

Les difficultés liées à l'enseignement des sciences physiques par des activités expérimentales

Zakaria Faik Ouahab, PhD

Direction du ministère de l'éducation nationale-Marrakech, Maroc

Ahmed Machkour, PhD

Idriss Abou Otmane

Direction du ministère de l'éducation nationale-Erhamna, Maroc

[Doi: 10.19044/esipreprint.7.2024.p270](https://doi.org/10.19044/esipreprint.7.2024.p270)

Approved: 14 July 2024

Posted: 15 July 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Ouahab, Z. F., Machkour, A., & Otmane, I. A. (2024). *Les difficultés liées à l'enseignement des sciences physiques par des activités expérimentales*. ESI Preprints.

<https://doi.org/10.19044/esipreprint.7.2024.p270>

Résumé

Les résultats des apprenants marocains aux épreuves du programme international "TIMSS" en Mathématiques et sciences sont fluctuants et parmi les plus bas des participants. Après l'amélioration enregistrée en 2015 par rapport à 2011, les résultats obtenus aux épreuves de 2019 n'ont pas enregistré de progrès significatifs. Ce niveau bas des apprenants aux cycles collégial et qualifiant dans les sciences et en particulier les sciences physique est dû au manque à la compréhension des concepts physiques, qui ne proviennent que d'activités expérimentales.

Dans cet article, nous avons étudié les défis rencontrés par les enseignants lors d'activités expérimentales des dans les collèges et les lycées marocains et leurs opinions sur ces activités.

Les résultats de cette enquête ont révélé que, tous les enseignants apprécient l'importance des activités expérimentales dans l'acquisition du savoir et savoir-faire. Bien que tous les établissements scolaires disposent d'un pavillon scientifique contenant un laboratoire, cela ne signifie pas que les enseignants réalisent des activités expérimentales (Les enseignant se contentent, dans les meilleurs des cas, à des expériences de cours qui ne présentent aucun danger pour eux et leurs apprenants) suite aux problèmes de manque de matériel expérimental, la mise en conformité des locaux pour

les travaux pratiques, la gestion défailante des laboratoires, le manque de formation et la surcharge des classes.

Mots clés : Difficultés, activités expérimentales, Laboratoires, sciences physique, collège et lycée marocain

The Difficulties Related to Teaching Physical Sciences Through Experimental Activities

Zakaria Faik Ouahab, PhD

Direction du ministère de l'éducation nationale-Marrakech, Maroc

Ahmed Machkour, PhD

Idriss Abou Otmane

Direction du ministère de l'éducation nationale-Erhamna, Maroc

Abstract

The performance of Moroccan students in the international "TIMSS" program tests in Mathematics and Science shows fluctuations and ranks among the lowest of the participants. Despite improvement from 2011 to 2015, the 2019 results did not indicate significant progress. The low proficiency of students in middle and high school levels in sciences, particularly in physical sciences, stems from a lack of understanding of physical concepts, which are primarily derived from experimental activities.

This article examines the challenges faced by teachers during physical science experiments in Moroccan middle and high schools, as well as their perspectives on these activities.

The study's findings reveal that all teachers recognize the importance of experimental activities in knowledge and skill acquisition. Despite every school having a science wing with a laboratory, many teachers do not conduct these experiments. Instead, they settle for classroom demonstrations that pose no risk to themselves or their students. This reluctance is due to issues such as a scarcity of experimental materials, inadequate facilities for practical work, poor laboratory management, insufficient training, and overcrowded classrooms.

Keywords: Challenges, experimental activities, laboratories, physical sciences, Moroccan middle and high schools

Introduction

Les approches d'enseignement dites « traditionnelles » se caractérisaient par la transmission des savoirs et des connaissances, se basant

sur la mémorisation des apprenants, sans leur offrir la possibilité d'engager leur réflexion. Bien que les expériences manifestement soient présentes dans les méthodes transmissives, mais elles sont abordées du point de vue confirmatif négligeant ainsi leur fonction exploratoire et investigative. Selon les partisans de ces approches traditionnelles, l'expérimentation n'est qu'un outil de formation des apprenants à utiliser des appareils, de connaître leur installation, de les faire fonctionner, d'en prendre les lectures correctes et de les enregistrer avec l'obligation de respecter les étapes de travail proposées (Breuning,2009; Colin,2010; patrick,2018; Taoufik M.et al,2016). Ces approches transmissives ont voué à l'échec qui se manifestait largement dans les résultats du processus éducatif ; en effet, les objectifs escomptés ne sont pas atteints. Dans le secteur éducatif, les tendances émergentes s'orientent aujourd'hui vers des approches de l'enseignement, centrant sur l'apprenant, qui s'appuient sur l'aspect pratique comme point de départ pour l'investigation et la découverte des connaissances scientifiques à travers son investigation des principes, des concepts, etc. au cours des positions éducatives proposées de nature expérimentale. Cette mutation mondiale est due au fait que l'expérimentation est désormais considérée comme l'une des pratiques significatives afin d'acquérir des expériences scientifiques.

Plusieurs programmes internationaux ont adopté l'expérimentation comme travail de laboratoire dans le domaine de l'éducation scientifique, et en particulier, la didactique des sciences physiques. Il est pratiquement exceptionnel de repérer un programme d'enseignement qui n'intègre pas des expériences, du cycle primaire au cycle universitaire. Le programme marocain des sciences physiques au cycle secondaire collégial et lycéen considère l'expérimentation comme principe fondamental à l'enseignement des sciences et insiste succinctement sur un statut distinctif du travail de laboratoire, sur le principe de l'observation, l'inférence et l'expérimentation (PENA, 2016 ; El Hassouny E.H et al,2016 ; Cormier M.et al, 2004 ; Mazouze B.A.et al, 2015 ; Mathé S.et al,2008). Nos pratiques en classe depuis de nombreuses années, en tant que professeur de sciences physiques, nous révèlent qu'il existait de nombreuses difficultés et obstacles dans l'exercice des travaux de laboratoire et d'expérimentation. Certaines études ont également souligné de nombreuses lacunes dans les laboratoires qui limitaient la performance de leur rôle dans le processus éducatif (Wialle B,1999 ; BRASEIL. H,1987 ; Darley B,1994).

Les activités expérimentales dans l'enseignement de la physique et de la chimie sont jugées indispensables, aussi bien par les concepteurs de programmes que par les enseignants. Dans la majorité des pays, les curriculums intègrent les activités scientifiques avec deux objectifs principaux (Millar, 2004) : 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.

Par ailleurs, les objectifs assignés aux activités expérimentales semblent variés: encourager les apprenants, développer des compétences manipulatoires, promouvoir l'apprentissage des connaissances, des méthodes, et des attitudes scientifiques, apprendre à travailler en groupe, et travailler de manière autonome (Hofstein et Lunetta, 2004; Hodson, 1990, Millar, 2004; Jenkins, 1999; Slaïmia, 2014).

Il ressort du contexte de l'enseignement secondaire (Johsua et Dupin, 1993; Windschitl, 2003, Kouhila et Maarouf, 2001) que les expériences sont principalement utilisées pour illustrer les concepts, vérifier les lois ou dans une approche inductive (manipulation, observation et mesures, conclusions).

Le fait d'expérimenter permet d'offrir une approche plus concrète afin que les notions soient acquises par les apprenants. Toutefois, le manque de ces activités est la principale origine des représentations erronées chez les apprenants (Houssaini et al, 2014). De nombreux travaux menés dans différents pays montrent les difficultés rencontrées par les apprenants d'établir une connexion entre expérience et théorie.

Les activités expérimentales offrent peu d'opportunités aux apprenants d'explorer les sciences physiques, avec une grande partie de leur temps consacrée à la réalisation de manipulations et de mesures (Niedderer et al, 2002), ce qui entraîne des activités routinières au détriment de la réflexion théorique et de l'analyse des expériences (Hucke et Fischer, 2002).

Traditionnellement, ces activités expérimentales se déroulent selon trois modalités (Kane, 2011) :

- Les "Travaux pratiques" (TP), où les apprenants réalisent des manipulations en petits groupes en dehors du cours sous la supervision de l'enseignant, en lien avec un thème du programme comme la vérification d'une loi ou la détermination d'une grandeur physique ;

Les deux autres formes sont intégrées aux cours :

- Dans les "expériences de cours", les manipulations sont principalement réalisées par l'enseignant, bien que parfois les apprenants puissent participer ;
- Les "TP-cours" impliquent que les manipulations sont principalement effectuées par les apprenants.

Méthodologies

Nous avons choisi de réaliser un questionnaire spécifiquement conçu pour des professeurs de physique-chimie. Le but est de démontrer l'importance des activités expérimentales dans l'explication des phénomènes physiques et chimiques.

Pour évaluer l'exactitude du contenu de l'outil d'étude par rapport à ce qu'il était destiné à mesurer, nous l'avons soumis, dans sa forme initiale, à un panel d'arbitres au nombre de six pour donner leur avis à fin de:

- Vérifier du contenu en termes de clarté des champs et de leur aptitude ;
- Évaluer la clarté des questions utilisées et leur validité ;
- Analyser dans quelle mesure les questions est pertinentes par rapport au domaine respectif et suggérez la suppression voire la reformulation des questions ;
- S'assurer que les domaines du questionnaire sont couverts et que toutes les hypothèses de l'étude sont prises en compte ;

Sur la base des directives indiquées par les arbitres, nous avons effectué les modifications convenues par plus de 80% des arbitres et nous avons obtenu un questionnaire se composant de 18 questions réparties sur trois domaines, à savoir le parcours professionnel, les difficultés rencontrées lors des activités expérimentales et opinions des enseignants sur les activités expérimentales.

Ainsi, ce questionnaire anonyme, rédigé en français, a été diffusé via Internet (whatsapp, Facebook, courrier électronique), aux enseignants dans quelques régions du royaume marocain.

Résultats

D'après la figure1, notre enquête se décompose de 154 pédagogues réparti selon le cycle secondaire collégial et qualifiant : (50 enseignantes (32,5%) et 104 enseignants (67,5%)).

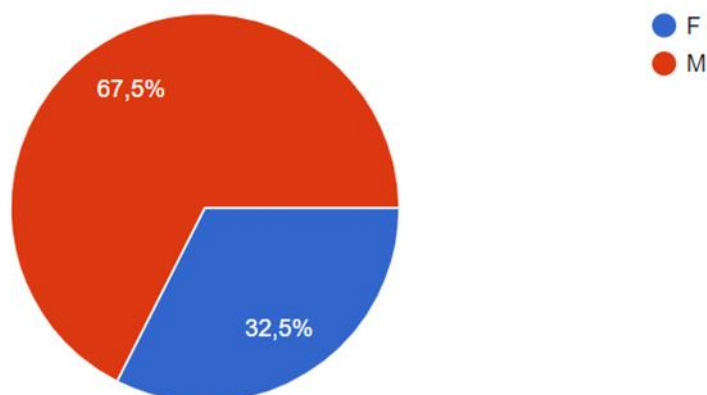


Figure 1: La répartition des enseignants selon leur genre

Selon le cycle enseigné, les enseignants du secondaire collégial représentent 42,9% (66 enseignant.es) de la population ciblée (soit 33

enseignantes (21,43%) et 33 enseignants (21,43%), et 57,1% des enseignants du secondaire qualifiant (88 enseignant.es), dont 17 enseignantes (11,04%) et 71 enseignants (46,1%) (figure2).

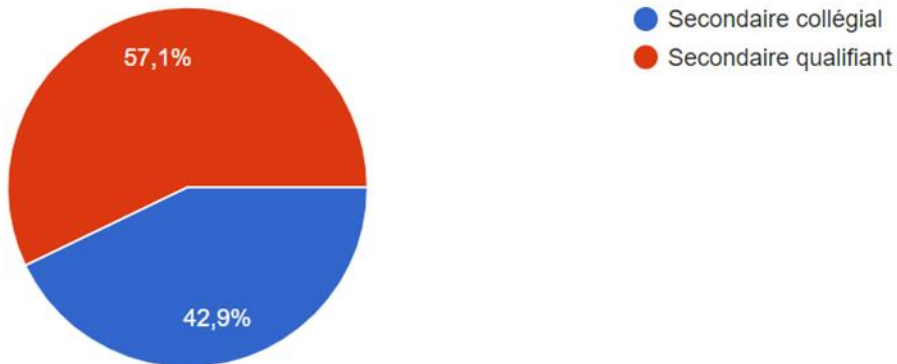


Figure 2: La répartition des enseignants selon le cycle d'enseignement

Pour le statut administratif (figure 3), on constate que la majorité des enseignants questionnés ont un statut de titulaire, soit 146 enseignant.es (94,8%) (32 enseignantes et 32 enseignants au cycle secondaire collégial et 16 enseignantes et 66 enseignants au cycle secondaire qualifiant) contre 8 stagiaires (5,2%) (une stagiaire (0,65%) et un stagiaire (0,65%) au cycle collégial, une stagiaire (0,65%) et 5 enseignants stagiaires (3,25%) au cycle qualifiant).

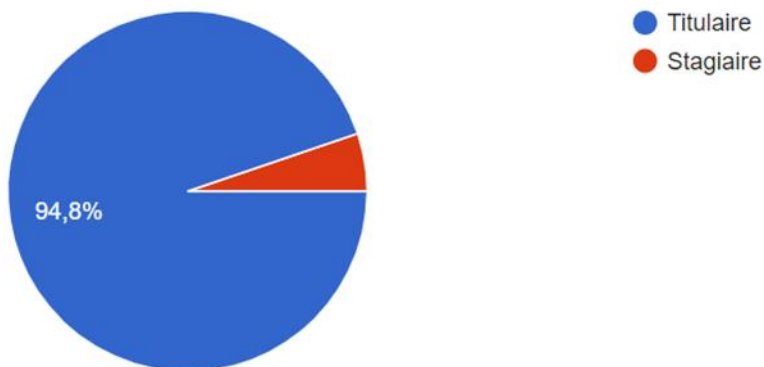


Figure 3: La répartition des enseignants selon leur statut administratif

En ce qui concerne le cursus universitaires (figure 4), la plupart des enseignant.es sont titulaires d'un master 44,2% ou licence 47,4%. Tandis que les titulaires d'un doctorat 5,2% ou DEUG 3,2% présentent une minorité. Ils sont répartis entre le secondaire collégial (DEUG 3,25%, Licence 24,68%, Master 12,99% et Doctorat 1,95%) et le secondaire qualifiant (Licence 22,73%, Master 31,17% et Doctorat 3,25%).

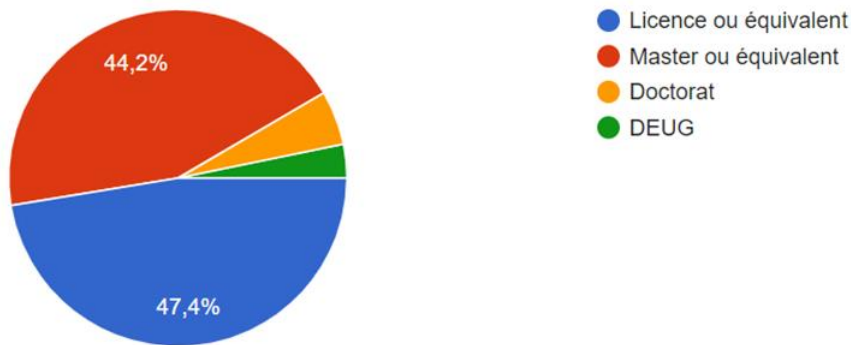


Figure 4: La répartition des enseignants selon leur cursus universitaire

D'après l'analyse du questionnaire, le pourcentage d'ancienneté selon les tranches d'âges que nous avons choisies est presque égal 33,1% pour la tranche de moins de 5ans, 29,2% entre 6 et 10 ans et 37,7% pour une ancienneté supérieure à 10ans. On constate aussi que le pourcentage de ces tranches d'âge selon le cycle enseigné sont eux aussi presque égal : secondaire collégial (16,88% ; 10,39% ; 15,58%, secondaire qualifiant 16,23% ; 18,85% ; 22,08%).

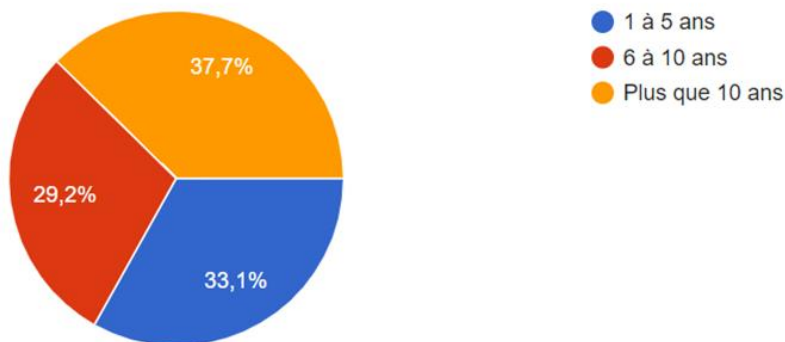


Figure 5: La répartition des enseignants selon leurs anciennetés

Les enseignants qui ont intégré le ministère de tutelle, que ce soit au cycle collégial ou qualifiant, sont généralement passés par les structures de formation distribués à l'échelle nationale. Le pourcentage de cette catégorie est très important 88,4% puisque le ministère a cessé le recrutement direct et ce depuis 2011. C'est pour cette raison que les enseignants de ce type de recrutement ont une expérience qui dépasse les 10 ans. La majorité d'entre eux est concentrée dans le secondaire qualifiant (10,39%) en opposition du secondaire collégial qui ne représente que 3,25%.

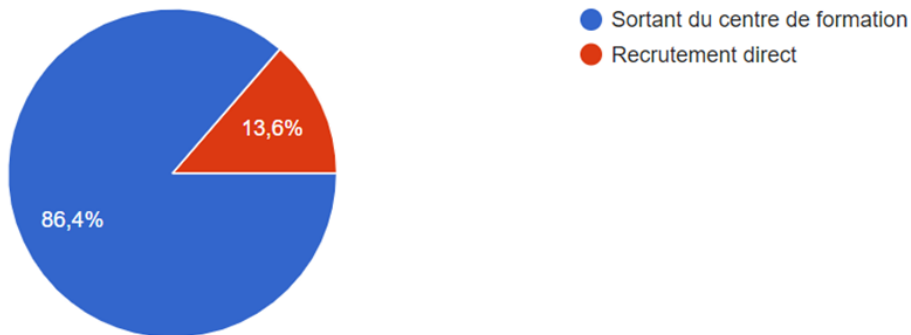


Figure 6 : Le taux de type de recrutement des enseignants de physique-chimie

Concernant l'espace laboratoire, au sein des écoles d'enseignement secondaire marocain, l'éducation des sciences se fait dans des classes attachées à un laboratoire consacré à l'hébergement du matériel et des produits chimiques. Généralement, les activités expérimentales se font dans les salles. Le ministère de tutelle estime nécessaire de doter ces salles de matériels technologiques modernes, tels que des ordinateurs, des vidéoprojecteurs, etc. Le résultat de la figure7 montre que la majorité des collèges et lycées possède un laboratoire 89,6%. Aussi du côté gestion, la majorité d'entre eux n'a pas de préparateur 80,5% (figure8). Cette personne qui les techniques et pratiques du programme de sciences (CLEAPSS,2009), fournisse, prépare, entretient, organise et gère les ressources pour sécuriser les activités expérimentales. Dans une étude établie au Maroc par Caillods (Caillods et al, 1998) a révélé un résultat négatif concernant la formation et la distribution des préparateurs. En effet, la plupart des préparateurs formés sont plutôt affectés au cycle qualifiant. Leur répartition entre les directions se fait aléatoirement et sans aucun critère spécifique. Malheureusement, la situation persiste toujours (Taoufik et al, 2016).

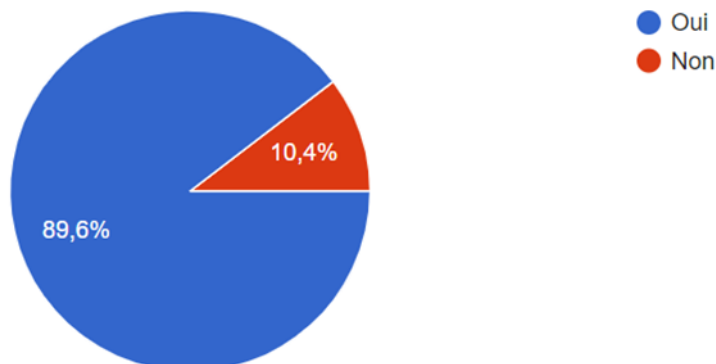


Figure 7: Le taux des établissements disposant d'un laboratoire

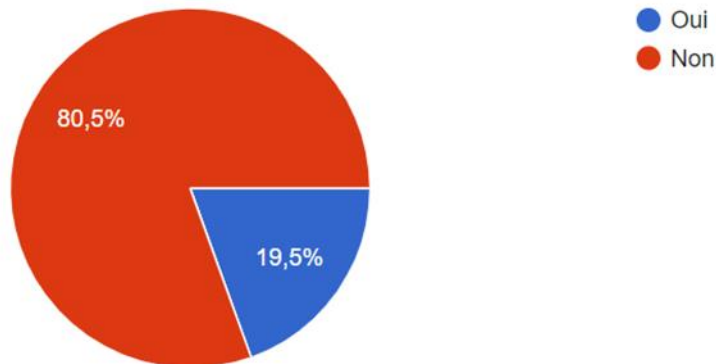


Figure 8: Le taux des établissements disposant d'un laboratoire

Pour ce qui est du matériel didactique et les moyens nécessaires aux activités expérimentales, 90,3% des enseignants estiment que ceux-ci ne sont pas adéquats (Figure9) (02,6% sont satisfaisants contre 40,26% au collège tandis qu'au cycle qualifiant 50% sont non satisfaits contre 07,14%). De plus, 66,9% des enseignants jugent que l'équipement de la salle de classe n'est ni en quantité ni en qualité suffisantes (Figure 10) (32,47% au cycle collégial et 34,42% au cycle qualifiant). Cependant, 33,1% des enseignants ont exprimé un avis positif (10,39% au cycle collégial et 22,73% au cycle qualifiant), suggérant qu'il y a des aspects satisfaisants à noter.

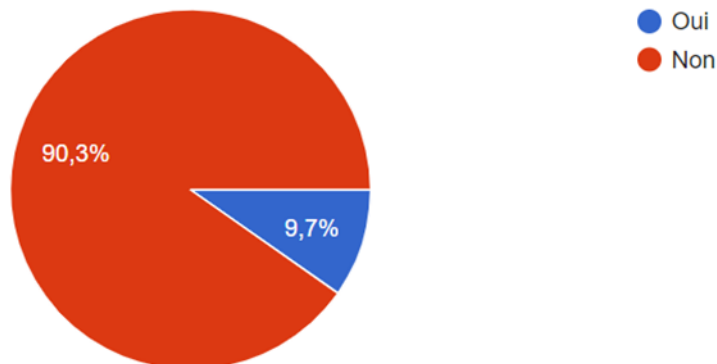


Figure 9: Le pourcentage des établissements disposant du matériel didactique

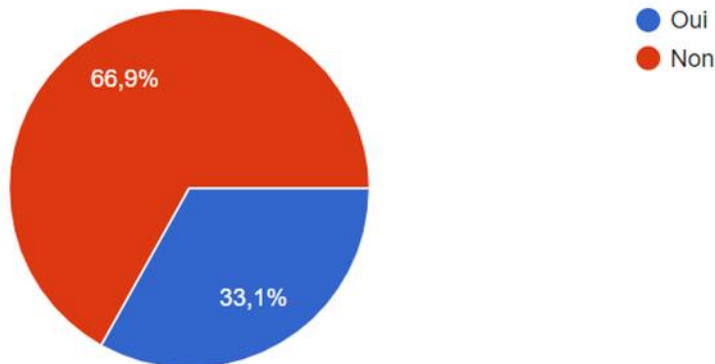


Figure 10: Le pourcentage des établissements disposant d'une salle de classe équipée

Nous avons ensuite examiné les obstacles liés à l'enseignement par activités expérimentales. Les résultats révèlent que 76% des personnes interrogées conviennent que la surcharge des programmes nuit à l'utilisation de ce type d'enseignement, tandis que 18,8% sont en désaccord (Figure11) (au cycle collégial, 33,12% sont d'accord, 08,44% sont contre et 01,3% restent sans avis. Pour le cycle qualifiant, 42,86% sont d'accord, 10,39% sont en désaccord et 03,9% sans avis). De plus, 92,9% des enseignants estiment que la forte densité d'apprenants en classe constitue un obstacle (Figure12), alors que 7,1% ne le considèrent pas comme tel (au cycle collégial 39,61% sont d'accord, 03,25% sont en désaccord. Pour le cycle qualifiant 53,25% sont d'accord, 03,9% sont en désaccord).

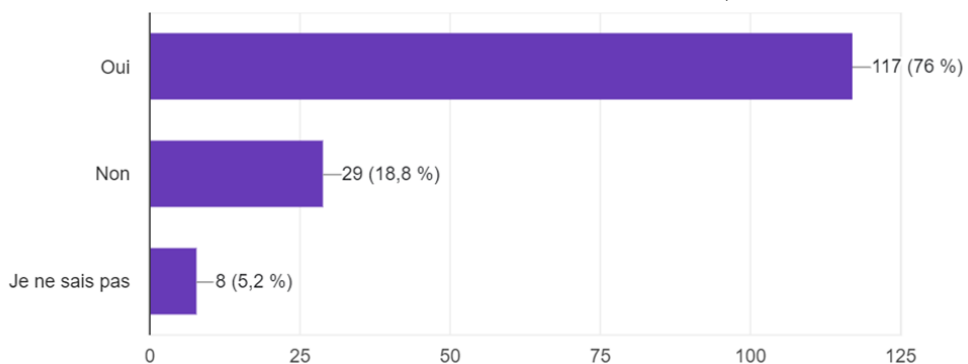


Figure 11: L'avis des enseignants sur le recours à l'enseignement par activités expérimentales et la surcharge des programmes

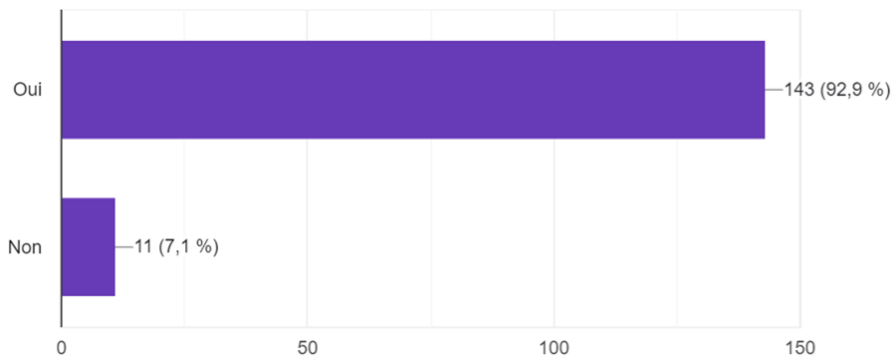


Figure 12: L'avis des enseignants sur le recours à l'enseignement par activités expérimentales et le surnombre des élèves

Concernant la formation des enseignants, 54,5% des enquêtés n'ont pas reçu de formation spécifique sur les activités expérimentales, tandis que 45,5% l'ont fait (figure13). Parmi ceux-ci, 36,4% ont reçu cette formation lors de leur formation initiale, 27,3% ont suivi une formation continue, et 36,4% ont participé à des réunions pédagogiques axées sur les activités expérimentales (Figure14) (Pour l'enseignement collégial, 04,55% des enseignants ont suivi une formation initiale, 07,79% une formation continue et 03,9% dans le cadre des réunions pédagogiques. Pour l'enseignement qualifiant, 11,69% des enseignants ont suivi une formation initiale, 08,44% une formation continue et 09,09% dans le cadre des réunions pédagogiques.).

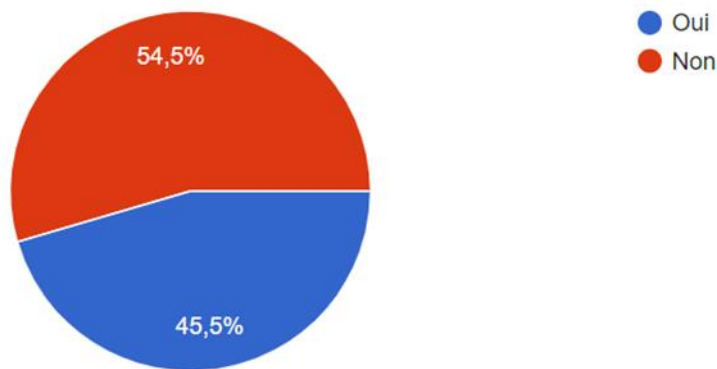


Figure 13: Pourcentage des enseignants bénéficiant d'une formation sur l'enseignement par activités expérimentales



Figure 14: Le pourcentage des enseignants qui ont suivi une formation

Enfin, concernant l'impact et la faisabilité des activités expérimentales, la majorité des répondants 98,1% (42,21% au collège et 55,84% au lycée) estiment que celles-ci aident les apprenants à comprendre les phénomènes étudiés. Cependant, il existe des opinions divergentes sur la difficulté de mettre en œuvre ces activités (55,84% sont en accord répartis en 17,53% au collège et 25,97% au lycée), ainsi que sur la faisabilité des activités illustrées dans le manuel scolaire (55,2% sont défavorable, répartis en 23,38% au collège et 31,82% au lycée).

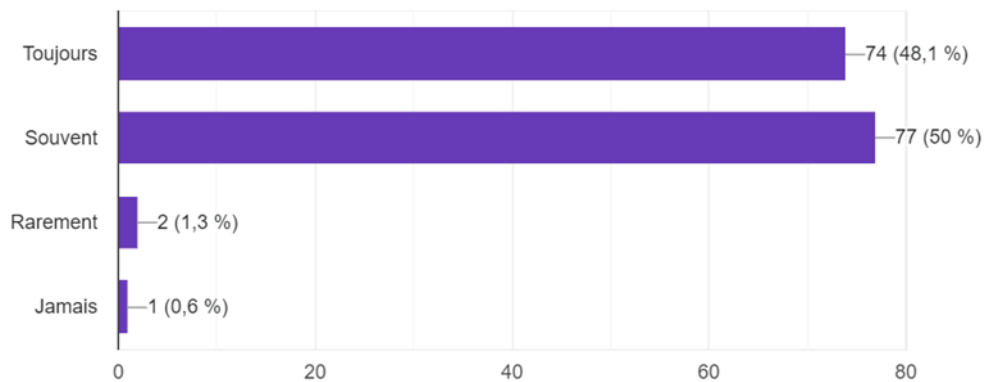


Figure 15: Intérêt des activités expérimentales pour comprendre les phénomènes étudiés

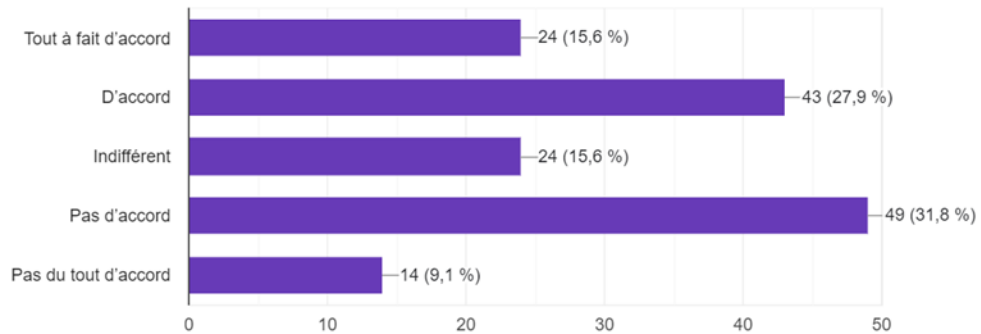


Figure 16: Difficultés rencontrés lors de la réalisation des activités expérimentales

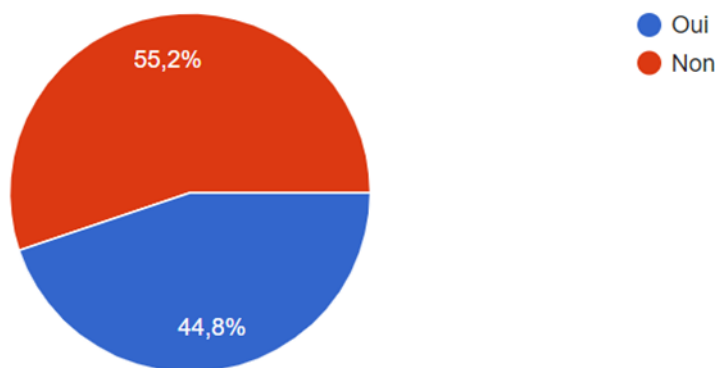


Figure 17: Faisabilités des activités du manuel

Discussions

L'analyse des réponses recueillies dans notre sondage révèle plusieurs défis et lacunes qui affectent la pratique de l'enseignement par activités expérimentales dans les établissements scolaires.

Elles sont l'une des rares œuvres dans les établissements d'enseignement, malgré tout ce qui est dit sur leur importance.

Ces lacunes et obstacles varient entre le cycle collégial et le cycle qualifiant, où l'on constate que ce dernier dispose de la plus grande part d'équipements et d'outils didactiques, même en termes de réunions de formation encadrées par les superviseurs pédagogiques.

La majorité des enseignants estiment que le matériel didactique, l'équipement de la salle de classe et le nombre pléthorique d'élèves sont des obstacles significatifs à la réalisation d'activités expérimentales.

C'est pour ces raisons que les enseignants préfèrent que ces activités soient essentiellement sous forme des pratiques en classe plutôt que travaux pratiques ou ils recourent à l'utilisation des TIC. Ce choix est justifié par les enseignants pour les raisons suivantes :

- La lourdeur et la condensation du programme, l'absence de guide d'expérience pour aider l'enseignant, ainsi que la non-inclusion d'activités expérimentales dans les examens officiels.
- La mise en accent sur l'achèvement du programme, l'absence de préparateur ou d'un enseignant responsable (Note ministérielle 30,1990) qui aide l'enseignant dans la conception des activités pratiques et le maintien des équipements du laboratoire.
- La gestion défaillante des laboratoires et le manque de salles spécialisées qui respectent les normes de sécurité (Hodson, 1990; Note ministérielle marocaine 150, 2004) ;
- Le grand nombre d'apprenants et leur méconnaissance de l'importance des activités pratiques.
- Le manque du matériel et des produits chimiques dédiés aux activités ou lorsque ces expériences présentent un danger pour l'enseignant et les apprenants.

De plus, le manque de formation spécifique dans ce domaine est également un frein important à l'adoption de cette approche pédagogique. Cependant, malgré ces défis, la grande majorité des répondants reconnaissent les bienfaits de l'enseignement par activités expérimentales en termes de compréhension des phénomènes étudiés par les apprenants. Il est donc primordial de prendre des mesures pour surmonter les obstacles identifiés, notamment en renforçant la formation des enseignants, en améliorant l'accès au matériel didactique et en réduisant le nombre d'apprenants par classe.

Conclusion

En conclusion, selon notre enquête, les enseignants reconnaissent l'importance des activités expérimentales dans l'enseignement des sciences physiques. Cependant, il leur incombe donc d'encourager leurs apprenants à acquérir une bonne compréhension des sciences physiques en diversifiant les méthodes d'enseignement, en réalisant des activités expérimentales selon la disponibilité du matériel didactique, en recommandant un système de récompenses et en utilisant les TIC pour enrichir les expériences et simplifier l'étude des systèmes réels.

Pour favoriser une approche pédagogique plus interactive et expérimentale, il est nécessaire de repenser l'organisation et les ressources disponibles dans les établissements scolaires. En investissant dans la formation et l'encadrement des enseignants, en améliorant l'équipement des salles de classe et en restructurant les programmes scolaires, il est possible favoriser un milieu propice à l'apprentissage par activités expérimentales, pour le bénéfice des élèves et de leur réussite académique.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Breuning ,m.(2009).Teaching Dewey's Experience and Education Experientially.
2. Colin.(2010).Blending Practice with Concepts. The Experiential Learning Toolkit.
3. m.patrick,y.(2018).augmenting the project-based learning experience . The hard work of soft skills,457-488.
4. Taoufik M., Abouzaid A., Moufti A.(2016). Les activités expérimentales dans l'enseignement des sciences physiques : cas des collèges Marocains. European Scientific Journal, 12(22), 190-212. Available on : <http://eujournal.org/index.php/esj/article/view/7946/7663>
5. Programme National d'Evaluation des Acquis des élèves du tronc commun (PENA). (2016).Rapport analytique. Conseil supérieur de l'éducation de la formation et de la recherche scientifique, Maroc. Available on : <http://www.csefrs.ma/pdf/PNEA2016/Rapport%20PNEA%202016%20FR%20Final.pdf>
6. El Hassouny E.H., Kaddari F., Elachqar A., Marjane D. (2016). The nominal group technique and the questionnaire: the diagnosis method for the obstacles in learning mechanics in high school". American Journal of Innovative Research and Applied Sciences, 2(5), 203-209. Available on: https://www.researchgate.net/publication/304253397_The_Nominal_Group_Technique_and_the_Questionnaire_The_Diagnosis_Methods_for_the_Obstacles_in_Learning_Mechanics_in_High_School
7. Cormier M., Pruneau D., Let Blain S.R. (2004). Un modèle pédagogique pour améliorer l'apprentissage des sciences en milieu linguistique minoritaire. Francophonies d'Amérique, 18 ,21-35. Available on : <https://www.erudit.org/fr/revues/fa/2004-n18-fa1812832/1005347ar/>
8. Mazouze B.A., Lounis A. (2015). Résolution de problèmes et apprentissage des ondes : quels types de difficultés rencontrent les élèves?. Review of Science, Mathematics and ICT Education, 9(2),

- 25-40. Available on:
<http://resmicte.lis.upatras.gr/index.php/review/article/view/2216/2498>
9. Harman, G., Cokelez, A., Dal, B., & Alper, U. (2016). Pre-service science teacher's views on laboratory applications in science education: the effect of a two-semester course. *Universal Journal of Education Research*, 4(1), 12-25.
 10. Mathé S., Méheut M., De Hosson C. (2008) « Démarche d'investigation au collège, quels enjeux ? », *Didaskalia*, N° 32.
 11. Wialle B. (1999). « Utilisation de l'ordinateur dans l'enseignement d'une science expérimentale : la biologie au lycée », Article dans la *Revue de l'Enseignement Public et Informatique (EPI)*, 199-210.
 12. BRASEIL. H. (1987). The effect of Real-time Laboratory Graphing on Learning Graphic Representations of Distance and Velocity. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(4), 385-395.
 13. Darley B. (1994). L'enseignement de la démarche scientifique dans les travaux pratiques de biologies, analyses et propositions. Thèse de doctorat, université Josef Fourier Grenoble 1.
 14. Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 28-54.
 15. Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 71 (256), 33-40.
 16. Millar, R. (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.
 17. Jenkins, E.W. (1999). Practical work in school science. In J. Leach et A. Paulsen (Eds) *Practical Work in Science Education – Recent Research Studies* (Dordrecht: Kluwer) 19-32.
 18. Slaïmia, M.M. (2014). L'image de l'activité scientifique au travers de l'histoire de la dioptrique: élaboration et expérimentation d'une séquence d'enseignement pour la classe de seconde; rapport des enseignants tunisiens à l'enseignement des sciences et à l'innovation. Université Paris Sud-Paris XI; Institut supérieur de l'éducation et de la formation continue (Tunis).
 19. Chekour, M., Laafou, M., Janati-Idrissi, R. (2015a). Vers l'introduction du simulateur Pspice dans l'enseignement de l'électricité : cas du tronc Commun Sciences. *EpiNet : Revue électronique de l'EPI*, 175. Consulté à l'adresse : <https://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1505e.htm>.
 20. Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: what can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice?. *Science Education*, 87(1), 112-143.

21. Niedderer, H., Aufschnaiter, S., Tiberghien, A., Buty, C., Haller, K., Hucke, L., Sander, F. et Fischer, H. (2002). Talking physics in labwork contexts – A category based analysis of videotapes. In D. Psillos et H. Niedderer (Eds) Teaching and learning in the science laboratory (pp 31-40). Dordrecht: Kluwer.
22. Johsua, S. et Dupin, J.J. (1993). Introduction a la didactique des sciences et des mathematiques. Paris: PUF.
23. Kane, S. (2011). Les pratiques expérimentales au lycée- Regards croisés des enseignants et de leurs élèves. Radisma, 7, 1-26.
24. Hucke, L., & Fischer, H.E. (2002). The link of theory and practice in traditional and in computer-based university laboratory experiments. In D.
25. Hassouni, T., Ameziane, N., Houssaini, W. I., Lamri, D., El Madhi, Y., Ben Haïba, R. (2014). Place de la démarche d’investigation dans l’enseignement des sciences de la vie et de la terre aux colléges. European Scientific Journal, 10(22), 286 – 298.
26. Kouhila, M. & Maarouf, A. (2001). Approche épistémologique et didactique des fonctions de l’expérience dans la physique savante et scolaire, Research Academica, 19 (1et2), 9-38.
27. Consortium of local education authorities for the provision of science services (CLEAPSS). (2009). Technicians and their jobs. Uxbridge : CLEAPSS school service.
28. Caillods, F., Göttelmann-Dure, G., Radi, M., & Hddigui, E.(1998). La formation scientifique au Maroc: conditions et options de politique. Institut international de planification de l’éducation. Paris: UNESCO.
29. Taoufik, M., Abouzaid. A., Moufti.A. (2016). Les activités expérimentales dans l’enseignement des sciences physiques: cas des colleges marocains. European Scientific Journal,12(22),190-212.
30. Note ministérielle n° 30. (1990). Organisation et gestion des laboratoires des sciences physiques et des sciences naturelles.
31. Note ministérielle n° 150. (2004). Les conditions de sécurité dans les laboratoires et les ateliers, et d’élimination des déchets.