigation

La démarche d'investigation est une démarche hypothético-déductive qui incite l'apprenant à chercher un ensemble d'indices conduisant à la résolution d'un problème scientifique. Elle a pour objectif de mettre l'apprenant dans une situation proche de celle d'un vrai chercheur avec tous les obstacles, les allées retours et les tâtonnements que cela nécessite (Molvinger, 2017).

L'appropriation du problème scientifique par l'apprenant constitue le pas principal vers un processus de recherche scientifique et d'investigation que ce soit sur le plan intellectuel que pratique. L'apprenant est donc amené à se poser des questions sur le phénomène étudié et de définir les moyens susceptibles de l'expliquer, ce qui mène vers une multitude de démarches scientifiques possibles dont la plus utilisée en SVT est la démarche expérimentale.

Cette démarche fait recours à la mise en place d'observations et d'expériences scientifiques, ce qui est responsable de l'augmentation du taux d'implication des apprenants dans les différentes activités d'enseignement-apprentissage et par conséquent la réduction de l'écart entre les connaissances abstraites et la réalité palpable. En plus de cela, l'abandon des conceptions initiales résistantes s'avère beaucoup plus facile lorsque l'apprenant, en manipulant lui-même, aboutit à des résultats expérimentaux qui ne concordent pas avec son système antérieur de références (Galli & Lorber, 2014-2015).

La démarche d'investigation s'inscrit dans une démarche purement scientifique, qui, en plus de l'ensemble de compétences transversales qu'elle permette d'acquérir, donne l'opportunité à l'apprenant de concevoir ses propres hypothèses, d'en chercher les stratégies adéquates de vérification ainsi que les différents outils et modalités nécessaires à l'obtention de conclusions, ce qui attribue à l'apprenant le rôle d'acteur principal de ses propres apprentissages. Quant au rôle du professeur, il se limite à guider et à diriger les activités d'enseignement-apprentissage et à anticiper les obstacles qui peuvent être rencontrées lors des différentes étapes de la démarche.

1.1.2.2 L'expérience scientifique comme moyen d'acquisition de l'esprit critique

Dans le domaine éducatif, la mise en place des activités expérimentales en classe est parmi les approches investigatrices qui mettent l'apprenant au cœur de la situation d'enseignement-apprentissage (Essalih et al, 2022). Elle augmente son autonomie et développe chez lui un ensemble de compétences mobilisables dans la résolution des problèmes scientifiques. Elle augmente également sa motivation pour les apprentissages et favorise la manifestation de ses capacités créatives ainsi que son épanouissement (Halpern, 2003 ; Mulnix, 2012).

Les activités expérimentales en classe des SVT permettent également de développer chez l'apprenant un bagage de prérequis expérimentaux, des habiletés intellectuelles et motrices ainsi qu'une attitude scientifique qui lui permet d'agir d'une façon scientifique par rapport aux objets d'apprentissage d'une part et dans sa vie réelle d'autre part (Bouzit, 2015). Cette attitude scientifique se manifeste à travers un ensemble de composantes dont la plus connue et la plus recherchée dans le profil des apprenants en sortie du système scolaire, est l'esprit critique (Hrairi, 2004).

L'esprit critique est une composante principale de l'attitude scientifique, il représente une prédisposition psychique et intellectuelle d'une personne à remettre en question ses représentations ainsi que les idées émises par autrui en les soumettant d'abord à une analyse approfondie avant d'établir un jugement sur leur vérité et leur validité (Bouzit et al., 2015). Cette capacité, recherchée chez les apprenants, est en mesure de les amener à distinguer ce qui est vrai de ce qui ne l'est pas et de douter raisonnablement en arrêtant de tout croire.

Lorsque l'apprenant expérimente dans le cadre d'une démarche investigatrice, il entreprend un ensemble d'activités intellectuelles et motrices qui commencent par une appropriation du problème en question en passant par le questionnement, la formulation d'hypothèses, la vérification expérimentale avec la mise en place du protocole adéquat jusqu'aux résultats, leur partage et leur interprétation. Ceci, permet non seulement aux apprenants de construire un savoir scientifique valide mais également de développer un esprit critique responsable de remettre en cause la véracité de toute information reçue (Gruson, 2012).

1.1.3 La biologie

1.1.3.1 Définition de la science

La science est une activité qui vise à expliquer les phénomènes de la vie. Elle est fondée sur l'utilisation des idées rationnelles et des faits concrets issus de la réalité. Elle se doit de

vérifier la concordance entre ses deux fondements, afin de produire un savoir applicable partout et à tout moment (Reebs, 2017).

La science répond à une volonté de savoir. Mais, un savoir véritable exige un détachement politique, mythique et religieux, car tout ce qui est déclaré dogmatiquement vérité absolue ne fera que conduire vers l'erreur. A partir du XVII siècle (Bacon, 1620), le test empirique des théories apparait, et la science est donc confrontée à deux exigences, une cohérence interne représentée par des idées rationnelles et une vérification empirique basée sur l'observation ou l'expérience (Juignet, 2016). Ces exigences, bien qu'elles assurent davantage de scientificité, elles ne satisfont pas au philosophe et chercheur Popper (1963). Il apporte alors une contribution permettant la démarcation entre science et non science, qu'il appelle falsificationnisme ou réfutation. Cette dernière consiste à soumettre constamment la connaissance au test de l'observation ou de l'expérience, et à chaque fois que cette connaissance résiste, elle est considérée scientifique.

La science permet de produire le savoir le plus adéquat à la réalité. Une adéquation qui ne cesse de progresser et de s'améliorer par le caractère continu de la recherche. Elle combat le dogme scolastique et l'évidence empirique et répond à une volonté de savoir, une vérification expérimentale et une méthode adoptée qui peut être déductive, inductive ou hypothético-déductive.

Juignet (2016) distingue entre trois grands groupes des sciences :

- Les sciences formelles (comme les mathématiques) : ce sont des sciences dont le critère de validité est interne, on dit qu'elles sont autoréférentielles.
- Les sciences empiriques (biologie, sociologie) : ce sont des sciences dont le critère de validité est externe. Elles se réfèrent au réel et suivent des méthodes appropriées pour produire le savoir.
- Les sciences appliquées (la médecine, l'économie, l'ingénierie) : ce sont les sciences dont le critère de validité est la performance du système d'action. Elles ont pour but à la fois la connaissance et la gestion.

1.1.3.2 Définition de la biologie

La biologie est un mot qui provient du grec, composé de « bios » qui signifie « la vie » et de « logos » qui signifie « discours ». La biologie est donc un discours sur la vie, qui s'intéresse

à l'étude du vivant et qui, à travers la pratique d'une recherche constante, arrive à comprendre l'être vivant dans ses propriétés et ses limites.

Cependant, il n'existe pas de définition scientifique de la vie (Stewart, 1996), ce qui renvoie vers des discussions philosophiques et par conséquent vers une multitude de propositions. Stewart (1996), résume l'être vivant en trois critères ; c'est un système thermodynamique ouvert, c'est un système fonctionnel et c'est un système qui s'auto construit et s'auto organise. Garneau et Larivey (1999) proposent une autre conception du vivant caractérisée par une tendance actualisante, un système d'autorégulation, des échanges avec l'environnement, le mouvement et l'unicité. Pour d'autres biologistes, le vivant c'est une autoconservation, une autoreproduction et une autorégulation (Rohner, 1975 ; Maturana & Varéla,1980 ; Varéla, 1989 ; Clément, 1999).

A travers ces différentes définitions du vivant, le caractère de l'autonomie est toujours présent. Or, cette autonomie du monde vivant a une limite, dans la mesure où ce dernier a besoin d'énergie pour assurer ses différentes fonctions. Il puise alors l'énergie de son environnement avec des modalités extrêmement différentes, il la convertit en une énergie chimique utilisable par la plus petite unité fonctionnelle qui le constitue à savoir, la cellule. Et c'est à partir de cette unité que nait une biodiversité du vivant (Gauer, 2015).

La biologie est une science qui étudie le vivant dans sa biodiversité et selon différentes échelles. Elle va du stade moléculaire jusqu'au stade de la population et s'intéresse à la description des êtres vivants, de leurs comportements, de leurs reproductions, de leurs fonctionnements ainsi qu'à l'étude des interactions entre eux et avec leurs environnements, ce qui impose son morcellement en plusieurs sous disciplines. De ce fait, la biologie a évolué selon deux grandes visions, une stricte et restrictive qui s'intéresse spécifiquement au comportement des êtres vivants (l'éthologie et l'écologie) et une large et globale qui étudie l'être vivant dans sa complémentarité et qui inclue toutes les sciences de la vie.

1.1.3.3 Histoire de la biologie

C'est au cours de la période néolithique (environ 3500 ans avant J-C) que l'Homme préhistorien a débuté les premières pratiques biologiques. Il a commencé l'agriculture et l'élevage de quelques animaux comme les vaches, les porcs et les béliers, ce qui lui a permis de transformer son mode de vie nomade à sédentaire. Ensuite, vient la période de l'antiquité, qui a été caractérisée par l'apparition des premiers schémas d'anatomie humaine et par le début de la classification des espèces. Cette période a connu également le début des pratiques

de dissection et de quelques simples interventions chirurgicales et a été caractérisée par l'apparition de plusieurs traités médicaux dont le plus célèbre est « Le corpus Hipocratique » du philosophe et médecin grecque Hippocrate.

Quant au moyen âge qui s'étend de la fin du 5ème siècle à la fin du 15ème siècle, il a connu la traduction des ouvrages biologiques et l'apparition des premières universités et des premières écoles de médecine. Cependant, l'influence prépondérante de l'église en occident réprimait la plupart des contributions biologiques de l'époque. A l'opposé de l'orient, où plusieurs savants arabes comme Rhazès et Avicenne continuèrent la recherche et participèrent au développement de la biologie en générale et de la médecine en particulier.

Du 15ème au 17ème siècle, l'époque moderne ou encore appelée la renaissance, a été caractérisée par l'apparition de nouvelles techniques de diffusion du savoir ce qui a assuré un large périmètre de transfert et de partage de la connaissance scientifique. Elle a connu également l'invention du microscope, qui a permis de nouvelles observations biologiques et a contribué largement à l'avancement des pratiques expérimentales et de l'explication du vivant.

A partir du 18ème siècle, l'étude des êtres vivants est devenue la majeure préoccupation des chercheurs, plusieurs travaux, dont ceux de Linné, ont contribué au développement d'une systématique moderne en rassemblant les êtres vivants à l'intérieur d'entités hiérarchisées prédéfinies. D'autres, comme ceux de Hook, Schleiden, Schwann, Lamarck et Darwin ont contribué à l'élaboration de la théorie cellulaire, la théorie du transformisme et de la théorie de l'évolution. La génétique a également connu d'importants progrès, d'une part en termes d'explication des phénomènes responsables de la transmission des caractères et d'autre part par l'intégration des lois mathématiques statistiques et probabilistes. (Baudet, 2018).

1.1.3.4 Caractères propres à la biologie

Unité et diversité du vivant

Le mot biologie est apparu pour la première fois en 1802 avec le vitaliste allemand Treviranus et le naturaliste français Lamarck. Ces deux chercheurs attribuèrent à la biologie une fonction scientifique responsable de produire les lois qui régissent la nature et une fonction historique, ou ce qu'a appelé Whewel (1837) dans son Histoire des sciences inductives : la science palétiologique, qui concerne l'ordonnancement spatiotemporel des causes et des effets ainsi que leurs explications (Gayon, 1993). Cette double fonction attribuée à la biologie, d'une part

scientifique et d'autre part historique permet l'étude des êtres vivants dans leur diversité des formes et des manifestations mais en même temps dans leur unité de substance et de fonctionnement (Coquidé, 1996).

Critères de scientificité

Selon le critère de scientificité, Piaget (1967) fait la distinction entre trois grandes catégories de sciences ; les sciences formelles ou logico-mathématiques comme les mathématiques et l'informatique, les sciences expérimentales ou de la nature comme la physique, la chimie et la biologie et les sciences sociales ou psychosociologiques qui étudient et expliquent les comportements humains. Cette classification dessine un ordre de complexité croissant et de scientificité décroissant qui sous-tend que plus la science intègre le langage mathématique dans sa démarche et dans la validité de ses produits et plus elle s'éloigne de tout ce qui se rapporte à la métaphysique et à la scolastique, plus elle gagne davantage de scientificité (Pinet, 2009).

Dans son introduction à la médecine expérimentale, Bernard (1865) confère à la méthode expérimentale et au déterminisme le pouvoir discriminatif entre une science exacte et une science qui ne l'est pas. Il considère que non seulement les sciences physiques et chimiques qui répondent à ce critère, mais également la biologie, bien que cette dernière rencontre des problèmes par rapport aux postulats d'objectivité qui est primordiale pour la scientificité d'une discipline.

1.1.4 L'expérimental en biologie

1.1.4.1 Caractéristiques de l'expérimental en biologie

Résistance du vivant

Dans son ouvrage intitulé résistance du réel dans les pratiques expérimentales, la chercheuse française Coquidé (1999) relève la difficulté que représente l'investigation sur le vivant. Elle montre comment la variabilité des caractéristiques physiologiques et comportementales même au sein d'une même espèce rend difficile toute transposition et généralisation des résultats. Une résistance qui, dans le domaine éducatif, entraîne de sérieux conflits cognitifs chez les apprenants, soit par non-conformité des résultats aux attentes, soit carrément par absence de résultats.

Ethique et sacralité du vivant

La biologie est une science expérimentale qui consiste à faire des interventions sur du matériel vivant qui peut être pourvu ou dépourvu d'un système nerveux. Ce critère de sensibilité attribué spécifiquement à l'expérimentation animale renvoie vers deux principales contraintes ; la première est relative à la validité de l'expérimentation sur un animal placé dans de nouvelles conditions et la deuxième concerne la légitimité de l'expérimentation sur un être sensible (Veissier, 1999).

Malgré l'évolution du statut de l'animal d'un objet au service de l'être humain à un être sensible ayant droit de vivre, la différence entre Homme et animal est toujours présente sur les paillasses des laboratoires. Pour cela, et dans le but de minimiser la souffrance et le sacrifice des animaux en faveur de l'expérience, certains biologistes, proposent des modes d'évaluation de l'intérêt de l'expérimentation par rapport à toute exploitation directe et in vivo du vivant. Ils proposent également des règles de conduites de l'expérience, auxquelles ils attribuent les trois R ; **R**emplacer le plus possible l'expérimentation sur l'animal par des alternatives, **R**éduire le nombre des animaux utilisés dans l'expérimentation et **R**affiner les méthodes afin de minimiser la douleur (Russel et Burch, 1959).

1.1.4.2 Enseignement de l'expérimental en biologie

Depuis bien longtemps, la biologie n'est plus cette science qui se contente de décrire le monde vivant dans sa structure et son fonctionnement, elle est devenue une science expérimentale par excellence, de même que la physique et la chimie. Cette substitution à l'expérimentation a permis de mieux appréhender la réalité en rendant les concepts nouveaux moins ambigus et en facilitant leur assimilation par les apprenants.

La biologie est une science où l'expérimentation doit être prioritarisée par rapport à tout autre enseignement, en favorisant d'abord l'expérimentation directement effectuée par les apprenants, ensuite la démonstration expérimentale et enfin le recours aux faits non démontrables.

Cependant, la pratique enseignante reflète une priorité renversée, où les enseignants font plus recours aux faits non démontrables et quelques fois la démonstration expérimentale alors qu'ils renoncent à toute expérimentation où l'apprenant est l'acteur principal. Sous prétexte de volume horaire insuffisant, les enseignants privent les apprenants de bien comprendre la réalité et d'acquérir une pensée scientifique (Rohner, 1975).

Apport des nouvelles technologies éducatives à l'expérimental en biologie

Les TICE ou les Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement représentent les outils et produits numériques à usage éducatif. Leur introduction dans le domaine scolaire est d'abord un apport pédagogique qui présuppose un gain sur différents niveaux ; un gain de temps et d'énergie, une motivation des apprenants en les initiant à une appropriation active des situations de l'apprentissage et en les mettant dans le cadre d'une technologie contemporaine (Mangenot, 2000) ainsi qu'un gain au niveau de la conceptualisation et la modélisation des phénomènes, ce qui minimise l'installation des fausses conceptions chez les apprenants.

En sciences expérimentales en général et en sciences de la vie en particulier, un nombre important de questions conduisent à des expériences irréalisables en classe, à cause de la complexité des systèmes, la difficulté du contrôle des variables, la résistance du réel, les phénomènes à déroulement temporel ou spatial gigantesque, etc. Cependant, avec le progrès technologique qu'a connu ce type d'enseignement, par l'intégration des appareils de mesure, d'observation, de suivi, de contrôle, de modélisation, etc., il est désormais possible de reproduire en accéléré des phénomènes qui nécessitaient beaucoup de temps pour se produire, ou en ralentit des phénomènes qui se produisaient en une fraction de seconde, des phénomènes qui nécessitaient un large champ de réalisation ou le contraire. Il est aussi devenu possible de contrôler les variables, d'ajouter ou de supprimer un ou plusieurs paramètres ainsi que de répéter des phénomènes en vue d'une compréhension meilleure (Nafidi et al., 2018).

Au-delà de cette initiation à la technologie, dont l'usage conduit vers une appropriation pédagogique meilleure, l'intégration effective des TICE dans le système éducatif est sujette à une multitude de contraintes. Teyssedre (2012) les regroupe en quatre grands cadres de préoccupation :

- ✓ Un cadre institutionnel nécessaire au déploiement des TICE dans les enseignements.
- ✓ Un cadre technique ou matériel qui nécessite la disposition d'un matériel spécifique, et la programmation de formations pour les enseignants ;
- ✓ Un cadre pédagogique où l'enseignant doit disposer d'un minimum de compétences cognitives et techniques, spécifiques aux TICE ;
- ✓ Un cadre identitaire dans lequel l'enseignant agit plus ou moins selon des convictions, une idéologie, et en fonction des représentations en relation avec les objets de l'enseignement.

Evaluation de l'expérimental en biologie

L'examen certificatif du baccalauréat en sciences de la vie et de la terre représente 75% de la moyenne générale, les 25% restantes sont réservées au contrôle continu. Au sein de ce dernier, il existe plusieurs activités à évaluer, il y a l'examen écrit sous forme de devoirs écrits surveillés (purement cognitif) qui représente 75%, le reste est réservé à toutes les activités pratiques, dont l'expérimental, le psychomoteur, le socio affectif et le comportement disciplinaire de l'élève. Cette comptabilisation à caractère sous-estimant renvoie l'évaluation de l'expérimental à moins de 1%. Heureusement que certaines situations évaluatives des devoirs et des examens écrits traitent le côté raisonnement (théorique) de l'expérimental. L'expérimental pratique et le psychomoteur ne sont donc pratiquement pas évalués, et ''ce qui n'est pas évalué n'est pas enseigné'' ; précepte qui trouve son application automatique chez les enseignants !

1.1.4.3 Formation à l'expérimental en biologie

La formation à l'enseignement des sciences de la vie doit assurer respectivement une préparation théorique approfondie et pratique expérimentale de laboratoire. Un passage du théorique à l'action qui fait appel à un ensemble de compétences, en termes d'usage du matériel et des produits chimiques, d'habileté manuelle, de pratique de mesure et d'observation, d'un raisonnement particulier, etc. De plus, des compétences en relation avec la gestion de la classe et du maintien du matériel doivent être prises en considération lors de la formation à l'enseignement expérimental avec bien sûr une initiation aux règles de sécurité au laboratoire.

Cependant, plusieurs études (Meirieu, 1990 ; Perrenoud, 1997 ; Coquidé, 2003) ont montré l'existence d'un déficit de formation en ce qui concerne les compétences professionnelles que demande ce type d'enseignement, d'où la nécessité de suspecter les circonstances à l'échelle nationale afin de pouvoir apporter des modifications efficaces et efficientes.

1.2 Etudes antérieures

1.2.1 Etude de Coquidé et Flageul sous le titre « Conceptions d'étudiants professeurs des écoles sur l'expérimentation et obstacles corrélatifs à sa mise en œuvre à l'école élémentaire » (1999)

L'étude vise à mettre en exergue l'importance et la méthodologie de l'analyse épistémologique dans la planification de la formation et de l'enseignement et a pour objectif d'adapter la pédagogie des représentations et à des séquences de formation à l'enseignement

de l'expérience scientifique. C'est ainsi que la recherche exploite ingénieusement les étapes de détection des représentations et de formulation de l'objectif obstacle pour déduire une situation didactique partant de la démarche réflexive pour aboutir à la transposition aux activités d'apprentissage de l'élève du primaire.

Afin de voir s'instaurer une véritable démarche scientifique expérimentale dans les écoles, comme les instructions officielles y invitent, il faut connaitre les référents empiriques et les conceptions des enseignants ou des futurs enseignants concernant l'expérimental et ses fonctions, ce qui aidera à déterminer les stratégies de formation à mettre en œuvre.

Dans le but de faire émerger ces conceptions, Coquidé et Flageul ont proposé un questionnaire à un échantillon formé de 200 étudiants et professeurs stagiaires de Rouen et Chartres.

Le questionnaire comprend 4 questions, 2 portants sur les souvenirs relatifs aux pratiques expérimentales en biologie et 2 autres sur l'expérience et son rôle dans l'activité des scientifiques.

Le questionnaire

Q1 – Quels souvenirs de pratique expérimentale en biologie, en tant qu'élève, avez-vous ? Si possible en décrire au moins une.

Q2 – Connaissez-vous un ou plusieurs scientifiques qui ont réalisé des recherches expérimentales en biologie ? Si oui, nommez-les et décrivez une ou plusieurs de ces expériences.

Q3 – Pour vous, qu'est-ce qu'une expérience ?

Q4 – Quel est le rôle de l'expérience dans l'activité des scientifiques ?

L'analyse des réponses à la 1ère question a montré que pour certains, il ne reste aucun souvenir d'une pratique expérimentale en biologie, donc les référents scolaires la concernant semblent inexistants.

Pour d'autres, la pratique expérimentale de mise en évidence est très présente, il y a modification des conditions naturelles pour mettre en évidence d'autres choses non identifiables par nos sens. On note aussi la présence des expériences sur l'animal mais qui présentent un rejet fréquent par les étudiants et les stagiaires pour des raisons éthiques.

Quant à ceux qui restent, ils confondent entre activités pratiques et pratique expérimentale et associent la pratique expérimentale vécue à des dissections, des observations, des cultures, des sorties et des élevages.

L'analyse des réponses à la 2ème question a montré la prédominance de quelques scientifiques comme Pasteur, Pavlov, Bernard et d'autres …, mais dont les travaux restent le plus souvent peu connus, ce qui reflète une connaissance restreinte dans le domaine de l'histoire des sciences. Ainsi, l'étude a relevé chez ces étudiants, une confusion dans les champs disciplinaires : les noms de certains scientifiques chercheurs physiciens associés à l'expérience en biologie.

Malgré la très grande similarité dans le vocabulaire employé, le traitement statistique des réponses aux deux dernières questions a permis de les classer en 3 catégories :

- Des réponses similaires pour Q3 et Q4

Ces réponses contiennent des mots très liés à l'idée d'expérience dans la démarche scientifique.

- Des réponses présentes uniquement par rapport à Q3

Ces réponses indiquent une conception très concrète de l'expérience ; « *on fait pour chercher des résultats et collecter des données* ».

- Des réponses présentes uniquement par rapport à Q4

Ces réponses mettent la lumière sur le travail intellectuel dans l'expérience.

Quoique cette étude ait mis en évidence une bipolarisation entre le registre empirique de l'expérience qui concerne le raisonnement et la construction intellectuelle et le registre théorique qui relève du concret et du réel, l'analyse comparative des réponses aux questions Q1 et Q3 a montré que les stagiaires accordent plus d'attention à la réalisation effective de l'expérience, ce qui représente un obstacle important au concept d'expérimentation.

Les conceptions sur l'expérience analysées ci-dessus représentent des obstacles à l'évolution de la matrice cognitive de ces sujets. Les auteurs ont donc proposé un tableau de représentations-obstacles pour analyser le cadre épistémique des sujets dans l'optique d'envisager des actions de remédiation et puis dépasser ces obstacles.

Pour chaque représentation-obstacle, les auteurs ont déterminé le réseau d'idées associées qui explique la résistance à l'obstacle, ce que cet obstacle empêche de comprendre, l'objectif-obstacle et les possibilités de son franchissement pour instaurer les concepts visés.

Les représentations obstacles détectées chez ces stagiaires sont :

- Observer c'est expérimenter.
- Manipuler c'est expérimenter.
- Chercher c'est expérimenter.
- Collecter des informations c'est expérimenter.
- Prouver et démontrer c'est expérimenter.

Ces représentations obstacles ont conduit à la proposition des objectifs obstacles suivants :

***L'expérience* :**

- ***C'est un travail intellectuel qui consiste à imaginer des hypothèses et des protocoles expérimentaux ;***
- ***C'est une observation provoquée qui consiste à intervenir d'une façon consciente dans le déroulement d'un phénomène en vue de provoquer une modification observable ;***
- ***C'est un recueil et stockage de l'information ;***
- ***C'est une confrontation au réel d'une solution provisoire pour la réfuter ou la conforter ;***
- ***Nécessite une maitrise et un contrôle de tous les paramètres.***

Des situations problèmes ont été conçues pour dépasser ces obstacles.

Parmi les conceptions relevées chez les stagiaires, c'est l'importance accordée au rôle de l'aspect pratique, en opposition à la faible place faite au raisonnement. Pour cela Coquidé et Flageul ont choisi l'exemple de la situation de franchissement de la représentation obstacle « expérience = manipulation » car ce choix aurait permis de dissocier le moment de la conception d'une expérimentation de celui de sa réalisation effective et pratique.

La situation de formation à la démarche est sous forme d'une vidéo décrivant le comportement alimentaire du Trachops, ce dernier se nourrit de batraciens mais partage aussi son lieu de vie avec d'autres batraciens venimeux qu'il n'attaque pas !

Pour résoudre ce problème biologique « comment le Trachops repère-il ses proies ?», les stagiaires doivent s'approprier le problème et le reformuler, déduire des hypothèses avec une formulation négative et positive, comparer et confronter les productions, concevoir un protocole valide pour chaque hypothèse, décrire l'expérience et commander le matériel nécessaire et enfin mettre en évidence et structurer une démarche expérimentale.

A la fin de ce travail, il est demandé aux stagiaires de transposer les activités précédentes en insistant sur la nécessité de séparation des deux entités : raisonnement et activité empirique sans que l'une prédomine sur l'autre.

1.2.2 Etude de Taoufik sous le titre : « Les Activités Expérimentales Dans L'enseignement Des Sciences Physiques : Cas Des Collèges Marocains » (2016)

A travers cette recherche, l'auteur traite l'état de la pratique expérimentale dans l'enseignement des sciences physiques au collège marocain et les raisons qui justifient sa faiblesse.

A l'aide d'outils adaptés, l'auteur a commencé par vérifier l'équipement des laboratoires en matériels et produits expérimentaux et leur exploitation, il a mesuré également le degré d'implication des élèves dans les activités expérimentales et a déterminé à quel point l'utilisation des TIC dans les activités expérimentales des sciences physiques pourrait être utile.

La collecte des données a été effectuée au moyen d'un questionnaire à questions fermées et à questions semi-ouvertes.

L'échantillon de la recherche est formé par 100 enseignants et 400 élèves de collège répartis sur trois délégations provinciales de l'éducation nationale au Maroc ; Settat, Tétouan et Casablanca.

Les résultats de la recherche ont montré que 100% des collèges de l'échantillon possèdent un laboratoire dont 87% ne contiennent pas tout le matériel nécessaire pour la réalisation de toutes les expériences du programme scolaire collégial en sciences physiques.

33% des enseignants affirment l'exploitation de l'espace laboratoire pour la réalisation des expériences, tandis que d'autres l'utilisent pour le stockage du matériel et des produits ou ne l'utilisent carrément pas.

En ce qui concerne l'implication des élèves dans la réalisation des expériences, les résultats ont montré que seuls 7 à 11% des élèves de l'échantillon ont pu réaliser les expériences sous forme de TP autonome. La plupart des enseignants préfèrent réaliser les expériences eux-mêmes pour des raisons d'effectif élevé des élèves, surcharge des programmes, expériences à risques, crainte d'endommagement du matériel et la difficulté de la gestion de la classe.

Devant ces contraintes qui s'opposent à l'implication effective des élèves dans les pratiques expérimentales en sciences physiques, l'auteur se propose de mesurer le degré du recours des enseignants à l'utilisation des TIC.

Les résultats collectés ont montré que 30% des enseignants interrogés n'ont jamais utilisé les TIC dans l'enseignement par manque de ressources numériques adaptées au programme ou par manque de formation à leur utilisation, 60% utilisent les TIC occasionnellement et seulement 10% affirment leur utilisation quotidienne.

Dans une autre optique, 80% des enseignants interrogés affirment que les TIC ne peuvent pas substituer les expériences réelles mais seulement les complémenter.

L'enseignement scientifique expérimental est donc confronté à plusieurs difficultés sur les plans, organisation du temps et de l'espace, surcharge des programmes, règles de la sécurité … ; et même avec le recours à l'utilisation des TIC, la nature investigatrice des activités expérimentales ne peut pas être substituée.

1.2.3 Etude de Galiana sous le titre « les pratiques expérimentales dans les manuels scolaires des lycées (1850-1996) » (1999)

C'est une étude effectuée pour l'obtention du diplôme de doctorat, apparue sous forme d'article dans la revue aster numéro 28 sous le titre « les pratiques expérimentales dans les manuels scolaires des lycées (1850-1996) ».

Objectif et questions de recherche :

L'objectif de la recherche est de découvrir les aspects de l'évolution de la pratique et du raisonnement expérimentaux dans la pédagogie de l'enseignement des sciences au secondaire en France. Les questions de recherche sont :

- Quels sont les types d'approches logiques utilisées dans la pratique expérimentale scientifique scolaire ?
- Quelles sont les constantes et les variables dans la pratique expérimentale scolaire à travers le temps ?
- Quels sont les aspects évolutifs dans les fonctions expérimentales et dans la textualisation des pratiques expérimentales dans le manuel scolaire scientifique dans le temps ?

Méthodologie de recherche :

L'auteur a choisi d'analyser les expériences du manuel scolaire sur la période s'étalant de 1850 début de la mise en place d'un enseignement scientifique à 1996 date de la dernière réforme des lycées jadis. Il a retenu le concept de photosynthèse vu qu'il a été enseigné depuis 1850 sans interruption et vu qu'il se prête bien à une approche expérimentale.

Outil de recherche :

L'auteur a utilisé une grille d'analyse des manuels scolaires portant aussi bien sur le fond que sur la forme. Cette grille comporte plusieurs champs : la présentation du chapitre et sa structure, le statut de l'expérience, son type et sa fonction, le type de raisonnement et de causalité et le niveau de formulation conceptuelle.

Résultats de recherche :

- Le nombre d'expériences dans les manuels scolaires s'est élevé à partir de 1902 avec l'officialisation des travaux pratiques dans les programmes d'enseignement.
- Présence d'expériences prototypiques (même à travers l'avènement du numérique EXAO) comme l'expérience de bonnet.
- L'évolution du statut de l'expérience dans les manuels scolaires : de l'expérience illustrative à statut de preuve à l'expérience qui précède la théorie caractérisant la pédagogie de la redécouverte jusqu'à l'introduction de la méthode EXAO dans les pratiques expérimentales scolaires.
- Au début, la démarche expérimentale était déductive (l'expérience vient confirmer la théorie) pour qu'elle devienne ensuite inductive au cours des années 90 (l'expérience permet d'induire la théorie) sous l'influence essentiellement de la pédagogie de redécouverte instaurée par Brunold.
- Le principe de causalité est appliqué par le jumelage de l'expérience et la contre-expérience pour démontrer la relation de cause à effet, ce qui n'est vrai que dans des conditions où aucun autre facteur limitant n'existe.
- A travers le temps, les représentations graphiques des expériences deviennent plus spacieuses et moins figuratives.

1.3 Méthodologie

1.3.1 Type de la recherche

C'est une recherche qualitative, descriptive, qui a pour but l'exploration et la description du statut de l'expérimental dans les cours de biologie au lycée et la mise en évidence des contraintes qui s'opposent à sa bonne réalisation.

Le choix de la méthode qualitative est dû essentiellement à la subjectivité de l'objet étudié, ce qui le rend difficilement ou carrément non mesurable. Les résultats ne sont donc pas exprimés en chiffres et ne peuvent être généralisés que dans certaines conditions de validité que nous avons montré dans la partie intitulée : critères de scientificité du type de la recherche (voir dessous).

Cependant, ce type de recherche permet de décrire le problème étudié, de l'étudier en profondeur, et d'obtenir des réponses et des explications pertinentes et significatives par rapport au problème.

1.3.2 Critères de scientificité du type de la recherche

La validité de la méthode qualitative nécessite que les données obtenues soient représentatives de la réalité. Pour cette fin, le recours à la méthode triangulaire permet de garantir plus de fiabilité et de validité à ce travail de recherche.

Cette méthode consiste à multiplier les techniques de recueil de données en se basant sur des entretiens auprès des enseignants d'une part et des inspecteurs d'autre part, des observations réalisées au sein des laboratoires des SVT ainsi qu'une confrontation des données recueillis avec les données de la littérature.

La validité de la méthode utilisée dépend également de la crédibilité des informations utilisées et de la rigueur scientifique dans les différentes opérations aboutissant aux résultats.

1.3.3 Outil de la recherche

L'étude qualitative requiert deux techniques principales de collecte de données : l'entretien et l'observation.

1.3.3.1 L'entretien

Un guide d'entretien semi directif a été conçu et mis à situation de communication avec le groupe des enquêtés, dans le but de mettre en évidence les problèmes rencontrés lors de la réalisation de l'expérimental ou ceux qui entravent carrément sa réalisation dans les cours de biologie au lycée.

Le guide d'entretien est formé par une introduction au thème de la recherche précisant l'apport de la contribution de l'interviewé à l'amélioration de l'enseignement expérimental suivie d'un ensemble de questions préparées et structurées dans une approche allant du plus général au plus particulier.

Le point de départ à la construction de ce guide d'entretien est la question de recherche : ‘’**Quelles sont les contraintes qui entravent l'expérimental dans les cours de biologie au lycée marocain ?** ‘’. Suivant la technique du Brainstorming avec un groupe d'enseignants, l'analyse réflexive de cette idée première a permis d'en extraire un ensemble d'entités élémentaires. Ces entités sont ensuite organisées suivant un ordre logique et raisonnable et dans une optique allant du général au particulier sous forme d'une liste de thématiques. (Figure 1).

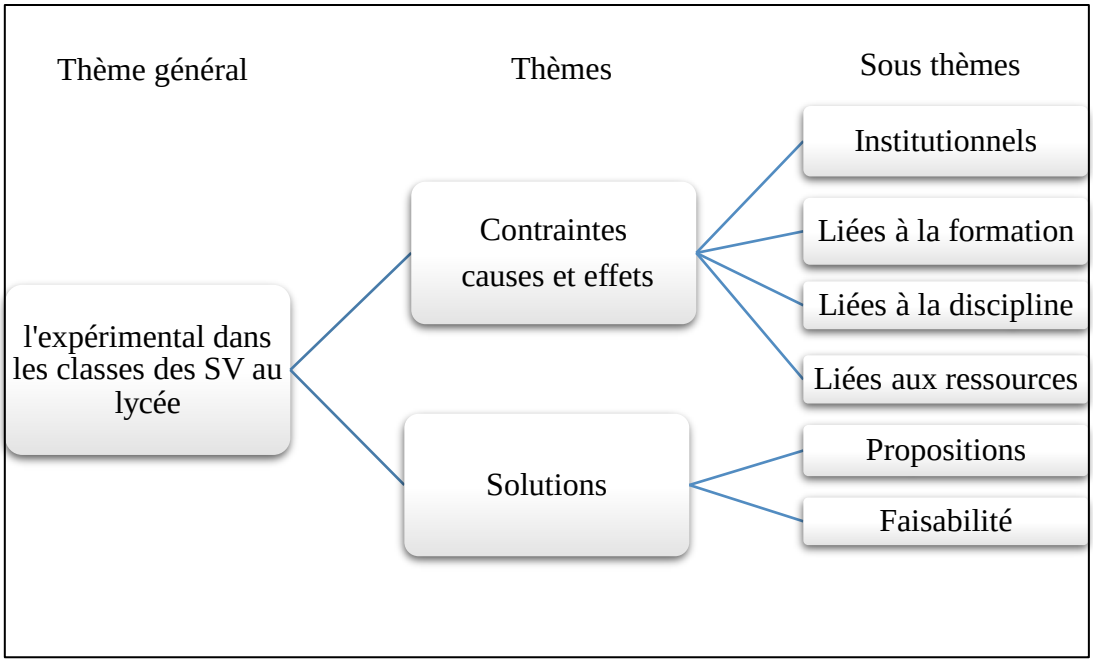


Figure 1 : Organisation des thématiques de l'entretien

Ces thématiques sont ensuite formulées en des questions principales, des questions complémentaires et des questions de clarification, avec un vocabulaire simple, un langage accessible et clair et une expression mettant l'interviewé dans un environnement de détente.

Tableau 1 : Guide de l'entretien semi-directif

Thématiques de l'entretien	**Questions principales**	**Questions complémentaires**	**Questions de clarification**
Contraintes à la réalisation	Pensez-vous que la réalisation de l'expérience scientifique en classe des sciences de la vie rencontre des problèmes ?	Pouvez-vous mentionner les problèmes que rencontre cette réalisation ?	Pouvez-vous spécifier est ce que ces problèmes relèvent des ressources, de la nature de la discipline ou de votre formation ou autres ? Pouvez-vous donner des exemples ?
Propositions de solutions	Quelles sont à votre avis les solutions pour pouvoir résoudre ces problèmes ?	Que pensez-vous de la faisabilité de ces solutions ?	Est-ce que vous avez tenté de résoudre ces problèmes ? Comment avez-vous procédé ?

Ce guide d'entretien est conçu et mené auprès des interviewés en vue de récolter des points de vue, des remarques, des critiques, des fausses conceptions, des manques, des désorganisations, dont souffre l'enseignement expérimental au sein des cours de biologie au lycée marocain. Il permettra également d'obtenir des idées sur les possibilités d'intervention qui peuvent être menées auprès de ce domaine d'enseignement pour pouvoir dépasser ces problèmes et pouvoir redonner à l'expérimental la valeur et l'intérêt qu'il requiert.

Avantages et inconvénients de l'entretien

L'entretien semi directif est principalement utilisé dans les recherches qualitatives, il permet de récolter un nombre important d'informations utiles, ce qui aide à comprendre le phénomène étudié en sa profondeur. Ceci, tout en accordant une flexibilité de questionnement à l'interviewer et une liberté d'expression à l'interviewé.

En effet, l'interviewer a la possibilité de changer l'ordre des questions selon le déroulement de l'interview, il peut même rajouter ou éliminer certaines questions, ce qui lui permet de cadrer le débat et de délimiter le champ de réponses afin d'éviter tout hors sujet.

Cependant, les données recueillies à travers l'entretien ne représentent pas toujours la réalité, les interviewés ont la plupart du temps tendance à dire ce qu'ils pensent au lieu de ce qu'ils font réellement, d'où la nécessité de renforcer les constats par des observations (voir partie observation ci-après).

L'entretien semi directif est une technique qui nécessite une bonne préparation des éléments du guide, un bon sens d'écoute et de communication, un bon tri des constats pertinents et de bonnes interprétations lors de l'analyse.

Echantillon pour l'entretien

L'échantillon de recherche est formé par des professeurs des SVT exerçants répartis dans différents lycées de la région de Marrakech en plus de quelques inspecteurs des SVT de la même région.

Le choix de cet échantillon repose sur le fait que la problématique de recherche est liée à la pratique de l'expérimental au sein des cours de biologie, ce qui limite la population d'exploration aux professeurs des SVT exerçants et aux inspecteurs équivalents.

Le nombre d'entretiens réalisés n'est pas fixé au préalable mais dépendait de l'originalité des informations fournies par les enquêtés. En effet, le processus de collecte de données s'est arrêté au moment de saturation, c'est-à-dire au moment où l'entretien n'apportait plus de nouvelles informations.

Notre échantillon est donc formé par 13 sujets ; 9 professeurs des SVT (sciences de la vie et de la terre) répartis dans différents lycées de la région de Marrakech-Safi et 4 inspecteurs des SVT de la même région. Ces derniers seront d'une utilité importante dans la proposition de perspectives, vue leurs expériences dans l'évaluation des enseignements et leurs compétences pédagogiques dans la conception et la mise en œuvre de formations.

Conditions de passation de l'entretien

Le mode de réalisation de l'entretien varie entre le face à face et la conversation téléphonique selon la disponibilité des participants aux interviews.

L'Entretien est généralement administré individuellement, sauf dans certains cas où la conversation en face à face groupe jusqu'à trois interviewés.

La durée de l'entretien s'étalait de 30 min jusqu'à 60 min et la passation était accompagnée d'un enregistrement vocal ou d'une prise de notes selon le propre choix de l'interviewé.

1.3.3.2 L'observation

Dans le cadre d'une recherche qualitative, l'application de la méthode triangulaire est en mesure de garantir plus de fiabilité et de validité à ce travail de recherche. Cette méthode, comme cité plus haut, consiste à multiplier les techniques de recueil de données entre entretien et observation suivis d'une confrontation avec les données de la littérature.

En effet, l'observation complémente l'entretien ; elle est considérée en tant que méthode directe de recueil de données permettant de détecter l'écart entre ce que déclare la personne et entre ce qu'elle fait réellement. Ceci aboutit, dans la plupart des cas, à des résultats représentatifs de la réalité et donc à des interprétations fructueuses.

L'observation dans la présente recherche est effectuée dans le but de détecter les problèmes rencontrés par les professeurs par rapport à la réalisation de l'expérimental dans les classes des SV au lycée. Pour déterminer ces problèmes, l'observation a concerné les conditions matérielles (appareils, produits, verrerie, …), l'agencement spatio-temporelle dédié aux activités expérimentales et la formation des professeurs par rapport aux expériences du programme. L'observation a concerné également l'attitude des professeurs vis-à-vis de

l'importance de la réalisation effective des expériences en classe ainsi que leurs postures épistémologiques se rapportant au rôle de l'expérience scientifique dans le processus de l'élaboration d'une connaissance scientifique valide et dans l'installation et le développement de l'esprit scientifique et de la méthodologie du travail chez les apprenants.

Avantages et inconvénients de l'observation

L'observation est une méthode de recueil de données qui demande un engagement d'une longue durée et un suivi permanent et exhaustif des activités des personnes observées. Elle requiert du chercheur une capacité à pénétrer les lieux d'observation et à être accepté par les observés bien que cela risque de provoquer un changement de comportement chez ces derniers.

Dans ce travail de recherche, la présence effective de l'observateur (nous-même) dans le lieu naturel des activités des observés est une obligation plutôt qu'un choix, et son intégration aux lieux et sa familiarisation avec les observés sont imposées par son métier, puisque dans notre cas, l'observateur pratique la même activité en situation naturelle et fait partie du même domaine de recherche ; l'enseignement des sciences expérimentales au lycée.

L'observation est donc réalisée au sein du milieu du travail de l'observateur, lycée appartenant à la région de Marrakech-Safi province Rhamna, pendant une durée allant du début jusqu'à la fin de l'année scolaire 2020-2021. Il est intéressant de mentionner que le mode d'enseignement qui a été adopté au Maroc en adéquation avec la pandémie du corona virus est l'enseignement par alternance. Les classes ont été dédoublées et les apprenants bénéficiaient de la moitié du volume horaire en présentiel et l'autre moitié en distanciel.

L'observation a été réalisée lors des créneaux de rencontre des professeurs dans le laboratoire partagé des SVT, c'est-à-dire avant et après chaque séance de cours. L'opportunité d'être constamment au contact des observés s'est répercutée sur la représentativité des données recueillies car le risque de changement de comportement des observés a été atténué puisque la durée d'observation était longue.

De plus, contrairement au questionnaire et à l'entretien, l'observation pose le problème des limites géographiques de l'intervention ; l'observateur ne peut pas être présent dans plusieurs endroits à la fois, et ne peut réaliser l'observation que par rapport à un nombre limité et restreint de personnes. Par ailleurs, elle fournit un nombre important de données permettant la

compréhension du sujet de recherche en profondeur. Ces données s'approchent plus de la réalité que des représentations que se font les gens par rapport à un sujet donné.

Enfin, l'observation exige une prise de note de ce qui a été observé. Il est donc impératif que l'observateur soit le plus objectif possible dans ce processus de reproduction de la réalité et minimiser au maximum toute contamination épistémologique inconsciente et involontaire en adoptant une posture neutre, une vision exhaustive et en reproduisant avec honnêteté les activités observées.

Emploi de la grille d'observation

Bien que l'usage d'une grille d'observation permette de cerner le champ d'observation concerné et de structurer le processus de collecte de données, le fait d'être lié à sa grille prive l'observateur de toute information nouvelle, inattendue ou inhabituelle. L'observateur risque donc de manquer certaines informations utiles dans la bonne compréhension du sujet d'étude.

Comme le souci de cette recherche est de mettre en évidence toutes les contraintes qui peuvent nuire à la réalisation effective de l'expérience en classe, l'observation est réalisée d'une façon libre sans avoir recours à une véritable grille d'observation, on parle d'observation libre ou non systématique. L'observateur est, dans ce cas, amené à détecter toute éventuelle contrainte, quelle que soit son origine et peu que soit son impact sur la faisabilité de l'expérimental dans les cours des SVT de lycée. Il est bien de mentionner que l'observation a été parfois accompagnée de questions visant la bonne compréhension du comportement des observés.

Echantillonnage et prise de notes

L'observation est effectuée dans le lieu du travail de l'observateur, spécifiquement au sein du laboratoire partagé par cinq professeurs enseignant les SVT (inclut l'observateur) et dont l'ancienneté varie entre 4 et 10 ans.

L'observateur reste passif car il ne participe pas aux activités des observés mais il peut toujours interagir avec eux. Les quatre professeurs représentant l'échantillon ont été informés de la situation d'observation et ont montré leur entière prédisposition en faveur de l'amélioration de l'enseignement scientifique expérimental.

La technique de prise de note adoptée est celle du papier-crayon, sa flexibilité et sa facilité de mise en œuvre s'adaptent parfaitement au type d'observation réalisé. La prise de note

concerne essentiellement les causes et les origines de la non réalisation des expériences du programme par les professeurs observés ainsi que leurs attitudes quant aux contraintes rencontrées.

1.4 Résultats et discussions

1.4.1 Résultats

1.4.1.1 Résultats de l'entretien

A partir d'une base de données qui varie entre des enregistrements vocaux et des notes, la retranscription de l'entretien a permis de reproduire les propos des professeurs et inspecteurs des SVT interviewés. Nous avons réalisé ce processus de retranscription d'une part, pour ne pas laisser passer certains éléments significatifs et d'autre part, pour faciliter l'analyse et l'interprétation des données.

La retranscription a été réalisée juste après la collecte de données et a procédé par le tri des informations et par leurs reformulations si nécessaire. Elle a procédé également au rassemblement des répétitions et à la suppression des hésitations, des remarques annexes et des réponses qui ne s'accordent pas avec le thème de l'entretien.

Résultats relatifs aux contraintes

Le tableau suivant résume les différentes retranscriptions des réponses collectées suite à l'entretien auprès des enseignants exerçants. Les réponses concernent les contraintes relatives à la non réalisation des expériences en classe des sciences de la vie au lycée que nous avons catégorisées plus loin dans la partie discussion.

Tableau 2 : Récapitulatif des réponses à l'entretien relatives aux contraintes

	Réponses relatives aux contraintes
C_1	*« Le matériel est insuffisant et des fois défectueux »*
C_2	*« Comment veux-tu que je réalise une expérience avec une absence totale de produits chimiques ? la salle n'est même pas alimentée en eau »*
C_3	*« Le laboratoire contient du matériel en partie inadéquat avec le contenu du programme »*
C_4	*« Cela nécessite beaucoup d'effort, surtout en l'absence d'un préparateur de laboratoire »*
C_5	*« Cela nécessite du temps, il faut venir en avance pour préparer à l'expérience et sortir tard après avoir ranger la salle »*

C_6	*« Avec une classe de 40 personnes, il faut d'abord arriver à les faire taire avant de réfléchir à faire une expérience ! »*
C_7	*« Le programme est trop chargé, ce qui ne laisse pas le temps à la réalisation effective des expériences »*
C_8	*« J'essaie de consacrer plus de temps à faire des exercices pour préparer les élèves à l'examen. Les expériences ! ce n'est pas en cela qu'ils vont être évalués ! »*
C_9	*« Il y a l'ExAO dans le laboratoire, mais je ne sais pas comment l'utiliser ! »*
C_{10}	*« Personnellement, je n'ai pas reçu de formation concernant la réalisation des expériences du programme, donc je ne me casse pas la tête ! »*
C_{11}	*« Je préfère utiliser une vidéo de la réalisation de l'expérience plutôt que sacrifier des vies » / « La sacralité du vivant doit se limiter aux grands laboratoires des sciences »*

Les différentes réponses des interviewés tendent plutôt vers des contraintes d'ordre externe, liées à l'absence ou l'insuffisance des ressources matérielles et/ou humaines (C_1, C_2, C_3, C_4, C_5), aux effectifs élevés des apprenants par classe (C_6), à la surcharge des programmes de l'enseignement des SVT au lycée (C_7, C_8), au déficit de la formation à l'enseignement expérimental (C_9, C_{10}), ou encore à l'éthique vis-à-vis de la sacralité du vivant (C_{11}).

Résultats relatifs aux solutions

Le tableau suivant résume les différentes retranscriptions des réponses collectées suite à l'entretien auprès des enseignants pratiquants et des inspecteurs. Les réponses concernent les solutions proposées pour dépasser les contraintes relatives à la non réalisation des expériences en classe des sciences de la vie au lycée.

Tableau 3 : Récapitulatif des réponses à l'entretien relatives aux solutions

	Réponses relatives aux solutions
S_1	*« Il faut réfléchir à équiper les laboratoires avec ce qui convient au programme »*
S_2	*« Commencer par diminuer la charge des programmes pour libérer du temps à la réalisation des expériences »*
S_3	*« Il faut d'abord réadopter le dédoublement des classes pour diminuer l'effectif des élèves lors des séances de travaux pratiques »*
S_4	*« L'évaluation doit prendre en compte le côté pratique autant que le côté*

	théorique, ce qui va pousser les professeurs à planifier la réalisation et par suite l'évaluation de l'expérience dans leurs cours »
S_5	*« A la faculté, on consacre une demi-journée (4h) pour la réalisation des travaux pratiques et cela en présence généralement de deux professeurs de la matière et d'un préparateur de laboratoire, et le nombre les étudiants ne dépasse pas les quinzaines. Il faut donc reproduire ces conditions pour rendre la réalisation des expériences possibles dans les classes de lycée. »*
S_6	*« La formation initiale et continue des professeurs à la réalisation des expériences et à l'utilisation du nouveau matériel est nécessaire »*
S_7	*« A mon avis, il faut intégrer des heures de travaux pratiques dans l'emploi du temps des professeurs avec une supervision de leur réalisation par les inspecteurs »*
S_8	*« Face au problème éthique de sacralité du vivant, il est conseillé d'utiliser des modèles ou des maquettes, tableaux interactifs, EXAO, logiciels et films pédagogiques, tablettes interactives, réseaux sociaux »*

Les solutions proposées par les interviewés tendent vers l'adéquation de l'équipement des laboratoires d'une part au contenu du programme et d'autre part à l'effectif des apprenants par classe (S_1), la diminution de la charge des programmes (S_2) et de l'effectif des apprenants par classe (S_3), l'intégration de la pratique expérimentale dans le système de l'évaluation (S_4), la nécessité de fournir un personnel technique de laboratoire (S_5), la programmation des formations à l'expérimental que ce soit en amont ou en cours de l'exercice du métier de l'enseignement (S_6), l'officialisation des séances des travaux pratiques dans le curriculum officiel et dans l'emploi du temps attribué aux professeurs (S_7) et enfin, l'adoption de méthodes alternatives (EXAO, maquettes, logiciels, …) pour des fins éthiques et préservation du vivant (S_8).

1.4.1.2 Résultats de l'observation

En plus des contraintes mises en évidence à travers l'entretien, l'observation a permis de démontrer que l'abstention des professeurs à réaliser l'expérience est due également à des contraintes d'ordre interne. Cette nomination est déduite à partir des justificatifs des comportements adoptés par les professeurs lorsque les conditions externes favorables à la réalisation de l'expérience sont réunies.

Le tableau 4 ci-dessous résume les différents comportements observés auprès des professeurs vis-à-vis de la réalisation effective de l'expérience ainsi que les justifications qu'ils fournissent :

Tableau 4 : Comportements et justificatifs des comportements des enseignants vis-à-vis de la réalisation des expériences

<table>
<tr><th>Comportement observé</th><th colspan="2">Justificatifs du comportement observé</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Le professeur ne réalise pas l'expérience même lorsque les conditions suffisantes et nécessaires à sa réalisation sont réunies.
Il penche vers des alternatives (photo à la place d'observation microscopique / vidéo ou documents à la place d'une réalisation effective de l'expérience).</td><td>J₁</td><td>Les professeurs préfèrent exposer des résultats prêts plutôt qu'issus à partir d'une expérience effective

Exemple 1 : « Je préfère présenter des résultats déjà prêts, ça garantit une bonne lisibilité et ça évite le gaspillage du temps »

Exemple 2 : « J'évite les risques que peuvent présenter les expériences surtout en absence des mesures sanitaires au sein des laboratoires »</td></tr>
<tr><td>J₂</td><td>Les professeurs sous-estiment le côté manipulatoire de l'expérience en attribuant plus d'intérêt et de temps aux côtés théorique et méthodologique.

Exemple 1 : « Le plus important c'est la construction des concepts et l'application d'une méthodologie scientifique »

Exemple 2 : « les expériences, c'est uniquement pour l'illustration des connaissances déjà déduites »</td></tr>
</table>

L'observation des comportements des professeurs par rapport à la réalisation des expériences a montré que ces derniers renoncent à la réalisation effective de l'expérience même lorsque les conditions nécessaires et suffisantes à sa mise en place sont réunies et penchent vers l'adoption d'alternatives ; des vidéos, des photos ou encore des documents (expérience sous forme d'exercice intégré).

Dans le but de donner une signification aux comportements observés auprès des professeurs, nous nous sommes permis, de temps en temps, de leurs poser des questions de clarification.

Mis à part les contraintes techniques, pédagogiques et éthiques, mis en évidence à travers l'entretien, les réponses montrent :

- Une préférence à exposer des résultats prêts qu'issus à partir d'une expérience effective.
- Une sous-estimation du côté manipulatoire de l'expérience en attribuant plus d'intérêt et de temps aux côtés théorique et méthodologique (construction de concepts scientifiques et acquisition de démarches scientifiques).

1.4.2 Discussions

1.4.2.1 Discussion des résultats de l'entretien

Discussion des résultats de l'entretien relatifs aux contraintes

L'analyse des résultats de l'entretien a permis de catégoriser les contraintes mises en évidence selon leurs ordres d'appartenance en contraintes techniques, pédagogiques et éthiques :

- Contraintes d'ordre technique, matériel et infrastructurel (C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6) :

Les C_1 et C_2 des professeurs des SVT enquêtés montrent que les laboratoires des sciences de la vie sont peu équipés en appareils, en produits chimiques et en échantillons biologiques. En plus de cela, la C_3 montre que seule une partie de cet équipement est conforme au programme actuel, l'autre partie concerne d'anciens programmes ou carrément celui du collège (collège transféré dans beaucoup de cas).

Quant aux salles spécialisées, la C_2 montre que l'équipement en gaz, eau et électricité n'est généralement pas assuré et la C_6 rajoute que l'abandon des séances dédoublés dans la plupart des lycées, ajointé à des effectifs élevés des apprenants rendent difficile la réalisation effective des expériences en classe.

De plus, les C_4 et C_5 évoquent que le manque de personnel de laboratoire au sein du lycée rajoute aux fonctions habituelles du professeur les tâches supplémentaires et lourdes de préparation, de rangement et de nettoyage.

Ces résultats s'accordent bien avec ceux de la recherche de Taoufik et al (2016). Les auteurs ont montré à travers leur étude l'existence d'un déficit entre les normes d'infrastructure et d'équipement des laboratoires des sciences expérimentales (physiques) et la réalité. Ils ont montré également que plus de 80% des laboratoires étudiés manquent de préparateur ce qui explique le faible pourcentage des professeurs déclarant exploiter l'espace laboratoire.

- Contraintes d'ordre pédagogique et de formation à l'expérimental (C_7, C_8, C_9, C_{10}):

La C_7 montre que le programme chargé des SVT ne laisse guère le temps aux professeurs de réaliser les expériences scientifiques en classe, ils réclament être obligés d'adopter des alternatives comme des vidéos ou des photos illustrant l'expérience ou se passer carrément de l'expérience en se contentant d'exposer ses résultats. En plus de cela, la C_8 montre que l'absence de la réalisation de l'expérience dans le système de l'évaluation oriente les objectifs des professeurs vers les côtés théorique et méthodologique.

Les C_9 et C_{10} des professeurs enquêtés évoquent le problème de manque de formation initiale et continue par rapport à la réalisation des expériences et à l'utilisation des nouveaux appareils, ce qui les laisse désarmés devant les exigences de l'expérimental.

Dans le rapport mondial de suivi sur l'EPT (2014), la qualité d'un système éducatif est intimement liée aux enseignants, il est donc nécessaire de valoriser la formation de ces derniers afin de garantir l'amélioration de la qualité des apprentissages. Dans cette approche, la formation initiale et continue à l'enseignement scientifique en général et à l'enseignement expérimental en particulier paraît indispensable pour une bonne acquisition de compétences professionnelles liées à la conception et à la mise en œuvre des expériences scientifiques au sein des cours des sciences de la vie (Senayah, 2019).

- Contraintes d'ordre éthique (C_{11}) :

Un autre type de contrainte a été soulevé au niveau de la C_{11} ; les professeurs renoncent à toute administration ou sacralité du vivant en faveur de l'expérience. Certains sont catégoriques dans leur attitude, d'autres avancent que l'utilisation du vivant doit se limiter aux grands laboratoires permettant l'avancement de la science.

Coquidé montre à travers son ouvrage (Coquidé, 2000) l'existence d'une hiérarchisation du vivant destiné à des fins expérimentales. Selon l'auteure, les professeurs refusent de sacrifier les êtres vivants au sein de leurs pratiques expérimentales de classe alors qu'ils se culpabilisent moins lorsqu'ils manipulent des végétaux ou des blattes.

Dans ce contexte, l'union européenne avait mis en place un journal officiel précisant les directives relatives à la protection des animaux utilisées à des fins scientifiques (Directive 2010/63/UE du parlement européen et du conseil, 2010). Le journal reprend le principe de la

règle des 3R (Russel et Burch, 1959) qui vise à **R**éduire le nombre des êtres vivants utilisés dans les expériences, de les **R**emplacer si possible par des modèles in vitro ou in silico (logiciels) et enfin de **R**affiner les méthodes de réalisation en diminuant les contraintes et la douleur des êtres vivants que ce soit en amont, en cours ou en aval de l'expérience.

Discussion des résultats de l'entretien relatifs aux solutions

L'analyse des résultats de l'entretien a permis d'obtenir plusieurs solutions qui permettraient la réalisation effective de l'expérience scientifique en classe des sciences de la vie. Ces solutions ont été catégorisées selon leurs ordres d'appartenance comme suit :

- Solutions face aux contraintes techniques, matérielles et infrastructurelles (S_1, S_2) :

Les solutions S_1 et S_2 proposées par certains des professeurs et inspecteurs enquêtés mettent le point sur la nécessité de repenser l'équipement des laboratoires tout en assurant une adéquation avec le contenu du programme, de réappliquer le dédoublement pour pouvoir diminuer les effectifs des apprenants par classe et par conséquent rendre possible la réalisation des expériences lors des séances des sciences de la vie.

Pour pallier au problème de l'absence ou de l'insuffisance du matériel, la Note ministérielle numéro 133X18 parue le 6 septembre 2018, apporte aux professeurs la possibilité de se prêter du matériel entre les lycées. Une solution prothétique qui ne résout pas véritablement le problème, car dans la progression du programme, les professeurs arrivent généralement aux mêmes unités en même temps et donc ils ont les mêmes besoins en matériels nécessaire à la réalisation de l'expérience.

Quant au dédoublement des classes des sciences physiques et des SVT, la Note ministérielle numéro 43 parue le 22 Mars 2006, énonce la nécessité de l'adoption des classes dédoublées lorsque le nombre des apprenants dépasse 24. Cet avantage exclusif accordé à ces deux disciplines revient à leur caractère expérimental nécessitant la mise en œuvre des travaux pratiques. Or, en réponse à une question abordée au parlement concernant l'abandon des classes dédoublées, le ministère de l'éducation nationale précise que le contenu de la note précédente (la Note ministérielle numéro 43 parue le 22 Mars 2006) est toujours maintenu et que cet abandon est dû essentiellement à l'insuffisance des ressources humaines (Ministère de l'éducation nationale, Lundi 29 Octobre 2012).

- Solutions face aux contraintes pédagogiques et de formation à l'expérimental (S_3, S_4, S_5, S_6, S_7) :

Les solutions S_3, S_4, S_5 et S_6 proposées montrent que les professeurs et les inspecteurs sujets de notre enquête s'accordent sur l'importance de diminuer la charge des programmes, de planifier des formations initiales et continues en faveur des professeurs pour les préparer à la réalisation des expériences et à l'utilisation du matériel, de recruter au moins un préparateur de laboratoire pour chaque lycée et enfin de programmer les expériences scientifiques dans le système de l'évaluation.

Pour ce qui est de la solution S_7, elle insiste sur l'importance d'officialiser les séances de réalisation de l'expérience que ce soit dans les programmes ou dans l'emploi du temps attribué au professeur. Un système qui a été malheureusement abandonné depuis la réforme éducative en Octobre 1971 (Direction des programmes, 1971).

- Solutions face aux contraintes éthiques (S_8) :

Face aux contraintes éthiques, la S_8 des professeurs et inspecteurs suggère l'utilisation de méthodes alternatives sous forme de modèles, maquettes, tableaux interactifs, EXAO, logiciels et films pédagogiques, tablettes interactives, réseaux sociaux, etc…, permettant de bénéficier des compétences que développe la réalisation effective de l'expérience tout en minimisant la douleur et/ou le sacrifice des êtres vivants.

Ces méthodes peuvent servir dans le cas des expériences dont les conditions de réalisation sont insuffisantes ou encore dans le cas des expériences irréalisables au laboratoire (trop loin dans le temps, milieu hostile, trop petit ou trop grand …) (Nafidi et al., 2018). Cependant, leur utilisation priverait l'apprenant de toute activité sensorimotrice ou manipulatoire (Marzin-janvier & Kermen, 2015) et cultiverait chez les professeurs une certaine habitude de la facilité et une dépendance à ces méthodes alternatives.

1.4.2.2 Discussion des résultats de l'observation

L'analyse des résultats de l'observation a permis la mise en évidence d'autres types de contraintes qui s'opposent à une réalisation effective de l'expérience scientifique en classe des sciences de la vie et qui s'ajoutent aux contraintes mises en évidence par l'entretien. Ces dernières ont été catégorisées selon leurs ordres d'appartenance comme suit :

- Contraintes d'ordre épistémologique liées à la nature des sciences de la vie (J_1) :

Le J_1 du comportement observé montre que les spécificités de l'objet biologique présentent des contraintes à la réalisation effective de l'expérience. En effet, la variabilité et la diversité des caractéristiques vitales, anatomiques et physiologiques, qui ont déjà fait l'objet de problématiques épistémologiques dans la recherche relative au vivant (Coquidé et al., 1999 & Beaufils, 1999), présentent le risque de tomber sur des résultats non significatifs ou erronés. Ainsi, le caractère dangereux de certaines expériences avec l'absence de mesures sanitaires pourrait poser les professeurs dans des situations d'embarras et d'improvisation.

Dans ses deux ouvrages Coquidé et al. (1999) et Coquidé (2000), l'auteure discute les enjeux didactiques que présente l'expérimental en biologie comme domaine d'investigation sur le vivant. Elle pose le problème de la résistance du réel par sa diversité, sa variabilité, sa complexité et son irréversibilité. Une expérience menée sur un ver de terre n'est pas la même si l'on travaille sur un ver de farine, et même au sein d'une seule population, chaque individu est amené à réagir différemment. Ces caractéristiques propres aux objets biologiques rendent difficile la réalisation de l'expérience et préoccupent les professeurs quant à leur pratique expérimentale en classe.

- Contraintes d'ordre épistémologique liées aux pratiques enseignantes (J_2) :

Dans son ouvrage intitulé « Introduction de la recherche en éducation », De Landsheere (1982) montre qu'il est difficile d'expliquer ce qui pousse un individu à agir de telle ou telle manière. La recherche des causes antérieures exige une connaissance de toute l'histoire cognitive, affective et conative de l'individu, ce qui explique le recours de la pédagogie aux concepts de motivation, de croyances, de posture ou d'intérêt afin de donner du sens aux comportements, de les rendre mesurables et de prévoir des possibilités de leur amélioration.

C'est dans cette perspective que nous avons accompagné notre processus d'observation de questions visant la compréhension du comportement et par conséquent la détermination de ses origines.

En réponse à notre question concernant la non réalisation des expériences malgré la disposition des conditions de sa mise en œuvre, le J_2 avancé par les professeurs montre que ces derniers renoncent à la réalisation de l'expérience parce qu'ils pensent que l'expérience n'a pas vraiment un rôle important dans la construction de la connaissance scientifique et que son rôle se limite essentiellement à l'illustration des connaissances déjà construites ou à la

vérification postérieure des lois et des règles. En plus de cela, ils pensent qu'en accordant plus de temps au travail intellectuel et à la pratique d'une méthodologie scientifique, ils préparent mieux les apprenants au baccalauréat et au secteur professionnel par la suite.

Cette sous-estimation du rôle de l'expérience en général et de son côté pratique et manipulatoire en particulier nous conduit vers un problème d'ordre épistémologique à tendance rationaliste. Cette posture épistémologique adoptée par ces professeurs influe sur la pratique de l'expérimental en classe, altère le caractère manipulatoire de la discipline et pourrait être véhiculée aux apprenants.

De surcroît, les professeurs sont généralement inconscients de leur attitude, ce qui explique l'absence de ce type de contraintes dans les déclarations des professeurs interviewés.

Conclusion

La recherche menée auprès des professeurs et inspecteurs de l'enseignement expérimental a montré l'existence de plusieurs contraintes qui entravent la bonne et effective réalisation des expériences dans les classes des sciences de la vie au secondaire qualifiant marocain. Ces contraintes d'ordre technique, pédagogique, éthique et épistémologique (liée à la nature de la matière) se répercutent sur la qualité de l'enseignement expérimental, privent les apprenants de toute investigation sensorimotrice et altèrent le caractère expérimental de l'enseignement des sciences de la vie.

Quant aux objectifs pédagogiques de l'enseignement expérimental au secondaire qualifiant, le dépassement des côtés pratique et manipulatoire de l'expérience, mis en évidence par la présente recherche, mènerait à la formation de profils inadéquats aux besoins du marché de travail et par conséquent, l'augmentation du taux de chômage dans les années à venir.

Pour pouvoir dépasser ces différentes contraintes détectées, plusieurs propositions de solutions ont été avancées par les professeurs et inspecteurs enquêtés :

- Un équipement adéquat des laboratoires avec une infrastructure qui correspond aux normes ;
- Une intégration explicite des expériences à réaliser dans les programmes de l'enseignement avec un effectif des apprenants et un volume horaire qui permettent leur mise en œuvre ;
- Un suivi administratif et pédagogique de la réalisation des expériences du programme ;

- Une formation initiale et continue des professeurs à la réalisation des expériences des programmes et à l'utilisation du matériel,
- Une adoption de méthodes alternatives dans une optique éthique et rapport au vivant.

L'observation des pratiques enseignantes a montré également que l'épistémologie professorale (liée aux pratiques enseignantes) influence la pratique de la classe, d'où l'importance de repenser la formation des enseignants et des futurs enseignants. Cette dernière doit assurer l'intégration du côté pratique de l'expérience scientifique au sein de la démarche expérimentale, la prise de conscience des différentes compétences sensorimotrices mobilisées ou développées par les apprenants ainsi que leur ouverture sur le monde réel et ses limites.

C'est à partir du constat concernant l'influence de la posture épistémologique des enseignants sur la pratique de la classe et en puisant dans des ouvrages traitant de l'épistémologie des sciences expérimentales que nous avons conçu une nouvelle piste de recherche qui constituera notre deuxième partie de ce travail.

2. ème partie

Influence de l'épistémologie pratique sur l'enseignement expérimental des sciences de la vie

Introduction

Depuis plusieurs décennies, les recherches en épistémologie des sciences révèlent un certain nombre d'obstacles épistémologiques qui se mettent à l'encontre de l'élaboration d'une science plus exacte et objective (Bachelard, 1938 ; Brousseau, 1976, 1983, 1989 ; Johsua, 1989). Ces obstacles et glissements épistémologiques révélés même chez certains chercheurs, sont susceptibles d'affecter la culture scientifique de l'enseignant et participer à la formation de fausses conceptions chez les apprenants (Delémont, 2006 ; D'Amore, et al., 2008).

Sensevy (2007) parle de l'épistémologie pratique ou comme Brousseau (1986) l'appelait l'épistémologie professorale. Il discute comment cette dernière détermine la relation des enseignants aux savoirs et comment elle impacte le fonctionnement de la classe en termes du choix des activités, de leurs organisations et de leurs méthodes de mise en place. Il montre que les enseignants agissent selon un ensemble d'idées et selon les significations qu'ils s'approprient par rapport au savoir et par rapport aux méthodes qui y permettent l'accès et la validation.

Dans l'enseignement des sciences de la vie (SV), le statut de l'expérimental est étroitement lié à cette épistémologie professorale. Elle peut soit mettre en valeur l'expérience scientifique avec toutes les capacités qu'elle fait acquérir soit la marginaliser tout en étant convaincu de son inutilité dans le processus d'apprentissage et de développement des capacités sensorimotrices chez l'apprenant.

Cependant, au sein d'un programme (Direction des programmes, 2007) qui intègre d'une façon complémentaire l'expérimental au théorique dans les différentes activités de la situation de l'enseignement-apprentissage, l'épistémologie pratique de l'enseignant des SVT ne peut pas le conduire vers une marginalisation complète de l'expérience scientifique dans la planification et la réalisation de son cours, mais elle est en mesure de le pousser à favoriser les côtés théoriques et méthodologiques de l'expérience au dépend de ses côtés pratiques et manipulatoires ou l'inverse .

Dans la première partie de ce travail de recherche, l'exploration de la réalité de l'enseignement expérimental a révélé un ensemble de contraintes qui s'opposent à une réalisation effective de l'expérience au sein des cours des SV. Parmi ces contraintes, une favorisation des côtés théoriques et méthodologiques de l'expérience par rapport à ses côtés pratiques et manipulatoires s'est avérée responsable de l'abstention de ces enseignants à faire

des expériences en classe même dans les cas où toutes les conditions nécessaires et suffisantes à leur mise en place sont réunies. Une épistémologie professorale qui hiérarchise les facettes de l'enseignement expérimental en mettant l'activité intellectuelle de l'élève au sommet de ses préoccupations, ce qui malheureusement rappelle le courant rationaliste qui, malgré épistémologiquement dépassé, ses reliquats s'avèrent imprégner la pratique de la classe.

Ces reliquats ou glissements épistémologiques rationalistes soupçonnées influencer la réalisation des expériences en classe des SV constituent une vision naïvement exagérée du courant rationaliste. Une vision qui conduit inconsciemment l'enseignant à favoriser l'origine intelligible de la connaissance sur tout ce qui peut provenir des organes de sens et par conséquent attribuer plus de temps aux idées, aux évidences et aux opérations mentales de déduction et de raisonnement logique.

A partir de ces constats, découlent deux principales questions de recherche :

- **Existe-il des glissements épistémologiques rationalistes dans la culture et la pratique expérimentales des enseignants des SVT au secondaire qualifiant marocain ?**
- **Quelles sont les interdépendances possibles entre les caractéristiques de l'échantillon et la présence de ces glissements ?**

Dans la perspective de répondre à ces deux questions de recherche, cette partie sera structurée comme suit :

- **Cadre théorique** : Elaboré à partir d'une revue de littérature, il fournit les définitions nécessaires à la compréhension du sujet d'étude et propose un ensemble de courants épistémologiques dont il expose les fondements, les limites et les manifestations dans la pratique de la classe.
- **Etudes antérieures** : Au niveau de cette partie sont présentées deux études qui ont été réalisées auprès des enseignants afin de déterminer leur posture épistémologique et son influence sur les choix et les modalités des activités d'enseignement au sein de la classe.
- **Méthodologie** : Elle va de la détermination des composantes du courant épistémologique rationaliste à la construction des items de l'outil de recherche. Elle fournit des justificatifs concernant le choix de l'outil et expose toutes les étapes qui ont permis sa mise en place et son administration auprès de l'échantillon. Elle présente

également les éléments nécessaires à sa validation en amont et en aval du processus de la pré expérimentation.

- **Résultats** : Ils sont divisés en trois parties, une première qui concerne les caractéristiques relatives à notre échantillon, à savoir le genre, l'ancienneté, le centre de formation, la formation, son type et son approche, une deuxième partie qui présente le niveau de glissements rationalistes détectés chez notre échantillon et une troisième partie qui présente les interdépendances entre ces caractéristiques et la présence des glissements rationalistes chez notre échantillon d'enseignants. Ces résultats sont ensuite discutés à la lumière des travaux de recherche effectués dans le domaine avec une mise en exergue des différentes concordances et discordances abouties.
- **Conclusion** : En termes de conclusion, un récapitulatif des résultats et de leurs interprétations avec des perspectives d'amélioration de l'épistémologie professorale seront mis à la disposition du lecteur. Cette partie concernera également une présentation des limites de la recherche par rapport aux attentes.

2.1 Cadre théorique

2.1.1 L'épistémologie

2.1.1.1 Définition de l'épistémologie

L'épistémologie est un terme qui a été fondé par le métaphysicien Ferrier (1808-1864) apparue dans son ouvrage majeur ‘’*Institutes of Metaphysic’’* (1854). Le mot épistémologie est composé de ‘épistémé’ qui veut dire savoir ou connaissance théorique et ‘logos’ qui veut dire discours rationnel.

Dans la littérature anglophone (Ferrier, 1854), l'épistémologie est considérée comme une branche de la philosophie, qui traite la théorie générale de la connaissance humaine, c'est-à-dire, sa nature, ses valeurs et ses limites. Or, une définition plus restreinte est retenue par les francophones (Russel, 1901), qui considèrent l'épistémologie comme branche philosophique traitant de la théorie de la connaissance scientifique.

L'épistémologie est donc un discours critique sur la connaissance scientifique qui a pour objectif de répondre à trois questions majeures (Pelissier, 2011) :

- Qu'est-ce que la science ?
- Comment la science s'est-elle constituée ?
- Comment juger de sa validité ?

Pour répondre à ces trois questions fondatrices de l'épistémologie, cette dernière recourt à l'histoire des sciences pour y chercher les éléments nécessaires à son analyse et à la sociologie des sciences pour se renseigner sur les interactions qui existent entre la science et la société.

2.1.1.2 Définition de l'épistémologie professorale

Dans le domaine de l'enseignement, le professeur entretient un rapport au savoir destiné à être enseigné. Ce rapport est déterminé d'une part par l'institution qui choisit et détermine les modalités de sa production et de sa mise en situation d'enseignement et d'autre part, par la personnalité de l'enseignant qui agit selon des attitudes, des croyances et des valeurs (Boivin-Delpieu & Bécu-Robinault, 2015). Cette personnalité conduit l'enseignant à mobiliser un ensemble de ressources dans l'action d'enseignement et relève de ce que Brousseau (1990) a nommé l'épistémologie professorale (Elandalousi, 2011 ; Brau-Antony & Grosstephan, 2017).

De leur part, Brousseau (1990), Hasweh (1996), Sensevy et Mercier (2006) montrent que l'enseignant agit selon un ensemble de savoirs antérieurs et qui déterminent son action didactique au sein de la classe. Il planifie, organise et choisit les activités d'apprentissage selon un modèle de croyances et de convictions qu'il s'approprie. C'est en effet une théorie implicite d'action destinée à l'emploi professionnel que Sensevy (2007), à la différence de Brousseau (1990), a appelé l'épistémologie pratique (Brau-Antony & Grosstephan, 2017).

Epistémologie professorale ou pratique résulte de la perception personnelle du savoir et des modalités qui y permettent l'accès. Elle détermine ainsi l'action de l'enseignant au sein de la classe et participe, d'une façon inconsciente, dans certains cas à la mise en place d'enseignement inadapté conduisant les apprenants à des difficultés liées au processus d'apprentissage et contribue par conséquent à un éloignement des finalités de l'action didactique (D'Amore et al., 2008).

2.1.1.3 Les courants épistémologiques majeures et leurs critiques

Nous avons choisi d'étudier les paradigmes les plus importants et les plus cités dans les littératures épistémologique et didactique à savoir ; le rationalisme, l'inductivisme, l'empirisme, le positivisme et le falsificationnisme.

Le rationalisme

C'est un courant de pensée associé au nom du savant français Descartes (1596-1650) et dont les origines datent de l'antiquité (Platon 428-347 av. J.-C.). Ce courant donne la primauté aux

idées au dépend de l'expérience et de l'observation dans le processus de construction de la connaissance scientifique et même si l'expérience est présente, c'est pour servir essentiellement à l'illustration ou à la vérification de ce qui a été déduit.

Le raisonnement rationaliste s'apparente au raisonnement mathématique, du fait qu'il parte des idées préétablies et à travers uniquement des opérations logiques, prétend arriver à des lois et des théories.

La supériorité qu'à l'esprit humain vis-à-vis de la connaissance que peuvent apporter les phénomènes de la nature apparait bien au niveau des idées de départ chez les rationalistes. Ces idées de départ innées ou rationnalisées par l'entendement humain sont constamment prises pour évidentes (Descdartes, 1637).

Cependant, les lois et les théories issues des seules idées préétablies ne peuvent espérer aller plus au-delà de l'hypothèse car elles leur manquent d'être soumises au test de l'expérience pour accéder à des vérités considérées comme scientifiquement valides.

En effet, les rationalistes considèrent toute connaissance provenant essentiellement des sens non objective, car le chemin menant à cette connaissance peut être trompeur à cause de toutes les anomalies dont les sens peuvent être sujets (Descartes, 1637). Les rationalistes se privent du recours aux cinq sens pour se fier à l'intuition dans la valorisation des idées de départ.

Le rationalisme n'est pas dogmatique, dans la mesure où il se prend pour mission de séparer le naturel du surnaturel ou métaphysique. Il rejette toute idée associée à la métaphysique et adopte les idées provenant de la raison. Bien que cette dernière soit la source de toute idée à priori, ses limites subsistent et se traduisent par son impuissance à connaitre les phénomènes en leurs profondeurs telle l'origine de l'humanité et l'univers dans sa totalité (Kant, 1788 ; Comte, 1830).

La causalité occupe une place déterminante dans le raisonnement rationaliste car elle assure une liaison logique entre les idées et les phénomènes tout en assurant leur intelligibilité (Spinoza, 1677). Ce rôle de la causalité à caractère déterministe est bien conforme avec le style déductif et analytique utilisé dans la démarche rationaliste (Leibniz, 1710).

Malgré que ce courant soit considéré aujourd'hui comme épistémologiquement dépassé, on en trouve des reliquats de sa forme naïve dans diverses pratiques de la science et de la pédagogie ; un enseignant de science imprégné de ce courant aura inconsciemment tendance à privilégier les raisonnements au détriment de l'expérimentation et de l'observation dans le

processus de l'élaboration de la connaissance et son cours prendra la forme d'une succession de raisonnements analytiques (déductifs) que l'apprenant doit comprendre, reproduire et maîtriser et même si l'expérience est présente c'est uniquement pour servir l'illustration ou la vérification (Riopel, 2005).

L'inductivisme

C'est un courant épistémologique dont les pratiques primitives remontent à l'antiquité. Sa première formalisation au 17ème siècle revient au scientifique et philosophe anglais Bacon (1620).

L'inductivisme considère que la science est basée sur le principe de l'induction, qui correspond à l'opération mentale remontant des faits singuliers à une loi à caractère plus général (Chalmers, 1987 ; Popper, 1973). Sauf que l'insuffisance logique du nombre et de la diversité de faits singuliers aboutissant à la loi ainsi que la négligence des interactions et des interrelations entre ces faits remet la validité, la généralité et l'unicité de la loi induite en question.

Selon un inductiviste naïf, la validité de la loi ou de la théorie se vérifie à travers trois conditions, à savoir : les faits observés doivent être nombreux, observés dans des conditions suffisamment variées et congruents avec la loi induite (Chalmers, 1987 ; Villeneuve, 2018). Cela nécessite logiquement un nombre infini de faits corroborant la loi, ce qui est impossible à réaliser.

Pour pallier au problème logique de l'impossibilité de couvrir toutes les situations nécessaires à l'établissement de la loi, l'inductiviste probabiliste a recours aux possibilités qu'offrent les statistiques et les probabilités en augmentant au maximum le nombre de faits observés et en améliorant les systèmes d'échantillonnage. Néanmoins, bien que la loi soit appuyée par un nombre élevé de faits observés, ce nombre reste fini par rapport au nombre infini de faits possibles qu'elle couvre, ce qui remet en cause sa validité et son exactitude (Popper, 1973 ; Bunge, 1983).

Le plus sophistiqué des inductivistes, en plus des observations empiriques classiques, élargit ses points de départ, par exemple, aux éclairs d'inspiration (la pomme de Newton), aux observations accidentelles (découverte des rayons X par Roentgen), aux longues séries d'observation et de calcul (lois planétaires de Kepler) …. Il s'appuie aussi bien sur les idées et les théories que sur les observations dans l'élaboration des lois (Hempel, 1972 ; Roletto,

1998), sauf qu'il ne doit pas être trop guidé par les théories en vigueur pour garantir le caractère innovant de la loi induite.

Un enseignant de science imprégné de ce courant aura inconsciemment tendance à vouloir construire des lois soi-disant valides à partir de l'observation empirique de faits. Son cours prendra la forme d'un ensemble de faits que l'élève doit observer, analyser, comparer et classer pour arriver par induction à une loi ou théorie. Tout fait ne s'accordent pas avec la loi induite est à réfuter.

En plus de l'induction, la déduction à partir des lois induites sera utilisée dans des recherches ultérieures.

L'empirisme

C'est un courant épistémologique apparu dans l'Antiquité et repris vers la fin du 17ème Siècle par le philosophe anglais Bacon.

Ce courant épistémologique privilégie le recours à l'expérimentation et à l'observation dans tout processus de construction de la connaissance scientifique. Pour que cette connaissance soit valide, elle ne doit avoir comme base autre chose que l'exercice des sens.

Dans le processus de la construction de la connaissance, ce courant utilise un raisonnement inductif qui par des faits concrets et aboutit à l'élaboration des lois et des théories abstraites (Pelissier, 2011).

Ce courant de pensée s'oppose radicalement au rationalisme dans la mesure où il rejette tout recours au raisonnement ou à la théorie comme point de départ à la construction de la connaissance et associe la rigueur scientifique à l'expérience et à l'observation des faits.

Cependant, ce courant a connu beaucoup de critiques ; bâtir une connaissance valide à partir de la seule observation est généralement affecté par la connaissance et l'expérience de l'observateur, ce qui remet en question la validité d'une loi basée sur les seuls organes de sens (Robardet & Guillaud, 1997).

Cet esprit empiriste est repris dans divers courants de pensées comme la pensée matérialiste qui a tendance à ne croire qu'aux expériences matérielles et directes (Juignet, 2015), la pensée sensualiste qui a tendance à ne reconnaitre que la connaissance provenant des sens (Wojciechowska, 1968) et la pensée instrumentaliste qui a tendance à ne considérer les théories

que comme des instruments servant l'expérience loin de nous renseigner sur le réel (Dewey, 1896).

L'empirisme combat le dogmatisme qui impose des idées comme étant des vérités absolues et qu'il n'est pas la peine de soumettre à la vérification et le rationalisme qui pour lequel la connaissance provient des idées préétablies avant toute expérience.

En pédagogie, un enseignant des sciences imprégné de ce courant empiriste aura inconsciemment tendance à privilégier l'expérience et l'observation par les élèves au détriment du raisonnement et de la théorie qu'il a tendance à mettre en second plan dans le processus de construction de la connaissance scientifique. Son cours se déroulerait sous forme d'une suite d'observations et d'expérimentations que l'élève sera amené à réaliser ou à reproduire (Riopel, 2005).

Le positivisme

C'est un courant épistémologique apparu au 19ème siècle sous sa forme nouvelle par le philosophe et sociologue français Comte (1798-1857).

Ce courant positiviste tend à croire en la fiabilité absolue des méthodes et des produits de la science dont il refuse toute relativité. Il combat la métaphysique en accusant ses origines dogmatiques et surnaturelles qui n'ont aucune signification vis-à-vis des faits réels. En contrepartie, il considère toute connaissance réelle et objective indépendamment de l'intervention humaine (Le Moigne, 1990).

Les positivistes comme les empiristes et les inductivistes attribuent une grande importance à l'expérimentation et à l'observation en tant que point de départ à la construction des connaissances scientifiques (Granger, 1993). Si pour les empiristes et les inductivistes ce point de départ mène directement à des lois scientifiques supposées valides, les positivistes, croient que cette procédure est logiquement insuffisante et que pour eux elle ne mènera pas plus qu'à l'élaboration des hypothèses.

Pour pallier à ces insuffisances logiques, les positivistes font recours au raisonnement et aux théories préétablies et à l'outil mathématique essentiellement statistique et probabiliste. Ainsi, les hypothèses élaborées seront relativement plus significatives et plus fructueuses et devront être soumises au test de l'expérience pour aboutir à des lois scientifiques valides (Er Rays, 2022. p 1069).

Les positivistes tendent à limiter l'intervention subjective de l'humain en le mettant en dehors du processus de l'élaboration des connaissances et associent l'objectivité et la validité des produits scientifiques essentiellement au raisonnement logique, au déterminisme, à la causalité …. (Halleux, 1894).

Les positivistes ont eu le mérite d'armer la science par les techniques de l'ordre et de l'organisation et par les méthodes de la classification, mais on leur attribue le tort de vouloir s'élancer dans la recherche d'une méthode scientifique universelle qu'il suffirait d'appliquer mécaniquement pour dériver les lois et les théories scientifiques comme l'illustre par exemple la méthode bernardienne de recherche scientifique connue sous le sigle : OHERIC (Giordan, 1978).

Les positivistes cherchent le comment des choses au travers de la détermination des lois et des mécanismes responsables des phénomènes et s'interdisent de se lancer dans la recherche du pourquoi des choses qui selon eux renvoie à des explications métaphysiques, dogmatiques et surnaturelles.

En pédagogie, un enseignant imprégné de ce courant positiviste aura inconsciemment une confiance exagérée en les produits de la science et aura tendance à combattre la métaphysique à origines dogmatiques et surnaturelles. Cet enseignant a une grande affinité pour l'ordre, l'organisation et les classifications. Son cours aura la forme d'un ensemble d'observations et d'expérimentations que l'élève est amené à réaliser ou à reproduire suivant des directives préétablies figées et par la pratique d'un raisonnement inductif rigoureux l'élève aboutira à des conclusions scientifiques valides. L'utilisation des outils mathématiques est conseillée pour garantir plus de validité aux lois (Riopel, 2005).

Le falsificationnisme

C'est un courant épistémologique qui a été introduit au milieu du XXème siècle par l'enseignant et philosophe Karl Popper. Nommé également Réfutabilité, ce courant permet d'établir une démarcation entre le scientifique et le non scientifique. Il admet les limites de l'induction et la supériorité de la théorie sur l'observation.

Selon ce courant, le point de départ de la science est la théorie, Mais cette théorie doit satisfaire une condition fondamentale : être falsifiable ; autrement dit elle doit avoir le potentiel d'être réfutée par une observation ou expérience possibles. En effet, une très bonne

théorie scientifique est celle qui résiste aux falsifications (via l'observation et l'expérience) à chaque fois qu'elle est soumise à un test (Popper, 1985 ; Sfetcu, 2019).

En revanche, le falsificationnisme présente des limites qui vont à l'encontre de son applicabilité. Par exemple, lorsqu'il y a défauts de conception de l'expérience, des données erronées ou un défaut de perception et par conséquent un résultat qui contredit la théorie, cette dernière est falsifiée. De ce fait, une seule observation ou expérience n'est généralement pas suffisante pour réfuter toute une loi (Sephi, 2006).

Un enseignant imprégné du courant falsificationniste, aura tendance à chercher la véracité des lois et des théories en les remettant constamment au test de l'expérience ou de l'observation. Son cours est une vérification d'une loi ou d'une théorie déjà préétablie par le biais d'une observation ou d'une expérience.

Le tableau ci-dessous représente un récapitulatif des différents courants épistémologiques discutés ainsi que les manifestations de leurs formes naïves :

Tableau 5 : Courants épistémologiques et manifestations de leurs formes naïves

Courants épistémologiques	**Manifestations des formes naïves des courants épistémologiques**
Le rationalisme	La construction de la connaissance scientifique est basée sur les seules opérations mentales.
	Le manque de confiance en l'expérimentation comme source de construction de la connaissance à cause de son recours aux organes de sens considérés peu précis et infidèles.
	L'utilisation de l'expérimentation est éliminée du processus de construction de la connaissance et renvoyée aux seuls rôles d'illustration et de vérification.
	Les idées de départ dans le raisonnement rationaliste considérées évidentes ou de pures inventions de l'esprit sont prises comme valides même si elles ne sont pas confrontées avec le réel.
	La seule vérification de la validité des lois et des théories reste la rigueur des opérations logiques usitées et l'exploitation des principes de causalité et du déterminisme.
	La loi universelle est induite à partir d'un nombre limité de faits.

L'inductivisme	La diversité des faits n'est pas suffisamment respectée pour garantir la validité logique de la loi induite.
	Partir des faits dans leurs singularités tout en négligeant l'exploitation des interrelations et des interactions entre ces faits et prétendre aboutir à des énoncés universels.
	L'observation des énoncées de départ doit être première et indépendante de toute théorie préalable pour garantir le caractère innovant de la loi.
	Croire en la validité de l'inductivisme supposée apportée par le recours aux outils statistiques et probabilistes
	Tendance à confirmer des lois que les infirmer en rejetant les faits ne corroborant pas la loi.
L'empirisme	Privilégie l'expérience et l'observation dans la construction de la connaissance scientifique.
	La confiance exagérée dans les organes des sens comme seule source de toute connaissance valide.
	Dévalorise le rôle de la théorie et du raisonnement comme point de départ à la construction de la connaissance.
	Les théories sont considérées comme instruments servant l'expérience loin de nous renseigner sur le réel.
Le positivisme	Toute production scientifique est considérée absolue et définitive.
	L'application de méthodes prescrites mène surement à des lois et théories valides.
	La recherche des Causes premières des phénomènes renvoie à la métaphysique.
Le falsificationnisme	L'unique point de départ de la science est la théorie.
	La théorie doit avoir le potentiel d'être réfutée par une seule observation ou expérience

2.1.2 Empirisme ou Rationalisme dans l'enseignement des sciences expérimentales

Lorsqu'on parle de sciences expérimentales, on est généralement susceptible de se retrouver dans un dilemme entre deux visions épistémologiques opposées ; empirisme et rationalisme (Coquidé, 2003. p 10). Si l'enseignant tend vers un des deux extrêmes, son action didactique

est sujette à la transmission de problèmes et d'obstacles de nature épistémologique et de relation au savoir. Si l'enseignant accorde plus d'importance à tout ce qui provient de l'observation et de l'expérimentation, on parle ainsi de posture empirique (Riopel, 2005 ; Latulippe, 2017), s'il accorde plus d'importance aux idées et au raisonnement logique, dans ce cas, on parle de posture rationaliste (Riopel, 2005).

Dans ce travail de recherche, la prospection de la réalité de la classe a montré une quasi absence de la réalisation des expériences scientifiques au sein des cours des SV au secondaire qualifiant (1ère partie). L'étude a montré également que cela n'est pas dû uniquement à l'absence ou à l'insuffisance des conditions favorables à leur réalisation mais aussi à une tendance des enseignants à accorder plus de temps aux provenances de l'esprit, à l'intelligible et à la raison (1ère partie).

Cette attitude, bien qu'elle soit loin d'une posture empiriste, elle n'est pas complètement conforme à une posture rationaliste. En effet, les enseignants conçoivent et réalisent leur cours en intégrant les observations et les expériences dans le processus de construction des lois et des théories (1ère partie). Cependant, cette intégration ne va pas jusqu'à une réalisation effective au sein de la classe, mais se contente généralement de photos ou de documents illustratifs d'un phénomène et de ses résultats que l'apprenant doit analyser et interpréter (1ère partie). C'est cette posture épistémologique que nous nous permettons de caractériser par son imprégnation de glissements rationalistes.

2.1.3 L'épistémologie des enseignants des Sciences de la Vie

Les sciences de la nature sont caractérisées par leur recours récurrent et obligatoire au monde extérieur. Leur caractère essentiellement expérimental (Bernard, 1858-1877) leur impose un va et vient entre le monde perceptible par les organes de sens et la faculté réflexive afin de localiser les phénomènes de la vie, les décrire et les expliquer. Par ailleurs, les sciences de la vie comme celles des sciences des corps bruts sont régies par le principe fondamental du déterminisme, qui, selon Claude Bernard, définit les causes prochaines responsables de la production de chaque phénomène. Bien que cela puisse faire gagner davantage d'exactitude aux sciences biologiques, celles-ci restent en dessous des sciences de la matière car plusieurs caractères du vivant telle sa variabilité, sa diversité et sa singularité (Coquidé, 2000) viennent perturber ce principe en limitant son applicabilité.

La biologie est une science expérimentale par excellence, elle progresse et se développe en agissant sur la nature et en modifiant les phénomènes. Elle part généralement des observations

et des expériences empiriques à l'induction de l'idée préconçue ou de l'hypothèse que la science vérifie par la provocation de nouveaux faits (Bernard, 1858-1877).

L'épistémologie des enseignants des SVT est intimement liée aux spécificités de la biologie. Une théorie ne peut toujours pas conduire à des vérités scientifiques et le passage expérimental est obligatoire afin de s'éloigner de tout système doctrinaire et systématique.

2.1.3.1 Positionnement épistémologique attendu

La production de la connaissance est un processus qui fait intervenir à la fois la pensée et le monde extérieur, et c'est la complémentarité et l'adéquation entre l'interne et l'externe qui permet la production d'une connaissance scientifique valide.

Bien que les organes de sens puissent des fois être trompeurs, leur usage est d'une grande importance, car ils sont les seuls moyens qui nous permettent d'explorer le monde extérieur et d'interagir avec. De plus, l'avènement de la technologie a rendu la perception du monde plus précise et plus affinée.

Quant à l'esprit humain, malgré qu'il soit rempli d'idées innées ou d'idées acquises par l'entendement humain, ces idées restent loin d'être scientifiques tant que leur vérification expérimentale n'a pas eu lieu. D'où la nécessité récurrente de soumettre à l'expérimentation ou à l'observation toute vérité afin de prouver son adéquation avec la réalité.

Par ailleurs, la perception et le questionnement du monde extérieur ne peuvent pas se limiter à un rôle à postériori de validation ou de vérification théoriques, ils peuvent également jouer un rôle à priori en stimulant l'esprit à se poser des questions sur certains phénomènes et d'en concevoir des hypothèses explicatives.

Dans le domaine éducatif, ce positionnement épistémologique s'inscrit dans le cadre d'une vision constructiviste à travers laquelle l'enseignant des sciences expérimentales doit prévoir ses actions didactiques tout en permettant aux apprenants de construire leurs propres savoirs (Piaget, 1964). L'enseignant incite ses apprenants à connaitre et à appréhender le monde à travers des situations d'exploration et d'apprentissage actif où une articulation des opérations mentales autour de la réalité perceptible par nos sens aboutirait à la construction personnelle du savoir.

2.1.3.2 Glissements épistémologiques et Obstacles épistémologiques

Chaque paradigme épistémologique s'approprie des pratiques de recherche spécifiques ainsi que des modes justificatifs de l'élaboration des connaissances scientifiques.

Le nouveau paradigme se construit par l'acquisition de nouvelle idées scientifiques et par l'abandon des principes pour lesquels on a reconnu des contradictions avec le réel, mais cette épuration n'est jamais complète, il reste souvent des reliquats qui viennent s'infiltrer dans nos pratiques scientifiques et dont on n'est pas conscient généralement. Ces reliquats prennent le nom de glissements épistémologiques (Ruelland, 2004) ou comme (Geslin, 2016) l'appelait glissements paradigmatiques et viennent s'additionner aux obstacles épistémologiques (Bachelard, 1938) déjà en place pour entraver l'élaboration normale et objective de la connaissance scientifique.

Bachelard (1938) définit dix obstacles épistémologiques qu'il considère responsables de l'évolution des connaissances. A travers son ouvrage, il montre que ces obstacles sont internes au processus de connaissance et peuvent provoquer chez les chercheurs ou chez les enseignants des troubles et des disfonctionnements au niveau de leur conception des phénomènes de la vie.

La connaissance de ces obstacles et la conscience de leur surgissement dans la pratique de la classe est en mesure de les prévoir et par conséquent de les éviter.

Les dix obstacles épistémologiques de Bachelard s'énoncent comme suit : L'expérience première, La connaissance générale, L'obstacle verbal, La connaissance pragmatique, L'obstacle substantialiste, Le réalisme, L'obstacle animiste, Le mythe de la digestion, La libido, La connaissance quantitative (Bachelard, 1938).

2.2 Etudes antérieures

2.2.1 Etude de Ouarda et Ginestié intitulée : « Conceptions didactiques et épistémologiques de cinq enseignants tunisiens de sciences physiques » (2009)

Les chercheurs présentent un cadre théorique à travers lequel ils soulignent l'importance dans le monde éducatif que revêt le thème des conceptions didactiques et épistémologiques des professeurs des sciences physiques en Tunisie. Ils soupçonnent leur influence sur la mise en œuvre d'une nouvelle approche pédagogique dans l'enseignement scientifique au sein d'une vision curriculaire constructiviste.

L'étude s'intéresse donc à la détermination d'une part des conceptions des enseignants des sciences physiques par rapport à l'épistémologie et d'autre part à leurs conceptions par rapport à l'action d'enseignement-apprentissage ainsi qu'aux différentes organisations qui permettent l'enseignement des sciences physiques.

L'outil de collecte de données utilisé est un entretien semi directif réalisé auprès d'un échantillon formé de cinq enseignants de sciences physiques. L'entretien porte sur le rôle que ces enseignants attribuent à l'expérience en particulier et aux travaux pratiques en général, à la conception d'hypothèses et au choix des situations problèmes. L'entretien cherche également à montrer l'opinion des enseignants quant à leurs pratiques et à l'organisation des enseignements.

En ce qui concerne les conceptions épistémologiques des enseignants, elles se sont révélées à partir de questions portant sur la connaissance scientifique, les modalités de leur acquisition, la vérité, la réalité, l'objectivité, ….

Les résultats de ce travail montrent que les conceptions des enseignants influent fortement sur leur pratique. Elles privent les apprenants du développement d'un ensemble de compétences comme l'émission d'hypothèses, la problématisation, l'organisation des débats en classe, … et contribuent à l'installation d'un enseignement inductif-transmissif caractérisé par un cumul de concepts.

2.2.2 Etude de Therriault et al intitulée : « Croyances épistémologiques de futurs enseignants du secondaire : des différences entre les profils et une évolution en cours de formation » (2010)

A travers cette étude, les auteurs essayent de mettre en évidence et de comprendre l'évolution des croyances épistémologiques des futurs enseignants entre le début et la fin de la formation initiale et entre la formation en sciences et technologies et la formation en univers social au Québec.

Un questionnaire à questions fermées a été donc administré auprès d'un échantillon de 47 étudiants et étudiantes. Bien que le nombre de l'échantillon soit faible, cela est considéré utile dans l'optique d'une meilleure observation de l'évolution des croyances.

L'échantillon de recherche est divisé en deux populations à profils différents. La première est composée de 31 étudiants en début de la formation initiale et la deuxième de 16 étudiants en fin de la même formation. Les 47 étudiants sont répartis également sur deux types de formations initiales ; 18 en sciences et technologie et 29 en univers social.

Le questionnaire utilisé a été mis au point et validé auprès de 326 étudiants par le chercheur Hofer (2000) puis adapté et traduit en langue française par Therriault (2010). Il englobe 27 items portant sur le profil épistémologique attendu d'un diplômé de la formation.

Les résultats montrent l'existence d'une différence significative entre les différents profils de la formation ; des croyances épistémologiques plus sophistiquées chez les étudiants du profil univers social que chez les étudiants du profil sciences et technologies. Un écart qui se dissipe tout au long de la formation initiale vers une égalisation des profils de sortie.

En ce qui concerne l'évolution des croyances épistémologiques entre le début et la fin de la formation, les résultats montrent une évolution marginale des croyances pour les étudiants du profil sciences et technologies tandis que pour les étudiants du profil univers social, les croyances épistémologiques sont restées stables.

2.3 Méthodologie

Notre travail s'inscrit dans la recherche descriptive de type exploratoire qui débute par une analyse de contenus suivie d'une identification des composantes fondatrices du courant épistémologique rationaliste.

Ces composantes sont ensuite traduites en termes de test évaluatif à sept items offrant chacun cinq choix d'approbation (Pas du tout d'accord, Pas d'accord, Neutre, D'accord et Tout à fait d'accord) et présentant une amorce assez développée et à langage simplifié pour faciliter la compréhension par les répondants.

Nous allons présenter dans ce qui suit, l'outil de recherche utilisé dans cette recherche ainsi que les différentes étapes qui ont abouti à sa construction.

2.3.1 Choix méthodologique de l'outil

L'outil de recherche est sous forme d'un questionnaire de mise en évidence de la présence des glissements rationalistes chez un échantillon formé de 112 professeurs des SVT de lycée.

Nous avons choisi d'utiliser le questionnaire, bien que moins valide comparé à la méthode de l'observation directe et du suivi mais plus fort en termes de maniabilité, de traduction et de traitement statistique.

Le questionnaire contient une partie qui concerne les caractéristiques de l'échantillon, à savoir ; le genre, l'ancienneté, la formation, le cadre et l'approche de la formation et une autre

partie qui concerne les glissements épistémologiques rationalistes pour lesquelles est fournie une échelle d'approbation de Likert à cinq niveaux.

2.3.2 Construction du l'outil

C'est la partie la plus délicate de ce travail de recherche. Elle consiste à passer du courant épistémologique rationaliste à l'élaboration de l'outil qui détecte et mesure le degré de l'existence de ses formes naïves dans la pratique enseignante.

Ce type de questionnaire, qui mesure les croyances et les convictions, impose des exigences de fiabilité, de cohérence et de validité de contenu.

Dans notre cas, la fiabilité et la cohérence interne des items sont mesurées à travers le calcul de l'indice alpha de Cronbach alors que la validité de contenu apparait bien au niveau de la construction des items à partir des composantes du courant épistémologique (Voir les étapes de construction de l'outil).

Dans ce qui suit, sont présentées les différentes étapes qui ont permis le passage du courant rationaliste jusqu'à la formulation des items du questionnaire.

2.3.2.1 Du courant épistémologique rationaliste à ses composantes

A travers la lecture d'ouvrages philosophiques spécialisés et l'analyse de leurs contenus (voir cadre théorique), nous avons pu comprendre les fondements de ce courant, identifier ses points forts et mettre en évidence ses points faibles.

Nous avons ensuite procédé à la mise en évidence des composantes du courant rationaliste selon trois entrées ; la première entrée concerne **l'origine de la connaissance**, la deuxième concerne **le chemin qui mène vers la connaissance** et la troisième c'est **la validité de cette connaissance**.

L'origine rationaliste de la connaissance

Les rationalistes admettent que le cerveau humain n'est pas une table rase, il contient des idées innées ou appelées encore idées à priori et qui sont à l'origine de toute connaissance valide. Ils considèrent que tout ce qui provient des organes de sens, par le biais de l'observation ou de l'expérience conduit vers l'erreur. Ce jugement défavorable que portent les rationalistes est dû à leur obsession par la vérité, ce qui les éloigne de toute source d'illusion et d'inexactitude.

A partir de la définition des origines rationalistes de la connaissance, Nous avons pu extraire quatre composantes fondatrices de cette entrée, à savoir : **Le cerveau n'est pas une table rase**, **le cerveau contient des idées innées** et **la connaissance provient des idées innées** et non de l'expérience et de l'observation (**faillibilité des organes de sens**).

Le chemin rationaliste vers la connaissance

Les rationalistes partent des idées innées, acquises par intuition ou acquises par entendement humain, et suivant un raisonnement logique, arrivent à déduire des lois et des théories. C'est donc l'usage des opérations mentales, dans une approche plutôt analytique que descriptive, que les rationalistes arrivent à déduire des connaissances qu'ils jugent de valides et d'immuables.

Ce chemin intelligible vers la connaissance peut s'accomplir par une observation ou une expérience à postériori, ce qui réduit et limite le rôle des perceptions sensorielles aux seules illustrations ou vérifications des lois et des théories déduites.

A partir du chemin que suivent les rationalistes pour construire une connaissance, nous avons pu extraire trois composantes fondatrices de cette entrée : **le raisonnement logique**, **le raisonnement déductif** et **le rôle à postériori de l'expérience**.

Les critères rationalistes de validité de la connaissance

Les rationalistes se réfèrent à la certitude et l'évidence des mathématiques dans leurs opérations. Ils considèrent que la rigueur des opérations mentales et l'usage des principes de causalité et du déterminisme renforce la validité de leur déduction. Les rationalistes rejettent les idées à caractère surnaturel ou métaphysique pour lesquelles ils ne trouvent pas d'explication logique et rationnelle et n'adoptent que celles provenant de la raison et dont la confrontation avec le réel n'est pas toujours nécessaire tant que c'est de l'évident.

Les critères de validité de la connaissance selon les rationalistes nous mènent vers trois composantes fondatrices de cette entrée, à savoir ; **l'usage des mathématiques et des principes de causalité et du déterminisme, la rigueur des opérations mentales et l'inutilité de la confrontation avec le réel**.

Le tableau ci-dessous présente un récapitulatif des différentes composantes du courant rationaliste selon les trois entrées épistémologiques ; par l'origine, par le chemin et par la validité de la connaissance (tableau 6).

Tableau 6 : Les composantes du courant rationaliste selon les trois entrées épistémologiques

Les entrées épistémologiques	Les composantes du courant rationaliste
Origine de la connaissance	Le cerveau n'est pas une table rase
	Le cerveau contient des idées innées
	La connaissance provient des idées innées
	La faillibilité des organes de sens
Chemin vers la connaissance	Le raisonnement logique
	Le raisonnement déductif
	Le rôle à postériori de l'expérience
Validité de la connaissance	L'usage des mathématiques
	La rigueur des opérations mentales
	L'usage des principes de causalité et du déterminisme
	L'inutilité de la confrontation avec le réel

2.3.2.2 Des composantes du courant rationaliste aux items du questionnaire

Le processus d'élaboration des items du questionnaire s'est étalé sur deux niveaux. Le premier concerne la transformation des composantes du courant rationaliste en items tout en adoptant une formulation simple et un vocabulaire accessible. Le deuxième concerne l'attribution de l'aspect exagéré à l'item pour correspondre à un glissement épistémologique.

Nous avons opté pour des items qui regroupent plusieurs composantes à la fois, pour ne pas tomber dans les répétitions d'une part et pour ne pas encombrer le questionnaire d'autre part.

Tableau 7 : Les items correspondants aux différentes composantes du courant rationaliste

Len entrées épistémologiques	Les composantes du courant rationaliste	Les items
Origine de la connaissance	Le cerveau n'est pas une table rase	I_1 : L'esprit contient des idées innées qui sont la seule origine de tout savoir certain.
	Le cerveau contient des idées innées	
	La connaissance provient des idées innées	
		I_2 : On doit douter uniquement de toute connaissance scientifique

	La faillibilité des organes de sens	provenant de l'expérience ou de l'observation, car ces dernières dépendent des organes de sens qui sont généralement peu précis et infidèles.
Chemin vers la connaissance	Le raisonnement logique	I_3 : Toute connaissance scientifique valide provient exclusivement de l'usage de la raison et de la logique.
	Le raisonnement déductif	I_4 : A partir d'idées innées ou préétablies et suivant un raisonnement déductif, on arrive à des lois et des théories scientifiques.
	Le rôle à postériori de l'expérience	I_5 : L'expérience scientifique sert essentiellement à l'illustration ou à la vérification des connaissances scientifiques théoriques.
Validité de la connaissance	L'usage des mathématiques	I_6 : Seuls la rigueur des opérations mentales, l'usage des mathématiques et l'application des principes de cause à effet mèneront à l'élaboration des lois et théories valides.
	La rigueur des opérations mentales	
	L'usage des principes de causalité et du déterminisme	
	L'inutilité de la confrontation avec le réel	I_7 : La confrontation avec le réel est inutile lorsque l'idée qui mène à la loi est évidente.

2.3.3 Structuration du questionnaire

Le questionnaire est structuré en trois éléments. Un entête qui sert à introduire le répondant dans la thématique de la recherche ; elle détermine sa contribution et garantit l'anonymat de ses réponses. Une première partie réservée aux données relatives à l'échantillon, à savoir, le sexe, l'ancienneté et la formation en épistémologie des sciences expérimentales (son cadre et

son approche). Et enfin, une deuxième partie qui concerne les items de mise en évidence des glissements épistémologiques rationalistes.

Les questions de la première partie sont de trois types : ouvertes, à réponse unique et à réponses multiples. Tandis que celles de la deuxième partie sont (question qualitative dichotomique) totalement fermées. Ces dernières sont fournies en arabe et en français pour permettre plus de compréhensibilité par les répondants.

Pour chacun des sept items de la deuxième partie, sont fournis cinq choix, correspondant à cinq niveaux d'appréciation : Tout à fait d'accord, d'accord, Neutre, Pas d'accord et Pas du tout d'accord.

2.3.4 Notation du questionnaire

La notation du questionnaire est comme suit : 2 points pour Pas du tout d'accord, 1 pour Pas d'accord, 0 pour Neutre, -1 pour D'accord et -2 points pour Tout à fait d'accord.

Puisque l'analyse des résultats va se faire, d'une part, par rapport à chaque item et d'autre part par rapport à l'ensemble des items, une double partition des scores selon le degré de glissements épistémologiques est nécessaire.

2.3.4.1 Partition des scores en fonction du degré de glissements rationalistes à l'échelle de l'item

- Si l'enseignant(e) réalise un score d'item égale à -2, le taux de glissements épistémologiques qu'il présente est jugé très important.
- Si l'enseignant(e) réalise un score d'item égale à -1, le taux de glissements épistémologiques qu'il présente est jugé important.
- Si l'enseignant(e) réalise un score d'item égale à 0, le taux de glissements épistémologiques qu'il présente est jugé indéterminé.
- Si l'enseignant(e) réalise un score d'item égale à 1, le taux de glissements épistémologiques qu'il présente est jugé faible.
- Si l'enseignant(e) réalise un score d'item égale à 2, le taux de glissements épistémologiques qu'il présente est nul.

2.3.4.2 Partition des scores en fonction du degré de glissements rationalistes à l'échelle du questionnaire

Un enseignant qui ne présente aucun glissement rationaliste aura une note de 14/14 ce qui représente 100% de réponses justes (Pas du tout d'accord). Au-dessous de ce score, l'enseignant est considéré imprégné de glissements rationalistes.

Selon le score obtenu par chaque enseignant, un jugement relatif à son taux d'imprégnation par ses glissements lui est attribué. Ainsi on définit cinq cas :

- Si l'enseignant(e) réalise un score compris entre [-14, -7[, le taux de glissements épistémologiques qu'il présente est jugé très important.
- Si l'enseignant(e) réalise un score compris entre [-7, 0[, le taux de glissements épistémologiques qu'il présente est jugé important.
- Si l'enseignant(e) réalise un score compris entre [0, 7[, le taux de glissements épistémologiques qu'il présente est jugé moyen.
- Si l'enseignant(e) réalise un score compris entre [7, 14[, le taux de glissements épistémologiques qu'il présente est jugé faible.
- Si l'enseignant(e) réalise un score de 14, le taux de glissements épistémologiques qu'il présente est nul.

2.3.5 Validité et Pré expérimentation du questionnaire

Comme l'impose l'exigence méthodologique, nous procédons à une pré expérimentation du questionnaire pour en examiner les qualités communicatives et les qualités relatives à la validité et la fidélité pour ensuite le soumettre aux corrections nécessaires.

2.3.5.1 Validation qualitative du questionnaire

Concernant le domaine de validité, De Landsheere (1982) définit trois types de questionnaire ; à fonction pronostique, à fonction descriptive et à fonction diagnostique.

Comme notre objectif est de détecter la présence de glissements rationalistes chez les professeurs, notre questionnaire est à fonction diagnostique, une validité de contenu s'avère nécessaire.

Après l'élaboration du questionnaire, il a été soumis à une validation (qualitative) de contenu par des professeurs de l'enseignement supérieur de l'Ecole Normale Supérieure (ENS) de Marrakech et de Tétouan. Le choix de ces professeurs a été réalisé selon deux critères ; être enseignant en didactique des sciences expérimentales option sciences de la vie et de la terre et avoir enseigné au moins un module de l'épistémologie des sciences expérimentales.

Cette validation basée sur des opinions expertes a permis d'apporter des rectifications pour rendre le questionnaire facile à comprendre et à renseigner.

2.3.5.2 Pré expérimentation du questionnaire

Conditions d'administration

Le questionnaire a été pré-expérimenté auprès d'une classe de 34 étudiants de la filière du cycle de Licence en Education, spécialité SVT de l'ENS de Marrakech ayant déjà accomplis la formation dans un module d'Epistémologie et Histoire des sciences expérimentales.

L'administration du questionnaire a été effectuée par nous même pendant l'année universitaire 2021/2022 durant le mois de Mars et sa passation a pris entre 10 à 15 minutes.

Validation statistique du questionnaire

Le traitement statistique des résultats par calcul du coefficient alpha de Cronbach montre que notre questionnaire se positionne dans un niveau bon de cohérence interne des items, avec une valeur égale à 0,75. Il est à signaler que cette valeur alpha n'a atteint le niveau bon qu'en procédant à la suppression de trois items dont la corrélation a été jugée très faible.

Le coefficient alpha de Cronbach a été calculé sur Excel en appliquant la formule suivante :

$$\alpha = \frac{J}{J-1}\left(1 - \frac{\sum_{j=1}^{J} \mathrm{Var}(Item_j)}{Var(Total)}\right)$$

Avec :

α : est le coefficient de Cronbach

Σ Var (Item) : est la variance des items

Var (Total) : est la variance du score total

J : est le nombre total des items

Exploitation statistique des résultats

A l'aide du calcul du coefficient alpha de Cronbach, nous avons pu mesurer le degré de cohérence interne ou ce qu'on appelle la fiabilité des 7 items de notre questionnaire. Selon la valeur de ce coefficient, le questionnaire est acceptable à partir d'un alpha égal à 0,7.

2.3.6 Expérimentation du questionnaire

2.3.6.1 Echantillon de recherche

L'administration du questionnaire s'est effectuée sur un total de 166 enseignants des SVT exerçants de la province de Marrakech selon deux modes ; 86 via google forms dont nous

n'avons récupéré que 79 réponses et en face à face pendant la période de correction de l'examen national des SVT. En effet, la majorité des enseignants des SVT de la région étudiée ont été convoqués à la correction des copies de l'examen national durant le mois de Juillet de l'année scolaire 2021/2022. Etant parmi les convoqués, nous avons saisi l'opportunité de distribuer 80 copies du questionnaire dont nous n'avons récupéré malheureusement que 33, ce qui fait un total d'échantillon de 112 enseignants et enseignantes des SVT issus majoritairement de l'Ecole Normale Supérieure de Marrakech avec un pourcentage de 73%. Le reste de l'échantillon est répartis, par ordre décroissant, sur les Centres Pédagogiques Régionaux, les Centres Régionaux des Métiers de l'Enseignement et de la Formation et les Centres de Formation des Instituteurs.

2.3.7 Evaluation et mesure de la posture épistémologique

2.3.7.1 Evaluation et mesure en éducation

De Landsheere (1979) donne une définition générale de l'évaluation sous forme d'une estimation par une note d'un critère dans le comportement ou dans le produit de l'individu, et en pédagogie comme un processus de détermination du degré d'atteinte des objectifs éducatifs par les apprenants.

L'évaluation est à la fois une description qualitative et quantitative du comportement ou du produit, alors que la mesure est exclusivement quantitative. Selon De Landsheere (1979), cette dernière exige à la fois une définition opérationnelle des objets à mesurer et un outil de mesure adéquat.

2.3.7.2 Instruments d'évaluation et de mesure de la posture épistémologique

Le paramètre qu'on cherche à mesurer dans ce travail de recherche correspond à une attitude plutôt qu'à une aptitude. Les items doivent par conséquent offrir au répondant l'occasion d'exprimer son degré d'accord et de conviction (Capel & Rossé, 2006). Parmi les instruments les plus utilisés dans ce domaine de psychométrie on trouve :

- **Les échelles d'approbation** : ou échelles de Likert. Elles commencent de 3 et peuvent atteindre jusqu'à 11 échelons d'appréciation à travers lesquelles le répondant exprime son degré d'accord ou de désaccord par rapport à un sujet. Dans ce type d'échelles, plus le nombre d'échelons augmente, plus la précision augmente et par conséquent le test gagne davantage de fidélité (Dayang, 2019). En général, le modèle à 5 échelons est le plus utilisé. Il correspond à un spectre d'opinions allant dans l'ordre croissant de

‘pas du tout d’accord’ à ‘plutôt pas d’accord’ à ‘ni d’accord ni pas d’accord’ à ‘plutôt d’accord’ à ‘tout à fait d’accord’ (Likert, 1932).

- **Le différenciateur sémantique** : C’est un modèle développé par le psychologue américain Charles Osgood et al. (1957). Il consiste à attribuer, à un concept ou à un stimulus, un ensemble de pairs d’adjectifs antonymes (ex : bon/mauvais, actif/passif, obscure/clair, …) disposés en opposés sur un axe bipolaire généralement de sept graduations. Cependant, la difficulté de l’utilisation de ce modèle réside dans le choix des antonymes, qui doivent non seulement être à égale distance de l’origine mais de présenter une certaine familiarité vocabulaire au répondant (Menahem, 1968).
- **Les tests d’essai** : En plus de leur pouvoir à mesurer les variables latentes (posture, conviction, attitude, motivation, …), les tests d’essai peuvent être très utiles comme feed-back à l’enseignement. Ils consistent en un ensemble de questions ouvertes auxquelles l’apprenant doit répondre tout en montrant s’il est en accord ou en désaccord avec le sujet.
- **L’évaluation directe des comportements** : c’est la méthode qui réside la plus efficace et la plus objective. Elle consiste en une observation directe des comportements des individus à l’aide d’une grille d’évaluation ou de contrôle où sont bien précisés les critères d’évaluation et les indicateurs de comportements correspondants.

2.3.8 Méthodes statistiques utilisées

2.3.8.1 Intérêt de l’utilisation des méthodes statistiques

Parmi les intérêts de l’utilisation des statistiques dans le domaine des recherches scientifiques c’est pour répondre à la question de l’existence ou non de dépendance significative entre deux variables. Elles permettent de conclure si la tendance observée au niveau des résultats est due à l’influence d’un facteur externe ou c’est uniquement le fruit du hasard.

Puisque les statistiques sont des sciences qui s’appuient sur les probabilités, elles ne donnent jamais des conclusions exactes à 100% ; en effet, il existe toujours une marge d’erreur que nous pouvons prendre en considération lors des calculs. Ainsi, nous acceptons ou non l’existence de dépendance entre les deux variables étudiées avec un risque d’erreur estimé généralement à 0,05.

2.3.8.2 Test de Khi deux χ^2

Le test Khi deux est un test d'hypothèse qui se réalise dans le cas de deux variables qualitatives ou d'une variable qualitative nominale ou ordinale et une quantitative ordinale et qui permet de déterminer l'existence d'une dépendance ou lien entre les deux variables étudiées. C'est un test d'indépendance qui permet d'étendre les résultats ou non à l'ensemble de la population d'où est tiré l'échantillon de recherche.

Par rapport à un risque d'erreur déterminé, généralement égale à 0,05, le test Khi deux permet d'accepter ou de rejeter l'hypothèse H_0. Cette dernière correspond à l'opposé de ce que le chercheur essaye de montrer à travers son étude.

La réalisation de ce test requiert une présentation des données selon un tableau de contingence, dans lequel doivent être présentées les deux variables avec les effectifs des répondants équivalents (voir annexe 2).

Dans ce travail de recherche, le test d'hypothèse khi deux est utilisé pour répondre à la deuxième question de recherche (voir introduction de la deuxième partie), autrement dit pour vérifier l'existence de lien significatif les caractéristiques de l'échantillon (genre, ancienneté, formation, cadre de la formation et approche de la formation) et la présence de glissements rationalistes.

Dans sa forme originale, le test khi deux suppose d'effectuer un calcul relativement complexe et peu commode, mais il existe des logiciels informatiques (Excel, SPSS, …) qui permettent d'obtenir les résultats du test sans faire un seul calcul et réduisent ainsi les besognes du chercheur.

Pour le calcul manuel du khi deux observé, on procède de la façon suivante :

$$\chi^2 = \sum_{i,j} \frac{(n_{ij} - n^*_{ij})^2}{n^*_{ij}}$$

Avec :

n : effectif observé

n* : effectif théorique

Pour déterminer manuellement la valeur du khi deux théorique, on croise, au niveau de la table du khi deux, la valeur du DDL (degrés de liberté = (nombre de lignes -1) * (nombre de colonnes -1)) et la valeur du risque d'erreur alpha, généralement pris $\alpha = 0,05$.

On rejette H_0 au risque d'erreur α, si χ^2 observé > χ^2 théorique.

Avec : H_0 est l'hypothèse nulle ou l'hypothèse prudente, pour laquelle, il n'y a pas de dépendance significative entre les deux variables étudiées. Elle correspond généralement à l'opposé à ce le chercheur s'attend et est considérée vraie le long du test.

Dans notre cas, les hypothèses nulles de dépendance entre les variables sont comme suit :

- L'hypothèse nulle H_0 relative au genre : Il n'y a pas de dépendance significative entre le genre et la présence de glissements rationalistes chez les enseignants des SVT exerçants.
- L'hypothèse nulle H_0 relative à l'ancienneté : Il n'y a pas de dépendance significative entre l'ancienneté et la présence de glissements rationalistes chez les enseignants des SVT exerçants.
- L'hypothèse nulle H_0 relative à la formation : Il n'y a pas de dépendance significative entre la formation et la présence de glissements rationalistes chez les enseignants des SVT exerçants.
- L'hypothèse nulle H_0 relative au cadre de la formation : Il n'y a pas de dépendance significative entre le cadre de la formation et la présence de glissements rationalistes chez les enseignants des SVT exerçants.
- L'hypothèse nulle H_0 relative à l'approche de la formation : Il n'y a pas de dépendance significative entre l'approche de la formation et la présence de glissements rationalistes chez les enseignants des SVT exerçants.

2.4 Résultats, analyses et discussions

Les résultats du questionnaire sont présentés selon trois étapes successives. Une première qui concerne les caractéristiques de l'échantillon, à savoir, le genre, l'ancienneté, la formation, le centre de formation, le cadre (contexte) et l'approche de la formation en épistémologie des sciences expérimentales, une deuxième étape où sont présentés les résultats relatifs aux taux de glissements épistémologiques détectés auprès de notre échantillon et une troisième partie qui concerne les différentes interdépendances possibles entre les caractéristiques de l'échantillon et la présence des glissements.

A la lumière de l'analyse des résultats obtenus, une discussion des importants constats mis en évidence par la recherche est fournie avec une comparaison avec un ensemble d'études similaires dans le domaine éducatif.

2.4.1 Résultats

2.4.1.1 Analyse et interprétation des résultats relatifs aux caractéristiques de l'échantillon

2.4.1.2 Le genre



Figure 2 : Répartition de l'échantillon selon le genre

Analyse et interprétation : L'échantillon est formé de 54% d'hommes et de 46% de femmes. Les pourcentages sont contigus, ce qui garantit une homogénéité de l'échantillon du point de vue du genre.

2.4.1.3 L'ancienneté

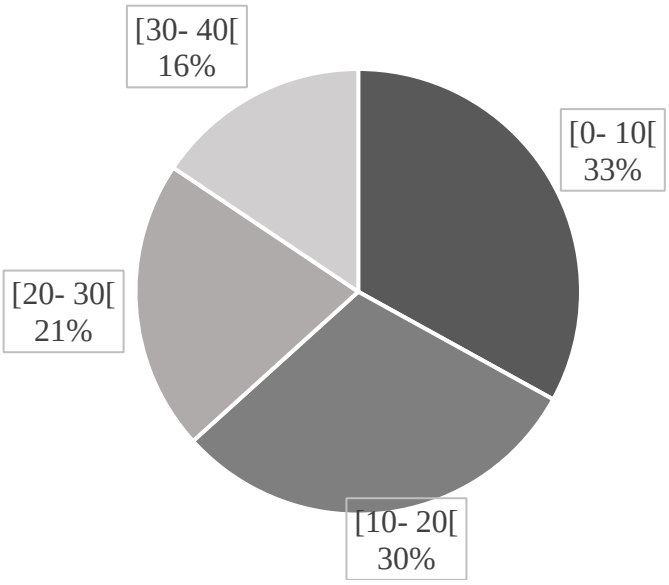


Figure 3 : Répartition de l'échantillon selon l'ancienneté

Analyse et interprétation : C'est un diagramme circulaire de la répartition de l'échantillon selon des tranches d'ancienneté de dix ans. Cette dernière oscille entre 1 et 38 ans, avec une médiane égale à 12 ans et demi, ce qui veut dire que la moitié de la population ont une ancienneté supérieure à la médiane et l'autre moitié à une ancienneté inférieure à cette médiane. La tranche d'ancienneté la plus dominante auprès de notre échantillon est celle comprise entre 0 et 10 ans avec un pourcentage qui atteint 33% du total de la population alors que la tranche d'ancienneté qui présente le minimum de la population avec un pourcentage qui ne dépasse pas les 16% est celle comprise entre 30 et 40 ans. C'est un échantillon hétérogène plus ou moins jeune dans la profession.

2.4.1.4 La formation



Figure 4 : Répartition de l'échantillon selon la formation

Analyse et interprétation : En concordance avec les résultats de Karsenti et al. (2007), le pourcentage des enseignants qui déclarent ne pas avoir eu de formation en épistémologie des sciences (55%) est supérieur à celui des enseignants qui confirment l'avoir eu (45%).

ce pourcentage assez élevé d'enseignants des sciences de la vie qui n'ont pas bénéficié d'une formation en épistémologie des sciences, organisée dans un cadre institutionnel, est dû essentiellement aux projets d'insertion professionnelle directe. En effet, pour pallier au problème du besoin en corps enseignants et pour minimiser le taux des diplômés sans emploi, le ministère de l'éducation nationale a légitimé l'intégration directe des diplômés des universités au sein de la fonction publique respectivement durant les années 2005/2006, 2007/2008 et 2010/2011. Bien que cela ait pu satisfaire aux besoins du système éducatif en termes de ressources humaines, une intégration sans formation professionnelle à priori pourrait être à la base des différents obstacles rencontrés par ces enseignants lors de leurs cursus professionnels.

2.4.1.5 Le cadre de la formation

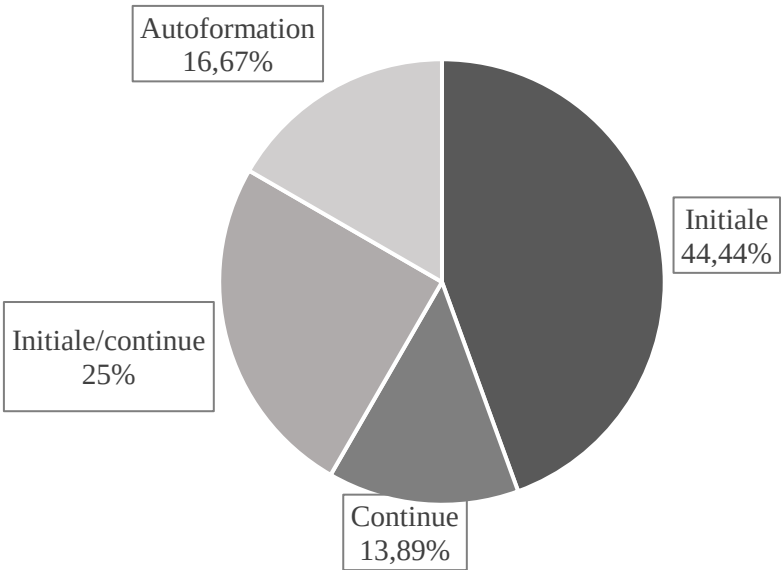


Figure 5 : Répartition de l'échantillon selon le cadre de la formation

Analyse et interprétation : Parmi les enseignants enquêtés qui déclarent avoir reçu une formation épistémologique que ce soit dans un cadre institutionnel ou autres, 44,44% déclarent l'avoir reçue durant la formation initiale, 25% durant la formation initiale et continue, 16,67% en autoformation et seul 13,89% se sont formés exclusivement lors de la formation continue.

Ce faible taux d'enseignants qui déclarent avoir reçu une formation continue en épistémologie des sciences, s'explique par la non programmation explicite des formations continues dans le cadre de la professionnalisation des pratiques enseignantes. Les quelques fois où la formation continue est programmée c'est pour initier les enseignants aux nouveautés pédagogiques adoptées par le système éducatif national et non pour répondre aux besoins et aux obstacles rencontrés par les corps enseignants (Elhalimi, 2020).

2.4.1.6 L'approche de la formation

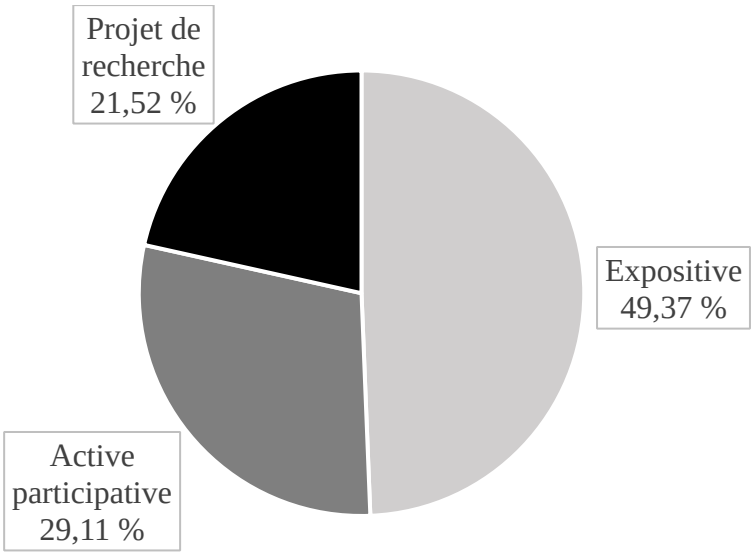


Figure 6 : Répartition de l'échantillon selon l'approche de la formation

Analyse et interprétation : Parmi les enseignants enquêtés ayant bénéficié d'une formation épistémologique dans un cadre institutionnel initial ou continu (fig 5), 49,37% déclarent l'avoir reçue majoritairement selon une méthode expositive, 29,11% selon une méthode active participative et seulement 21,52% sous forme de projet de recherche dans un cadre institutionnel.

Bien que le cours magistral qui s'intègre dans une pédagogie transmissive soit qualifié d'enseignement traditionnel dépassé, son usage dans la formation épistémologique des enseignants s'avère être toujours présent, ce qui s'accorde avec les résultats de Duguet et Berthaud (2021) qui déclarent avoir trouvé en France une prédominance de l'exposé magistral (61,4%) comme méthode pédagogique utilisée par des maîtres de conférence, des professeurs universitaires et des enseignants du secondaire dans leurs cours. De même pour l'étude de Lahchimi (2015) sur la réforme de la formation des enseignants au Maroc et qui dévoile une abondance du cours magistral dans les modules de préparation au métier de l'enseignement.

Ce type d'enseignement limite la rétention des contenus des cours par les étudiants (Short & Martin, 2011) et renforce chez eux l'installation de fausses conceptions (Kouchou et al., 2019), ce qui renvoie vers une nécessité de rénovation des méthodes pédagogiques actuelles vers des méthodes qui impliquent plutôt l'étudiant que le maître.

2.4.2 Analyse et interprétation des résultats relatifs aux glissements rationalistes

2.4.2.1 Résultats relatifs à l'ensemble des items

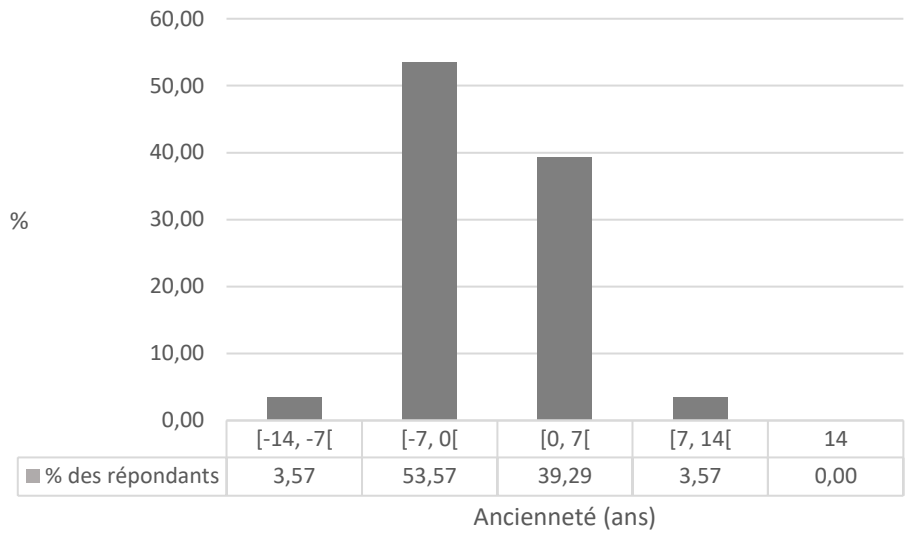


Figure 7 : Pourcentages des répondants en fonction des scores de l'ensemble des items

Analyse et interprétation : C'est un diagramme en barres des pourcentages des répondants répartis selon les intervalles de scores obtenus. Presque 4% des enseignants enquêtés présentent un taux très important de glissements rationalistes avec un score compris entre [-14, -7[, plus de 53% présentent un taux important, avec un score compris entre [-7, 0[, 39% présentent un taux moyen, avec un score compris entre [0, 7[, presque 4% présentent un taux faible, avec un score compris entre [7, 14[et aucun enseignant ne présente un taux nul de glissements rationalistes, avec un score égal à [14].

A partir de l'analyse de ces résultats, tous les enseignants ayant répondu au questionnaire présentent des glissements épistémologiques rationalistes et par conséquent répond à notre première question de recherche (Voir introduction de la deuxième partie) avec une dominance de ceux à taux de glissements important.

2.4.2.2 Résultats relatifs à chaque item

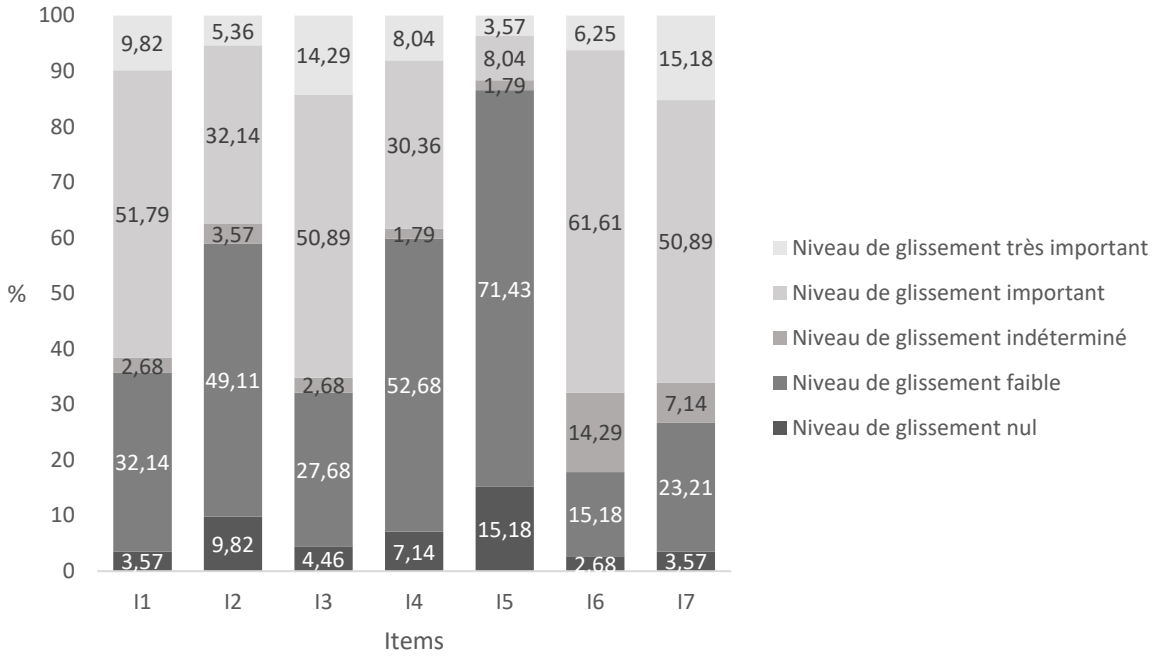


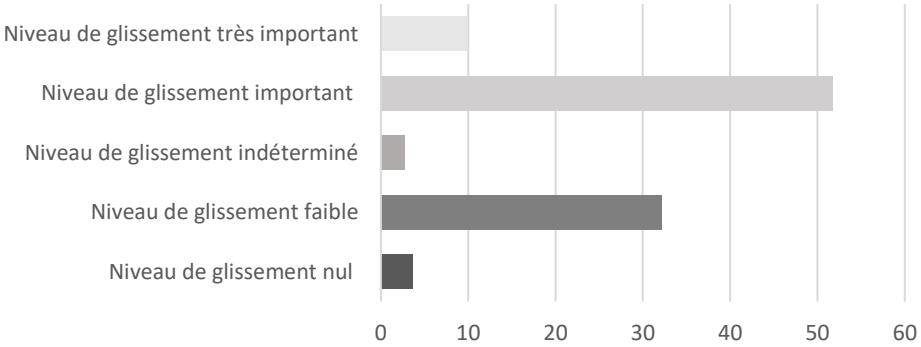
Figure 8 : Niveaux de glissement rationaliste des répondants en fonction des sept items

Analyse et interprétation : L'aperçu global des réponses au questionnaire montre que le niveau de glissement épistémologique rationaliste ne s'exprime pas de la même façon quant aux sept items du questionnaire. On remarque une dominance des enseignants à niveau de glissement important à très important par rapport aux items 6, 7, 3 et 1 alors que les items 5, 4 et 2 présentent plutôt une dominance des enseignants à niveau de glissement faible à nul.

En ce qui concerne les enseignants à niveau de glissement indéterminé, leurs pourcentages varient d'un item à l'autre entre un maximum de 14,29% pour l'item 6 et un minimum de 1,79% pour les items 4 et 5. Ces pourcentages demeurent faibles et sont probablement dus à une difficulté de compréhension des items ou bien à une méconnaissance du sujet en question.

Dans ce qui suit, plus de détails concernant chaque item du questionnaire seront fournis.

Résultats relatifs à l'item 1



	Niveau de glissement nul	Niveau de glissement faible	Niveau de glissement indéterminé	Niveau de glissement important	Niveau de glissement très important
% des réponses	3,57	32,14	2,68	51,79	9,82

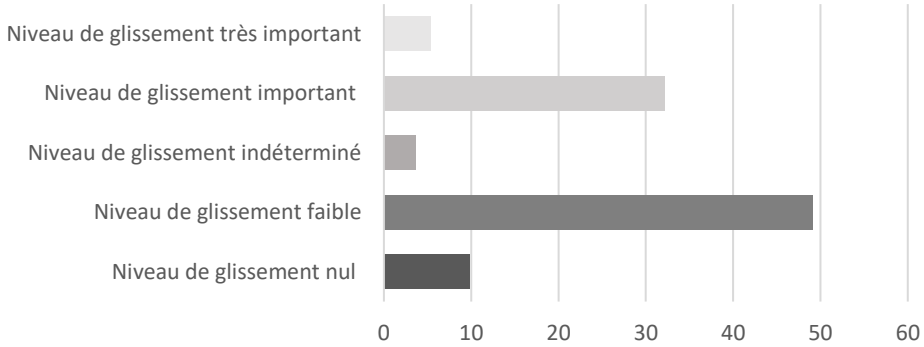
Item 1 : L'esprit contient des idées innées qui sont la seule origine de tout savoir certain.

Figure 9 : Diagramme en barres des réponses à l'item 1

Analyse et interprétation : C'est un diagramme en barres des réponses à l'item 1 du questionnaire. Seul 35,71 % de la population présentent un niveau de glissement faible à nul, ils considèrent que l'origine de la connaissance n'est pas uniquement interne, c'est-à-dire qu'elle n'est pas limitée aux idées innées mais qu'elle a également une origine externe sous forme de perceptions sensibles. Cependant, plus que 61% des enseignants de notre échantillon présentent un niveau de glissement important à très important par rapport à l'item 1, ils croient en la seule origine interne du savoir, ce qui pourrait représenter un glissement épistémologique rationaliste relatif à l'origine de la connaissance scientifique.

Les 2,68% restants ne sont ni en accord ni en désaccord avec l'item ce qui empêche de déterminer leur niveau de glissement rationaliste.

Résultats relatifs à l'item 2



	Niveau de glissement nul	Niveau de glissement faible	Niveau de glissement indéterminé	Niveau de glissement important	Niveau de glissement très important
% des réponses	9,82	49,11	3,57	32,14	5,36

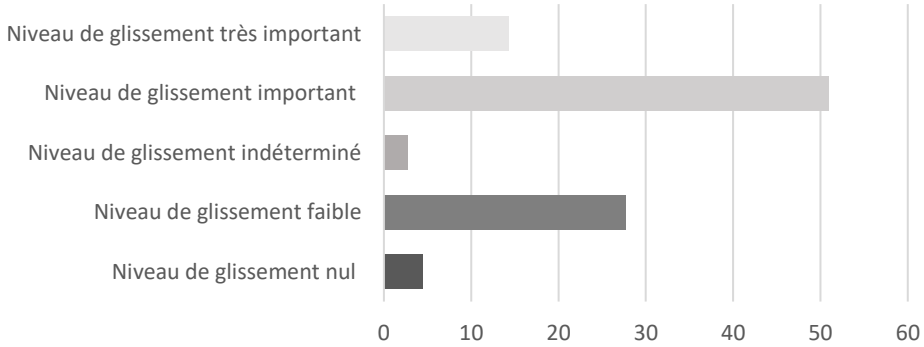
Item 2 : On doit douter uniquement de toute connaissance scientifique provenant de l'expérience ou de l'observation, car ces dernières dépendent des organes de sens qui sont généralement peu précis et infidèles.

Figure 10 : Diagramme en barres des réponses à l'item 2

Analyse et interprétation : C'est un diagramme en barres des réponses à l'item 2 du questionnaire. Plus que la moitié du total de l'échantillon avec un pourcentage qui atteint presque 59% présentent un niveau de glissement faible à nul, ils se fient aux organes de sens et les considèrent comme moyen fidèle de recueil de données empiriques. Quant au doute, c'est une réflexion scientifique interrogative qui peut toucher aussi bien les connaissances provenant de la raison que celles provenant de l'expérience ou de l'observation. Pour ceux qui présentent un taux de glissement important à très important, ils représentent 37,5% de l'échantillon. Ces derniers se méfient uniquement de toute connaissance provenant des organes de sens en leur attribuant les caractères d'infidélité et d'imprécision, ce qui pourrait représenter une manifestation d'un glissement épistémologique rationaliste relatif à l'origine de la connaissance scientifique.

En ce qui concerne les 3,57% restant de l'échantillon, ils n'ont pas exprimé leur accord ou leur désaccord par rapport à l'item, leur niveau de glissement reste donc inconnu.

Résultats relatifs à l'item *3*



	Niveau de glissement nul	Niveau de glissement faible	Niveau de glissement indéterminé	Niveau de glissement important	Niveau de glissement très important
% des réponses	4,46	27,68	2,68	50,89	14,29

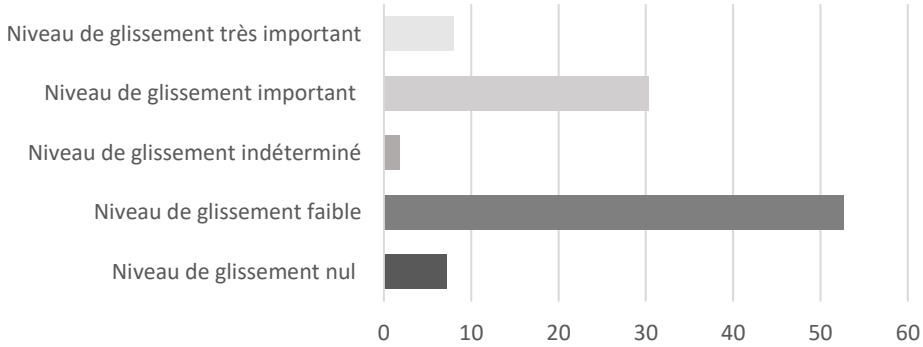
Item 3 : Toute connaissance scientifique valide provient exclusivement de l'usage de la raison et de la logique.

Figure 11 : Diagramme en barres des réponses à l'item 3

Analyse et interprétation : : C'est un diagramme en barres des réponses à l'item 3 du questionnaire. 32,14% de la population présentent un niveau de glissement faible à nul par rapport à l'item 3, ils sont contre l'exclusivité totale de l'usage de la raison dans toute production scientifique et par là ils élargissent le chemin vers la connaissance à l'intégration de preuves, telles les observations fortuites ou provoquées, les expériences tâtonnantes ou pensées, … alors que plus de 65% présentent un niveau important à très important de glissement. Ces derniers croient en l'exclusivité de l'usage de la raison et de la logique dans toutes production scientifique, ils admettent qu'en effectuant des liens logiques entre des idées préétablies ils arrivent à produire une connaissance scientifique valide. Pour eux, l'intelligibilité gagne sur la réalité, ce qui pourrait renvoyer vers la présence d'un glissement rationaliste en relation avec le chemin vers la connaissance scientifique.

2,68 % des enseignants de notre échantillon sont restés sans avis par rapport à l'item d'où l'indétermination de leurs niveaux de glissement rationaliste.

Résultats relatifs à l'item 4



	Niveau de glissement nul	Niveau de glissement faible	Niveau de glissement indéterminé	Niveau de glissement important	Niveau de glissement très important
% des réponses	7,14	52,68	1,79	30,36	8,04

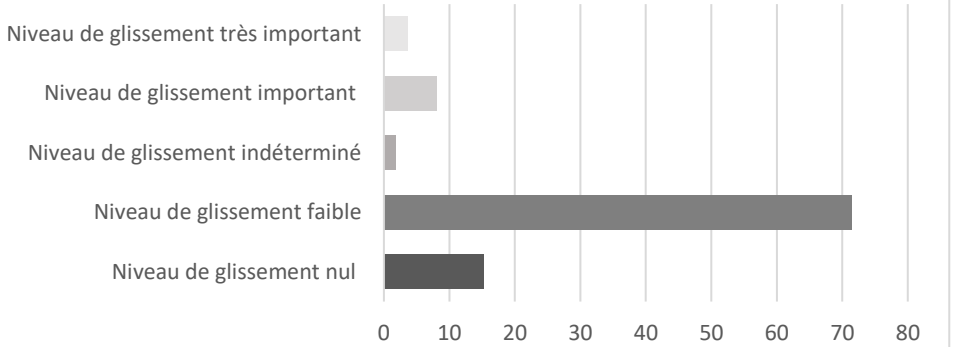
Item 4 : A partir d'idées innées ou préétablies et seulement en suivant un raisonnement déductif qu'on arrive à des lois et des théories scientifiques.

Figure 12 : Diagramme en barres des réponses à l'item 4

Analyse et interprétation : C'est un diagramme en barres des réponses à l'item 4 du questionnaire. Plus de 59% de la population étudiée présentent un niveau de glissement faible à nul par rapport à l'item 4, ils refusent de donner l'exclusivité au raisonnement déductif intelligible en laissant part aux inductions et aux hypothético déductions. Tandis que seul 38,4% présentent un niveau de glissement important à très important, ces derniers excluent les issus de la réalité de leur chemin vers la connaissance en adoptant une méthode déductive à partir d'un réseau d'idées théoriques. Ce chemin demeure purement subjectif et risque de menacer la validité de ses produits, ce qui soupçonne probablement la présence chez ces enseignants d'un glissement rationaliste en rapport avec le chemin vers la connaissance.

Quant à 1,79% des enseignants restants de notre échantillon, leurs niveaux de glissement par rapport à l'item restent inconnus.

Résultats relatifs à l'item 5



	Niveau de glissement nul	Niveau de glissement faible	Niveau de glissement indéterminé	Niveau de glissement important	Niveau de glissement très important
% des réponses	15,18	71,43	1,79	8,04	3,57

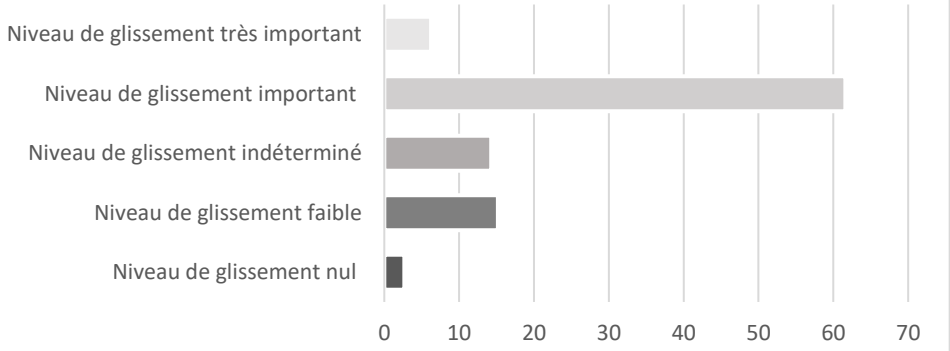
Item 5 : L'expérience scientifique sert essentiellement à l'illustration ou à la vérification des connaissances scientifiques théoriques.

Figure 13 : Diagramme en barres des réponses à l'item 5

Analyse et interprétation : C'est un diagramme en barres des réponses à l'item 5 du questionnaire. Plus que 86% de la population étudiée présentent un niveau de glissement faible à nul par rapport à l'item 5 alors que seul 11,61% présentent un niveau important à très important. Ces derniers montrent une favorisation du rôle à postériori de l'expérience plutôt que son rôle à priori. Ils attribuent à l'expérience scientifique les seuls rôles de l'illustration et de la vérification des connaissances théoriques en sous estimant leurs parts comme point de départ à la construction scientifique, ce qui pourrait renvoyer vers un glissement épistémologique rationaliste en relation avec le chemin vers la connaissance où l'observation et l'expérience n'interviennent qu'au dernier moment.

Les enseignants n'ayant pas répondu à l'item présentent moins de 2% du total de l'échantillon.

Résultats relatifs à l'item 6



	Niveau de glissement nul	Niveau de glissement faible	Niveau de glissement indéterminé	Niveau de glissement important	Niveau de glissement très important
% des réponses	2,68	15,18	14,29	61,61	6,25

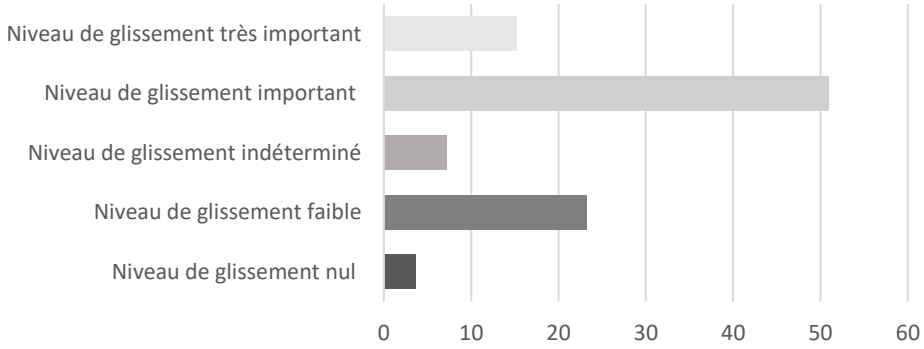
Item 6 : Seuls la rigueur des opérations mentales, l'usage des règles mathématiques et l'application des principes de cause à effet mèneront à l'élaboration des lois et théories valides.

Figure 14 : Diagramme en barres des réponses à l'item 6

Analyse et interprétation : C'est un diagramme en barres des réponses à l'item 6 du questionnaire. Seuls 17,86% du total de l'échantillon présentent un niveau de glissement rationaliste faible à nul, ils déclarent que la faculté réflexive n'est pas le seul moyen responsable de produire une connaissance valide alors que plus de 67% présentent un glissement rationaliste important à très important. Ces derniers s'avèrent associer la production scientifique à la seule faculté réflexive soutenue par la logique, la mathématisation et le déterminisme et s'avèrent négliger la part que joue la perception du monde extérieur dans ce processus, ce qui pourrait renvoyer à la présence d'un glissement épistémologique rationaliste en rapport avec le critère de validité de la connaissance scientifique.

14,29% de l'échantillon ont gardé un avis neutre, ce qui s'explique par leur méconnaissance du sujet ou bien par une difficulté de compréhension de l'item bien que ce dernier ait été fourni en arabe et en français.

Résultats relatifs à l'item 7



	Niveau de glissement nul	Niveau de glissement faible	Niveau de glissement indéterminé	Niveau de glissement important	Niveau de glissement très important
% des réponses	3,57	23,21	7,14	50,89	15,18

Item 7 : La confrontation avec le réel est inutile lorsque l'idée qui mène à la loi est évidente.

Figure 15 : Diagramme en barres des réponses à l'item 7

Analyse et interprétation : C'est un diagramme en barres des réponses à l'item 7 du questionnaire. Seul 26,78% de l'échantillon présentent un niveau de glissement faible à nul par rapport à l'item, alors que plus de 66% présentent un niveau de glissement important à très important. Ces derniers déclarent que la confrontation des idées théoriques avec la réalité par le biais de l'observation ou de l'expérience est inutile, tant que l'idée qui mène à la loi est évidente. Une croyance qui a été dépassée depuis Platon en associant le mot connaissance aux seules croyances justifiées (Varenne, 2011) ; non pas par le seul effort de la pensée abstraite (Granger, 2006) mais par le questionnement permanent du réel à travers les observations et les expériences.

Ces résultats renvoient probablement vers la présence d'un glissement épistémologique rationaliste auprès de notre échantillon d'enseignant relatif aux moyens de justification et de validation de la connaissance.

7,14% des enseignants enquêtés n'ont pas donné leur avis par rapport à l'item, leur niveau de glissement reste donc indéterminé.

2.4.3 Analyse et interprétation des résultats relatifs aux glissements épistémologiques rationalistes en fonction des caractéristiques de l'échantillon

Il est important de signaler que l'outil statistique utilisé pour déterminer la liaison entre les deux variables, à savoir la caractéristique de l'échantillon et la présence de glissements rationalistes est le coefficient chi deux d'indépendance. Ce dernier ne peut en revanche être

calculé que si les effectifs au sein de chaque groupe soient supérieurs ou égales à 5 individus. C'est pour cette raison que les cinq intervalles de scores (relatifs à l'ensemble des items) utilisés précédemment ont été regroupés en uniquement deux intervalles de scores ; à savoir [-14, 0] et]0, 14] et qui veulent signifier respectivement un niveau de glissement important à très important et un niveau de glissement moyen à faible.

Le taux nul de glissement n'est pas pris en compte dans la signification des intervalles par ce qu'aucun des enseignants n'a eu un score d'items égale à 14 (fig 7).

2.4.3.1 Glissements rationalistes en fonction du genre

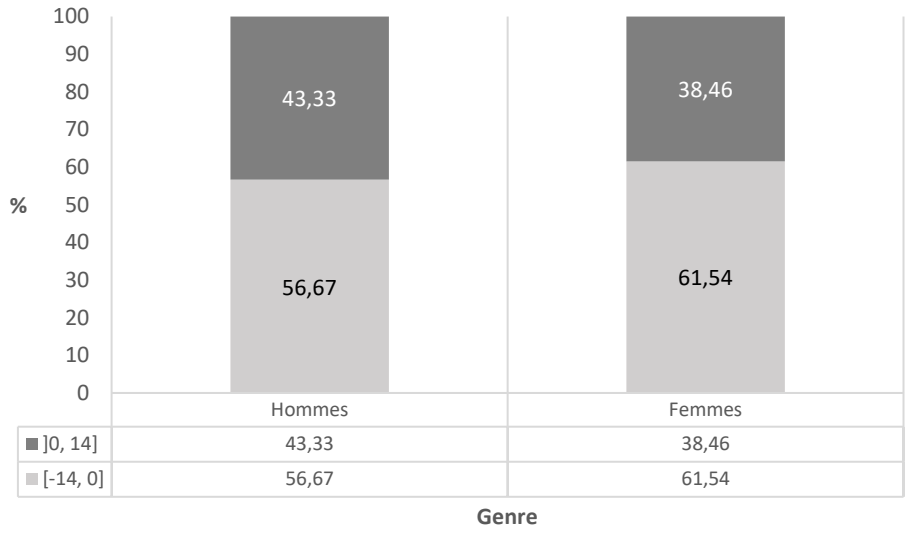


Figure 16 : Niveaux des glissements rationalistes en fonction du genre

Analyse et interprétation : C'est un diagramme en barres comparatif des scores relatifs aux différents items du test en fonction du genre. Il montre que chez les enseignants comme chez les enseignantes de notre échantillon, il y a présence de glissements épistémologiques rationalistes. Ces derniers varient entre un niveau moyen à faible et un niveau important à très important avec une dominance des glissements à niveau important à très important chez les deux sexes.

Par ailleurs, le pourcentage des glissements rationalistes de niveau important à très important est légèrement supérieur chez les femmes que chez les hommes, avec une différence inférieure à 5%. Cette faible différence entre les deux sexes sous-tend une indépendance entre le genre de notre échantillon et la présence des glissements rationalistes.

Pour vérifier la réalité de cette interdépendance soupçonnée entre le sexe des répondants et la présence de glissements, une analyse statistique de type χ^2 d'indépendance a été effectuée (voir annexe 2).

Le calcul du coefficient χ^2 d'indépendance donne une valeur calculée de 0,27 inférieure à la valeur théorique de 3,84 (χ^2 calculé < χ^2 théorique). Pour un degré d'erreur alpha égale à 0,05, notre hypothèse de recherche H_0 relative au genre est donc acceptée : le genre n'a pas d'effet sur la présence ou non des glissements rationalistes chez notre échantillon d'enseignants des SVT.

2.4.3.2 Glissements rationalistes en fonction de l'ancienneté

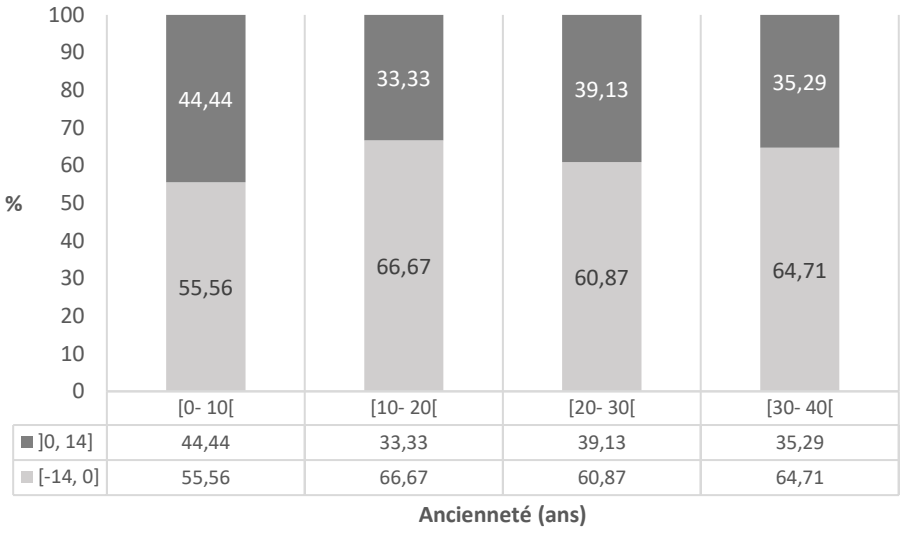


Figure 17 : Niveaux des glissements rationalistes en fonction de l'ancienneté

Analyse et interprétation : C'est un diagramme en barres comparatif des niveaux de glissements rationalistes en fonction de l'ancienneté. Les résultats montrent que les enseignants des SVT enquêtés présentent des glissements rationalistes quelle que soit la tranche d'ancienneté à laquelle ils appartiennent, avec une dominance générale des glissements rationalistes de niveau important à très important.

Les enseignants à ancienneté comprise entre 10 et 20 ans s'avèrent présenter le plus de glissements rationalistes de niveau important à très important avec une valeur qui atteint 66,67% alors que les enseignants à ancienneté comprise entre 0 et 10 ans en présentent une valeur minimale de 55,56%.

La variation du niveau important à très important de glissements rationalistes semble ne suivre aucune tendance ce qui suggère une indépendance entre l'ancienneté et la présence de ces glissements.

Afin de vérifier cette indépendance, le test de χ^2 d'indépendance a été réalisé. Le calcul du coefficient χ^2 (voir annexe 2) montre une valeur calculée de 0,99 inférieure à la valeur théorique de 7,81 (χ^2 calculé < χ^2 théorique) ce qui permet d'accepter l'hypothèse H_0 de recherche relative à l'ancienneté. Cela confirme qu'il n'existerait pas de dépendance entre l'ancienneté des enseignants de notre échantillon et la présence de glissements rationalistes.

2.4.3.3 Glissements rationalistes en fonction de la formation

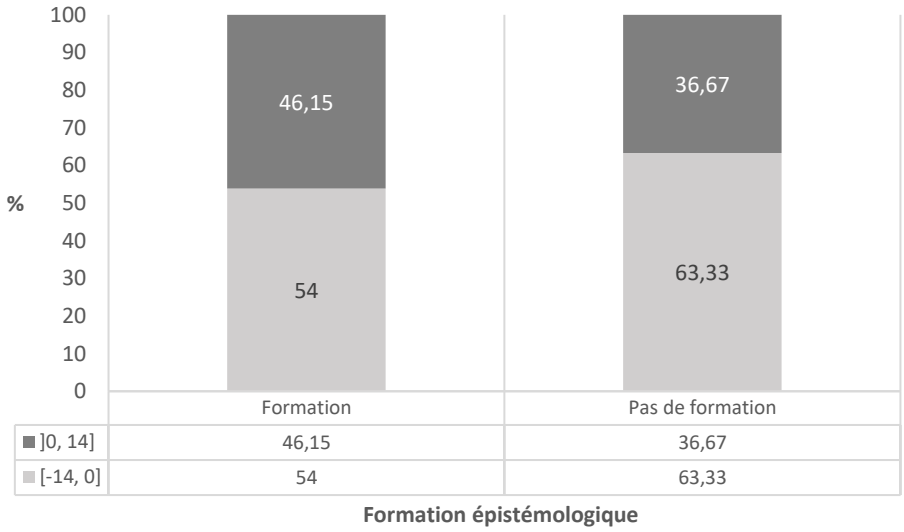


Figure 18 : Niveaux des glissements rationalistes en fonction de la formation

Analyse et interprétation : C'est un diagramme en barres comparatif des niveaux des glissements rationalistes en fonction de la formation. Les résultats montrent la présence de ces glissements chez les enseignants, de notre échantillon, n'ayant pas subi de formation épistémologique aussi bien que ceux l'ayant subie avec une dominance des glissements de niveau important à très important chez les enseignants sans formation.

Ces résultats soupçonnent que le fait de ne pas avoir eu de formation épistémologique augmenterait le taux de glissements rationalistes de niveau important à très important chez les enseignants.

Bien que ce constat ait un sens dans la logique des finalités préventives de la formation, le calcul du χ^2 d'indépendance (voir annexe 2) donne une valeur calculée de 1,04 inférieure à la

valeur théorique estimée à 3,84 (χ^2 calculé < χ^2 théorique), ce qui permet d'accepter l'hypothèse de recherche H_0 relative à la formation avec un risque d'erreur de 0,05. De ce fait, la formation n'a aucune influence sur la présence ou non des glissements rationalistes chez notre échantillon des enseignants des SVT.

2.4.3.4 Glissements rationalistes en fonction du cadre de la formation

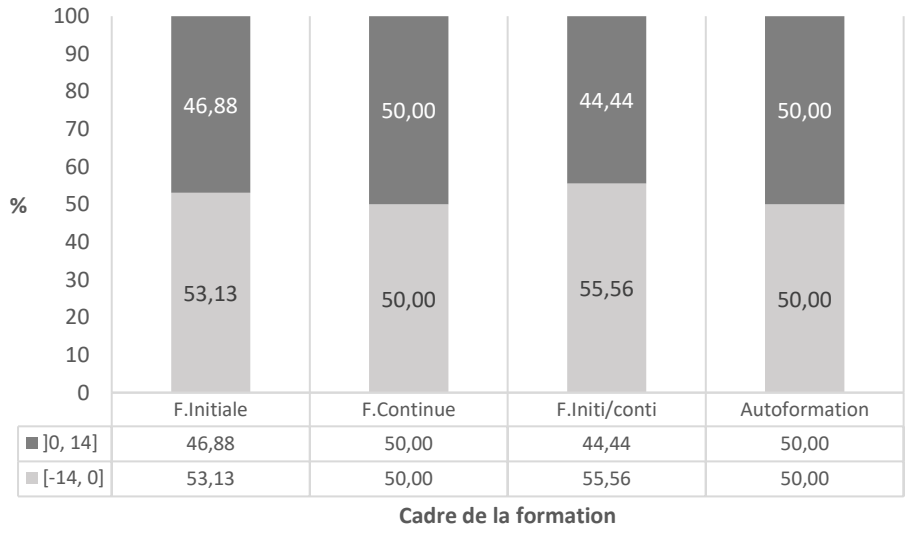


Figure 19 : Niveaux des glissements rationalistes en fonction du cadre de la formation

Analyse et interprétation : C'est un diagramme en barres comparatif des niveaux de glissements rationalistes en fonction du cadre de la formation. Les résultats montrent que les glissements rationalistes de niveau important à très important apparaissent presque équitablement (≈ 50%) chez les enseignants, de notre échantillon, ayant subi la formation dans un cadre initial, continu, initial et continu et même en autoformation.

Bien qu'on s'attendît à un taux faible de glissements rationalistes de niveau important à très important auprès des enseignants ayant bénéficié à la fois d'une formation initiale et continue, les résultats montrent qu'au contraire, ces enseignants présentent le maximum avec un taux qui atteint 55,56%.

Pour voir si ces résultats sont significatifs ou non, le calcul du coefficient χ^2 (voir annexe 2) vérifie l'hypothèse de recherche H_0 relative au cadre de la formation. Avec un χ^2 calculé de 0,13 et un χ^2 théorique de 7,81 (χ^2 calculé < χ^2 théorique). Il n'y a donc pas de dépendance entre le cadre de la formation et la présence de glissements rationalistes chez les enseignants des SVT enquêtés.

2.4.3.5 Glissements rationalistes en fonction de l'approche de formation

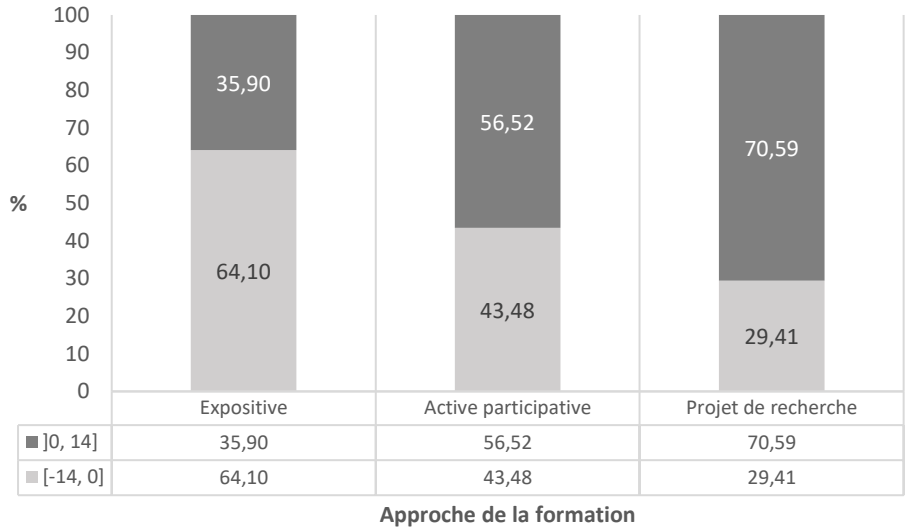


Figure 20 : Niveaux des glissements rationalistes en fonction de l'approche de formation

Analyse et interprétation : C'est un diagramme en barres qui présente les niveaux de glissements rationalistes en fonction de l'approche de la formation. Les résultats dévoilent la présence de glissements rationalistes auprès de tout notre échantillon de recherche ayant bénéficié d'une formation dans un cadre institutionnel. Cependant, le pourcentage de glissements de niveau important à très important change considérablement d'une approche à l'autre, avec un pourcentage qui atteint 64,10% pour la méthode expositive, 43,48% pour la méthode active participative et seulement 29,41% pour le projet de recherche.

Bien que ces résultats trouvent un sens dans la mesure où la méthode expositive est la moins efficace en ce qui concerne l'installation d'une posture épistémologique adéquate, on s'attendait à ce que la méthode active participative soit celle qui participe le moins à l'apparition des glissements épistémologiques de niveau important à très important. Une caractéristique qui est apparemment devenue attribuée au projet de recherche mené dans un cadre institutionnel.

Afin de vérifier statistiquement la signification de ces résultats, les valeurs respectives de χ^2 calculé et de χ^2 théorique ont été extraites. Pour un χ^2 calculé de 6,36 et un χ^2 théorique de 5,99 (χ^2 calculé > χ^2 théorique), notre hypothèse de recherche H_0 relative à l'approche de la formation est rejetée avec un risque d'erreur alpha de 0,05. Il existe donc une dépendance entre l'approche par laquelle la formation épistémologique a été effectuée et la présence de glissements épistémologiques rationalistes.

2.4.4 Discussion des principaux résultats

2.4.4.1 Discussion des principaux résultats relatifs aux glissements rationalistes

L'analyse des résultats du questionnaire a montré que les enseignants de notre échantillon présentent un ensemble de glissements épistémologiques rationalistes se rapportant à l'origine de la connaissance, au chemin vers la connaissance et à la validité de la connaissance, ce qui répond à notre première question de recherche : **Existe-il des glissements épistémologiques rationalistes dans la culture et la pratique expérimentales des enseignants des SVT au secondaire qualifiant marocain ?**

Du point de vue de l'origine du savoir scientifique, 61,61% (Fig9) des enseignants des SVT enquêtés expriment leur tendance à favoriser l'origine intelligible du savoir en donnant la primauté aux idées comme point de départ à la construction de la connaissance au détriment des perceptions sensibles (Item1). 37,5% (Fig10) expriment leur incertitude par rapport à tout ce qui provient des organes de sens qu'ils considèrent imprécis et infidèles pour se fier complètement aux provenances de l'esprit et de la raison (Item2).

Quant au chemin vers la connaissance, 65,18% (Fig11) donnent l'exclusivité aux seules opérations mentales logiques (Item3), 38,4% (Fig12) sont pour la déduction à partir d'idées innées (Item4) et 11,61% (Fig13) attribuent à l'expérience les seuls rôles à postériori de vérification ou d'illustration (Item5).

Pour la validité de la connaissance scientifique, 67,86% (Fig14) l'associent à la seule rigueur logique renforcée par l'utilisation des mathématiques et par l'application du principe déterministe (Item6) et 66,07% (Fig15) renoncent à la nécessité de confronter le réel devant l'évidence des idées (Item7).

Ces affirmations déclarées par notre échantillon d'enseignants enquêtés dévoilent une épistémologie professorale à tendance rationaliste, qui favorise le côté théorique sur le côté pratique. Une épistémologie qui oriente d'une façon importante les pratiques de la classe (Shulman, 1987 ; Thémines, 2006 ; Sensevy, 2011) et détermine le choix des activités didactiques en l'occurrence la mise en place des expériences scientifiques en classe (Boivin-Delpieu & Bécu-Robinault 2015). Elle peut également conduire vers un éloignement des objectifs pédagogiques et participer par conséquent à la dégradation de l'action didactique au sein de la classe (D'Amore et al., 2008).

A la différence de nos résultats, plusieurs travaux réalisés en Europe (Van Driel et al., 1998 ; Glasson & Bentley, 2000 ; Abd-El-Khalick, 2005) révèlent plutôt une tendance empiriste et positiviste naïves des enseignants des sciences. Ces derniers adoptent une posture épistémologique qui sous-estime la part du théorique dans la mise en place des activités d'expérimentation ou d'observation et dans l'explication des phénomènes. Ce qui peut être expliqué par la tendance empirique des curricula des sciences en Europe que Germann (2020) a montré à travers son analyse des textes officiels de l'école et du collège.

Si pour une posture rationaliste naïve, l'enseignant se contenterait dans son cours de présenter le cadre théorique de l'expérience qu'il accompagne de questions stimulant la réflexion de l'apprenant au sein d'un raisonnement purement déductif, pour une posture empiriste et positiviste naïves, l'enseignant organiserait plutôt une construction de savoirs suivant un raisonnement purement inductif à partir de faits issus d'observations empiriques et d'expériences dont les consignes doivent être scrupuleusement suivies (Bomchil & Darley, 1998 ; Riopel, 2005 ; Germann, 2020).

Malgré cette divergence d'épistémologies pratiques auprès des enseignants à l'échelle Marocain et à l'échelle Européen, Germann (2020) a montré à travers son étude que l'épistémologie des textes officiels en Europe concorde avec celle adoptée par les enseignants. Une épistémologie empiriste naïve qui se manifeste explicitement à travers le choix et la mise en place des activités d'enseignement dans la pratique de la classe et implicitement au sein des curricula sous forme de quelques affirmations qui insistent sur le recours à priori aux sens dans la construction des savoirs. Quant au système éducatif national, une recherche supplémentaire pourrait montrer l'existence d'une éventuelle conformité épistémologique entre enseignants des sciences et curricula.

2.4.4.2 Discussion des principaux résultats relatifs à l'interdépendance entre les glissements rationalistes et les caractéristiques de l'échantillon

L'analyse des résultats de l'interdépendance entre les caractéristiques de notre échantillon d'étude et la présence de glissements rationalistes ainsi que le calcul du coefficient χ^2 d'indépendance avec un risque d'erreur $\alpha = 0,05$ ont permis de répondre à notre deuxième question de recherche : **Quelles sont les interdépendances possibles entre les caractéristiques de l'échantillon et la présence de glissements rationalistes ?**

L'analyse des résultats a montré les constats suivants :

- Il n’existe aucune dépendance entre le genre des enseignants et la présence de glissements rationalistes ;
- Il n’existe aucune dépendance entre l’ancienneté des enseignants et la présence de glissements rationalistes ;
- Il n’existe aucune dépendance entre la formation épistémologique des enseignants et la présence de glissements rationalistes ;
- Il n’existe aucune dépendance entre le cadre de la formation épistémologique reçue et la présence de glissements rationalistes ;
- Il existe une dépendance entre l’approche de la formation épistémologique reçue et la présence de glissements rationalistes ;

Bien qu’on s’attendît à ce que le genre, l’ancienneté, la formation et son cadre institutionnel présentent un effet sur l’apparition des glissements rationalistes, les résultats paraissent insatisfaisants et montrent qu’aucun de nos critères ne s’avère conditionner ou non leur apparition.

L’ancienneté, bien même qu’elle fasse gagner plus d’expertise quant aux différentes formes de savoirs mobilisés dans le domaine de l’enseignement (Cusset, 2011 ; Pasco et al., 2008 ; Bressoux, 1990), elle semble n’avoir aucune influence sur la posture épistémologique et la relation qu’entretiennent les enseignants de notre échantillon au savoir, et par conséquent elle ne contribue guère à minimiser chez eux l’apparition de glissements épistémologiques rationalistes. Par ailleurs, une étude menée à l’échelle européenne (Baillet & Therriault, 2021) montre que l’ancienneté participe au changement de croyances épistémologiques chez les enseignants. Ces derniers, au début de leurs carrières, sont plus imprégnés par une épistémologie relative à leur formation universitaire alors que les plus anciens s’imprègnent plus par une culture épistémologique professionnelle.

Du côté de la formation épistémologique, qui est censée fournir aux enseignants les éléments nécessaires à leur insertion professionnelle, un rapprochement des taux de glissements rationalistes chez les enseignants formés comme chez les non formés (Fig18) soupçonnent une formation épistémologique probablement déficitaire, inefficace ou insuffisante du point de vue prévention de l’apparition des glissements chez les enseignants. Bressoux (1990) rejoint notre constat et montre que le taux de progression observé chez les élèves enseignés par des professeurs formés est semblable à celui observé chez les élèves enseignés par des professeurs non formés et arrive à la conclusion que l’impact de la formation des professeurs sur l’acquisition des élèves n’est pas satisfaisant.

Ces résultats conduisent à se poser la question sur quelle pourrait être l'origine de ces glissements rationalistes dans la culture et la pratique des enseignants des SVT ? En effet, un enseignant qui a fait un parcours scolaire dénudé de toute réalisation effective de l'expérience, des années de pratique en classe ou une formation initiale ou continue en épistémologie ne pourraient pas le conduire vers un changement de vision et de perception de l'intérêt pratique de l'expérimental, d'où la nécessité de repenser le système éducatif marocain depuis le niveau élémentaire, en initiant les apprenants tout au cours de leur parcours scolaire à l'expérience et à la manipulation.

Dans une même perspective, Sylla et De Vos (2006) montrent que les enseignants adoptent des croyances épistémologiques et une relation au savoir qui correspondent à leurs anciennes expériences d'élèves. Ces dernières s'avèrent plus familières pour ces enseignants et constituent par conséquent le socle de la posture épistémologique qu'ils développent. Anciennement incrustée, cette posture résiste fortement au changement, ce qui expliquerait sa persistance dans la culture et la pratique expérimentale de la classe (Konings et al., 2007).

Les résultats ont montré également que le fait de mener un projet de recherche par les enseignants dans un cadre institutionnel s'avère être responsable de la diminution de l'apparition des glissements rationalistes de niveau important à très important. En procédant à la recherche en pédagogie, l'enseignant acquiert une compétence professionnelle qui remet en question la validité de ses propres pratiques de la classe tout en lui permettant de gérer l'écart entre les contenus théoriques de sa formation et le travail réel de la classe (Blanchard, 2002 ; Perrenoud, 2001).

Perrenoud (2001) est parmi les principaux chercheurs qui ont défendu l'idée d'intégrer la recherche dans la préparation professionnalisante des enseignants. Il montre à travers son livre que la recherche en éducation pourrait être une meilleure stratégie de formation des enseignants afin de les initier à réfléchir sur leurs pratiques et ne pas être tout simplement des imitateurs de façons de faire traditionnelles et dépassées. C'est dans la même optique que Meziane (1995) définit trois éléments fondateurs de la professionnalisation des enseignants, à savoir, La formation, la pratique de la classe et la recherche pédagogique.

Actuellement, les écoles et les centres de formation des enseignants attribuent une part importante à ce projet de recherche. Ils assurent aux futurs enseignants tous les éléments théoriques et méthodologiques nécessaires à la bonne conduite du projet ainsi qu'un accompagnement pédagogique qui va de la conception de la problématique jusqu'aux

résultats et leurs interprétations. Cependant, rattacher la recherche pédagogique à la seule formation initiale demeure insuffisant. Devant les différents écueils que connait le métier de l'enseignement, l'intégration de la recherche dans la formation continue donnerait aux enseignants l'opportunité d'analyser leurs pratiques ou celles des pairs, de réfléchir sur les méthodes d'enseignement en vigueur, d'acquérir un certain recul par rapport au choix des activités didactiques et pédagogiques, de développer une pensée réflexive sur les différentes composantes curriculaires en usage ainsi que d'adopter une posture épistémologique adéquate loin de tout glissement épistémologique susceptible d'imprégner la culture et la pratique enseignante.

Aubin (1970) discute l'intérêt de développer l'esprit de la recherche chez l'enseignant. Il dit qu'une telle compétence intellectuelle l'aide non seulement à améliorer sa performance mais également à s'échapper à la routine, à l'imitation et à l'imprégnation. Une compétence qui, acquise dans un cadre opérationnel, permet aux enseignants d'approcher les différents problèmes rencontrés dans leur métier avec plus de rationalité.

Nous clôturons cette discussion par reprendre l'expression de Akkari et Wentzel (2012) : *« Il nous semble que les pratiques les plus formatrices sont celles qui relient la recherche avec la pratique professionnelle (stages) des enseignants en formation »* à laquelle nous nous permettront de rajouter que les compétences les plus recherchées actuellement chez les enseignants, sont celles qui se développeraient par l'intégration de la recherche dans le métier de l'enseignement.

Conclusion

L'exploration de la réalité de la réalisation des expériences en classes des SVT du secondaire qualifiant lors de la première partie de cette recherche a montré une dévalorisation des enseignants des SVT exerçants du côté pratique de l'enseignement expérimental, ce qui soupçonne une épistémologie professorale hantée par le développement des compétences théoriques, méthodologiques et communicatives des apprenants en conformité avec la vision curriculaire apparue au niveau des composantes de l'examen national ; restitution des connaissances, raisonnement scientifique et expression écrite et graphique..

En vue de mettre en évidence la dominance du côté théorique de l'expérience sur son côté pratique dans la culture et la pratique enseignante, une revue de la littérature nous a conduit vers des formes naïves des courants épistémologiques dépassés (appelés encore glissements épistémologiques) et leurs influences sur la pratique expérimentale de la classe en

l'occurrence le statut de l'expérience scientifique dans la construction des savoirs et le développement de compétences chez les apprenants. De sorte qu'une culture enseignante imprégnée de glissements épistémologiques rationalistes conduirait vers une pratique enseignante dénudée de toute réalisation effective de l'expérience scientifique, ce qui nous a conduit vers l'élaboration d'un questionnaire de mise en évidence de la présence de glissements épistémologiques rationalistes que nous avons administré auprès de 112 enseignants exerçants des SVT du secondaire qualifiant.

Les résultats vérifient, d'une part, notre première question de recherche relative à la présence de glissements rationalistes auprès des enseignants des SVT avec une dominance des glissements de niveau important et d'autre part, notre deuxième question de recherche relative à la relation entre les caractéristiques de l'échantillon et la présence de glissements rationalistes quoique seule la recherche en éducation s'avère participer à la diminution du taux de glissements rationalistes de niveau important à très important chez notre échantillon d'enseignants.

Cette épistémologie professorale imprégnée de glissements rationalistes, mise en évidence par la présente recherche, se répercute directement sur les choix et les modalités de l'action d'enseignement-apprentissage des SV et participe par conséquent au développement, chez les apprenants, d'une pensée à tendance rationaliste centrée sur le théorique et le méthodologique au dépend du manipulatoire et du pratique. D'où la nécessité de repenser la formation épistémologique des enseignants en général et ceux des SVT en particulier en les initiant à devenir réflexifs et non pas uniquement de simples imitateurs d'une épistémologie pratique relative à leurs anciennes expériences d'élèves.

Conclusion générale

L'enseignement des sciences de la vie (SV) est un enseignement à la fois théorique et pratique. Il requiert une alternance constante entre le champ conceptuel ou symbolique et le champ matériel ou réel. A travers sa mise en situation, l'enseignement expérimental des SV facilite l'acquisition des concepts par les apprenants, les initie aux techniques de laboratoire tout en leur offrant l'occasion de développer un ensemble de compétences méthodologiques, psychologiques, sensorielles et motrices.

Cependant, la réalité de l'enseignement des sciences expérimentales reflète une réalité à aspect paradoxal ; un caractère manipulatoire de la discipline qui lui impose l'intégration explicite de l'expérience scientifique dans diverses activités de classe en même temps qu'une vision curriculaire guidée par les composantes de l'examen national dénudé de toute pratique expérimentale. (Demers & Ethier, 2013)

Cette incompatibilité entre les caractéristiques de la discipline et l'examen qui oriente les pratiques enseignantes a stimulé notre curiosité et nous a conduit vers une exploration de la réalité de la pratique expérimentale au sein des cours des SV au secondaire qualifiant.

A cet effet, l'entretien réalisé auprès des enseignants des SVT de lycée ainsi que l'observation de quelques pratiques de laboratoire a dévoilé l'existence d'un ensemble de contraintes qui entravent la réalisation effective des expériences scientifiques dans les classes des SV au secondaire qualifiant. Ces contraintes, sont d'ordre technique, pédagogique, éthique et épistémologique (liée à la nature de la matière et liée aux pratiques de la classe). Elles rendent difficile la pratique de l'expérimental lors des séances des SV et privent par conséquent les apprenants de développer les compétences relatives à la facette sensorimotrice de ce type d'enseignement.

Face à ces contraintes, les enseignants observés ou enquêtés substituent la réalisation effective des expériences par des documents qui ne présentent généralement que les résultats d'une expérience rarement illustrée. Et combien même que l'avènement de la technologie a ouvert de nouvelles possibilités d'enseigner l'expérimental dans les classes des sciences de la vie au lycée, cela permettra-t-il de développer chez l'apprenant les mêmes compétences que lorsqu'il manipule du matériel, effectue des observations, réalise des dissections ou des dosages ?

Ces constats suscitent notre réflexion quant à la nécessité de fournir les éléments nécessaires à une effective réalisation des expériences en classe ou plutôt de fournir les éléments

nécessaires à la mise en place de simulations et de modélisations dans le cadre d'une technologie au service de l'expérience et du vivant. Autrement dit, préparer l'apprenant au sensorimoteur et au pratique ou plutôt à vivre dans un monde de la technologie et du numérique ?

Loin de ce questionnement par rapport à l'adéquation des finalités éducatives de l'enseignement expérimental avec l'avènement technologique, les contraintes épistémologiques liées aux pratiques enseignantes mises en évidence à travers l'observation de laboratoire nous ont conduit vers une décortication de ce domaine de croyances et de relation au savoir. En effet, une culture imprégnée de formes naïves de courants épistémologiques dépassées, que nous avons nommées glissements épistémologiques, est en mesure d'affecter la pratique de la classe et par conséquent altérer les spécificités de l'enseignement de la discipline.

Dans notre cas, l'analyse des propos des enseignants ainsi que l'analyse de leurs justificatifs de comportements vis-à-vis de la non réalisation des expériences en classe montre leur tendance à favoriser les côtés théoriques et méthodologiques de l'expérience dans la conception et la réalisation de leurs cours. Ils sous estiment la part que joue le côté pratique dans le développement de compétences chez les apprenants avec la tendance de certains à limiter le rôle de l'expérience à la seule vérification et illustration des connaissances théoriques. Ces attitudes rappellent le courant rationaliste naïf qui favorise l'intelligible sur toute perception sensible.

C'est une épistémologie professorale imprégnée de glissements épistémologiques de type rationalistes que nous avons essayé de mettre en évidence d'une façon plus explicite à travers un questionnaire de mesure à sept items. Le questionnaire a été administré auprès de 112 enseignants exerçants des SVT du secondaire qualifiant et a abouti à confirmer que la culture et par conséquent la pratique de ces derniers est imprégnée de glissements rationalistes de niveau important. Bien que cela apparaît incompatible avec les objectifs de la formation pédagogique initiale, des études à l'échelle internationale ont montré la persistance chez les enseignants d'une épistémologie relative à leurs anciennes expériences en tant qu'élèves, ce qui soupçonne un patrimoine épistémologique qui se transmettait et qui se transmet encore de génération en génération au travers des apprentissages scolaires. Plus d'imitation et de reproduction d'anciennes façons de faire que d'innovation, de réflexion et de contemporanéité.

Les résultats du questionnaire ont montré également que le fait de mener un projet de recherche dans un cadre institutionnel contribue significativement à la diminution de l'apparition des glissements rationalistes de niveau important à très important. Résultat qui trouve son explication au niveau des études sur le rôle de la recherche en éducation dans le développement de compétences professionnelles relatives à l'évaluation, à la critique et à la régulation de ses propres pratiques ainsi que celles de ses collègues. Une réflexivité sur les pratiques que ni le genre, ni l'ancienneté, ni la formation et son cadre ne se sont avérés influencer.

Pour faire face à ces glissements rationalistes qui imprègnent et conditionnent la pratique expérimentale en classe, et comme perspective de recherche, la conception d'une formation complémentaire au profit des enseignants des SVT pratiquants s'avère nécessaire. Une formation qui a pour objectif général l'initiation des enseignants à une réflexivité sur leurs pratiques en dehors de toute directive curriculaire sujette à d'éventuelles contaminations épistémologiques. Cependant, la formation seule ne pourrait espérer aller jusqu'à réintégrer la pratique des expériences scientifiques au sein des cours des SV, plusieurs interventions au niveau de toute la vision curriculaire doivent être réalisées ; partant de la formation, aux curricula jusqu'à l'évaluation. Si les enseignants acquièrent lors de leur formation les outils nécessaires techniques, méthodologiques, procédurales et épistémologiques de la mise en place du côté pratique de l'expérience en classe, et si les curricula mentionnent explicitement les expériences à réaliser avec le volume horaire permettant leur mise en place et si le système de l'évaluation certificative intègre le côté pratique de l'expérience, l'enseignement des sciences de la vie reprendrait de nouveau son caractère expérimental.

Il est important de mentionner également que la présente étude ne vise pas une généralisation des résultats, elle est purement qualitative mettant à la disposition du lecteur quelques éléments de réflexion sur des constats issus d'un groupe restreint d'enseignants des SVT et elle doit obligatoirement être complémentée par une étude quantitative pour des fins de généralisation.

Recommandations et Perspectives

La formation des enseignants fait partie des préoccupations majeures du gouvernement marocain. Son impact direct sur la qualité de l'enseignement primaire et qualifiant et par conséquent sur le taux de la réussite scolaire fait de la formation un axe majeur présent dans toutes les réformes qu'a connu le système éducatif marocain (Charte nationale d'éducation et de formation, 1999 ; Livre blanc, 2002 ; Programme NAJAH, 2008 ; Vision stratégique de la réforme 2015-2030 ; Loi-cadre 51.17, 2020).

Dans la perspective de la mise en œuvre de la loi cadre 51.17, portant sur la réforme dans le domaine de l'éducation et de la formation, le ministère de l'éducation nationale prévoit une amélioration de la qualité de la formation des enseignants à l'horizon 2025-2026 en lui accordant un budget de 4 milliards de dirhams. Une partie de cet enveloppe budgétaire est réservée aux indemnités dont bénéficieront les étudiants dès leur première année d'inscription et l'autre partie est réservée à la rénovation du système de la formation.

Bien que cette réforme du système de la formation puisse faire gagner davantage d'expertise dans le domaine de l'enseignement primaire et qualifiant, celle-ci restera limitée aux futures générations de professeurs, qui bénéficieront d'une formation initiale avec des nouveaux standards de performance et d'efficacité.

Quant aux anciens professeurs, combien même qu'ils bénéficient de plus d'expérience professionnelle, la présente étude ainsi que d'autres ont montré qu'ils présentent encore des carences et des obstacles sur les plans pédagogique, didactique et épistémologique (Brickhouse, 1990 ; Gallagher, 1991 ; D'Amore et al., 2008 ; Hélou et al., 2008 ; Gokool & Asghar. 2019), d'où découle le besoin d'un encadrement et d'un accompagnement pédagogique sous forme de formation continue le long de leur cursus professionnel.

En effet, la formation continue va permettre de cadrer l'insertion des enseignants au cœur du contexte professionnel tout en assurant l'adaptation de leurs compétences professionnelles aux objectifs curriculaires d'une part et des nouveautés éducatives, pédagogiques, scientifiques et technologiques d'autre part (Loi cadre 51.17). En plus de cela, la formation offre l'opportunité aux enseignants de surmonter les obstacles rencontrés et même ceux dont ils sont inconscients, afin de développer leurs savoir, leurs savoir agir et leurs savoir être.

Les résultats de ce travail de recherche mettent l'accent sur les obstacles ou glissements épistémologiques que présentent les enseignants des SV (Sciences de la Vie) exerçants et dont

ils ne sont généralement pas conscients. Ces glissements, de type rationalistes, influent sur les pratiques enseignantes en privant les apprenants de toute pratique expérimentale en classe et en donnant la primauté aux côtés théorique et méthodologique. Constat qui se contredit avec les objectifs et les visées des programmes et curricula des SV, qui insistent sur le caractère expérimental et pratique de la discipline (Direction des programmes, 2007).

Si l'enseignement en général et expérimental en particulier a pour objectif la formation d'un profil où les trois composantes cognitive, sensorimotrice et affective s'intègrent et se complémentent, priver les apprenants de la facette sensorimotrice conduira vers la formation de profils inadéquats avec les visions des curricula et donc avec les besoins du marché du travail. De surcroît, la non conscience de ces enseignants de leur posture épistémologique et des effets qui en résultent sur les apprenants arrête toute possibilité d'autorégulation et d'autocorrection.

Face à ces glissements épistémologiques rationalistes, et dans la perspective de fournir aux apprenants un enseignement-apprentissage qui tient compte de la composante sensorimotrice, la conception d'une formation au profit de ces enseignants est nécessaire. Cependant, une formation dont l'objectif principal est de dépasser un type spécifique et défini de glissements épistémologiques ne pourra prévoir et donc corriger tout glissement susceptible d'imprégner la pratique enseignante, d'où l'importance d'opter pour une formation à caractère transversal capable de développer chez les enseignants une compétence professionnelle qui remet en question la validité de leurs propres pratiques de la classe.

Perrenoud (2001) propose une stratégie de formation basée sur l'initiation des enseignants à la recherche dans le domaine éducatif ajointée à une analyse collective de leurs pratiques pédagogiques. Il considère qu'en devenant réflexif, l'enseignant acquiert un certain recul par rapport à ses objectifs, à ses savoirs et à ses démarches, ce qui lui permet de perfectionner son rôle, de comprendre et d'éviter ses échecs ainsi que de se projeter dans l'avenir.

Bien que ce programme d'initiation trouve sa place au niveau de la formation initiale dans le cadre des projets de recherche en fin de formation pédagogique, cela reste insuffisant. En effet, la recherche doit accompagner l'enseignant tout au long de sa carrière, ce qui va lui permettre d'une part, une prise de conscience de ses propres choix et actions pédagogiques et d'autre part une construction d'un premier pilier de changement intellectuel offrant une rétrospective sur les objectifs curriculaires de notre système éducatif.

Afin de fournir de principales orientations pouvant guider dans la conception et la mise en place d'une formation en épistémologie des sciences destinée aux enseignants exerçants des sciences expérimentales, la question qui se pose est '**Quelles sont les principales orientations à prendre en considération dans la mise en place d'une formation épistémologique au profit des enseignants des sciences expérimentales exerçants ?**

C'est à travers une méthode collaborative qui consiste à solliciter les enseignants à identifier leurs besoins en formation en fonction des contraintes pédagogiques et didactiques rencontrées que nous prévoyons de mettre quelques principales orientations permettant la conception d'une formation continue efficace et efficiente. Une formation dont l'objectif principal n'est pas de fournir aux enseignants un répertoire de connaissances épistémologiques théoriques ou de recettes déjà prêtes à appliquer (Blanchard, 2002), mais plutôt une formation qui les initient à devenir réflexif sur et dans leurs actions d'enseignement, ce qui va leur permettre de développer une compétence professionnelle en mesure d'améliorer la posture épistémologique enseignante et par conséquent minimiser l'écart entre une conception naïve et dépassée et une autre sophistiquée et moderne des différents courants de pensée (Perrenoud, 2001).

C'est ainsi que Perrenoud (2001) propose une stratégie de formation basée sur deux activités essentielles ; une initiation des enseignants à la recherche dans le domaine éducatif et une analyse collective de leurs pratiques pédagogiques. La première consiste à mettre les enseignants des SV exerçants dans des situations de recherche professionnelle dans un cadre institutionnel ou administratif tout en leur fournissant un encadrement pédagogique le long de la recherche. L'enseignant est donc amené à choisir, parmi les thématiques proposées, l'axe de recherche sur lequel il compte travailler. Après avoir accompli son projet, l'enseignant exerçant entame la deuxième activité, qui consiste à présenter la totalité de son travail devant ses pairs et devant un comité d'encadrants pédagogiques en formation continue. Une discussion sur les modalités de la recherche, les résultats obtenus et leur discussion permettra de développer une rétrospective sur ses méthodes, ses choix ainsi que ses méthodes d'analyses.

Plusieurs questions se posent dès à présent sur les modalités de la mise en place de cette formation, à savoir, l'encadrant pédagogique qui va assurer le suivi des projets de recherche, le profil des enseignants concernés, la durée nécessaire attribuée aux enseignants pour mener un projet de recherche, le lieu de réalisation du suivi pédagogique et de rencontre avec les pairs et enfin le facteur motivateur pour les enseignants concernés.

Le ministère de l'éducation nationale a montré à travers son rapport d'accord préliminaire avec les cinq organisations syndicales les plus représentatives (18 janvier 2022), que les enseignants ayant un diplôme de doctorat auront les mêmes fonctions que ceux appartenant au ministère de l'enseignement supérieur, à savoir la formation disciplinaire ou professionnelle et l'encadrement des travaux de recherche. Une initiative qui ne s'est malheureusement pas encore concrétisée à cause de la mal connaissance des tâches à leurs attribuer et qui satisferont aux besoins du système éducatif tout en bénéficiant des compétences de recherche en éducation développées par ces enseignants. Il serait donc d'une grande importance que ce soit pour l'enseignant docteur que pour les enseignants exerçants d'intégrer la recherche dans le domaine éducatif tout au long de la carrière enseignante. L'enseignant docteur va assurer l'encadrement et le suivi des activités de recherche et de formation en même temps que l'enseignant exerçant sera amené à réaliser des recherches permettant d'améliorer sa pensée réflexive.

Cette initiation à la réflexivité à travers la recherche ne peut cependant concerner les profils d'enseignants débutants qui sont en cours d'une phase transitoire entre la formation initiale et le monde du travail mais plutôt des profils confirmés qui se sont déjà insérés dans le mode professionnel et qui commencent à perfectionner petit à petit leurs performances épistémologiques, didactiques et psychopédagogiques. Et pour des fins motivationnelles, il est préférable de joindre la recherche à un avancement rémunéré d'échelons.

Quant à la durée nécessaire pour mener un travail de recherche, elle commence à partir d'une année et peut aller jusqu'à deux années en fonction de la nature du projet de recherche. Au cours de cette période, l'encadrant pédagogique doit donc organiser un certain nombre de rencontres avec les enseignants concernés afin d'assurer leurs accompagnements tout au long de leurs travaux de recherche. Ces rencontres peuvent se réaliser soit au niveau de l'établissement où travaille l'enseignant chercheur au sein d'une salle polyvalente soit au niveau d'une administration éducative chargée de la formation.

Bibliographie

Abd-El-Khalick, F. (2005). Developing deeper understanding of nature of science : the impact of a philosophy of science course on preservice science teachers' views and instructional planning. *International Journal of Science Education*, 27(1), 15-42.

Akkari, A., & Wentzel, B. (2012). L'enseignement comme profession ancrée dans la recherche : difficultés et perspectives. Formation et pratiques d'enseignement en questions, N°14.pp 47-59. https://archive-ouverte.unige.ch/unige:28363

Astolfi, J-P., Perterfalvi, B., & Vérin, A. (1991). Compétences méthodologiques en sciences expérimentales. Paris : INRP

Astolfi, J-P. (1991). Quelques logiques de construction d'une séquence d'apprentissage en sciences : l'exemple de la géologie à l'école élémentaire. Aster, 13. Paris : INRP

Astolfi, J.-P., Peterfalvi B., & Verin, A. (1998). Comment les enfants apprennent les sciences ?. Paris, Retz Pédagogie. In: *Didaskalia*, n°17, 2000. Enseigner les sciences à l'université et en formation des maîtres. pp. 203-204. www.persee.fr/doc/didas_1250-0739_2000_num_17_1_1106_t1_0203_0000_1

Aubin, G. (1970). La recherche en pédagogie. Article revue Prospectives, Volume 6, Numéro 1. URL = http://www.cdc.qc.ca/prospectives/6/aubin-6-1-1970. pdf

Bachelard, G. (1934). La formation de l'esprit scientifique. http://data.over-blog-kiwi.com/1/52/94/36/20170404/ob_25b1b3_formation-esprit.pdf

Bacon, F. (1620). Novum Organum. Nouvelle traduction en français publiée avec une introduction et des notes par Lorquet professeur de philosophie au lycée saint-louis accessible sur : https://philo-labo.fr/fichiers/Bacon%20Francis%20-%20Novum%20OrganumOCR.pdf

Bacon, F. (2014). Le continent du savoir. Chapitre d'ouvrage « Préparer l'entendement humain » pp. 121-144. Classiques Garnier. DOI : 10.15122/isbn.978-2-8124-3060-2.p.0121

Bachelard, G. (1938). Formation de l'esprit scientifique. Vrin, Paris

Baillet, D. & Therriault, G. (2021). Entre ce qu'ils pensent, ce qu'ils disent et ce qu'ils font, quelles articulations ? Analyse quantitative des croyances épistémologiques, des

conceptions pédagogiques et des pratiques d'enseignants québécois du secondaire en sciences naturelles et en sciences humaines et sociales. *Phronesis*, 10, 129-152. https://www.cairn.info/revue--2021-2-page-129.htm.

Baudet, J-C. (2018). Histoire de la biologie et de la médecine. Bibliothèque nationale. Paris. 2018. ISBN : 978-2-8073-1513-6.

Beaufils, D., & Larcher, C. (1999). L'expérimental dans la classe. *Aster* N°28, pp 3-8. 1999

Bernard, C. (1858-1877). Principes de médecine expérimentales. PUF, 2008

Bernard, C. (1865). Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Paris : Éditions Garnier-Flammarion, 1966, 318 pp. Collection : Texte intégral.

Blanchard, S. (2002). P., Perrenoud. Développer la pratique réflexive dans le métier d'enseignant. *L'orientation scolaire et professionnelle* [Online], 31/1 | 2002, Online since 27 May 2016, connection on 13 November 2022. URL: http://journals.openedition.org/osp/4894; DOI: https://doi.org/10.4000/osp.4894

Boivin-Delpieu, G., & Bécu-Robinault, K. (2015). Influence des postures épistémologiques sur l'action professorale : les phases de la Lune au cycle 3. *RDST* [En ligne], 12 | 2015, mis en ligne le 15 novembre 2017, consulté le 29 octobre 2022. URL : http://journals.openedition.org/rdst/1126 ; DOI : https://doi.org/10.4000/rdst.1126

Bomchil, S., & Darley, B. (1998). L'enseignement des sciences expérimentales est-il vraiment inductiviste ?. In: *Aster*, n°26, 1998. L'enseignement scientifique vu par les enseignants. pp. 85-108; doi : 10.4267/2042/8693 https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_1998_num_26_1_1118

Bouasse, H. (1925). Du rôle pédagogique des expériences et des manipulations. Introduction de Cours de thermodynamique, deuxième partie : machines thermiques, chimie physique, 1925, p. V-XX

Bouzit, S., Selmaoui, S., Khzami, S-E., Agorram, B., & Razouki, A. (2015). L'attitude scientifique s'acquiert-elle spontanément à travers un enseignement purement cognitif*? In *INFO-CRDE, Centre de Recherche et de Développement en Education*, N°18.

Bouzit, S., Alami, A., Selmaoui, S., Zaki, M., Agorram, B. (2020). Didactic modes of scientific experiments in Moroccan high schools : photosynthesis as an example. 2020, in *European Journal of Education Research* 9(2). DOI:10.12973/eu-jer.9.2.775

Brau-Antony, S., & Grosstephan, V. (2017). Épistémologie pratique des enseignants d'éducation physique et sportive et enseignement des sports collectifs. *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 20(1), 79–97. https://doi.org/10.7202/1049398ar

Bressoux, P. (1990). Méthodes pédagogiques et interactions verbales dans la classe : Quel impact sur les élèves de CP ? *Revue Française de Pédagogie*, *93*, 17–25. http://www.jstor.org/stable/41163047

Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of teacher education*, *41*(3), 53-62.

Brousseau, G. (1976). Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. Comptes rendus de la XXVIIIe rencontre de la C.I.E.A.E.M., Louvain la neuve, pp.101-117

Brousseau, G. (1983). Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. Recherches en didactique des mathématiques, 4(2), 165-198.

Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes en didactique des mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 7(2), 33-115.

Brousseau, G. (1989). Les obstacles épistémologiques et la didactique des mathématiques. *Construction des savoirs*. Ottawa: CIRADE, 41-63.

Brousseau, G. (1998). Théorie des situations didactiques. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Brousseau, G. (1990). Le contrat didactique: le milieu. *Recherches en didactique des mathématiques*, *9*(9.3), 309-336.

Bunge, M. (1983). Epistémologie. trad. Hélène Donadieu, Paris, Maloine, 1983, p. 18-19.

Carret, G., & Hugues, C. (2008). L'expérimentation scientifique : un point de vue épistémologique et historique. In: Les Cahiers du Musée des Confluences. Revue thématique Sciences et Sociétés du Musée des Confluences, tome 2, 2008. L'Expérimentation. pp. 9-19; doi: https://doi.org/10.3406/mhnly.2008.1446 https://www.persee.fr/doc/mhnly_1966-6845_2008_num_2_1_1446

Capel, R., & Rossé, R. (2006). Pour une psychométrie spécifique des attitudes. Pratiques Psychologiques, Volume 12, Issue 1, 2006, Pages 85-96, ISSN 1269-1763, https://doi.org/10.1016/j.prps.2006.01.009. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1269176306000113)

Cariou, J-Y. (2009). Former l'esprit scientifique en privilégiant l'initiative des élèves dans une démarche s'appuyant sur l'épistémologie et l'histoire des sciences. Education. Université de Genève, 2009. Français. ⟨tel-00521174⟩. Thèse accessible sur : https://cortecs.org/wp-content/uploads/2014/01/CorteX_Cariou_JY_these_esprit_scientifique.pdf

Cariou, J-Y. (2015). Le statut épistémologique de l'expérience dans les nouvelles approches préconisées pour l'enseignement des sciences. RDST , mis en ligne le 15 novembre 2017, consulté le 14 juin 2022. URL : http://journals.openedition.org/rdst/1132 ; DOI : https://doi.org/10.4000/rdst.1132

Chalmers, A. (1987). Qu'est-ce que la science ?. Récents développements en philosophie des sciences : Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend, Ed. La Découverte, Paris.

Clément, P. (1999). Situated conceptions. Theory and methodology. From the collection of data (on the brain) to the analyse of conceptions. *Fourth European Science Education Summerschool: Theory, Methodology and Results of Research in Science Education*, 298-315.

Clément, P. (2004). Science et idéologie : exemples en didactique et épistémologie de la biologie. Actes du Colloque Sciences, médias et société. Faculté de Lettres et Sciences Humaines. http://science.societe.free.fr/documents/pdf/Sciences_medias_societe_2004/actes.pdf#page=5

Comte, A. (1830). Cours de philosophie positive. édition de Charles Le Verrier, Paris, Classiques Garnier, « Littératures francophones », 2014, 2 vol.

Coquidé, M., Bourgeois-Victor, P., & Desbeaux-Salviat, B. (1999). Résistance du réel" dans les pratiques expérimentales. In : Aster, n°28, 1999. L'expérimental dans la classe. pp. 57-77 ; doi : 10.4267/2042/8716 https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_1999_num_28_1_1141

Coquidé, M. (2000). Le rapport expérimental au vivant dans la formation des enseignants. Tréma [Online], 18 | 2000, Online since 25 October 2010, connection on 17 June 2022. URL: http://journals.openedition.org/trema/1593; DOI: https://doi.org/10.4000/trema.1593

Coquidé, M. (2003). Face à l'expérimental scolaire. Education, formation : nouvelles questions, nouveaux métiers (Dir. J.P. Astolfi), ESF, pp. 153-180, 2003, Pédagogies recherche. hal-00526123

Coquidé, M. (1998). Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles. in Aster, N° 26. pp. 109-132. 1998. DOI : 10.4267/2042/8694

Coquidé, M. (1996). Réhabilitation de la diversité et besoin d'unité en biologie. Tréma [En ligne], 9-10 | 1996, mis en ligne le 11 septembre 2013, Consulté le 04 octobre 2016. URL : http:// trema.revues.org/2009 ; DOI : 10.4000/trema.2009

Cusset, P-Y, (2011). Que disent les recherches sur l'effet enseignant ?. La note d'analyse N°232, Centre d'analyse stratégique. N° ISSN : 1760-5733

D'Amore B., Fandiño Pinilla M.I., Marazzani I., Santi G., Sbaragli S. (2008). Le rôle de l'épistémologie de l'enseignant dans les pratiques d'enseignement. Atti su DVD del Colloque International (con referee): "Les didactiques et leurs rapports à l'enseignement et à la formation. Quel statut épistémologique de leurs modèles et de leurs résultats ?". 18, 19, 20 septembre 2008. Bordeaux (Francia), Université Bordeaux 4.

Dayang, N.A. (2019). Comparaison des échelles de mesure de l'utilisabilité. Faculté des sciences. Université de Sherbrooke. Canada (https://www.usherbrooke.ca/cefti/fileadmin/sites/cefti/documents/Essais/Armand-DAYANG_NANA-Essai-final.pdf)

De Landsheere, G. (1982). Introduction à la recherche en éducation. Thone, Liège, Belgium. https://hdl.handle.net/2268/86504

De Landsheere, G. (1979). Dictionnaire de l'éducation et de la recherche en éducation. PUF, Paris.

Delémont, M. (2006). *L'épistémologie des enseignants : quel impact sur les procédures des élèves en mathématiques?*. Institut de recherche et de documentation pédagogiques.

Demers, S., & Éthier, M. A. (2013). Rapprochement entre curriculum, savoirs savants et pratiques enseignantes en enseignement de l'histoire : l'influence de l'épistémologie pratique. *Éducation et didactique*, *7*(7-2), 95-113.

Descartes, R. (1637). Discours de la méthode. Édition électronique (ePub) v.: 1,0 : Les Échos du Maquis, 2011.

Develay, M. (1989). Sur la méthode expérimentale. Aster N°8, 1989

Dewey, J. (1896). The reflex arc concept in psychology. Psychol. Rev. 4, 357–370. doi: 10.1037/h0070405

Dewey, J. (1925). My Pedagogic Creed. *Journal of Education*, *101*(18), 490–490. https://doi.org/10.1177/002205742510101803

Duguet, A., & Berthaud, J. (2021). Méthodes d'enseignement en cours magistral : une analyse exploratoire. Formation et profession, 29(3), 1–15. https://doi.org/10.18162/fp.2021.673

Elandalousi, S. (2011). L'épistémologie pratique des professeurs : effets de l'expérience et de l'expertise dans l'enseignement de l'Appui Tendu Renversé en mixité : analyse comparée de trois enseignants d'éducation physique et sportive en Tunisie. Education. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 2011. Français. ffNNT : 2011TOU20054ff. fftel-00647242f

Elhalimi, S. (2020). La formation continue des enseignants des cycles primaire et secondaire : Etat des lieux et perspectives. International Social Sciences & Management Journal. ISSN 2665-8178

Er Rays, Y., Ait Lemqeddem, H., Ezzahiri, M. (2022). La posture épistémologique en science de gestion : quelle revue de littérature ?. Revue Internationale des Sciences de Gestion « Volume 5 : Numéro 1 » pp : 1 061 – 1 078

Essalih, S., Ourahay, M., & Khzami, S-E. (2022): Perceptions and practices of science teachers for the development of critical thinking through inquiry: a qualitative study of Moroccan primary schools, Education 3-13, DOI: 10.1080/03004279.2022.2116942

Ferrier, J. F. (1854). *Institutes of Metaphysic: The Theory of Knowing the Mind*. W. Blackwood and sons.

Galiana, D. (1999). Les pratiques expérimentales dans les manuels scolaires des lycées (1850-1996). Aster N°28

Gallagher, J. J. (1991). Prospective and Practicing Secondary School Science Teachers' Knowledge and Beliefs about the Philosophy of Science. *Science education*, *75*(1), 121-33.

Galli, A., & Lorber, B. (2014-2015). L'apport de l'expérience dans l'acquisition de connaissances scientifiques. Mémoire professionnel, Ecole supérieure du professorat et

de l'éducation. Marseille. https://fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/fondation/prix/2015/Memoire%20GalliLorber2015.pdf

Garneau, J., & Larivey, M. (1999). Une théorie du Vivant.

Gauer, F. (2015). Le vivant a-t-il un sens ? la vie au croisement de la biologie, de la philosophie et de la théologie. Cycle de conférences organisé par la Faculté de théologie protestante, la Faculté de philosophie et la Faculté des sciences de la vie. Université de Strasbourg.

Gayon, J. (1993). La biologie entre loi et histoire. Version éléctronique d'un article publié dans Les temps modernes, 60° année, mars juin 2005, n° 630-631 : 55-67.

Germann, B. (2020). Postures épistémologiques des programmes français d'enseignement des sciences (cycles 1 à 4). Repères IREM, IREM, 2020. ffhal-03642175f

Geslin, A. (2016). L'importance de l'épistémologie pour la recherche en droit. Sergues, Bertrand. La recherche juridique vue par ses propres acteurs, LGDJ, Lextenso éditions ; Presses de l'université Toulouse 1 Capitole ; Institut Fédératif de Recherche "Mutation des normes juridiques" - Université Toulouse I, 2016, 978-2-36170-116-1. ffhalshs-01228870f

Giordan, A. (1999). Une didactique pour les sciences expérimentales. Belin.

Giordan, A. (1978). Une pédagogie pour les sciences expérimentales. Paris, Le Centurion.

Glasson, G.E., & Bentley, M.L. (2000). Epistemological undercurrents in scientists' reporting of research to teachers. https://doi.org/10.1002/1098-237X(200007)84:4<469::AID-SCE3>3.0.CO;2-Q

Gokool-Baurhoo, N., & Asghar, A. (2019). Je ne peux pas vous dire quelle est la difficulté d'apprentissage » : Obstacles rencontrés par les professeurs de sciences au niveau collégial dans l'enseignement et le soutien aux étudiants ayant des troubles d'apprentissage. *Enseignement et formation des enseignants*, *79* (12), 17-27.

Granger, G.G. (1993). Épistémologie. Encyclopædia Universalis. pp 565-672. [en ligne], consulté le 13 novembre 2022. URL : https://www.universalis.fr/encyclopedie/epistemologie/

Granger, G.G. (2006). Rationnalisme. Paris : Encyclopaedia Universalis

Grelley, P. (2012). Contrepoint — La méthode expérimentale. Informations sociales, 2012/6 (n° 174), p. 23-23. DOI : 10.3917/inso.174.0023. URL : https://www.cairn.info/revue-informations-sociales-2012-6-page-23.htm

Grmek, M.D. (1997). Le legs de Claude Bernard. Penser la médecine, Paris, Fayard, 1997

Gruson, C. (2012). L'expérimentation scientifique permet-elle le développement de l'esprit critique de l'élève ?. Education. ffdumas-00750748

Halleux, J. (1894). L'idée fondamentale du positivisme et ses conséquences logiques. Revue néo-scolastique. 1ère année, n°2, pp 140-150. DOI : https://doi.org/10.3406/phlou.1894.1369

Halpern, D. F. 2003. Thinking Critically About Creative Thinking.

Hasweh, M.Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, *33*, 47-63.

Hélou, C., & Lantheaume, F. (2008). Les difficultés au travail des enseignants. Exception ou part constitutive du métier?. *Recherche et formation*, (57), 65-78.

Hempel, C. (1972). Eléments d'épistémologie. Armand Colin, U2, trad. De (1966) « Phylosophy of natural science », Prentice Hall, Englewoods Cliffs, N.J.

Hofer, B. K. (2000). Dimensionality and disciplinary differences in personal epistemology. *Contemporary educational psychology*, *25*(4), 378-405.

Johsua, S. (1989). La perdurance des obstacles épistémologiques: un révélateur de leur nature. Construction des savoirs. Ottawa: CIRADE, 110-116.

Juignet, P. (2016). Qu'est-ce que la science ?. philosophie, science et société. 2016. https://philosciences.com/203

Juignet, P. (2015). Matérialisme. Philosophie, Science et Société.

Kant, E. (1788). Critique de la raison pratique, tr. fr. *J. Gibelin, Paris, Vrin, 197*.

Kant, E. (1845). Critique de la raison pure. volume 1. Seconde édition en français par J.Tissot. Paris, Librairie philosophique de Ladrange, 1845.

Karsenti, T., Garry, R.-P., Bechoux, J., & Tchameni Ngamo, S. (Eds.). (2007). La formation des enseignants dans la francophonie : diversités, défis et stratégies d'action. Montréal : AUF.

Konings, Kd., Brand-Gruwel, S., Van, M., & Jeroen, J.G. (2007). Teachers' perspective on innovations : Implications for educational design. *Teaching and Teacher Education*. 23. 985-997. 10.1016/j.tate.2006.06.004.

Kouchou, I., Kaddari, F., Bennis, N., & Elachqar, A. (2019). The impact of an interactive approach on the evolution of moroccan university students' conceptions of neurotransmission. European Journal of Educational Research, 8(2), 567-579. https://doi.org/10.12973/eu-jer.8.2.567

Lahchimi, M. (2015). La réforme de la formation des enseignants au Maroc. *Revue internationale d'éducation de Sèvres*. URL : http://journals.openedition.org/ries/4402. DOI : https://doi.org/10.4000/ries.4402

Latulippe, C. (2017). Enseigner les sciences en contexte authentique par l'investigation : influence de la posture épistémologique de l'enseignant sur la transposition didactique de la démarche expérimentale. Essai. Trois-Rivières, Université du Québec à Trois-Rivières, 152 p.

Legay, J. (1997). *L'expérience et le modèle : Un discours sur la méthode*. Éditions Quæ. https://doi.org/10.3917/quae.legay.1997.01

Le Moigne, J-L. (1990). Epistémologies constructivistes et sciences de l'organisation, (E. e. in MARTINET A.-C. (ed), Ed.) Paris : Economica.

Leibniz, M. (1710). Essais de Théodicée, sur la bonté de Dieu, la liberté de l'Homme et l'origine du mal. Paris, Garnier-Flammarion, 1969, 505 pages.

Likert, R. (1932). A technique for the Measurement of Attitudes. Archives of psychology, vol. 140. P 1-55

Mangenot, F. (2000). L'intégration des TIC dans une perspective systémique. Langues Modernes, 2000, Les nouveaux dispositifs d'apprentissage des langues vivantes, 3 / 2000, pp.38-44. ffhal-02045268. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02045268/document

Marzin-Janvier, P., & Kermen, I. (2015). L'expérimental réel ou virtuel en classe de sciences. *RDST* [Online], 12 | 2015, Online since 15 November 2015, connection on 29 October 2022. URL: http://journals.openedition.org/rdst/1125; DOI: https://doi.org/10.4000/rdst.1125

Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1980). Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living. D. Reidel Publishing Company. https://doi.org/10.1007/978-94-009-8947-4

Menahem, R. (1968). Le différenciateur sémantique. L'année psychologique 68-2, pp 451-465. Laboratoire de psychologie expérimentale et comparée de la Srobonne associé au C.N.R.S.

Meirieu, P. (1990). Enseigner, scénario pour un métier nouveau. Recherche et formation N°8. Pp 138-141

Meziane, M. (1995). La formation initiale et continue des enseignants : Maroc. Comité conjoint OIT-UNESCO d'experts sur l'application de la Recommandation concernant la condition du personnel enseignant. UNESCO.

Millar R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science, High school science laboratories: role and vision, Washington DC, USA: National Academy of Sciences, pp. 1-24.

Molvinger, K. (2017). La mise en œuvre d'une démarche d'investigation à l'école élémentaire: Une étude de cas. Spirale - Revue de recherches en éducation, 49-78. https://doi.org/10.3917/spir.hs1.0049

Mulnix, J. W. (2012). "Thinking Critically About Critical Thinking." *Educational Philosophy and Theory 44* (5): 464–479.

Nafidi, Y. (2018). L'intégration des TIC dans l'enseignement des sciences de la vie et de la terre au Maroc : Etat des lieux et défis à relever. European Scientific Journal January 2018 edition Vol.14, No.1 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. Doi: 10.19044/esj.2018.v14n1p97 URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n1p97

Nott, M. (1996). When the black box springs open : practical work in schools and the nature of science. I.J.S.E., 7, 807-818.

Osgood, C.E., Sugi, G.J., & Tannenbaum, D.H. (1957). The measurement of meaning. Univ. Of Illinois Press.

Ouarda, O & Ginestié, J. (2009). Conceptions didactiques et épistémologiques de cinq enseignants tunisiens de sciences physiques. Didaskalia, 35. pp 101-138

Pasco, D., Kermarrec, G. & Guinard, J. (2008). Les orientations de valeur des enseignants d'éducation physique. Influence du sexe, de l'âge et de l'ancienneté. *Staps*, 81, 89-105. https://doi.org/10.3917/sta.081.0089

Pelissier, L. (2011). Etude des pratiques d'enseignement des savoirs de l'épistémologie en classe de physique de lycée général. Education. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 2011. NNT : 2011TOU20136. Tel-00728016

Perrenoud, P. (2001). Développer la pratique réflexive dans le métier d'enseignant. Professionnalisation et raison pédagogique. Paris : ESF 2001, 5e éd. 2010

Perrenoud, P. (1997). Construire des compétences dès l'école. Paris : ESF

Piaget, J. (1964). Cognitive Development in Children : Development and Learning. Journal of Research in Science Teaching, 2, 176-186. http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660020306

Piaget, J., & al. (1967). Logique et connaissance scientifique. Système d'information en philosophie des sciences, ID : 10670/1.gzkpwy

Pinet, V. (2009). Peut-on classifier les sciences ? fichier satellite à la ressource « Epistémologie d'une science de la nature » Groupe « mathématiques et philosophie » de l'IREM de Montpellier

Popper, K. (1973). La logique de la découverte scientifique. Paris : Payot. (Original publié en allemand en 1934 avec la mention "1935", note du traducteur de l'édition anglaise)

Popper, K. (1963). Conjectures and Refutations, London : Routledge and Keagan Paul, 1963, pp. 33-39 ; from Theodore Schick, ed. Reading in the Phylosophy of Science, Mountain View, CA : Mayfield Publishing Company, 2000, pp. 9-13.)

Popper, K. (1985). "Filosofie Socială Şi Filosofia Ştiinţei." http://www.edituratrei.ro/carte/karl-r-popper-filosofie-sociala-si-filosofia-stiintei/1085/

Rapport mondial de suivi sur l'EPT. (2014). Enseigner et apprendre : Atteindre la qualité pour tous. Education pour tous, 201, ¾. UNESCO. ISBN :978-92-3-204255-2

Rebstein-Mutti, J., & Reginelli, A. (2012). De l'importance de la pratique expérimentale dans l'enseignement des sciences. Haute école pédagogique

Reebs, S. (2017). C'est quoi la science ?. Département de biologie. Université de Montcon, Canada.

Riopel, M. (2005). Epistémologie et enseignement des sciences. M.Sc. astrophysique, M.A. didactique, Ph.D. didactique des sciences et destechnologies, professeur, département d'éducation et pédagogie,Université du Québec à Montréal

Robardet, G., & Guillaud, J.C. (1997). Eléments de didactique des sciences physiques. PUF, Paris.

Rohner, G. (1975). Comment enseigner authentiquement la biologie au niveau secondaire ?. Dialectique Vol. 29, n° 4 (1975), p. 259-278 (20 pages) https://www.jstor.org/stable/42968657?seq=1#metadata_info_tab_contents

Roletto, E. (1998). La science et les connaissances scientifiques. Aster, 26, 11-30.

Ruelland, J. G. 2004. 9. Les glissements épistémologiques et l'évolution de la sociobiologie. In L'empire des gènes : Histoire de la sociobiologie. ENS Éditions. doi :10.4000/books.enseditions.1129

Russel, B. (1901). Essai sur les fondements de la géométrie, Paris, Gauthier-Villars, Imprimeur-Librairie du bureau des longitudes, de l'école polytechnique. Quai des grands Augustins, 55. https://archive.org/details/essaisurlesfonde00russ/page/n9/mode/2up?view=theater

Sephi, D. (2006). Le falsificationnisme à la loupe. In Histoire et philosophie des sciences

Sensevy, G., & Mercier, A. (2006). Agir ensemble : éléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves. Rennes, Presses Universitaires de Rennes.

Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy & A. Mercier (Éds.), Agir ensemble : l'action didactique conjointe du professeur et des élèves (pp.13-49). Rennes : PUR.

Sensevy, G. (2011). Le sens du savoir. Bruxelles : De Boeck. DOI : 10.3917/dbu.sense.2011.01

Senayah, K.E., & Akakpo-Numado, S.Y., Akimou, T., Djagnikpo, E., & Devi, Messan. (2019). Le rôle de la formation des enseignants dans l'acquisition des compétences par les élèves du secondaire 1 au Togo.

Shulman, L. *(*1987*)*. Knowledge and teaching : Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22 DOI : 10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411

Sfetcu, N. (2019). Le falsificationnisme dogmatique. 10.13140/RG.2.2.26963.32807.

Short, F., & Martin, J. (2011). Presentatin vs. Performance : effects of lecturing style in higher education on student preference and student learning. Psychology Teaching Review, 17(2), 71-82. ISSN-0965-948X

Spinoza, B. (1677). L'éthique. Edition électronique réalisée par Bolduc, Ch. Université de Sherbrooke. 2013

Stewart, J. (1996). La spécificité épistémologique de la biologie. Tréma, 9-10, 5-16. IUFM Montpelier.

Sylla, N. & De Vos, L. (2006). Facteurs déterminant l'application de nouvelles tâches d'enseignement dans le secondaire supérieur. Revue des sciences de l'éducation, 32(2), 377–394. https://doi.org/10.7202/014413ar

Taoufik, M., Abouzaid, A., & Moufti, A. (2016). Les Activités Expérimentales Dans L'enseignement Des Sciences Physiques: Cas Des Collèges Marocains. European Scientific Journal, ESJ. 1212. 1857-7881. 10.19044/esj.2016.v12n22p190.

Teyssedre, M.G. (2012). Quels obstacles à l'intégration des TICE dans l'enseignement élémentaire ?. Thèse n° 1975. Ecole doctorale sociétés, politique et santé publique. Université Bordeaux Segalen. 2012

Thémines, J.-F. (2006). Le rapport pratique à l'épistémologie, chez des professeurs stagiaires du secondaire en géographie. Proposition d'une analyse par cas. *Cybergéo, 344*.

Therriault, G., Harvey, L. & Jonnaert, P. (2010). Croyances épistémologiques de futurs enseignants du secondaire : des différences entre les profils et une évolution en cours de formation. Mesure et évaluation en éducation, 33(1), 1–30. https://doi.org/10.7202/1024924ar

Van Driel, J.H., Verloop, N., & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. Journal of Research in Science Teaching 35, 673-695.

Varéla, F.J. (1989). Autonomie et connaissance, Essai sur le vivant, *Seuil*, Paris.

Varenne, F. (2011). Chapitre 1 : Sciences, méthodes et épistémologie. Dans : , F. Varenne, Modéliser le social: Méthodes fondatrices et évolutions récentes (pp. 7-13). Paris: Dunod. https://doi.org/10.3917/dunod.varen.2011.01.0007

Veissier, I. (1999). Expérimentation animale : biologie, éthique, réglementation. INRA Prod. Anim., 12, 365-375.

Vignais, P. (2007). Science expérimentale : naissance, métamorphose et limites. La revue pour l'histoire du CNRS [En ligne], 17 | 2007, mis en ligne le 21 juin 2009, consulté le 13 juin 2022. URL : http://journals.openedition.org/histoire-cnrs/1867 ; DOI : https://doi.org/10.4000/histoire-cnrs.1867

Villeneuve, L-E. (2018). L'inductivisme naïf en réponse aux problèmes de l'hypothèse. LOGOS. Revue philosophique. N.13. Volume 01. Fait par les étudiants de l'université du Québec à trois rivières. https://oraprdnt.uqtr.uquebec.ca/pls/public/docs/FWG/GSC/Publication/1100/29/9107/1/328333/4/O0001163375_Le_Logos_Vol_1__no._13.pdf

Wojciechowska, W. (1968). Le sensualisme de Condillac. Revue Philosophique de La France et de l'Étranger, 158, 297–320. http://www.jstor.org/stable/41090484

Whewel, W. (1837). History of the Inductive Sciences. London, John H. Parler, 3 vols ; 1837.

Références bibliographiques gouvernementales

Charte nationale d'éducation et de formation. (1999). *Commission Spécial Education Formation*. Royaune du Maroc. URL : https://www.men.gov.ma/Fr/Pages/CNEF_espace3.aspx

Direction des programmes. (1971). Directives pédagogiques générales et programmes de l'enseignement des sciences de la vie et de la terre dans l'enseignement secondaire qualifiant. Rabat, Agdal.

Direction des programmes. (2007). Directives pédagogiques générales et programmes de l'enseignement des sciences de la vie et de la terre dans l'enseignement secondaire qualifiant. Rabat, Agdal.

Directive 2010/63/UE du parlement européen et du conseil du 22 septembre 2010 relative à la protection des animaux utilisés à des fins scientifiques (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)

Livre Blanc. (2002). Fascicule n° 1 et Fascicules de 1 à 8 (documents en arabe). Commissions de révision des curricula marocains du primaire, secondaire préparatoire et qualificatoire. Rabat: imprimerie du Ministère.

Loi cadre 51.17. (2020). relative au système d'éducation, de formation et de recherche scientifique. Bulletin officiel Nº 6944 – 2 joumada I 1442. URL : https://www.aneaq.ma/wp-content/uploads/2020/12/Loi-Cadre-51.17-Vr.Fr_.pdf

Ministère de l'éducation. (2001). La formation à l'enseignement. Les orientations. Les compétences professionnelles. Gouvernement du Québec. Québec.

Ministère de l'éducation nationale. (Lundi 29 Octobre 2012). Réponse à une question orale sur l'abandon du système de dédoublement des classes dans les matières scientifiques au collège et au lycée éditée par le Ministère de l'Education Nationale au Maroc. Archives de l'Académie Régionale de l'Education Nationale et de la Jeunesse. Maroc

Note ministérielle numéro 56. (08 Septembre 1969). Organisation des activités expérimentales, gestion des laboratoires et utilisation des appareils et produits. Archives de l'Académie Régionale de l'Education Nationale et de la Jeunesse. Maroc

Note ministérielle numéro 112. (03 Mai 1979). Organisation des activités expérimentales, gestion des laboratoires et utilisation des appareils et produits. Archives de l'Académie Régionale de l'Education Nationale et de la Jeunesse. Maroc

Note ministérielle numéro 18. (26 Février 1982). Organisation des activités expérimentales, gestion des laboratoires et utilisation des appareils et produits. Archives de l'Académie Régionale de l'Education Nationale et de la Jeunesse. Maroc

Note ministérielle numéro 43. (22 Mars 2006). Organisation des activités expérimentales, gestion des laboratoires et utilisation des appareils et produits. Archives de l'Académie Régionale de l'Education Nationale et de la Jeunesse. Maroc

Note ministérielle numéro 133X18. (06 Septembre 2018). Organisation des activités expérimentales, gestion des laboratoires et utilisation des appareils et produits. Archives de l'Académie Régionale de l'Education Nationale et de la Jeunesse. Maroc

Programme NAJAH. (2008). Programme d'urgence (2009-2012) : Pour une Education inclusive. Ministère de l'Education. Maroc. URL : https://planipolis.iiep.unesco.org/sites/default/files/ressources/morocco_programme_urgence_najah_rapport_synthese.pdf

Vision Stratégique de la Réforme. (2015-2030). Pour une école de l'équité, de la qualité et de la promotion. URL : https://www.csefrs.ma/wp-content/uploads/2017/09/Vision_VF_Fr.pdf

Annexes

Annexe 1 : Questionnaire de mesure du niveau des glissements épistémologiques rationalistes

QUESTIONNAIRE SUR L'ÉPISTÉMOLOGIE DES SCIENCES EXPÉRIMENTALES

Cher(e) collègue,

Dans le cadre d'une thèse de doctorat en Didactique des Sciences et Ingénierie Pédagogique, nous vous prions de bien vouloir répondre à ce questionnaire sur l'épistémologie des sciences expérimentales. Le but de cette étude est de dévoiler certains glissements épistémologiques susceptibles d'imprégner notre enseignement scientifique, pour pouvoir proposer des stratégies pédagogiques adéquates visant la rectification de ces glissements au cours de la formation à l'enseignement scientifique expérimental.

Pour garantir plus de validité à cet outil de recherche, nous vous prions de **bien lire et comprendre** les situations du test fournies en français et en arabe, et d'y répondre avec toute **objectivité** (ce que vous pensez, ce que vous sentez ou ce que vous faites vraiment). Nous vous garantissons l'anonymat de vos réponses. Les données recueillies seront utilisées seulement dans la présente recherche.

Sexe : ☐ Masculin ☐ Féminin

Ancienneté : …….. Région de travail : …….

Formation en épistémologie des sciences :

☐ Non

☐ Oui

Si oui, veuillez déterminer le type de la formation épistémologique :

Formation initiale تكوين أساسي ☐ Formation continue تكوين مستمر ☐ Autoformation تكوين ذاتي ☐

Centre de la formation initiale en épistémologie des sciences :

……

Approche dominante de la formation initiale ou continue en épistémologie des sciences :

☐ Méthode expositive محاضرة/عرض

☐ Méthode active participative طريقة تنشيطية تشاركية

☐ Projet de recherche dans le cadre institutionnel مشروع بحث في اطار مؤسساتي

Veuillez mettre une croix (X) dans la case qui correspond à votre choix.

1.L'esprit contient des idées innées qui sont la seule origine de tout savoir certain.

يتوفر العقل على أفكار فطرية هي المصدر الوحيد لكل معرفة أكيدة.

☐ Pas du tout d'accord ☐ Pas d'accord ☐ Neutre ☐ D'accord ☐ Tout à fait d'accord

2.On doit douter uniquement de toute connaissance scientifique provenant de l'expérience ou de l'observation, car ces dernières dépendent des organes de sens qui sont généralement peu précis et infidèles.

يجب الشك فقط في كل معرفة علمية منبثقة من التجربة او الملاحظة لأنهما تعتمدان على أعضاء الحس التي غالبا ما تكون غير دقيقة و لا يمكن الاعتماد عليها.

☐ Pas du tout d'accord ☐ Pas d'accord ☐ Neutre ☐ D'accord ☐ Tout à fait d'accord

3.Toute connaissance scientifique valide provient exclusivement de l'usage de la raison et de la logique.

كل معرفة علمية صحيحة هي ناتجة حصريا عن استخدام العقل و المنطق.

☐ Pas du tout d'accord ☐ Pas d'accord ☐ Neutre ☐ D'accord ☐ Tout à fait d'accord

4. A partir d'idées innées ou préétablies et seulement en suivant un raisonnement déductif qu'on arrive à des lois et des théories scientifiques.

انطلاقا من أفكار فطرية أو سابقة الوجود وفقط عن طريق نهج تفكير استنباطي نتمكن من التوصل الى قوانين و نظريات علمية.

☐ Pas du tout d'accord ☐ Pas d'accord ☐ Neutre ☐ D'accord ☐ Tout à fait d'accord

5.L'expérience scientifique sert essentiellement à l'illustration ou à la vérification des connaissances scientifiques théoriques.

يجب استخدام التجربة العلمية أساسا للتحقق من المعرفة العلمية النظرية أو لتوضيحها.

☐ Pas du tout d'accord ☐ Pas d'accord ☐ Neutre ☐ D'accord ☐ Tout à fait d'accord

6. Seuls la rigueur des opérations mentales, l'usage des règles mathématiques et l'application des principes de cause à effet mèneront à l'élaboration des lois et théories valides.

فقط نجاعة العمليات العقلية و استخدام قواعد الرياضيات و تطبيق مبادئ السبب و النتيجة قادرة على انتاج قوانين و نظريات صالحة.

☐ Pas du tout d'accord ☐ Pas d'accord ☐ Neutre ☐ D'accord ☐ Tout à fait d'accord

7.La confrontation avec le réel est inutile lorsque l'idée qui mène à la loi est évidente.

إن مواجهة المعرفة بالواقع غير مجدية إذا كانت هذه المعرفة ناتجة عن أفكار بديهية

☐ Pas du tout d'accord ☐ Pas d'accord ☐ Neutre ☐ D'accord ☐ Tout à fait d'accord

Merci cher(e) professeur(e) pour votre collaboration.

Annexe 2 : Calcul des tests d'indépendance χ^2

Test d'indépendance entre le genre et la présence de glissements rationalistes

Tableau de contingence

Scores/Genre	Hommes	Femmes	Total
[-14, 0]	34	32	66
]0, 14]	26	20	46
Total	60	52	112

Tableau des effectifs théoriques

Scores/Genre	Hommes	Femmes
[-14, 0]	35,36	30,64
]0, 14]	24,64	21,36

Tableau du Khi deux

Scores/Genre	Hommes	Femmes
[-14, 0]	0,05	0,06
]0, 14]	0,07	0,09

Comparaison entre khi deux calculé et khi deux théorique

$\alpha = 0,05$	χ^2 calculé	χ^2 théorique
DDL = 1	0,27	3,84

Test d'indépendance entre l'ancienneté et la présence de glissements rationalistes

Tableau de contingence

Scores/Ancienneté	[0- 10[	[10- 20[	[20- 30[	[30- 40[	Total
[-14, 0]	20	22	14	11	67
]0, 14]	16	11	9	6	42
Total	36	33	23	17	109

Tableau des effectifs théoriques

Scores/Ancienneté	[0- 10[	[10- 20[	[20- 30[	[30- 40[
[-14, 0]	22,13	20,28	14,14	10,45
]0, 14]	13,87	12,72	8,86	6,55

Tableau du Khi deux

Scores/Ancienneté	[0- 10[	[10- 20[	[20- 30[	[30- 40[
[-14, 0]	0,20	0,15	0,00	0,03
]0, 14]	0,33	0,23	0,00	0,05

Comparaison entre khi deux calculé et khi deux théorique

$\alpha = 0,05$	χ^2 calculé	χ^2 théorique
DDL = 3	0,99	7,81

Test d'indépendance entre la formation et la présence de glissements rationalistes

Tableau de contingence

Scores/Formation	Oui	Non	Total
[-14, 0]	28	38	66
]0, 14]	24	22	46
Total	52	60	112

Tableau des effectifs théoriques

Scores/Formation	Oui	Non
[-14, 0]	30,64	35,36
]0, 14]	21,36	24,64

Tableau du khi deux

Scores/Formation	Oui	Non
[-14, 0]	0,23	0,20
]0, 14]	0,33	0,28

Comparaison entre khi deux calculé et khi deux théorique

$\alpha = 0,05$	χ^2 calculé	χ^2 théorique
DDL = 1	1,04	3,84

Test d'indépendance entre le cadre de la formation et la présence de glissements rationalistes

Tableau de contingence

Scores/Cadre de Formation	Initiale	Continue	Initiale/continue	Autoformation	Total
[-14, 0]	17	5	10	6	38
]0, 14]	15	5	8	6	34
Total	32	10	18	12	72

Tableau des effectifs théoriques

Scores/Cadre de Formation	Initiale	Continue	Initiale/continue	Autoformation
[-14, 0]	16,89	5,28	9,50	6,33
]0, 14]	15,11	4,72	8,50	5,67

Tableau du khi deux

Scores/Cadre de Formation	Initiale	Continue	Initiale/continue	Autoformation
[-14, 0]	0,00	0,01	0,03	0,02
]0, 14]	0,00	0,02	0,03	0,02

Comparaison entre khi deux calculé et khi deux théorique

$\alpha = 0,05$	χ^2 calculé	χ^2 théorique
DDL = 3	0,13	7,81

Test d'indépendance entre l'approche de la formation et la présence de glissements rationalistes

Tableau de contingence

Scores/Approche de Formation	Expositive	Active participative	PFE	Total
[-14, 0]	25	10	5	40
]0, 14]	14	13	12	39
Total	39	23	17	79

Tableau des effectifs théoriques

Scores/Approche de Formation	Expositive	Active participative	PFE
[-14, 0]	19,75	11,65	8,61
]0, 14]	19,25	11,35	8,39

Tableau du khi deux

Scores/Approche de Formation	Expositive	Active participative	Projet de recherche
[-14, 0]	1,40	0,23	1,51
]0, 14]	1,43	0,24	1,55

Comparaison entre khi deux calculé et khi deux théorique

$\alpha = 0,05$	χ^2 calculé	χ^2 théorique
DDL = 2	6,36	5,99