

CONCEPT D'ÉNERGIE DANS L'ENSEIGNEMENT DE PHYSIQUE ET TECHNOLOGIE PAR PROJET AU PREMIER CYCLE DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE AU BENIN

MICHOAGAN Midingoï Dèdèwanou

Doctorant

Didactique des disciplines

Didactique de Physique Chimie Technologie

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE D'ABIDJAN

UNIVERSITÉ ALASSANE OUATTARA

00229-97-27-88-26

midmichd@yahoo.fr

dieudonnemichoagan@gmail.com

NGUESSAN Kouamé

Professeur Titulaire de Didactique des Disciplines

00 225 07 08 85 08 40

Sharlissan@hotmail.com

Résumé :

Les résultats de nos analyses du contenu d'énergie et des programmes des enseignements secondaires des PCT du Bénin ; nos revues de littératures et expériences professionnelles, nous font retenir que l'énergie est un concept de l'antiquité dont l'élaboration a fait beaucoup de débats. Elle est très abstraite, complexe, difficile à définir donc à enseigner. Cependant en s'appuyant sur ses résultats et nos réflexions, nous déduisons qu'elle est une grandeur qui mesure le mouvement du flux des particules dont l'origine est une source ou ressource énergétique. De son origine jusqu'à l'utilisateur, nous dénombrons des énergies primaire, secondaire, finale et utile. Compte tenu de son importance technologique, économique, politique, sociale, nous choisissons de résoudre cette problématique et d'élaborer une stratégie à la communauté des didacticiens du monde pour observer et analyser les pratiques enseignantes et les activités des apprenants, dans le but de rendre efficace, efficient et concret son enseignement et celui d'autres. Ceci est fait en traitant le thème : « enseignement-apprentissage par projet du concept d'énergie dans l'enseignement de physique et technologie au premier cycle de l'enseignement secondaire au Bénin : cas de la classe de 3e ». Il a été possible par la résolution d'une question principale et de deux secondaires.

Nous avons, à cet effet, fait des enquêtes par questionnaires adressés à un échantillon d'enseignants des PCT du Bénin et des observations instrumentées de séquences de cours de deux enseignants portant sur la conversion de l'énergie en troisième. Les traitements des données sont effectués par des méthodes qualitatives et quantitatives en convoquant le cadre théorique de la double approche didactique et ergonomique et nos outils d'analyse des difficultés. Nous trouvons que l'enseignant peut organiser les activités des apprenants en déployant deux stratégies : épistémologique et didactique.

Mots clés : *Activité -pratique enseignante-stratégie épistémologique-stratégie didactique*

Abstract:

*The results of our analyzes of the energy content and secondary education programs of PCTs in Benin; our literature reviews and professional experiences make us remember that energy is an ancient concept whose development has caused much debate. It is very abstract, complex, difficult to define and therefore difficult to teach. However, based on its results and our reflections, we deduce that it is a quantity which measures the movement of the flow of particles whose origin is an energy source or resource. From its origin to the user, we count primary, secondary, final and useful energies. Given its technological, economic, political and social importance, we choose to resolve this problem and develop a strategy for the community of didacticians around the world to observe and analyze teaching practices and learner activities, with the aim of making effective, efficient and concrete his teaching and that of others. This is done by treating the theme: "project-based teaching-learning of the concept of energy in physics teaching and technology in the first cycle of secondary education in Benin: case of the 3rd year class. It was possible by the resolution of a main question and two secondary ones. To this end, we carried out questionnaire surveys addressed to a sample of PCT teachers in Benin and instrumented observations of lesson sequences of two teachers relating to energy conversion in third grade. Data processing is carried out using qualitative and quantitative methods in summoning the theoretical framework of the dual didactic and ergonomic approach and our tools for analyzing difficulties. We find that the teacher can organize the activities of learners by deploying **two** strategies: epistemological and didactic.*

Key words: *Activity - teaching practice - epistemological strategy - didactic*

Introduction

L'énergie étant un besoin indispensable dans la vie de l'homme, une nécessité pour une société moderne, primordiale dans le développement technologique, politique, sociale et économique pour tous les pays du monde, son enseignement-apprentissage dans tous les ordres enseignements en physique, chimie et technologique devrait se fait très facilement. Mais des analyses du contenu de ce concept et des programmes des enseignements secondaires du système éducatif du Bénin où elle s'enseigne à tous les niveaux ; des travaux de recherche de Aristote (-350) ; Bernoulli (1717) ; Einstein (1905) ; Feynman (1963/1999, p. 43) ; Poincaré (1902/1992, p. 156) ; Balan (2013) ; Hervé et al. (2014) ; Klein (2017) ; dictionnaire le Robert (2023) ; Helmholtz et Planck (19^{ème} siècle) ; Noether (20^{ème} siècle) et de nos expériences professionnelles, nous trouvons qu'elle est un concept de l'antiquité dont l'élaboration a fait beaucoup de débats. Elle est très abstraite, très complexe, non perceptible dans le monde des objets et événements (Tiberghien, 1996), difficile à formaliser et à définir. Pourtant son enseignement continue d'être effectué dans les lycées et collèges dans ce contexte. Nous nous demandons alors des stratégies que l'ont peut mettre en place pour faciliter le processus de son enseignement et apprentissage. Dans l'optique de résoudre ce problématique, nous avons choisi de traiter, le long de ce travail de rédaction d'article, le thème intitulé « enseignement et apprentissage par projet du concept d'énergie dans l'enseignement de physique, et technologie : cas de l'enseignement au premier cycle du secondaire au Bénin ». L'objectif fondamental, est d'élaborer une stratégie didactique à la communauté des didacticiens du monde afin qu'ils observent et analysent les pratiques enseignantes et les activités des

apprenants pour rendre efficace, efficient et concret l'enseignements de ce concept et celui des autres concepts scientifiques.

Pour l'atteinte de cet objectif, nous nous préoccupons principalement des stratégies qu'un enseignant peut déployer, dans ces pratiques enseignantes, pour rendre efficient, efficace et concret l'enseignement/apprentissage du concept d'énergie par les démarches pédagogiques de l'Approche Pédagogique par Projet (APP). A cette préoccupation, nous associons deux questions secondaires. La première est de savoir les activités que les apprenants peuvent mener pour apprendre et comprendre au maximum les notions de bases du concept et aboutir à un produit concret enfin du processus. La suivante est de savoir les éléments à intégrer dans les pratiques enseignantes d'un enseignant pour rendre efficient, efficace et concrète l'enseignement du concept d'énergie. La notion d'énergie étant une notion polysémique, définie par ses effets, non seulement une utilité, un besoin indispensable dans la vie de l'homme, mais aussi une nécessité pour une société moderne ; nous affirmons que l'enseignant peut déployer deux ordres de stratégies pour rendre efficient, efficace et concret son l'enseignement/apprentissage. Elles peuvent être d'ordre épistémologique et d'ordre didactique.

Pour la confirmation de ces hypothèses, nous avons choisi d'effectuer notre travail de recherche dans l'enseignement secondaire général que nous organisons en quatre parties. Dans la première partie, nous parlons de l'enseignement/apprentissage par projet du concept d'énergie : l'analyse de contenu et des programmes de physique, chimie et de technologie au secondaire en précisant la place du concept d'énergie dans l'enseignement secondaire. Dans la deuxième partie nous développons les fondements théoriques de notre recherche. La troisième partie est réservée au cadre

méthodologique et la dernière partie comporte les résultats. La conclusion viendra clôturer le travail accompli.

Chapitre 1 :

A propos de l'enseignement/apprentissage du concept d'énergie : analyse de contenu et analyse des programmes de physique, de chimie et de technologie au secondaire.

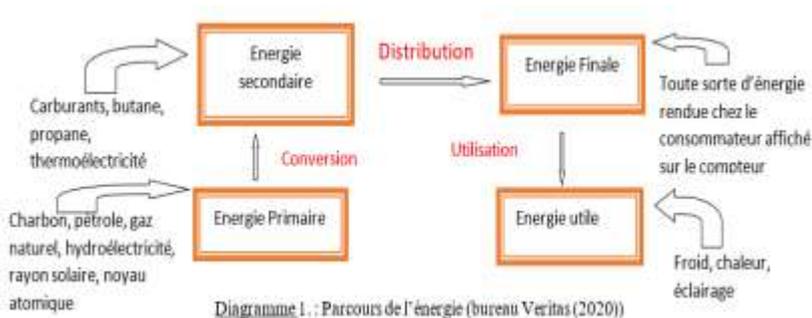
Tout concept scientifique possède des aspects et des éléments théoriques les caractérisant. Compte tenu de ses caractéristiques et de certaines propriétés il peut exister sous plusieurs catégories.

1.1. Les caractéristiques générales du concept d'énergie :

En ce qui concerne les caractéristiques générales du concept d'énergie, bien qu'elle soit liée aux propriétés de la matière, il s'agit d'une quantité associée à tout système, fonction des divers paramètres caractérisant l'état de celui-ci à chaque instant. Elle se manifeste sous diverses formes et possède la propriété essentielle de rester constante au cours du temps lorsque le système est isolé. Balian (2013) trouva qu'elle a son fondement dans la dynamique. Klein (2017) dit qu'elle désigne aujourd'hui, « la capacité à effectuer des transformations ». Nous gardons de tous les travaux de recherches lues que l'énergie, jusqu'à ce jour, est un savoir mathématique complexe et abstrait bien qu'elle soit liée à des propriétés de la matière perceptible par ses effets et ses caractéristiques. Hervé, Venturini et Virginie (2014) dirent qu'il existe trois principes pour appréhender sa complexité qui sont : le principe de conservation de l'énergie, l'aspect métaphysique et la traduction scientifique. La combinaison de ces trois principes, constituant la base du concept d'énergie, font

que « de toutes les lois de conservation, celle de l'énergie est la plus difficile, la plus abstraite » (Trellu & Toussaint, 1986, p. 44). De ces multiples auteurs, nous pouvons retenir que c'est grâce aux effets que l'existence de l'énergie est perçue. Ce sont le mouvement d'un corps, la production de la chaleur, le dégagement gazeux, le rayonnement, la production de la lumière, les fissures, la position d'un corps par rapport à une référence, la production du vent, la condensation d'un corps, les réactions chimiques, la production sonore.... Ces effets sont eux aussi générés par une source ou une ressource nommée source et ressource d'énergétiques. C'est de cela nous parle Fukushima et al. (2013) dans mémento sur l'énergie. Par conséquent chaque énergie dispose sa source. Chacune de cette source fonctionne à base d'une énergie provenant d'un effort physique. Ce qui justifie le résultat de Balian (2013) qui dit que la genèse de l'énergie est la dynamique. Il n'y a donc pas de l'énergie sans de l'énergie.

Compte tenu des différents effets recensés et comme Fukushima et al. (2013), nous trouvons qu'il y a quatre (04) catégories d'énergie tel que les énergies primaires ; secondaires, finales et utiles. Leurs modes de production sont résumés dans le diagramme suivant.



Les énergies enseignées sont les énergies finales tel que les énergies thermique, chimique, cinétique, potentielle, mécanique, l'énergie rayonnante, l'énergie nucléaire, l'énergie électrique. La maîtrise des explications qualitatives et quantitatives s'avère nécessaires à tous les enseignants pour la résolution des difficultés épistémologiques et didactiques des apprenants.

1.2. La conceptualisation de la notion d'énergie :

Les sources ou les ressources énergétiques produisent des phénomènes ou des effets naturels ou artificiels qui possèdent des caractéristiques appropriées dont les intensités permettent d'exprimer une grandeur à laquelle des chercheurs ont attribuées le nom « énergie » suivie d'un qualificatif désignant la forme. Ces phénomènes sont : le mouvement des particules, l'agitation des molécules, la production de chaleur, de la lumière, etc. De ces faits, il la définit comme la capacité d'un système de modifier l'état d'un autre système, à produire un travail entraînant un mouvement, de produire de la lumière ou de la chaleur comme nous l'avons définie. L'affectation de l'intensité à chacun des phénomènes font déduire que l'énergie est une grandeur scalaire qui caractérise un phénomène scientifique

Selon les travaux de Robert (1845) Driver et Millar (1986), de Hosson (2019), d'Eduscol et Boutros (2012), Lemeignan et Weil-Barais (1992), Ballini, et al. (1997), Koliopoulos et Ravanis (1998), Hang (2005), l'énergie ne peut être ni créée ni détruite, mais elle peut être transférée ou transformée d'une forme à une autre. Donc il n'y a pas d'énergie sans énergie.

D'après Driver et Millar (1986), la compréhension de ce concept est indispensable pour comprendre le monde scientifique et technologique. En outre, ce thème reste l'un des plus complexes à maîtriser. Nous tirons comme conclusion de

tous ces travaux que la complexité et le caractère très abstrait du concept de l'énergie rend son enseignement difficile et son apprentissage compliqué aux élèves qui ont d'elle des conceptions très erronées constituant pour eux des obstacles épistémologiques¹. Ce que le professeur à Paris, De Hosson (2019), expliqua par cette déclaration : *« il est difficile pour les élèves d'appréhender le concept de l'énergie car c'est une notion abstraite, et soumise à différents sens donnés par la société. Il en découle que ce terme énergie peut entraîner des conceptions initiales erronées au regard de la science et l'assimilation de toutes les notions associées à ce concept est très complexe à effectuer »*.

1.3. A propos de l'enseignement/apprentissage du concept d'énergie de physique, et technologie dans les classes du secondaire :

L'institution en charge des curricula, compte tenu du type d'homme envisagé dans notre nation, a introduit à certains niveaux du secondaire l'enseignement-apprentissage du concept de l'énergie. Elle ne se situe réellement que dans les classes :

- De troisième (3^e) en SA1 au premier cycle (la conversion d'énergie) ;
- De première (1^{ère}) dans les SA 1 (L'énergie mécanique au service du développement), SA4 (« Température et chaleur)
- Et terminale scientifique dans les SA1(En mécanique : énergie mécanique ; en électromagnétique : énergies électrostatique, magnétique et thermique) ; SA3 (en électricité : énergies électrique, dissipée, électrostatique ; en mécanique : énergies élastique, potentielle et cinétique) ; et SA6 (En physique atomique et nucléaire : l'énergie atomique ; l'énergie libérée et la perte d'énergie).

¹ Une connaissance antérieure d'une notion que possède un élève difficile à annuler. C'est un prérequis erroné.

Ces programmes exigent que les activités de construction de connaissances se mènent dans une logique de démarche scientifique voire expérimentale pour amener les élèves à développer des compétences nouvelles lors de l'enseignement portant sur les formes d'énergies. Ces compétences sont déclinées en compétences disciplinaires, transversales et transdisciplinaires. Mais la tâche est compliquée compte tenu des difficultés du système tel que le manque du matériel didactique ; la densité des programmes, le manque de laboratoire, la densité des contenus des savoirs à enseigner. Les responsabilités de ses problèmes sont partagées par tous les acteurs du système. Malgré toutes ces difficultés, le processus d'enseignement, d'apprentissage et d'évaluation des concepts en général et celui d'énergie en particulier, continue de se dérouler dans nos lycées et collèges en Physique et en Technologie. Ce qui nous intéresse pour ce travail, est la manière qu'enseigne le concept d'énergie en classe de troisième général au Bénin dans un cadre théorique approprié.

Chapitre 2 : Fondements théoriques

2.1 Clarification de quelques concepts :

- Activité :

Son premier sens est que ce mot a trait à une forme d'enseignement proposée en vue de susciter des apprentissages. Selon Richelle M, coauteur du dictionnaire de psychologie, « *Une activité est un ensemble de mouvements ou d'actions produites par un organisme. En didactique, [on parlera] d'activité de groupe ou de classe pour désigner une forme d'apprentissage scolaire impliquant une participation active des élèves* ».

Le second sens du terme « activité » se réfère à la théorie de l'activité. Selon Daunay (2010 :11), coauteur de dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques, « *l'activité concerne tout ce que met en œuvre le sujet didactique dans l'accomplissement d'une tâche* ».

- **Approche pédagogique par projet :**

L'approche pédagogique par projet est une démarche d'enseignement-apprentissage-évaluation ou programme d'étude définit comme : « l'ensemble des savoirs scientifiques et pratiques, des compétences relationnelles et sociales qui sont mobilisées pour concevoir et mettre en œuvre des stratégies d'enseignement organisant des tâches dont le but est d'atteindre des objectifs concrets ». La classe est organisée en coopérative.

- **Stratégies épistémologiques :** elles regroupent l'ensemble des pratiques mobilisées par l'enseignant pour résoudre les difficultés épistémologiques des apprenants c'est-à-dire des relations aux savoirs scientifiques.

- **Stratégies didactiques :** elles regroupent l'ensemble des pratiques mobilisées par l'enseignant pour résoudre les difficultés liées à des démarches de résolutions des consignes des élèves lors du processus d'enseignement-apprentissage-évaluation d'un savoir scientifique.

2.2 Les théories didactiques :

Nous avons mobilisé, pour ce travail de recherche basé sur les pratiques enseignantes et les activités des apprenants, le cadre théorique de la Double Approche Didactique et Ergonomique (DADE) de Rogalski, R. e. (2002), de Robert. (2008) et Robert, M. e. (2002) pour notre recherche et notre théorie des difficultés établie dans notre travail de mémoire de

master. De la double approche, nous retenons notamment des éléments méthodologiques : une analyse des pratiques à différents niveaux (global, local et micro) et une analyse en termes de composantes de pratiques. Tandis que la théorie des difficultés prévoit un tableau de description des erreurs en deux catégories dont épistémologique numérotée erreur de type α et didactique numérotée erreur de type β .

Chapitre 3 : Cadre méthodologique

Il s'agit de la démarche méthodologique et des méthodologies de collectes des données.

3.1. La démarche méthodologique :

Nous présentons les théories de l'approche visées et les étapes de l'étude menée sur le terrain.

- Les théories de l'approche visées :

Pour l'accomplissement de cette tâche en physique et en technologie, nous allons exploiter une méthodologie mixte c'est-à-dire la méthode hypothético-déductive² et la méthode empirico-inductive. Nous utilisons cette méthode quantitative (méthode hypothético-déductive) pour enquêter sur les enseignants ciblés et la méthode empirico-inductive³ (qualitative) pour les observations de classes qui est une recherche-action pour les observations de classes d'un enseignant en technologie et un autre en physique.

Pour le traitement des résultats, nous utilisons les descripteurs de la théorie didactique de la double approche et la théorie de difficultés des élèves de Midingoi (2019). A cet effet les fiches de collectes des données sont conçues pour recueillir

² Une approche expérimentale consistant à formuler une hypothèse comme une forme de réponse anticipée à la question de recherche, de créer les conditions de vérification de la validité de l'hypothèse à travers une expérience.

³ Une observation de terrain, les prises de notes, les enregistrements (audio ou vidéo), les entretiens, les récits de vie, afin de révéler des phénomènes que le chercheur va par la suite analyser

les informations et catégoriser des difficultés des élèves à partir desquelles seront déduites des stratégies mobilisées par l'enseignant.

- En ce qui concerne les étapes de l'étude menée sur le terrain, nous avons :
 - Premièrement élaboré des techniques d'investigations. Elles contiennent l'identification de la population cible et l'élaboration des fiches d'enquêtes.
 - Deuxièmement procédé à l'entretien avec les deux catégories d'enseignants ;
 - Troisièmement fait des observations enregistrées et filmées des séquences de cours portant la conversion de l'énergie
 - Ensuite opéré les traitements des résultats recueillis ;
 - Enfin analyser les résultats pour parvenir à la conclusion.

3.2. Méthodologies de collecte des données :

3.2.1. Présentation de la population visée et participant à l'étude :

Pour le travail hypothético-déductif, nous avons enquêtés quarante (40) enseignants :

- Majoritairement du département de l'Ouémé (82,22%) et minoritairement du Plateau (17,78) que nous avons joints par les Animateurs des Etablissements, les Conseillers pédagogiques et à un atelier pédagogue. Seulement ce nombre d'enseignants nous ont retourné les questionnaires difficilement.
- Seuls les enseignants des établissements publics ont participé à la recherche malgré que ceux des lycées ont été également touchés ;
- Tous les enseignants qui ont répondu à nos questionnaires viennent de la zone pédagogiques ALOP. Le pays est divisé

en trois zones suivant les départements : ALOP ; MCZC et ABAD

- Les enseignants des trois sortes de régions ont participé aux travaux dont les régions rurale, périphérique et urbaine d'une part puis accessible peu-accessible et non-accessible d'autres part.
- Les composantes personnelles des enseignants se présentent comme suit :

Statuts des enseignants	Toutes les catégories (FE, ACDPE, AME, (AE, CP)
Diplôme académique prescrit	64,44% mais le reste a le diplôme professionnel
Le diplôme professionnel BAPES et/ou CAPES	77,77% mais le reste a le diplôme académique
Plus de cinq (05) années d'expériences	84,89 %
Plus de cinq (05) années d'expériences en 3e	84,44 %

En résumé environ 84,44 % des enseignants enquêtés sont réellement censés de nous apporter des réponses idéales aux questions liées à des pratiques enseignantes favorables à l'acquisition des savoirs disciplinaires.

Pour la recherche -action, effectuée au CEG Gbozounmè dans la commune d'Avrankou dans l'année scolaire (2020-2021), nous avons sélectionné deux enseignants (A) et (B) titulaires de la licence physique ayant fait plus de trois ans en classe de troisième. Certes, ils n'ont pas eu le diplôme d'Aptitudes Professionnels mais en tant que leur animateur d'Établissement nous avons une bonne idée de leur compétence professionnelle témoignée par les autorités administratives et les Conseillers pédagogiques. Ils sont des anciens en classe de troisième général.

En ce qui concerne les apprenants de la classe de troisième :

- Selon les informations fournies par les enseignants enquêtés, les apprenants sont repartis en groupe avec un mélange des filles et des redoublants. Ils sont en disposition frontale pour certains et en U pour d'autres.
- Pour la recherche-action, nous avons sélectionné vingt nouveaux apprenants pour éviter des idées préconçues des redoublants en choisissant pris autant de filles que de garçons pour établir l'équité genre.

3.2.2. Outils d'investigations et Les techniques de collecte des données :

Les techniques d'investigation que nous avons utilisées sont les entretiens avec un échantillon d'enseignants et des observations instrumentées de trois séquences de cours dont l'enseignement du concept en technologie, en chimie et enfin en physique.

Pour les entretiens avec les enseignants enquêtés, nous avons faits l'usage d'un questionnaire comportant un certain nombre de questions que nous avons multiplié et adressé au groupe d'enseignants par : les réseaux sociaux en occurrence les forums des AE, des transmissions directes par nous-mêmes, la distribution par le biais de trois autres collègues ; le remplissage en atelier pédagogique par une équipe de huit (08) enseignants. Les réponses des enseignants sont consignées sur celles-ci et sont traitées.

Pour les observations instrumentées des deux séquences de cours, nous avons fait l'usage : d'un appareil camera pour enregistrer les comportements (gestes, les écrits, les propos verbaux) des enseignants et des apprenants ; d'un enregistreur de son pour recueillir les propos des enseignants et des apprenants ; des fiches pédagogiques des enseignants ; d'une fiche d'observation de classe dans un cadre physique et des

fiches de transcriptions des son et des vidéos enregistrés ; que nous avons choisi pour avoir facilement l'accès au travail.

3.2.3. Méthodes d'analyse des données :

Pour l'enseignement de la technologie, nous avons utilisé une méthode mixte c'est-à-dire quantitative et qualitative pour analyser les données fournies par les enseignants enquêtés et la méthode qualitative pour analyser celles obtenir par les observations de classes en s'appuyant sur les descripteurs de la double approche.

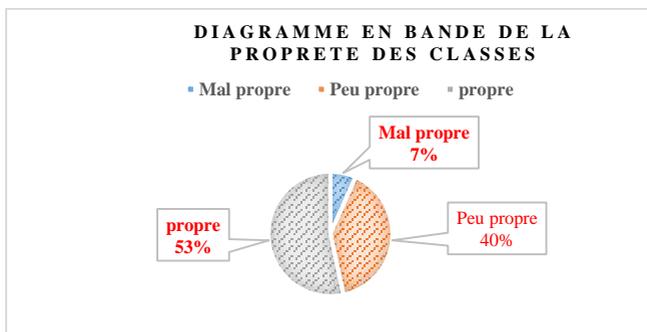
Pour l'enseignement de la partie physique, nous allons utiliser également une méthode mixte pour analyser les données fournies par des enseignants enquêtés et celles obtenues par les observations de classes en utilisant les mêmes outils. Ensuite nous ressortirons les démarches (technologique ou scientifique) et les types de théories exploitées par l'enseignant comme les théories du béhaviorisme, de cognitivisme, de constructivisme et de socio-cognitivisme pour accomplir sa mission. Enfin nous faisons usage de l'outil d'analyse des difficultés pour analyser leurs activités dans le but de rassembler les stratégies mise en place par les enseignants pour la résolution de ces difficultés.

Chapitre 4 : Les résultats

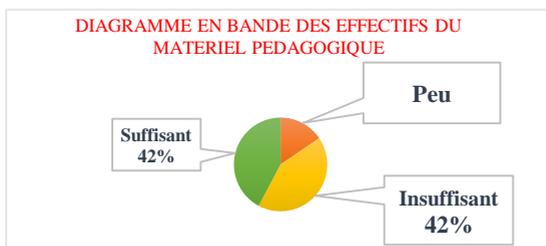
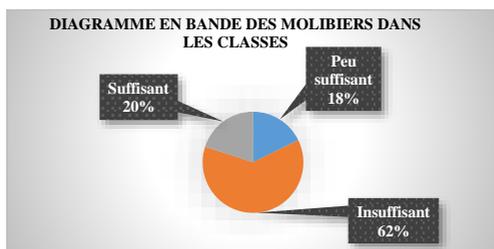
4.1.Résultats de la recherche par questionnaires :

4.1.1. Résultats sur des composantes sociales et institutionnelles :

Les informations collectées nous permettent de construire les diagrammes suivants :



Les établissements des enseignants enquêtés, sont majoritairement propres donc sains. Ils sont favorables à l’enseignement. Cela est conforme aux injonctions institutionnelles. Elles visent à avoir tous les établissements publics comme privés très propres sur toute l’étendue du territoire nationale.



Ces deux diagrammes montrent que les établissements des enseignants enquêtés ne sont pas bien équipés matériel didactique dont les mobiliers et le matériel pédagogique.

4.1.2. Résultats sur des composantes cognitives et médiatives des enseignants : en physique et en technologie :

En termes de composantes cognitives :

- Tous les enseignants ont reconnu que le concept d'énergie s'enseigne dans la SA1 et se rappellent de la liste du matériel de chauffage de l'eau par la combustion du butane pour la préparation de la bouillie. Ils maîtrisent le mode de transfert de la chaleur à l'eau lorsque le gaz est allumé.
- 40% des enseignants ont fait la pratique du « chauffage d'eau d'une température initiale à une température finale avec le gaz oryx » une fois au moins avec leurs apprenants.

En terme composantes médiatives :

- 40% des enseignants ont accepté que leurs apprenants rencontrent des difficultés lors du « chauffage de l'eau d'une température initiale à une température finale donnée avec le gaz oryx » tel que « manque de matériels, appréciation de la température ; calcul de la quantité de chaleur dégagée ou utilisée pour le chauffage ; de maîtrise de la manipulation ; Réglage de la flamme, activation. Donc ils amènent les apprenants à adhérer aux séances de classes grâce à leur capacité de négociation.

4.2. Résultats des observations de classe :

4.2.1. Résultats des travaux en technologie :

De la transcription des enregistrements vidéo de la séance de classe de l'enseignement de l'énergie technologie, nous obtenons :

- En termes de niveaux d'organisations des pratiques comme suit :

- **Au niveau micro** : les mouvements de l'enseignant de façons séquencées et ordonnées, ses gestes visuelles (les différents regards fixés vers les apprenants et les lieux de manipulation), son verbatim (le silence, usage de voix...), l'essai de manipulation fait par lui, ses interventions de groupe en groupe Sont des éléments qui ont permis à ce dernier d'amener chacun des apprenants, de chaque groupe, à contribuer efficacement à l'obtention des résultats concrets malgré des erreurs commises le long des manipulations dont les images sont les suivantes.



Prélèvement de l'eau



Versement de l'eau dans la casserole



Mesure de température initiale de l'eau



Mesure du volume initial du gaz à l'aide du baromètre



Réalisation de la flamme à l'aide d'une buchette d'allumette allumée



Réglage de la flamme au bleu



Eau bouillie et fermeture du chalumeau



Mesure de température finale de l'eau



Mesure du volume final du gaz



Notation des valeurs par les apprenants

- **Au niveau local** : l'enseignant n'est pas resté accolé à sa fiche pédagogique. Il a juste usé de ses préparations pour opérer la dévolution à l'étape du travail de groupe compte tenu de ses objectifs pédagogiques, du contenu

de sa fiche pédagogique et de la démarche pédagogique qu'il a certainement en tête. Cela a fait qu'il a su maîtriser le feu, une situation improvisée, pour empêcher l'incendie, un résultat imprévu. Et même il a pu utiliser ses connaissances théoriques pour valider les mesures non conformes retrouvées sinon, le handicap allait s'installer. Nous retenons que l'enseignant a fait une bonne gestion de ses improvisations. Encore qu'un groupe a mal pris les mesures ;

- Au niveau macro : l'enseignant, de scénario en scénario, a conduit sans ambiguïtés son enseignement du début jusqu'à la fin par une démarche technologique. Nous pouvons dire alors que les bonnes pratiques enseignantes ont été favorables à l'exercice de la paix scolaire dans la classe en situation jusqu'à la fin de validation des réponses trouvées par des groupes d'élèves sans rencontrer des difficultés remarquables dans la durée prévue. Ses activités préparatoires sont entrées dans l'accomplissement de sa fonction suivant une démarche technologique pour obtenir des produits matériels concrets qui est l'eau chaude. Les apprenants ont pu exprimer leurs savoirs-concrétiser dans ce cas.
- En termes des composantes de pratiques enseignantes comme suit :
 - Pour les composantes sociales : l'enseignant a pu gérer paisiblement sa classe malgré les bruits venant des classes voisines et des propos dérisoires sur l'usage de gaz de cuisine pouvant poser d'obstacle au processus. En somme les influences n'ont pas empêché l'enseignant dans le déroulement de ses activités et les apprenants à apprendre ;

- Pour les composantes institutionnelles : l'enseignant a fonctionné en suivant les prescriptions institutionnelles de la démarche technologique utilisée dans les activités. Le processus est organisé également suivant les phases introductives et de réalisations recommandées dans les guides et programmes ;
- Pour les composantes personnelles : les expériences professionnelles de l'enseignant dans la classe, son ancienneté, ses acquis académiques et son habillage ont été à son actif. Il a contribué à l'assurance d'une bonne gestion de classe. En effet sa personnalité a pesé surtout dans la validation des valeurs trouvées ;
- Pour les composantes cognitives : l'enseignant a fait preuve d'une maîtrise disciplinaire dans ces interactions avec les groupes d'apprenants en les conduisant à l'usage de l'énergie chimique produite par une interaction intramoléculaire entre butane et le dioxygène pour obtenir l'énergie thermique produite grâce à l'interaction intramoléculaire entre les molécules d'eau. Cette explication n'a pas été donnée ici mais au fond c'est ce que nous élaborons. Pour y arriver, l'enseignant dans ses pratiques, a conduit les apprenants à faire fonctionner l'outil de la séance c'est-à-dire le « concept d'énergie » de la première source (celle de l'énergie chimique) à la dernière (celle de l'énergie thermique) en déployant des comportements verbaux et non-verbaux basés sur les différentes méthodes d'utilisation des instruments de mesures (bouteille, thermomètre, baromètre), du matériel de cuisine (bouteille de gaz oryx, buchette d'allumette, casserole ou calorimètre) et sur les réactions de combustion complète puis de chauffage d'eau. La maîtrise des fonctionnements et des méthodes

d'utilisation de chacun de ces éléments ont été un atout favorable à la réussite de l'apprentissage aux apprenants d'une part et de l'enseignement à l'enseignant d'autre part ;

- Pour les composantes médiatives : les différentes préparations faites par l'enseignant et ses objectifs pédagogiques prédéfinis l'ont servi à être un vrai guide de la mise en situation des apprenants jusqu'à la fin de la séance. Il a donc évolué suivant le chemin tracé par l'approche pédagogique par projet qui classe l'enseignant en posture de médiateur lors de ses pratiques pédagogiques. Il a assuré librement les validations des notions enseignées et laissé les apprenants à apprendre d'eux-mêmes. Il y a eu le socioconstructivisme au cours de laquelle l'enseignant n'a fait qu'utiliser ces mouvements gestuels, ses verbes.

Les activités menées par les apprenants liées à :

- ✓ La maîtrise des savoirs de bases des énergies entrant dans la production de l'eau tel que les objets de mesures, la liste du matériel et leur rôle, les idées sur la finalité sont de volets épistémologiques ;
- ✓ L'utilisation des instruments de mesures (thermomètre, baromètre) et des différents objets, à l'enchaînement des actions tel que la mesure de volume d'eau ; la mesure de température initiale de l'eau ; l'allumage du chalumeau ; le réglage de la flamme au bleu ; le dépôt de la casserole sur le chalumeau ; l'obtention d'eau chaude à l'ébullition ; mesure de la température finale dans cet ordre d'actions : ces activités sont de volets didactiques.

Les stratégies déployées par l'enseignants pour conduire les activités d'ordre :

- ✓ Épistémologique des apprenants dont la validation du nom et des rôles des appareils des matériels, les choix de verbes, les regards sont d'ordre épistémologique.
- ✓ didactique dont la mise en situation, les déplacements permanents dans les groupes, le suivi des manipulations pour intervenir en cas de dangers ou de dérapages ; la validation des étapes ; l'exercice de la dévolution ; les gestes de mains, l'usage du verbatim, le contrôle des actions enchaînées ; la validation des résultats trouvés par étapes et du résultat final ; tout ceci grâce à ses préparations, ses routines pédagogiques et ses expériences professionnelles et autres, que nous avons détaillées dans analyses et interprétations : sont d'ordre didactique.

4.2.2. Résultats des travaux observés lors de l'enseignement de la physique :

Les transcriptions des enregistrements l'enseignement de la conversion de l'énergie chimique issue de la combustion en énergie thermique en physique nous ont permis de :

- Classer l'activité de classe de l'enseignant en deux phases qui sont l'introduction et la réalisation ;
- Dire que son introduction a manqué les objectifs pédagogiques et les élaborations procédurales. Ce qui a joué sur le temps d'enseignement qui a fait une heure vingt minutes (01h20min) au lieu de quarante minutes prévues. La gestion du temps dépend des objectifs et des procédures de les atteindre. Et Celui qui n'a pas suffisamment risqué de ne pas atteindre ses objectifs bien qu'ils soient définis. Dans cette condition la quantité de connaissances que doit acquérir l'apprenant sera faible.
- Subdiviser l'étape de réaction en trois séquences :

- La dévolution lors du travail de groupe. Cette partie les comportements de l'enseignant nous paraissent bons puisqu'il a laissé effectivement les apprenants affrontés l'épreuve en mettant à leur disposition l'activité qui va leur permettre d'apprendre d'eux-mêmes par le principe socioconstructiviste. Mais cela n'a pas marché à tous les niveaux. Il a été obligé d'apporter d'autres notions qu'ils ont emprunté pour effectuer le calcul de l'énergie thermique c'est-à-dire qu'il a fait appel au principe behaviouriste durant un temps court avant d'opérer une nouvelle dévolution ;
- La validation des résultats dans la période du travail collectif. C'est à ce niveau que l'enseignant a utilisé ses compétences professionnelles pour gérer les différentes difficultés des apprenants ;
- La régulation de la production où l'enseignant à certifier les résultats.

Ce découpage rejoint la théorie de situation didactique de Brousseau (1970). Grace aux outils d'analyse de la double approche didactique, que nous avons convoquée, nous trouvons :

En termes de niveaux d'organisations des pratiques comme suit :

- Au niveau micro : les mouvements de l'enseignant de façons séquencées et ordonnées, des gestes visuelles (les différents regards fixés vers les apprenants et aussi vers le tableau), les écrits au tableau, le verbatim (le silence, usage de voix...), les interventions de groupe en groupe lors des activités de groupe.... Sont des éléments qui lui ont permis d'enregistrer des erreurs commises par les apprenants, de connaître leurs difficultés et de développer des stratégies

pour assurer leurs corrections. Ce qui a vraiment fonctionné car enfin de séance les apprenants ont pris notes de la production finale sans aucune plainte.

- Au niveau local : Puisque l'enseignant n'a pas prévu des objectifs pédagogiques, des éventuelles difficultés à rencontrer, il a dû user des contenus de sa fiche pédagogique (voir en annexe) et des improvisations liées à ses expériences professionnelles, son ancienneté dans la classe, pour opérer jusqu'au bout la validation des productions. Puisque les éléments de réponses contenues sur sa fiche pédagogique ne contiennent pas les notions de mathématiques et les définitions qu'il a exploitées. C'est en réalité ce qui justifie des pertes de temps enregistré lors des travaux de groupes. Nous tirons comme leçon que les activités préparatoires de l'enseignant doivent prendre en compte les éventuelles difficultés et leurs stratégies de résolutions dans le but de faire une excellente gestion de classe. Sinon, nous avons constaté qu'à un moment donné, les apprenants de l'enseignant enquêtes étaient dépassés par des explications répétées et faisaient des gestes de désolation. Le climat de cette classe en ce moment est devenu non apaisé.
- Au niveau macro : l'enseignant de temps en temps fait recours à ses fiches pédagogiques pour valider les productions des apprenants lorsque c'est nécessaire. Ces préparations l'ont donc aidé surtout lorsque les apprenants ont omis la relation « $Q = m \times c \times (\theta_2 - \theta_1)$ », faussé les valeurs des énergies (énergie thermique, énergie perdue) et le bilan d'énergie. Seulement que dans ses pratiques il n'a pas su exploiter, la source de l'énergie c'est-à-dire « l'interaction entre les molécules d'eau, responsable de l'élévation de la température donnant naissance à l'énergie thermique de l'eau. S'il arrivait à donner cette explication

l'apprenant n'allait pas dire « le chauffage de l'énergie » comme si l'énergie est « un corps ». Elle ne l'est pas. L'énergie est une grandeur dont la perception nécessite la connaissance de son fondement, de sa source ou ressource de production, son expression, sa valeur et son unité. Néanmoins il a fait une bonne gestion de ses préparations pour amener les apprenants à donner sa définition, quelques formes, et faire le calcul de sa valeur qui fait l'objet d'étude ici.

- En termes des composantes de pratiques enseignantes comme suit :

- Pour les composantes sociales : l'enseignement n'est pas influencé par un poids social (les cultures du milieu, les culturels, les autres acteurs du système du collège...). Notons que le caractère nouveau des apprenants et leur effectif raisonnable dans la classe ont permis respectivement à l'enseignant d'avoir les réelles perceptions initiales des apprenants et d'évoluer efficacement dans le déroulement de la séance. Ainsi, les réponses des apprenants lors des contrôles vont refléter leur niveau de connaissance après l'apprentissage. En outre, la présence de redoublant pourrait contribuer à l'accélération exagérée de la séance et empêcher les nouveaux de rencontrer des difficultés donc d'apprendre.
- Pour les composantes institutionnelles : les productions validées et les propos de l'enseignant sont ceux prévus par l'institution dans les documents pédagogiques de la classe. Il a preuve dans ses pratiques du respect des contraintes et injonctions liées à l'exercice de sa fonction.
- Pour les composantes personnelles : Comme nous l'avons déjà souligné, la personnalité de l'enseignant compte tenue

de ses expériences professionnelles dans l'enseignement, son ancienneté la classe (03ans) et ses acquis académiques reconnus par son niveau d'étude (licence physique) a contribué également à sa gestion de classe sinon la séance serait bloquée à cause de la préparation partielle de son activité. En effet il a usé d'une routine rapide pour maintenir les apprenants sinon les relations mathématiques dont il a fait recours ennuyaient déjà les apprenants.

- Pour les composantes cognitives : l'enseignant a fait preuve d'une maîtrise disciplinaire dans ces interactions avec les groupes d'apprenants en donnant à chaque niveau les savoirs théoriques nécessaires comme le rappel de la valeur de la masse volumique ($\rho = 1kg/L$), le retour $Q = m \times c \times (\theta_2 - \theta_1)$ et le remplacement « chauffage d'énergie » par « chauffage de l'eau » pour donner suite à des jeux de questions-réponses entre l'enseignant et les élèves d'une part et les entre les apprenants d'autre part.



La gestion active de ces interactions a conduit les apprenants à faire fonctionner l'outil de la séance c'est-à-dire le « concept d'énergie » le long du processus.

- Pour les composantes médiatives : les exécutions des activités de classes avec les démarches méthodologiques de l'approche par projet ont permis à l'enseignants d'assurer librement les validations des notions enseignées dans chaque jeu d'apprentissage. Cette approche qui permet à l'enseignant de faire directement le travail de groupe sert aux groupes d'apprenants dans la phase de dévolution, à développer des compétences transdisciplinaires et

transversales (pensée critique, la coopération, le sens du développement...). Ce qui facilite chez chaque apprenant de passer de « niveau de connaissance N » inférieur à un « niveau de connaissance N' » supérieur sans l'intervention remarquable de l'enseignant et d'aboutir à un matériel concret enfin de l'enseignement. L'enseignant n'a fait qu'utiliser ses comportements verbaux mais aussi ses comportements non-verbaux (des mouvements gestuels, ses regards) pour aider, dans la posture d'un guide, les apprenants à la correction de quelques erreurs commises, enfin de lever leurs difficultés. Seulement qu'il n'a que dialogué sur l'aspect numérique du concept. Malgré qu'il ait fait fonctionner le concept, en tant que l'outil d'enseignement depuis la première question vers la fin par une stratégie objet d'enseignement-apprentissage purement scientifique, il n'a pas pu amener les apprenants à déduire son nom à partir de la source de production.

En résumé, grâce ces résultats, les actions liées à la :

- ✓ maîtrise des savoirs de bases de l'énergie reçue par l'eau pour se chauffer tel que: le rôle du thermomètre ; l'écriture des températures initiale et final de l'eau ; la formule de la variation de la température; l'expression de l'énergie reçue; la déduction des types de transformation et de transfert produit ; les écritures des valeurs calculées et les unités des grandeurs, la prononciation des termes et leurs écritures au tableau qui sont parfois erronées... : ces activités menées sont dites de volet épistémologique;
- ✓ traduction des expressions littérales en expressions numériques (pour les calculs de variation de température et de l'énergie dégagée); le respect de l'ordre des questions de la première habileté à la dernière pour finir avec la capacité concernant cette partie de physique ; l'utilisation des valeurs retrouvées lors des

expérimentations, le respect de l'organisation du tableau installé par l'enseignant, les partages d'informations entre camarade de groupe, l'acceptation de travailler en groupe ou en coopération, les soulèvements de mains pour corriger les réponses fausses produites au tableau par le rapporteur d'un groupe... sont les moyens, les techniques et les styles didactiques déployés par les apprenants : dont de volet didactique.

Conclusion :

L'enseignement-apprentissage par les démarches de l'Approche Pédagogique par Projet du concept d'énergie utilisées par les enseignés enregistrés a favorisé l'atteinte des objectifs fixés dans le cadre de ce travail de recherche parce que cette approche exige forcément les travaux en coopération organisés en des « groupes classes » et des travaux pratiques. Contrairement à celui effectué par les démarches de l'Approche Pédagogique par Compétences qui ont prévu, qu'à défaut des travaux pratiques, l'élaboration d'un support relaxant les résultats déjà obtenus issues peut-être d'un laboratoire servant d'éléments pour le déroulement de cours prévoyant des travaux individuels.

Nous retenons chez les deux catégories d'enseignants enquêtés les apprenants mènent leurs activités en deux volets dont le volet lié aux contenus disciplinaires désignés par le volet épistémologique et le volet lié à des méthodes, des techniques, des moyens d'apprentissage désigné par le volet didactique au cours du processus d'enseignement-apprentissage du concept d'énergie en physique comme en technologie. Ce qui confirme l'hypothèse formulée à la première question secondaire. Ensuite nous avons trouvé que les enseignants ont intégré dans leurs pratiques de classe deux éléments, aux

niveaux micro, local et macro, organisés suivant les cinq composantes (sociale, cognitive, institutionnelle, personnelle et médiative) de la double approche. Ces éléments, liés aux notions de bases de l'énergie, exploités par les enseignants pour conduire les activités épistémologiques des apprenants sont d'ordre épistémologique et ceux, liés à des méthodes, des techniques, des moyens et des styles convoqués par les enseignants pour conduire les activités de volet didactique des apprenants, sont d'ordre didactique. Ce qui vient confirmer la deuxième question secondaire formulée pour cette recherche.

Ces deux réponses nous permettent de dire qu'il existe effectivement deux stratégies pour rendre efficient, efficace et concret l'enseignement du concept d'énergie. Les stratégies conduisant à associer aux activités épistémologiques des apprenants, les éléments d'ordres épistémologiques des enseignants appelées stratégies d'ordre épistémologique et celles consistant à associer aux activités de volet didactique des apprenants, les éléments d'ordres didactiques des enseignants appelées stratégies d'ordre didactique. Ce qui confirme l'hypothèse élaborée à la question principale de cette recherche effectuée dans le cadre théorique de la double approche didactique et ergonomique. Cette manière d'organiser ce travail aboutissant à deux types d'activités des apprenants correspondant aux deux stratégies de pratiques enseignantes constitue l'outil d'analyse didactique que nous mettons à la disposition de la communauté des didacticiens du monde ; l'objectif fondamental de ce travail.

Pour finir, cette recherche faite avec d'autres cadre théorique pourrait donner d'autres résultats. Cependant, nous voyons que le fait de recommander aux enseignants de la recherche action de dérouler les séquences de cours par les démarches de l'Approche Par Projet et non Par Compétences a certainement favorisé l'aboutissement au produit concret enfin

de séance parce qu'obligatoirement le travail technologique en équipe s'est déroulé. Cette approche basée sur les groupes classes nécessite le développement des compétences en équipe pour la fabrication, l'utilisation ou la réparation d'un objet technique quel que soit le concept scientifique enseigné.

Bibliographie

Astolfi Jean-Pierre & Develay Michel (1989), la didactique des sciences. *Recherche & formation*, P.U.F., Paris.

Astolfi Jean-Pierre (1997), *l'erreur, un outil pour enseigner*. Paris : ESF éditeur ; p. 15.

Balian Roger (2013), dans « La longue élaboration du concept d'énergie » ; *Académie des Sciences : Institut de France*.

Ballini Pascal, Robardet Guy & Rolando

Michel Rolando (1997), l'intuition, obstacle à l'acquisition de concepts scientifiques - Propositions pour l'enseignement du concept d'énergie en première S, *Aster* n° 24. INRP, Paris, (p 81-112).

Brousseau Guy (1980), *la théorie des situations didactiques* ; Université de Montréal.

Brousseau Guy (1986), *fondement et méthodes de la didactique des mathématiques* Recherche en didactique des mathématiques. La Pensée Sauvage, Grenoble.

Brousseau Guy (1998), *théorie des situations didactiques*, la Pensée Sauvage, Grenoble.

Daunay Bertrand (2010 :11), *les concepts et les méthodes en didactique du français* : Presses universitaires de Namur, ISBN978-2-87037-732-1, France.

Douady Régine (2005), L'enseignement des mathématiques face aux défis de l'école et des communautés. *La Dialectique Outil-Objet (DOO).EMF-INIGE*. Centre inter facultaire de formation des enseignants ; Université de Liège.

Driver Rosalind et Warrington Lynda (1985-1986). "*Students' use of the principle of energy conservation in problem situations*", in *Physics Education*, Vol.20, pp. 171-175.

Dunod Flückiger (2005), *Ruptures et continuités en éducation : aspects théoriques et pratiques*.

Durkheim Emile (1911), *Reproduit dans L'Éducation, sa nature, son rôle, in Éducation et sociologie*, PUF, coll. Quadrige, p. 51).[1] : Paris, PUF.

Einstein ALBERT (1905), Le principe d'équivalence masse – énergie, relativité restreinte, Uim : revue *analen der Physik* (volumes 17 et 18).

Estelle Lacona, Jean Taine et Bernar Tamain (2013) ; *Généralités sur l'énergie, mémento sur l'énergie*, CEA, (édition 2013).

Ferdinand Buisson (1887), histoire de l'éducation ; *Inspecteur Général de l'instruction publique « science de l'éducation, tant physique » (Dictionnaire de pédagogie, col. 2 238 a)*.

Feynman Richar (1963/1999), *Le cours de physique de Feynman*, Mécanique 1. Paris

Helmholtz Henri (2017). *Didactique et pédagogie: deux sciences complémentaires*. La lettre du CEDIP.

Hervé Nicolas (2014), *la construction du concept d'énergie en cours de physique : analyse d'une pratique ordinaire d'enseignement*, RDST [En ligne], 10 | 2014, mis en ligne le 31 décembre 2016, consulté le 21 mars 2017. URL : <http://rdst.revues.org/942> ; DOI : 10.4000/rdst.942© Éditions.

Hosson de Cécile et Christian Orange (2019), les résultats des recherches en didactique des sciences et des technologies : quelle validité et à quelles conditions ; *RDST* ; p9-19 : France.

Khanh-Hang Bui (2005), *Une étude didactique de la vie de l'Énergie dans l'enseignement de la Physique, en France et au Vietnam*, Thèse de doctorat, Grenoble 1, Université Joseph Fourier, p. 288.

Klein Etienne (2017), Vidéo abordant les grandes étapes historiques de l'émergence du concept d'énergie et l'évolution de ce concept. Eclairage, directeur de recherche au CEA.

Koliopoulos Didaskalia & Ravanis Konstantinos (1998), *L'enseignement de l'énergie au collège vu par les enseignants. Grille d'analyse de leurs conceptions*, ASTER, n°26, Paris, INRP, pp.165-182.

Lemeignan, G., Weil-Barais, A. (1992). *L'apprentissage de la modélisation dans l'enseignement de l'énergie*, Paris, LIRESPT, INRP, pp.171-231.

Michoagan Midingoï (2019), *difficultés des apprenants à apprendre la notion d'équilibre en classe de 3^e Théorie des difficultés*, mémoire de master 2, soutenu le 13 Mai à IMSP, Dangbo : Bénin.

Ministère de l'Education Nationale (2012), *les ressources sur l'énergie : énergie les cinquante prochaines années ; Eduscol Informer et accompagner les professionnels de l'éducation : France.*

Niels Bohr (1913), « *On the constitution of Atoms and Molecules. Part I - Binding of Electrons by Positive Nuclei* », Philos. Mag. séries 6, vol. 26, juillet 1913, p. 1-24.

Planck Max et Einstein Albert (1900-1905), *l'hypothèse de la quantification de l'énergie dans le phénomène du Richelle M, corps noir, Allemengne- suisse.*

Poincaré Henri (1902/1992) ; *La science et l'hypothèse* ; Paris Ernest fFammarion, éditeur 26, racine, 26 1917.

Ravanis Dimitris (1998), l'enseignement de l'énergie au collège vu par les enseignants. Grille d'analyse de leurs conceptions ; *La revue Aster*, ENS de Lyon Revue française de pédagogie 15 parvis René-Descartes BP 7000 69342 LYON CEDEX 07.

Robardet Guy (1995), *didactique des sciences physiques et formation des maîtres : contribution à l'analyse d'un objet naissant*, Thèse, Grenoble 1.

Robert Aline (2002), *la double approche didactique et ergonomique Méthodologie de recherche* . Université de Cergy Pontoise, France.

Robert Aline (2008). La double approche didactique et ergonomique pour l'analyse des pratiques d'enseignants de mathématiques ; Université de Cergy Pontoise :France.

Robert Aline et Rogalski (2002), méthodologie de recherche de la double approche ergonomique et didactique, Université de Cergy Pontoise.

Roméo Campos et José Delgado (2006), *Ecologia: una mirada desde los sistemas Pontificia Universidad Javeriana*, 2006 - 412 pages.

Rousseau Jacques. et al (1995-1996), spécificité et dénéation de la pédagogie *Revue française de pédagogie* 1997, JSTOR.

Tiberghien (1996), construction of prototypical situations in teaching the concept of energy. In G. Welford, J. Osborne, & P. Scott (Eds.), Research in.

Trellu Jean-Loui et Toussaint Jacques. (1986), la conservation, un grand principe ; *La revue Aster*, ENS de Lyon *Revue française*, no 2, 43.

Vanturini et Virginie (2014), la construction du concept d'énergie en cours de physique : analyse d'une pratique ordinaire d'enseignement.