

PRATIQUE EXPERIMENTALE EN SCIENCES PHYSIQUES AU SECONDAIRE : ETAT DES LIEUX ET PROPOSITIONS

Moustapha THIAM

Inspecteur de l'Enseignement Moyen Secondaire/ Sciences Physiques

*Inspection d'Académie de Saint Louis/ Sénégal
m.thiamphysics@hotmail.fr*

Saliou KANE

*Formateur à la Facultés des Sciences et Technologies de l'Education et de la Formation (FASTEF)
Université Cheikh Anta DIOP de Dakar/ Sénégal*

Mouhamadou Sembène BOYE

*Formateur à la Facultés des Sciences et Technologies de l'Education et de la Formation (FASTEF)
Université Cheikh Anta DIOP de Dakar/ Sénégal*

Résumé

Cet article s'intéresse à la pratique expérimentale en sciences physiques dans l'enseignement secondaire au Sénégal. L'étude a ciblé des élèves, des étudiants et des enseignants de physique - chimie. Un questionnaire a été administré pour chacun des groupes cités. Pour les élèves, en plus du questionnaire, une évaluation portant sur la pratique expérimentale leur a été proposée. Les résultats témoignent d'une situation encore névralgique de l'expérimentation en sciences physiques. Les difficultés révélées par cette étude sont d'ordre matériel et structurel. L'apprenant n'est pas au centre des activités pratiques, et par conséquent a encore du mal à acquérir les savoir-faire expérimentaux, gages d'une bonne formation de futures

scientifiques. Partant de la situation jugée préoccupante, et en s'inspirant de l'approche constructiviste, des propositions ont été formulées.

Mots-clés : Pratique expérimentale, constructivisme

Abstract

This paper focuses on experimental practice in physical sciences in secondary education. The study targeted students, undergraduates, and physics-chemistry teachers. A questionnaire was administered to each of the groups mentioned. For students, in addition to the questionnaire, an assessment of experimental practice was proposed. The results demonstrate a still critical situation of experimentation in physics and chemistry. The difficulties revealed by this study are material and structural. Thus, the students are not at the center of practical activities, and consequently still struggles to acquire the experimental know-how, which guarantees good training for future scientists. Based on the situation deemed worrying, and inspired by the constructivist approach, proposals were formulated.

Keywords : Experimental Practice, Constructivism

Introduction

Dans un contexte où les économies sont de plus en plus fondées sur la connaissance, les compétences scientifiques et technologiques deviennent des atouts indispensables pour relever les défis du XXI^e siècle.

L'extrême concentration de la recherche dans les « cinq grands » que sont les Etats Unis, l'Union Européenne, la Chine, le Japon et la Russie en est une parfaite illustration. Représentant environ 35 % de la population mondiale, cette frange détient 75 % de l'ensemble des chercheurs. L'éducation aux sciences, à la technologie, à l'ingénierie et aux mathématiques (STEM) a un rôle vital à jouer dans cette transformation étant donné qu'elle est à la base du Programme 2030. (UNESCO, 2010) Les progrès enregistrés dans l'éducation aux STEM ont déjà entraîné des améliorations dans de nombreux aspects de la vie tels que la santé, l'agriculture, les infrastructures et les énergies renouvelables. (UNESCO, 2017) Les disparités dans l'accès à une éducation scientifique efficace creusent continuellement les écarts entre les pays développés et ceux en voie de développement. Lors du Sommet de l'Union africaine en janvier 2007, le Président du Malawi, Bingu wa Mutharika, a souligné que le renforcement des capacités en sciences et technologie était le seul moyen sûr et efficace permettant de rompre le cycle infernal de l'extrême pauvreté dans lequel l'Afrique s'est enlisée depuis des décennies. (UNESCO, 2010). Au Sénégal, la loi d'orientation 91-22 du 16 février 1991 précise, en son article 2 consacré aux finalités de l'éducation que celle-ci doit assurer « une formation qui lie l'école à la vie, la théorie à la pratique, l'enseignement à la production ». (Sénégal, 1991)

Nul ne peut nier l'apport inestimable de l'enseignement des sciences physiques à la promotion de la technologie et par conséquent du développement économique et socioculturel des nations. La physique et la chimie sont à la commande de plusieurs applications technologiques.

Disciplines expérimentales par essence, mais aussi formalisées, elles devraient être enseignées en combinant théorie et pratique. Animant une conférence sur le thème « esprit de l'enseignement scientifique », Paul LANGVIN disait que « *la question que la théorie pose par voie déductive est inséparable de la réponse que fournit l'expérience* ». Selon lui, la théorie et l'expérience sont deux faces « *inséparables comme les deux termes d'une égalité* ». (Langevin, 1923) Pour abonder dans le même sens, Francis BACON disait à travers une célèbre métaphore que : « *Les hommes de l'expérience sont comme les fourmis ; ils ne font que rassembler et employer. Les hommes du raisonnement ressemblent aux araignées qui tissent des toiles avec leur propre substance. Mais l'abeille se tient entre ces deux extrêmes ; elle recueille ses matériaux dans les fleurs des jardins et des champs, puis elle les transforme et les digère par sa vertu propre.* » (Bacon, 1920)

Certes, l'enseignement des sciences physiques intègrent des aptitudes cognitives, mais il doit chercher à développer particulièrement des aptitudes psychoaffectives et psychomotrices. Ces aptitudes ne peuvent être développées qu'au moyen d'une approche expérimentale dans la conduite de l'action pédagogique. Il est prouvé que l'enseignement expérimental s'affirme depuis l'école primaire jusqu'à l'université comme un moyen de développement des compétences pratiques chez les apprenants (Carré, 2019 ; Sibari et al., 2020). D'après Sall et Kane (2007), le développement de l'esprit scientifique « *doit être visé dès les premières années de la scolarité et consolidé au fur et à mesure que l'élève progresse dans ses études* ». L'enseignement des sciences physiques ne pourrait

donc se contenter d'une méthode théorique où il suffirait de mémoriser et de réciter des lois et formules, ou encore des démonstrations abstraites. C'est le caractère expérimental qui permet d'offrir aux élèves la possibilité d'engager leur propre réflexion afin de développer en eux la fonction exploratoire et investigatrice. Aussi, il sert d'arbitrage pédagogique d'abord, pour garantir l'identité de la physique et de la chimie par rapport aux mathématiques, et ensuite pour franchir un premier obstacle épistémologique qui consiste à instaurer un espace de confiance entre l'enseignant, l'apprenant et la discipline. Ce qui permet d'éviter ce que le Père Louis-Bertrand Castel, appelle la méthode des faits : « *La méthode des faits, pleine d'autorité et d'empire, s'arroge un air de divinité qui tyrannise notre créance, et impose à notre raison. Un homme qui raisonne, qui démontre même, me prend pour un homme : je raisonne avec lui ; il me laisse la liberté du jugement ; et ne me force que par ma propre raison. Celui qui crie voilà un fait, me prend pour un esclave.* » : (Castel,1743). Donc l'assertion selon laquelle « *les sciences physiques sont une discipline expérimentale et doivent être enseignées comme telle* » (Kane, 2011) ne doit pas être comprise comme un slogan, un postulat ou une mode mais plutôt comme une conviction qui tient du fondement épistémologique même de la physique et de la chimie.

Dans le curriculum sénégalais, l'enseignement primaire prend en compte, sous l'intitulé « Initiation Scientifique et Technologique », l'initiation à certaines notions scientifiques destinées à faire observer et identifier par les élèves quelques phénomènes liés à leur

environnement quotidien. Cependant, l'enseignement des sciences physiques proprement dit ne commence qu'au cycle moyen en classe de 4^{ème}. Sur instruction du ministre de l'éducation, la dernière réforme qui date de 1999 présente le programme sous forme d'un « référentiel de compétences ». Il s'agit alors de l' « entrée par les compétences » ou « Approche Par Compétences (APC) ». Les sciences physiques étant une discipline où les élèves sont confrontés avec le réel pendant les cours, le programme sénégalais insiste sur le fait que l'apprenant puisse « s'approprier les acquis scolaires en physique et en chimie pour pouvoir en faire un réinvestissement et un transfert dans la vie pratique. L'apprenant doit être mis dans des situations de production et de réalisation de projets ». (MEN-IGEF, 2008) Les guides qui accompagnent le programme officiel, tel que le guide « $E = mc^2$ » (Abili & al, 1998), s'inscrivent dans cette même dynamique, c'est-à-dire une réelle implémentation de la pratique expérimentale dans l'enseignement de la physique et de la chimie, et une prise en compte de l'environnement de l'élève.

Toutefois, bien que les curricula intègrent les activités scientifiques avec deux objectifs principaux : un objectif scientifique et éducatif visant à la compréhension des concepts fondamentaux du monde moderne en tant que citoyen et un objectif de préparation au monde professionnel (Millar, 2004), plusieurs travaux de recherche en didactique de l'expérimental ont montré que dans la plupart des pays en développement, l'intégration effective de l'expérimentation dans le processus d'enseignement-apprentissage reste un défi majeur. Particulièrement, Kane (2004) a montré que, dans le domaine du savoir-faire

expérimental, les acquis des élèves ne sont pas à la hauteur des résultats attendus. Plus tard, le même auteur constate que « *dans l'enseignement secondaire, les activités expérimentales semblent être orientées en priorité vers la présentation des concepts et des lois aux élèves, s'écartant ainsi des démarches scientifiques.* » (Kane, 2012) En s'intéressant aux causes probables de la désertion des sciences au niveau des séries scientifiques au Sénégal, Sakho (2023) a cité entre autres le manque de laboratoires équipés. Adjaho (2020) a montré qu'au Bénin, les apprenants ne font presque pas de travaux pratiques pour les disciplines expérimentales telles que les SPCT et SVT, car la majorité des enseignants ne prennent pas en compte les travaux pratiques au laboratoire dans leur pratique quotidienne. Dans une étude récente, Ouahab et al (2024) ont attribué les difficultés d'apprenants marocains en sciences physiques au manque de compréhension de concepts qui, selon lui, ne pourrait provenir que d'activités expérimentales. Cette situation soulève alors des questions sur les dispositions matérielle, organisationnelle, structurelle, et pédagogique et l'impact sur le profil des apprenants en termes d'acquis de savoir-faire expérimentaux à la fin des cycles moyen et secondaire.

Ce présent article, inscrit dans le champ de la recherche en didactique des sciences physiques, se propose de dresser un état des lieux de la pratique expérimentale dans l'enseignement secondaire au Sénégal. Il tentera de jauger les acquis au niveau des apprenants et d'identifier les éventuels écueils qui empêchent son implémentation. Après avoir précisé la méthodologie, nous présenterons les résultats qui feront l'objet d'analyse et de discussions. A la

lumière des résultats des recherches en didactiques des sciences et des théories de l'éducation, des propositions seront formulées afin d'améliorer la pratique expérimentale au Sénégal, en intégrant les spécificités contextuelles du pays.

1. Méthodologie et cadre théorique

Il s'agit d'une étude quantitative, descriptive et exploratoire (état des lieux des pratiques) avec une visée transformative (proposition d'amélioration). Pour mener à bout ce travail, nous avons combiné des questionnaires adressés à des élèves du secondaire, des étudiants et des enseignants, et un test sous forme d'évaluation visant les savoir-faire expérimentaux. Cette méthodologie offre une vision plus complète et rend la recherche plus objective. Elle permet de faire une triangulation afin de renforcer la validité des résultats.

Le premier questionnaire est administré à des élèves des classes de seconde, première et terminale des séries scientifiques. Il a pu couvrir certains établissements de Dakar : Lycée Thierno Seydou Nourou TALL, Lycée Blaise DIAGNE, Lycée Ngalandou DIOUF, Lycée John Fitzgerald KENNEDY, Lycée Sergent Malamine CAMARA et Lycée Maurice Delafosse. Pour les étudiants, nous nous sommes adressés à des stagiaires de la FASTEF des sections F1B1, F1B2, F1C1, physique-chimie et mathématiques et à des étudiants en Master de physique de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta DIOP. Le questionnaire destiné aux professeurs a pu s'étendre jusqu'aux académies de Louga, Diourbel, Ziguinchor et Thiès.

L'ancienneté dans la fonction des professeurs interrogés varie entre un (1) à dix-huit (18) ans.

Ce travail se veut surtout une contribution à la didactique elle-même, par la mise à l'épreuve d'un de ces concepts clés : le constructivisme. Il s'agit ici du courant constructiviste en didactique des sciences, courant selon lequel l'enseignant propose aux élèves des activités qui leur permettent de construire les connaissances à apprendre (Bächtold, 2012). Les curricula sénégalais promeuvent l'Approche Par Compétences (APC) et la démarche scientifique qui sont en parfaite cohérence avec l'approche constructiviste. D'après le constructivisme, l'apprentissage est un processus actif, les élèves construisent leurs connaissances à travers des expériences et des interactions avec leur environnement. Il insiste sur le rôle central de la pratique à travers l'expérimentation, la manipulation et la résolution de problèmes. Dans le contexte sénégalais où les contraintes matérielles pourraient constituer un obstacle, le constructivisme permet de favoriser et de valoriser des expériences adaptées aux réalités locales. En plus, l'approche constructiviste permet de proposer des stratégies réalistes afin de rendre les pratiques expérimentales plus accessibles, plus pertinentes et plus efficaces.

2. Résultats et analyse

Les réponses aux questions à réponse « oui » ou « non » seront présentées sous forme d'histogrammes, avec en bleu la réponse « oui » et en rouge la réponse « non ».

2.1. Questionnaire et évaluation pour élèves

2.1.1. Questionnaire élèves

	Oui	Non
1 ^{ère} question : Faites-vous des expériences ?	26	6
2 ^{ème} question : Est-ce que les élèves manipulent ?	10	22
3 ^{ème} question : Etes-vous familiers au matériel de laboratoire ?	8	24
4 ^{ème} question : Pouvez-vous citer le nom d'une expérience réalisée en classe par le professeur ou par les élèves ?	28	4
5 ^{ème} question : Avez-vous manipulé au moins une fois ?	3	29
6 ^{ème} question : Etes-vous en mesure de reprendre certaines expériences ?	22	8

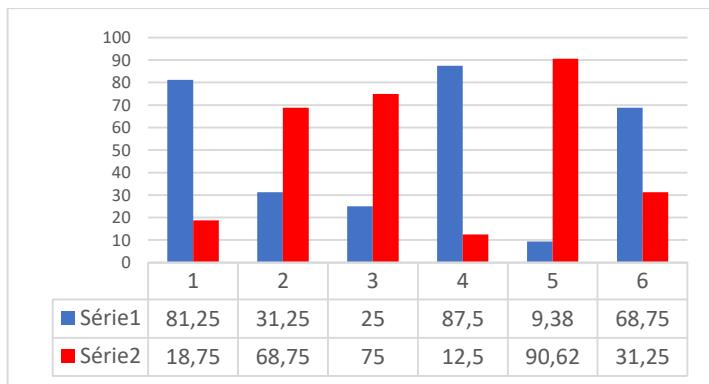


Figure 1 : Histogramme des réponses « oui » et « non » du questionnaire élèves

Les colonnes 1, 2, 3, 4, 5 et 6 représentent, respectivement en pourcentages, les réponses aux 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème} questions. La série 1 correspond à la réponse « oui », et la série 2 à la réponse « non ». Pour les quatrième et cinquième questions, la réponse « oui » doit être accompagnée de justifications.

D'après ces résultats, une bonne majorité des élèves (81,25 %) avoue que des expériences sont réalisées en

classe. Cependant, un contraste frappant existe entre ce pourcentage et celui correspondant à l'implication directe des élèves dans les activités pratiques. En effet, une minorité d'élèves (31,25 %) déclare avoir accès au matériel de laboratoire et manipule effectivement pendant les cours de sciences physiques. Encore une toute petite fraction d'élèves, soit 9,38 % a eu la chance d'avoir personnellement manipulé. De ce manque d'implication des élèves dans le déroulement des activités pratiques, découle tout naturellement leur non familiarité avec le matériel de laboratoire. Seul un taux de 25 % des élèves interrogés reconnaît être familier au matériel. Pour la quatrième question où il est demandé le nom d'une expérience réalisée en classe, on se retrouve avec un taux très satisfaisant de réponses positives. 87,5 % des élèves interrogés sont parvenus à donner des exemples avec des justifications. Nonobstant, les exemples cités et des justifications fournies, nous avons constaté que les élèves de la classe de seconde, ont pratiquement tous donné des exemples en électricité et ceux de la classe de première en oxydoréduction. Sachant que pour ces parties, le matériel et les produits nécessaires sont souvent disponibles on peut dire qu'il y a une certaine volonté de la part des enseignants de faire des manipulations quand les conditions de travail le permettent. Mais aussi, il y a lieu de noter que pour certains établissements de Dakar, généralement ces parties sont traitées par des stagiaires de la FASTEF. Ces derniers, étant encore en formation, sous le contrôle et la supervision des encadreurs et formateurs, mais aussi ayant une inspection à préparer, peuvent être sous la contrainte pour dérouler les expériences. Malgré une implication très limitée

dans le processus opératoire, un taux considérable d'élèves déclare être en mesure de reprendre certaines expériences. Ce résultat laisse croire que, pour ceux qui ont eu à manipuler, les savoir-faire pratiques sont acquis. Pour les autres, ils pensent peut-être avoir acquis les savoir-faire à partir de l'observation simple.

2.1.2. Evaluation pour élèves

L'évaluation a porté sur les aptitudes des élèves à reconnaître le matériel de laboratoire et quelques dispositifs expérimentaux. Administrée selon les conditions d'une évaluation réelle, les élèves ont répondu sur place, pendant une durée déterminée et sans autorisation de documents.

Sur trente-huit (38) élèves évalués, les résultats obtenus sont portés sur le tableau suivant et dressés sur le graphe ci-dessous :

Note / 10	03	03,50	04	04,50	05	05,50
Nombre d'élèves ayant la note/10	06	08	04	12	06	02

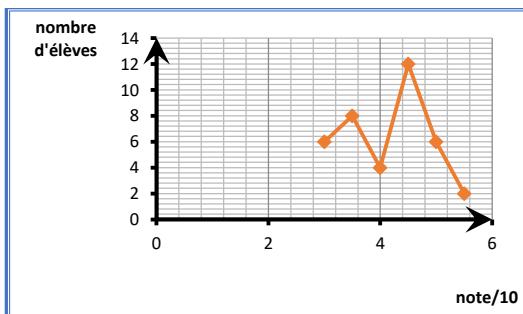


Figure 2 : Représentation graphique des notes obtenues par les élèves au cours de l'évaluation

Ces résultats révèlent que huit (8) élèves sur les trente-huit (38) ont eu la moyenne ; soit un pourcentage de 21,05 %. La majorité des notes se situe entre 4 et 5/10 avec un pic à 4,5/10 obtenue par douze (12) élèves. La note maximale est de 5,5/10 et n'est obtenue que par deux (2) élèves.

Calcul de la moyenne : $M = \frac{(3 \times 6) + (3,5 \times 8) + (4 \times 4) + (4,5 \times 12) + (5 \times 6) + (5,5 \times 2)}{38}$; soit : $M = 4,13/10$.

La médiane : La 19^{ème} note se situe à 4,5/10 ; 50 % des élèves ont une note inférieure ou égale à 4,5/10.

Le mode, c'est-à-dire la note la plus fréquente est : 4,5/10.

Les statistiques sont révélatrices de difficultés généralisées. Elles prouvent encore une fois qu'il reste beaucoup à faire au niveau de la pratique expérimentale.

2.2. Questionnaire pour étudiants

	Oui	Non
1 ^{ère} question : Faisiez-vous des expériences au Lycée ?	7	11
2 ^{ème} question : Est-ce que les élèves manipulaient ?	6	12
3 ^{ème} question : Pouvez-vous citer le nom d'une expérience réalisée en classe par le professeur ou par les élèves ?	6	12
5 ^{ème} question : Aviez-vous manipulé au moins une fois ?	3	15
7 ^{ème} question : Vos professeurs utilisaient-t-ils du matériel de substitution ?	1	17
8 ^{ème} question : Vos professeurs faisaient-t-ils des simulations ?	1	17

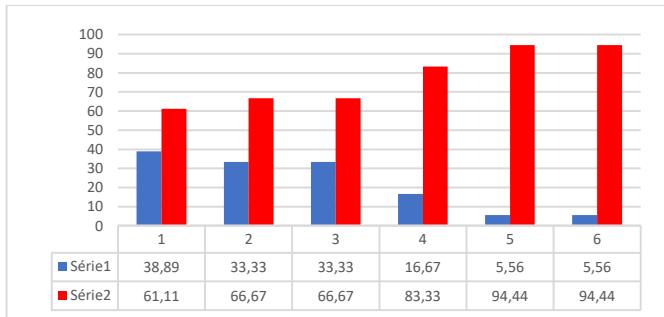


Figure 3 : Histogramme des réponses « oui » et « non » du questionnaire étudiant

7 étudiants sur 18, soit 38,89 % déclarent avoir fait des expériences au secondaire. Seuls 3 étudiants sur 18 ont eu l'opportunité de manipuler au moins une fois. Aussi 6 étudiants sur 18 arrivent à se souvenir de manipulations réalisées pendant le cours de sciences physiques. Cela prouve que les expériences ont été inexistantes, ou trop rares ou en tout cas pas du tout captivantes et marquantes. Le recours au matériel de substitution, avec un pourcentage de 5,56 % est pratiquement ignoré malgré les avantages qu'il présente.

Les résultats obtenus ici sont comparables à ceux fournis par le questionnaire des élèves. Cela montre que sur une bonne période, les choses sont restées en l'état. Avec une large dominance de la réponse « non » sur l'ensemble des six questions, nous pouvons affirmer que la tendance n'est pas du tout favorable à une pratique effective de la démarche expérimentale, et que cet état de fait n'est pas récent.

Préférence entre utilisations du matériel moderne, du matériel de substitution ou la simulation numérique

Expérience avec du matériel moderne	Expérience avec du matériel de substitution	Simulation numérique
15	0	3

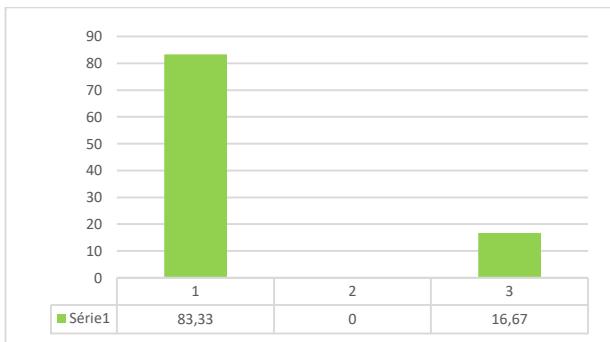


Figure 4 : Histogramme représentant les choix entre matériel moderne, matériel de substitution ou simulation numérique

Les colonnes 1, 2 et 3 représentent en pourcentage, respectivement, les préférences pour le matériel moderne, le matériel de substitution et la simulation numérique.

Dans la majorité, les étudiants ont répondu favorablement pour les expériences réalisées avec du matériel moderne. Ils justifient leur réponse en disant que le matériel moderne permet de minimiser les erreurs, il est plus attrayant et que c'est la meilleure manière pour suivre l'évolution du développement de la science et de la technologie. Les autres qui ont opté pour la simulation numérique disent qu'elle est plus rapide, moins chère et donc

plus adaptée aux pays sous-développés. L'absence de réponses favorables à l'utilisation du matériel de substitution, confirmant par ailleurs les résultats précédents, atteste un véritable manque à gagner, par rapport aux avantages qu'offre cette alternative et l'impact qu'elle peut avoir sur le plan pédagogique. Elle remet en cause également la formation des enseignants à la pratique expérimentale.

2.3. Questionnaire pour professeurs

Le questionnaire des professeurs est structuré suivant 6 questions (Voir annexe). Les trois dernières questions sont à réponse directe « oui » ou « non ».

1 ^{ère} question : A quel(s) stade(s) de votre cursus scolaire et universitaire avez-vous reçu une vraie formation en pratique expérimentale ?		
2 ^{ème} question : Quelles sont les classes que vous avez eu à tenir (de la 4 ^{ème} à la terminale, en précisant les séries pour le second cycle) ?		
Questions à réponse « oui » ou « non »	oui	Non
3 ^{ème} question : Exploitez-vous cette formation au bénéfice des élèves ?	3	10
4 ^{ème} question : Disposez-vous d'un laboratoire dans votre établissement ?	5	8
5 ^{ème} question : Avez-vous suffisamment de matériel pour faire toutes les manipulations ?	1	12
6 ^{ème} question : Quel est le type d'activité expérimentale que vous pratiquez ? TP, TP-Cours ou Expérience de cours. Quels sont les objectifs visés ?		

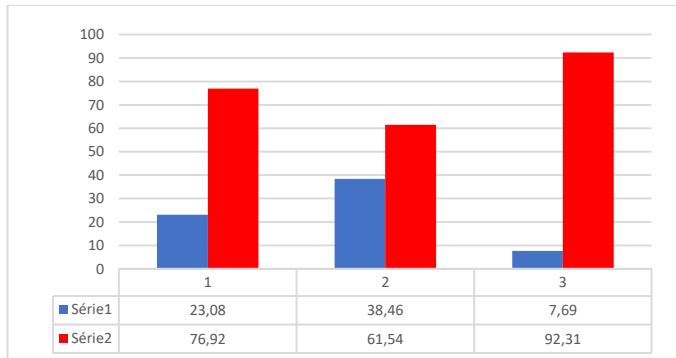


Figure 5 : Histogramme du questionnaire professeur

On note une nette domination de la réponse « non » pour toutes les trois questions. 3 professeurs sur 13, soit 23,08 % mobilisent les acquis de leur formation au profit des apprenants. La majorité (76,92 %) n'arrive pas à réinvestir leur aptitude en termes de pratique expérimentale sur le terrain. Ce constat s'explique en partie avec les données fournies par les questions suivantes relatives à la disponibilité des laboratoires et du matériel d'expérimentation. En effet, 61,54 % des enseignants affirment ne pas disposer de laboratoire dans leurs établissements et 92,31 % assurent que le matériel adéquat n'est pas disponible. Pour la troisième question une réponse « non » est accompagnée de justification. Les raisons principalement avancées sont : l'insuffisance ou l'inexistence des produits et du matériel ; un crédit horaire insuffisant pour les élèves ; les nombreuses perturbations dans le milieu scolaire ; le manque de motivation face aux risques encourus dans les laboratoires.

Pour les première, deuxième et sixième questions on a les résultats suivants :

Pour la première question où l'on demande le (ou les) stade (s) où l'enseignant a reçu une vraie formation en pratique expérimentale, il n'y a eu que deux stades cités : première année de la faculté (PC1) et l'Ecole Normale Supérieure (FASTEF). Le moyen-secondaire n'étant cité à ce niveau dans aucune réponse, donc les enseignants interrogés n'ont pas appris à manipuler lorsqu'ils furent élèves. Ce fait corrobore les résultats obtenus avec les questionnaires élève et étudiants. Mieux encore, il montre que la souffrance de la pratique expérimentale dans l'enseignement moyen secondaire est une tradition. En scrutant davantage les données, on constate une dépendance des réponses de l'ancienneté : pour les « très » anciens (16, 17 et 18 ans) c'est en PC1, pour ceux qui ont une ancienneté intermédiaire (6 à 10 ans) c'est en PC1 et à la FASTEF ; enfin pour les moins anciens (5 ans et moins) c'est uniquement à la FASTEF. Cette évolution temporelle montre que la pratique expérimentale bat de l'ail au niveau de la Faculté des Sciences et Techniques au fil du temps. Pour la deuxième question concernant les classes tenues, les résultats ont montré que la réponse dépend de l'ancienneté. Les plus anciens (plus de 10 ans) ont tenu toutes les classes de la seconde à la terminale toutes séries confondues et parfois même de la quatrième à la terminale. Pour les autres aussi c'est pratiquement toutes les classes du second cycle mais rarement la terminale S1. Un seul d'entre eux (7 ans) a tenue toutes les classes du second et du premier cycle. Pour le type d'activité expérimentale (question 6) la réponse est la même : TP-cours et expériences de cours. Pour les objectifs

visés les réponses sont : vérifier certaines lois ; assoir des concepts ; montrer des aptitudes à faire des expériences.

3. Discussion

L'analyse des résultats de cette étude révèle une situation cruciale et préoccupante de la pratique expérimentale en sciences physiques dans l'enseignement secondaire. Le traitement statistique issus de l'évaluation des élèves confirme les difficultés déjà annoncées dans le questionnaire élèves. Les rares occasions où des manipulations ont lieu, elles ne se déroulent pas suivant une démarche typiquement expérimentale. Les élèves ne sont pas au centre des activités pratiques et ne sont pas familiers aux matériels. Par conséquent, les objectifs de savoir-faire expérimentaux sont loin d'être atteints. Ce constat est à rapprocher des résultats établis par Kane (2011) : « *la plupart des enseignants visent, dans les activités expérimentales, l'acquisition de savoirs conceptuels par les élèves et ce, à travers la vérification de lois ; conséquemment ils s'accommodent de l'organisation de TP - cours ou d'expériences de cours en lieu et place de travaux pratiques, les tâches essentielles étant réalisées par eux. Les élèves ne participent ni au choix des expériences et à leurs objectifs, ni à la conception des protocoles expérimentaux. Et dans les rares occasions qui leur sont offertes pour manipuler, ils n'ont pas suffisamment d'autonomie et ne travaillent pas à leur propre vitesse ; ils sont guidés pas à pas par le professeur tout au long des activités vers des résultats fixés à l'avance par ce dernier.* »

Les résultats obtenus avec le questionnaire adressé aux étudiants ne disent pas mieux. D'ailleurs, dans le cadre de la Conférence Internationale des Responsables des Universités et Institutions Scientifiques d'Expression Française (CIRUISEF), les Doyens des Facultés de Sciences et Technologie de l'espace francophone, ont déclaré avoir constaté « *la dégradation voire l'absence de Travaux Pratiques expérimentaux (TP) en enseignement de Physique au niveau licence et la non acquisition voire la perte de savoir-faire des jeunes enseignants-chercheurs (mais aussi de certains séniors) dans les facultés des pays ACP*. Les conséquences depuis quelques années sont dramatiques dans ce domaine spécifique, tant en termes de formation (technicité et aptitude aux applications pratiques) des cadres scientifiques des pays des régions du SUD où le secteur productif se trouve pénalisé, qu'en terme d'échanges bilatéraux (*les étudiants de licence n'ont pas les compétences pratiques nécessaires pour suivre avec profit certains Masters européens*) » (CIRUISEF, 2004)

Pour les professeurs, les difficultés résultent d'un long processus. Pour la plupart d'entre eux, ils n'ont eu tout au long de leur cursus un vécu de laboratoire que pendant la formation professionnelle à la FASTEF. Sachant que cette formation ne dure que deux années au maximum, et que le crédit horaire alloué au travaux pratiques est relativement faible, cela s'avère insuffisant pour bien les armer aux tâches pratiques. A cela s'ajoutent les contraintes matérielles et logistiques comme le manque de laboratoires fonctionnels, la crainte de risques pour certaines manipulations perçues comme dangereuses ou complexes, particulièrement en chimie, les mesures de sécurité faisant

souvent défaut. Le manque de temps évoqué par certains professeurs, la taille des programmes à exécuter, le souci de l'examen pour les classes de terminales entre autres, sont autant de faits qui les poussent à mettre l'accent plus sur les développements théoriques au détriment de la pratique expérimentale. Les rares fois où des manipulations ont lieu, elles sont déroulées par les enseignants, les élèves se contentant d'observer en tant que spectateurs. Des résultats similaires sont établis au Maroc par Taoufik et al (2016) : « *la majorité des expériences sont faites sous forme des expériences de cours (réalisée par l'enseignant lui-même). L'enseignant se trouve confronté à des problèmes de pénurie de matériel expérimental, du caractère dangereux de certaines expériences, l'inadaptation des locaux appropriés pour les travaux pratiques, la mauvaise gestion des laboratoires (de point de vue sécurité, maintenance des appareils et absence du personnel laboratoire) qui influencent sur le taux des expériences programmées réalisées et sur les pratiques expérimentales des enseignants.* » Hajjar (2011) dénonçait cette manière de mener les travaux pratiques : « *Les TP où les apprenants ne sont que des exécutants ne leur permettent pas d'acquérir les compétences exigibles dans le programme de chimie. D'où le besoin de TP « situation-problème », c.à.d. de TP où l'expérience est précédée d'une réflexion individuelle ou collective.* » Il définit le rôle principal de travaux pratiques comme devant permettre à l'apprenant :

- de répondre à une situation- problème par la mise au point d'un protocole, la réalisation de ce protocole ;
- d'avoir la possibilité d'un aller- retour entre la théorie et l'expérience et l'exploitation des résultats ;

- de confronter ses représentations avec la réalité ;
- d'observer en éveillant sa curiosité ;
- de développer l'esprit d'initiative, la ténacité et le sens critique ;
- de réaliser des mesures, réfléchir sur la précision de ces mesures et acquérir la connaissance de quelques ordres de grandeur ;
- de s'approprier des lois, des techniques, des démarches et des modes de pensée.

Ce manque d'implication active des élèves dans les tâches pratiques leur ôte toute chance de développer des aptitudes psychomotrices qui ne pourraient être garanties que par le contact direct avec le matériel. Ainsi, cette tendance à orienter les activités expérimentales en priorité vers la présentation des résultats s'écarte de la démarche scientifique d'élaboration du savoir (Kane, 2005), qui se veut constructiviste.

Le constructivisme, courant qui, dans l'histoire de l'éducation, s'apparente à une révolution copernicienne, est immédiatement entré en résonance avec les thèses pédagogiques du mouvement de l'Éducation nouvelle, qui vise à placer l'apprenant - et non plus l'enseignant et les contenus enseignés - au centre de l'intervention éducative. (Bourgeois, 2018) Si le succès persistant de la théorie (socio)constructiviste d'inspiration piagétienne perdure jusqu'à nos jours dans le champ scolaire et de la formation, c'est qu'elle place le sujet au cœur du processus d'enseignement-apprentissage. Elle en fait l'acteur principal en supposant que le sujet construit sa connaissance au fil d'interactions incessantes avec les objets ou phénomènes.

Ce courant insiste sur le fait que les différentes connaissances se construisent par la manipulation « d'objets », par l'expérimentation. Il exige de fonder la construction des curricula scolaires et des séquences pédagogiques sur le principe d'une progression du concret vers l'abstrait dans l'apprehension des contenus d'apprentissage.

En parallèle au modèle de Piaget, Vygotsky (1987) élaboré une théorie basée sur la médiation et qui réhabilite le rôle de l'adulte dans le développement et l'apprentissage. Il différentie l'apprentissage (phase 1 où l'adulte intervient) et le développement (phase 2 où un processus interne individuel peut alors s'opérer). Vygotsky introduit le concept de zone proximale de développement (ZPD) définie comme la différence entre le niveau de traitement d'une situation sous la direction et avec l'aide de l'adulte et le niveau de traitement atteint seul par l'individu. S'appuyant sur la théorie de Vygotsky, l'équipe de recherche de l'Université Vanderbilt de Nashville aux Etats Unis dénommée Groupe sur la Cognition et la Technologie de Vanderbilt (GCTV) propose une approche constructiviste de l'enseignement basée sur les trois idées suivantes :

a) Éviter le savoir inerte : L'hypothèse du GCTV est que si l'enfant n'expérimente pas personnellement, il en résulte souvent une acquisition que Whitehead appelle un « savoir inerte ». C'est-à-dire que les étudiants n'appliquent jamais les connaissances qu'ils apprennent parce qu'ils ne peuvent pas établir de relations avec les problèmes qu'ils rencontrent. Le savoir inerte est un « savoir qui peut occasionnellement être rappelé lorsque c'est formellement demandé aux personnes, mais il n'est pas utilisé

spontanément pour résoudre des problèmes, même dans les situations où il serait pertinent de le faire » (GCTV, 1990). Cette hypothèse rejoint ce que Roegiers (2001) qualifie d' « analphabète fonctionnel » ; c'est-à-dire une personne ayant acquis des connaissances à l'école mais incapables de les utiliser dans la vie de tous les jours.

b) La nature de l'apprentissage en situation et la nécessité d'un enseignement ancré : Brown et al (1989) pensent que les enseignants pourraient prévenir le problème du savoir inerte en faisant réaliser l'apprentissage dans un contexte qu'ils nomment « expérience authentique ». Ils pourraient également faire réaliser des apprentissages pratiques - activités que les apprenants considèrent importantes parce qu'ils peuvent imiter le comportement des experts adultes dans un domaine. Dans cet ordre d'idées, les étudiants voient les liens entre l'apprentissage réalisé à l'école et les activités de la vie réelle. Le GCTV pense que les enseignants peuvent répondre aux critères d'un enseignement en situation en ancrant celui-ci à des contextes très significatifs en résolution de problèmes. « *L'enseignement ancré favorise une façon de recréer quelques-uns des avantages de l'apprentissage par entraînement par une éducation formelle, laquelle place les étudiants dans une forme d'enrôlement* » (CGTV, 1990).

c) Construire l'apprentissage à partir d'activités créées : Tout comme Vygotsky, le GCTV croît que l'apprentissage est plus significatif pour les étudiants lorsqu'il se construit à partir des expériences vécues. Les étudiants ont aussi plus de facilité à retenir les apprentissages qu'ils construisent ou génèrent eux-mêmes, plutôt que ce qu'ils reçoivent passivement (GCTV, 1991). Le GCTV propose que la meilleure

façon de favoriser un enseignement qui réponde à tous les critères requis, consisterait à le présenter comme un scénario de base de vidéo disque. Celui-ci présente des problèmes intéressants pour les étudiants mais difficiles pour qu'ils les résolvent. Cette idée vise à permettre de construire, à partir du savoir déjà existant chez l'enfant, et également d'augmenter la possibilité du transfert du savoir à des situations de vie réelle.

Martinand (1994) établi que le recours à l'expérience n'est pas donné. Il repose sur un ensemble de référents qui doivent être construits et structurés par l'apprentissage. Le qualificatif « expérimental » permet ainsi de définir deux registres complémentaires mais autonomes :

- le registre de la familiarisation pratique avec des objets, des phénomènes, des processus, des procédés, des rôles sociotechniques de l'activité scientifique et technique ;
- le registre des élaborations de concepts, de modèles ou de théories.

Le constructivisme est d'une satisfaisante congruence avec l'approche par compétence (APC) de façon générale et avec l'activité pratique en sciences expérimentales de façon particulière quel que soit la forme : TP, TP-cours ou expériences de cours. Par exemple l'échange et l'interaction sociale favorisent l'émergence de conflits sociocognitifs stimulants pour l'apprentissage. C'est par l'intermédiaire des actions sur les objets que se modifient les schèmes. C'est dans la confrontation des points de vue que peut s'opérer la transformation des représentations. Or l'activité expérimentale se révèle comme un excellent embrayeur de ces trois aspects de l'activité d'apprentissage.

Si on attend du mathématicien qu'il calcul mieux qu'il n'explique, on attend du physicien qu'il explique mieux qu'il ne calcul. Conformément à la théorie constructiviste, cette explication ne peut avoir de sens que si elle succède une situation-problème déclenchée par une observation. C'est surtout par des activités pratiques bien conduits que les élèves acquerront en physique et en chimie des connaissances précises à la source des faits. Pour Piaget : « *S'il est un domaine où les méthodes actives devront s'imposer au sens le plus complet du terme, c'est bien celui de l'acquisition des procédures d'expérimentation, car une expérience qu'on ne fait pas soi-même avec toute liberté d'initiative n'est par définition, pas une expérience, mais un simple dressage sans valeur formatrice faute de compréhension suffisante du détail des démarches successives* ». Piaget (1948)

L'aspect expérimental est un élément intégrateur de la culture scientifique. Ce qui constitue l'unité de la physique et de la chimie est ce lien dialectique entre construction de savoirs et familiarisation avec des objets scientifiques et techniques (observation, description, construction, expérimentation, manipulation...). Enseigner les sciences physiques sans expérimentation c'est faire l'histoire des sciences ou encore enseigner les résultats des sciences. Or, comme disait encore Bachelard (1999) : « *L'enseignement des résultats de la science n'est jamais un enseignement scientifique. Si on n'explique pas la ligne de production spirituelle qui a conduit au résultat, on peut être sûr que l'élève combinera le résultat avec ses images familières. Il faut bien qu'il comprenne. On ne peut retenir qu'en comprenant. L'élève comprend à sa manière. Puisqu'on ne lui*

a pas donné des raisons, il adjoint au résultat des raisons personnelles »

Sous l'éclairage des idées socio-constructivistes, les résultats révélés par cette étude sont alarmants. Ainsi, pour espérer atteindre les objectifs de savoir-faire expérimentaux, essentiels à l'installations des compétences visées par les programmes de physique et de chimie, nous devons systématiquement repenser notre rapport à la pratique expérimentale.

4. Proposition

A travers les siècles, le statut de la connaissance a évolué sous la pression de différents facteurs, ce qui a entraîné des effets sur la façon d'organiser les systèmes de formation et d'enseignement. (Roegiers, 2001. p-28) Pour appréhender les enjeux liés aux progrès scientifiques et techniques que nous impose l'évolution rapide et perpétuelle de notre société, nos systèmes éducatifs doivent mettre en place des cadres d'apprentissage et de formation en adéquation avec ce contexte évolutif. La science, expression de l'intelligence humaine ne doit pas être considérée comme la propriété privée et le luxe d'un petit nombre ou l'abracadabra d'une école. Elle est un phare et non un brouillard aveuglant. Or, « *un enseignement de sciences physiques qui n'aurait aucun support expérimental ne réussirait qu'à une élite apte à conceptualiser dans l'abstraction* » Giuseppin (1996).

Cette étude surpassé le cadre théorique et compte offrir des leviers d'action concrets pour les acteurs de l'éducation au Sénégal. En identifiant les obstacles

matérielles, pédagogiques et didactiques à la pratique expérimentale, elle tente de proposer des solutions réalistes et contextualisées qui s'inscrivent dans une dynamique d'efficacité interne, d'efficience et d'équité. Les résultats visent à inspirer les enseignants, éclairer les politiques éducatives, et in fine, contribuer à la formation d'apprenants mieux préparés aux enjeux scientifiques et technologiques. Ainsi, pour permettre à la pratique expérimentale de jouer sa partition dans la formation des futures scientifiques, nous suggérons de reconsidérer certains aspects :

La formation des enseignants : augmenter l'horaire des TP à la FASTEF ou bien retourner à la tradition en formant des laborantins en collaboration avec le Ministère de l'Enseignement Technique et Professionnel. Former des personnes capables d'assurer sur place des tâches de duplication, de maintenance, voire de prolongement des TP en projets personnels encadrés (adaptation des outils pédagogiques), pérenniser l'action.

La mise en place de laboratoires fonctionnels : Si la formation des professeurs est perçue comme première et incontournable étape pour relever les défis dans l'enseignement-apprentissage des sciences expérimentales, il faut y adjoindre la question du matériel et des produits de laboratoire. En effet, c'est une pratique efficace mais aussi permanente qui peut être gage de la maîtrise de l'activité expérimentale. Les blocs scientifiques sont en train de réaliser des progrès remarquables dans le domaine de l'expérimentation. Récemment, certains établissements sont dotés de laboratoires mobiles. Toutefois, ces mesures ne couvrent qu'une minorité de la population éducative. Pour démocratiser la pratique expérimentale, il faut des projets

plus ambitieux. A défaut d'équiper tous les établissements, on pourrait construire des laboratoires communs. C'est-à-dire, avec le concours des autorités locales, mettre en place de grands laboratoires bien équipés et avec des laborantins, au niveau des communes et qui pourront polariser un certain nombre d'établissements.

Le recours au matériel de substitution : Par le billet de la formation continue, organiser des ateliers de formation pour initier les enseignants à la fabrication de matériel de substitution, en collaboration avec des entreprises locales. Elaborer une liste de manipulations réalisables et pertinentes, rédiger des documents d'accompagnement. Cela devrait permettre de développer aussi bien chez les enseignants que chez les apprenants un esprit d'initiative, de créativité et de liberté. Aussi ça pourrait être plus captivant et donnerait plus de sens aux tâches pratiques.

La motivation des enseignants : Le fait de passer du temps dans les laboratoires pour faire des recherches et préparer des expériences est un pan important de la fonction sacerdotale de professorat de discipline expérimentale. Si dans le programme de sciences physiques, on parle d' « heures de laboratoire », sur le terrain ce concept n'est pratiquement pas traduit en acte. Or, une prise en compte de ces « heures de laboratoire » dans l'attribution du crédit horaire dans les emplois du temps encouragerait les enseignants à fréquenter effectivement les laboratoires ; pourvu que ces laboratoires existent d'abord.

La prise en compte de l'expérimental dans l'évaluation : Les évaluations portant généralement sur les cours théoriques et les exercices, les enseignants mettent

le paquet sur ces deux aspects pour donner plus de chance à leurs élèves. Ainsi l'aspect expérimental est traité en parent pauvre. A défaut d'une évaluation proprement dite des savoir-faire expérimentaux, introduire des exercices à caractère purement expérimental dans les sujets d'examen (BFEM, BAC) pourrait astreindre les enseignants à la pratique expérimentale.

Partant des limites du modèle traditionnel des travaux pratiques, Kane (2012) a expérimenté le concept de TP d'innovation. Des enjeux sont mis en œuvre par l'enseignant, donnant aux élèves l'occasion de « *pratiquer la démarche expérimentale, concevoir et mettre en œuvre un protocole expérimental, faire fonctionner un appareil électrique, identifier une substance chimique, comparer des résultats de mesure, comparer des méthodes de mesure, et bien entendu l'enjeu classique, mais incontournable, construire des concepts et vérifier des lois, qu'il s'avérait indispensable de revisiter* ». L'implémentation de ces innovations s'est avérée efficace pour permettre aux apprenant d'acquérir les méthodes et démarches analogues à celles qui conduisent à l'élaboration du savoir par les physiciens. Nous pensons que cette approche est à vulgariser même si cela semble être un chantier de grande envergure.

Enfin, nous proposons que dans la pratique expérimentale, on intègre le modèle constructiviste basé sur l'investigation, préconisé par les textes officiels américains et français pour l'enseignement des sciences, particulièrement la physique : IBSE (Inquiry-Based Science Education) ou IBST (Inquiry-Based Science Teaching). Le principe est que, pour « *donner le goût des sciences ; donner une image authentique du fonctionnement des sciences, et*

ce notamment, pour préparer les futurs scientifiques et/ou les futurs citoyens qui prendront part aux débats de société impliquant les sciences et les technologies ; enfin, pour faire acquérir aux élèves les connaissances scientifiques », il faut « faire mener aux élèves une investigation plutôt que d'exposer directement les connaissances établies par les scientifiques ». L'idée est sous-tendue par l'hypothèse selon laquelle, les élèves apprennent et comprennent les connaissances scientifiques s'ils sont actifs physiquement (avec leurs mains, d'où l'expression anglaise hands on, signifiant littéralement « les mains dessus ». On apprend par l'action, en s'impliquant. L'activité manipulatoire menée par les élèves à l'occasion d'une investigation leur permet de confronter les connaissances scientifiques au réel. (Bächtold, 2012)

Avec l'avancé mais surtout la disponibilité des nouvelles technologies de l'information et de la communication, les simulations numériques peuvent effectivement être utilisées comme alternative, mais ne doivent pas prendre le pas sur l'expérimentation directe lorsque celle-ci est possible. Malgré les nombreux avantages que présente le numérique, il ne saurait remplacer systématiquement les expérimentations physiques. En plus du caractère virtuel, il présente certains inconvénients comme la perte de sérendipité. Nous optons plutôt pour une approche hybride, mais en mettant l'accent sur la pratique réelle.

Conclusion

Au cours de cette étude de nature quantitative, descriptive et exploratoire, la méthodologie et la théorie ont été précisées. Les résultats ont été présentés, analysés et discutés. L'étude a révélé des défis majeurs dans la pratique expérimentale au Sénégal, notamment des contraintes d'ordre matériel (laboratoires, équipements, ...) et structurel (formation des enseignants). Comme le confirment nos résultats, les sciences expérimentales (physique, chimie et biologie) nécessitent pour être pleinement comprises et assimilées par les apprenants, une approche pratique reposant dans la manipulation et l'investigation. Le contact entre la physique ou la chimie et l'apprenant ne doit pas se faire principalement par le biais de cahiers, de livres, de fascicules, de polycopies entre autres. L'outil d'expression premier de l'apprenant en science ne saurait rester encore le stylo, le crayon ou la craie. Malheureusement, nos données montrent que l'enseignement reste encore théorique et centré sur des supports passifs, alors que la maîtrise des concepts scientifiques exige un contact direct avec la matière et une démarche active de la part des apprenants. C'est plus par le biais de méthodes empiriques de bricoleurs ingénieux qui n'ont pas suivi des cours des sciences dans des universités ou autres grandes écoles que les asiatiques ont réalisé de grands progrès technologiques. S'inspirant du concept d'innovation frugale, d'origine indien mais actuellement diffusé à l'échelle mondiale, on privilégie ce qu'on appelle un « potentiel de situation » et non un plan projeté d'avance délimité par une fin et des moyens. (Mériade, 2016) Ils ont plutôt opté pour un enseignement

scientifique basé sur la pratique, partant des moyens disponibles là où nous, nous mettons l'accent sur un enseignement basé sur la résolution d'interminables équations entre quatre murs. A partir de ressources locales (matériaux recyclés, savoir-faire communautaire, ...), on pourrait concevoir des TP accessibles selon les localités.

En cohérence avec l'approche constructiviste, nous plaions pour une révolution de la pratique expérimentale dans l'enseignement de la physique et de la chimie. Il faut que, pendant les cours, les élèves disposent de plus de liberté, qu'ils réfléchissent, mais surtout qu'ils agissent sur la « matière ». Qu'ils discutent et commettent même des erreurs pour susciter des conflits cognitifs et engendrer des situations-problèmes, qu'ils puissent avoir l'occasion de se rectifier eux-mêmes et entre eux par contact directe de la réalité matérielle, car en didactique des sciences, le constructivisme ne se résume pas à faire manipuler : il s'agit de provoquer un conflit cognitif qui force l'élève à restructurer ses schèmes de pensée. L'expérimentation intègre à la fois le caractère interactif et social de l'apprentissage. L'esprit de créativité et d'innovation ne peut se développer que par un contact direct avec la matière. Les travaux pratiques doivent être un cadre où les élèves pourront développer leurs capacités de réflexion, d'observation, de conception, de manipulation, de duplication, de construction, d'adaptation, d'utilisation, d'interprétation. L'acquisition de ces aptitudes qui font appel aux cinq sens de l'humain ne peut être garantie par le développement de cours théoriques ou le recours aux nouvelles technologies de l'information et de la communication (TIC), en faisant l'économie de la pratique proprement dite.

Références bibliographiques

- ABILY Denise et al**, 1998. $E = mc^2$. Inspection Générale de l'Education Nationale. Sénégal.
- ADJAHO Maurice, OKÉ Eugène Sègbégnon et BOKO Gabriel**, 2020. Etat des lieux sur les travaux pratiques dans l'enseignement-apprentissage en sciences expérimentales au Bénin : Etude de cas dans la Commune de Dangbo. p. 93-105Institut de mathématiques et de sciences physiques de Django Dangbo, Bénin Format : A4, p. 93-105 Bibliogr. p. 104-105
- BACHELARD Gaston**, 1999. Le rationalisme appliqué. 4th ed., Presses Universitaire de France.
- BÄCHTOLD Manuel**, 2012. « Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. », Tréma [En ligne], 38 | 2012, mis en ligne le 01 décembre 2014, consulté le 21 décembre 2020. URL : <http://journals.openedition.org/trema/2817> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/trema.2817>
- BACON Francis**, 1620/1986. Novum Organum (M. Malherbe & J.-M. Pousseur, Trad.). PUF. (Aphorisme 95, Livre I).
- BOURGEOIS Etienne**, 2018. « Le développement de l'enfant : la contribution de Piaget au champ de l'éducation », Revue internationale d'éducation de Sèvres [En ligne], 79 | décembre 2018, mis en ligne le 01 décembre 2020, consulté le 25 mars 2025. URL : <http://journals.openedition.org/ries/7077> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/ries.7077> (Réf électronique)
- BROWN John Seely. ; COLLINS Allan et DUGUID Paul**, 1989. Situated cognitionand the culture of learning.

Educational Researcher, 18(1), 32-42.
<https://doi.org/10.3102/0013189X018001032>

CARRE Elisabeth Alonso, 2019. Analyse de l'activité d'élèves en travaux pratiques de Sciences de la Vie et de la Terre au lycée: effets de la mise en autonomie sur leur engagement et leurs apprentissages. FDE. Faculté Education Montpellier, 130, 40-49.

CASTEL Louis-Bertrand, 1743. *Le Vrai Système de physique générale de M. Isaac Newton, exposé et analysé en parallèle avec celui de Descartes*. Paris : Claude-François Simon,.

Cognition and Technology Group at Vanderbilt (CTGV). (1990). Anchored instruction and its relationship to situated cognition. *Educational Researcher*, 19(6), 2-10.

<https://doi.org/10.3102/0013189X019006002>

COGNITION AND TECHNOLOGY GROUP AT VANDERBILT (CTGV). (1991). Technology and the design of generative learning environments. *Educational Technology*, 31(5), 34-40.

CONFERENCE INTERNATIONALE DES RESPONSABLES DES UNIVERSITES ET INSTITUTIONS SCIENTIFIQUES D'EXPRESSION FRANÇAISE (CIRUISEF). (2004). PROJET 2009 Armoire de TP de Physique [Lettre au Recteur de l'AUF pour le sensibiliser aux problèmes de la mise en place des TP expérimentaux]. JO. du 3 avril 2004 - N°SIRET 498 074 855 00012 - code APE 913 E). <https://www.cirusef.com/actions-et-projets/travaux-pratiques/>

GIUSEPPIN Miche, 1996. Place et rôle des activités expérimentales en sciences physiques. In: Didaskalia, n°9, 1996. L'expérimental dans l'enseignement des sciences. pp.

107-118; doi : 10.4267/2042/23789_1250-0739_1996_num_9_1_1264

HAJJAR Pierre, 2011. Une pratique expérimentale. La revue pédagogique.

<https://www.crdp.org/magazine-details1/653/584/582>.

Consulté le 01/04/2025 à 16h 14min

KANE Saliou, 2004. Guidage dans les activités expérimentales de physique-chimie. Analyse du contexte du Sénégal et propositions argumentées d'innovations. Thèse de doctorat de didactique, Université Paris Sud XI, UFR d'Orsay.

KANE Saliou, 2005. Former des enseignants à l'élargissement des enjeux d'apprentissage en travaux pratiques de physique et chimie : deux axes à articuler. Didactique, vol. 99.

KANE Saliou, 2011. Les pratiques expérimentales au lycée- Regards croisés des enseignants et de leurs élèves. Radisma, 7, 1-26.

KANE Saliou, 2012. De l'observation de pratiques expérimentales en physique à des propositions argumentées de pistes d'activités novatrices. Liens 15. FASTEF/UCAD. (p 6-30)

KANE Saliou, 2012. Elargir les enjeux d'apprentissage pour rénover les travaux pratiques de physique au collège dans un cadre de formation continue. Rev. Ivoir. Sci. Technol., 19 34 - 57 ISSN 1813-3290, <http://www.revist.ci>

LANGEVIN Paul, 1923. « La physique depuis 20 ans » Librairie Octave Doin, Gaston Doin. Editeur 8, place de l'Odéon. Paris (p-5). Exporté de Wikisource le 30 mars 2025 à 00h15min.

MARTINAND Jean-Louia, (1994). La référence et l'obstacle. Bulletin de l'Union des Physiciens, 88(766)., 1201-1216.

MERIADE Laurent, 2016. Innovation frugale et culture chinoise : le cas de l'innovation Shanzhai. n° 51 - innovations 2016/3. DOI: 10.3917/inno.051.0047

MILLAR Robin, 2004. The role of practical work in the teaching and learning of science. High school science laboratories: Role and vision. National academy of sciences,

Washington,DC.https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_073330.pdf

MINISTÈRE DE L'EDUCATION NATIONALE (MEN) - Inspection Générale de l'Education et de la Formation (IGEF). Commission nationale de sciences physiques. (2008). Programme de sciences physiques des cycles moyen et secondaire général.

OUAHAB Zakaria Faik, MACHKOUR Ahmed et OTMANE Idriss Abou, 2024. Les difficultés de l'enseignement des sciences physiques et chimiques par des activités expérimentales : cas du cycle collégial et qualifiant au Maroc. European Scientific Journal, ESJ, 20 (22), 31.

PIAGET Jean, 1948. Où va l'éducation ? Paris : Denoël/Gonthier.

ROEGIERS Xavier, 2001. *Une pédagogie de l'intégration. Compétences et intégration des acquis dans l'enseignement.* De Boeck Université. 304p.

26. Sakho, I. (2023). Desertion of Science in Senegal and the Question of Gender in the Particular Case of the 12th Grade S1. International Journal of Recent Innovations in Academic Research, 7(11) : 118.

SALL Cheikh Tidiane et KANE Saliou, 2007. Quand les élèves parlent de l'enseignement de la physique et de la chimie et des pratiques expérimentales au lycée. *Scientia Peadagogica Experimentalis*, XLIV, 2, 2007, 139-164.

SENEGAL (1991). Loi d'orientation 91-22 du 16 février 1991 portant orientation de l'Education nationale, modifiée. (Journal officiel, n° 5401 - p. 107)

SIBARI Hayat, EL HNOT Hasnae, CHERAI Bouamama et BEN SAID Meryem, 2020. L'analyse des pratiques enseignantes liées aux sorties de terrain dans l'enseignement des sciences de la vie et de la terre. *European Scientific Journal*, 16(86), 86-104.

TAOUFIK Mohamed, ABOUZAID Abderrahim et MOUFTI Ahmed, 2016. Les activités expérimentales dans l'enseignement des sciences physiques : cas des collèges marocains. *European Scientific Journal*, 12(22), 190-212.

UNESCO (2010). Rapport de l'UNESCO sur la science. Disponible à :

https://atpsnet.org/wp-content/uploads/2017/05/USR_2012_FR.pdf

UNESCO (2017). Déchiffrer le code : L'éducation des filles et des femmes aux sciences, technologie, ingénierie et mathématiques (STEM). Disponible à :

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000259816>

VAN DER MAREN Jean-Marie, 2004. Méthodes de recherche pour l'éducation: éducation et formation Fondements (Jean-Marie, Ed.). Canada.

VYGOTSKY Lev-Semenovich. (1987). *Thought and language* (K. Kozulin, Ed. et Trans.). MIT Press. (Edition originale en russe : 1934)