

Pierre Baligue Diouf, Ibrahima Diouf

UN EXEMPLE DE TRANSPOSITION DIDACTIQUE EN ENSEIGNEMENT DES SVT : LA FERMENTATION DU LAIT, SOURCE DE MOTIVATION POUR LES APPRENANTS EN CLASSE DE 3^{ème}, DU CYCLE MOYEN GÉNÉRAL SÉNÉGALAIS

Résumé

Au Sénégal, même si c'est rarement que les enseignants et les conditions pédagogiques offrent, aux élèves, la possibilité de pratiquer des expériences, ces derniers expriment souvent leur enthousiasme.

Dans cette recherche, nous avons traité un exemple de transposition didactique pour l'enseignement des SVT, la fermentation du lait, qui est source de motivation pour les apprenants en classe de 3^{ème} du cycle moyen général sénégalais. Partant d'une exploration du programme officiel, nous avons conçu et proposé un protocole expérimental, sur la fermentation lactique, soumis aux élèves de 3^{ème} de deux collèges et deux lycées dans les Inspections d'Académie (IA) de Dakar et Saint-Louis du Sénégal. Cette recherche nous a permis de découvrir que l'enthousiasme et la motivation suscités auprès des élèves, d'une part, par la mise en œuvre de ce protocole expérimental, et d'autre part, par les résultats obtenus, ont fini de démontrer que la pratique expérimentale permet de rendre plus authentiques les enseignements-apprentissages des sciences.

Mots clés : Enseignement ; Expérimentation ; Fermentation lactique ; Protocole expérimental ; Transposition didactique.

Abstract

In Senegal, even if teachers and educational conditions rarely offer students the opportunity to practice experiments, the latter often express their enthusiasm.

In this research, we have treated an example of didactic transposition for the teaching of SVT, the fermentation of milk, which is a source of motivation for learners in the 3rd class of the Senegalese general middle cycle. Starting from an exploration of the official program, we designed and proposed an experimental protocol on lactic fermentation to 3rd grade students from two colleges and two high schools in the Academy Inspections (IA) of Dakar and Saint-Louis in Senegal. This research allowed us to discover that the enthusiasm and motivation aroused in the students, on the one hand, by the implementation of this experimental protocol, and on the other hand, by the results obtained, ended up demonstrating that experimental practice can make science teaching-learning more authentic.

Keywords : Didactic transposition ; Lactic fermentation ; Experimental practice ; Experimental protocol ; Teaching.

Introduction

Longtemps, les sciences ont eu à jouer, dans l'essor des sociétés humaines, un rôle considérable attesté depuis plusieurs siècles. Ainsi, les sciences ont été à l'origine de certaines inventions, des formes d'organisations économiques, sociales et politiques les plus spectaculaires que le monde ait connues. D'où l'importance que devraient avoir les études, en général, et l'enseignement des sciences, en particulier, dans tout système éducatif (Tatchou, 2010). Toutefois, la société aura beau avoir besoin de bien plus de spécialistes dans le domaine des sciences, et que les élèves auront beau être renseignés sur les possibilités qu'offre une formation scientifique, il est toujours étonnant de noter, pour le regretter, avec Marie Larochelle et Jacques Désautels (1992), cités par Gustave Noupét Tatchou (2010) que « les élèves, lorsque la filière scolaire le leur permet, évitent soigneusement les sections scientifiques » (p. 8).

En sciences expérimentales, « l'élaboration et la validation des modèles ou des théories scientifiques s'appuient principalement sur l'expérience. Il y a une obligation de mise en regard de la théorie et de l'expérience » (Kane, 2011, p. 2). Pour ce didacticien des sciences, les rôles respectifs de la théorie et de l'expérience dans l'élaboration du savoir savant ont été une préoccupation importante des épistémologues et des théoriciens des sciences expérimentales.

Toutefois, même s'il faut reconnaître que le constat est général à propos du consensus des enseignants, sur l'importance de l'expérimentation en sciences, la pratique n'est pas, pour autant, fréquente.

C'est pourquoi, Maryline Coquidé (2003) écrit :

« Les enseignants soulignent volontiers l'importance des expériences dans l'enseignement scientifique, mais plusieurs enquêtes témoignent de leur désarroi pour les conduire, et leurs propos expriment des difficultés à effectuer des choix alternatifs dans leurs modes d'intervention pédagogique. À y regarder de plus près, le consensus des acteurs sur l'importance des « expériences » dans un apprentissage scientifique ne semble qu'apparent » (p. 153).

Par ailleurs, Ansoumana Sané (2009) souligne ce qui suit.

« Dans un pays en développement comme le Sénégal, il n'y a probablement plus rien à démontrer ni plus personne à convaincre quant à l'importance du rôle des sciences et de la technologie dans la stratégie de développement socioéconomique d'une nation. Il nous faut en revanche souligner le décalage qui existe généralement entre la reconnaissance de ce rôle assortie de déclarations d'intention et ce qui est effectivement mis en œuvre au niveau du système éducatif » (p. 67).

Pourtant, au Sénégal, même si c'est rarement que les enseignants et les conditions pédagogiques offrent, aux élèves, la possibilité de pratiquer des expériences, ces derniers expriment souvent leur enthousiasme à pratiquer des expériences ou à mettre en pratique leurs acquis (Kane, 2011).

Dans cette recherche, nous avons proposé un exemple de transposition didactique dans les pratiques d'enseignement des SVT : la fermentation du lait, comme source de motivation pour les apprenants en classe de 3^{ème} de l'enseignement moyen général sénégalais. Ainsi, nous nous fixons comme objectif de montrer comment l'on peut, à partir de la transposition didactique des pratiques sociales de référence, mettre en œuvre un objet d'enseignement sur la fermentation lactique, permettant de rendre motivant et authentique l'apprentissage des SVT.

Pour ce faire, notre travail est structuré en quatre grandes parties. Après avoir abordé la problématique sur la place de la pratique dans l'enseignement sénégalais des sciences expérimentales, en partant du cas des SVT, dans la première partie, nous avons procédé à une clarification des concepts clés, dans la seconde partie. Dans la troisième partie, correspondant à la méthodologie de la recherche, nous avons procédé à une exploration du document de programme officiel pour ressortir la place de la fermentation lactique et la recommandation sur la réalisation d'un montage expérimental sur la production du yaourt. Nous avons ensuite proposé un protocole expérimental, sur la fermentation lactique du glucose, que nous avons expérimenté continuellement avec des élèves de quatre (04) établissements scolaires (collèges et lycées) du Sénégal, durant les années 2013 à 2022.

La quatrième et dernière partie, suivie de la conclusion, porte sur la discussion des résultats, débutée par une brève interprétation des résultats issus de la fermentation lactique, réalisée avec et par les apprenants de ces établissements.

1. La place de la pratique dans l'enseignement sénégalais des sciences expérimentales : le cas des SVT

La problématique de la pratique dans les enseignements-apprentissages, surtout en sciences expérimentales, a toujours été un défi majeur pour les milieux scolaires africains, en général, et pour l'école sénégalaise, en particulier. La théorie a longtemps occupé, et continue d'occuper, une place confortable dans les enseignements-apprentissages des sciences. Pourtant, de par la nature des savoirs disciplinaires retenus, dans les programmes scolaires, grâce à la transposition didactique, et de par leurs racines épistémologiques, les sciences expérimentales telles que les sciences physiques (SP), la chimie et les sciences de la vie et de la terre (SVT) offrent de bonnes occasions de pratique et d'expérimentation, aussi bien aux enseignants qu'aux enseignés.

Une petite réflexion épistémologique nous permet de signaler, avec Michel Develay (1995), que les sciences expérimentales et/ou de la nature sont des sciences empirico-formelles dont l'objet de savoir porte sur des êtres réels (sensibles et insensibles). Ces sciences ont une vision probabiliste des événements, et ont une vérité de nature statistique. Contrairement à une discipline comme la philosophie, un simple raisonnement déductif est insuffisant, en sciences expérimentales. Leurs approches sont basées, plutôt, sur des méthodes hypothético-déductives pour vérifier la conformité des modèles explicatifs, qu'elles proposent par rapport au réel (Develay, 1995).

Certains objectifs des programmes scolaires prescrits recommandent assez suffisamment, et assez souvent, aux enseignants de sciences expérimentales d'intégrer, dans leurs pratiques de classe, des travaux pratiques et des expériences qui suscitent toujours, d'après notre expérience professionnelle, un intérêt et un apprentissage authentique chez les apprenants. Car l'étude de Saliou Kane (2011) révèle que « malgré les difficultés réelles d'apprentissage liées en partie au manque d'expérience, le rapport à l'expérimental et à la science de l'élève reste favorable » (p. 1).

Dans le programme des SVT (mai 2008) de la classe de 3^{ème} du cycle moyen général sénégalais, la commission nationale des programmes prescrit aux enseignants de proposer une situation qui permettra aux élèves de « réaliser un montage expérimental pour la production de yaourt, à partir d'un protocole » (MEN, 2008, p. 48). Cet objectif didactique se trouve dans la leçon n° 5 intitulée : « *La fermentation, un autre moyen de se procurer de l'énergie* ».

Un tel objectif indique explicitement qu'il s'agira, pour le professeur de SVT, de placer les apprenants dans une situation qui leur permettra de mettre en œuvre un protocole expérimental pour la production du yaourt ou du lait caillé. Toutefois, les prescriptions du programme n'indiquent pas explicitement comment concevoir un tel protocole. De plus, il n'est pas fréquent de rencontrer dans les manuels scolaires un tel protocole d'expérimentation. Par contre, il est fréquent ou même quotidien, pour les élèves, de voir dans leur environnement de vie, leurs parents pratiquer des fermentations lactiques ou alcooliques, lors de certaines cérémonies ou pour en revendre ou encore de voir des vendeurs de lait caillé un peu partout dans les quartiers urbains. C'est pourquoi, les professeurs de SVT doivent faire un effort de transposition didactique, afin de concevoir un protocole expérimental à partir de ces pratiques sociales de référence. Pour ce faire, le professeur de SVT, s'inspirant de telles pratiques sociales ou enquêtant, ou mieux demandant aux apprenants d'enquêter auprès de la société (vendeurs de lait caillé, industries laitières, parents, etc.), peut élaborer un protocole expérimental pour la production du lait caillé. La mise en œuvre d'un tel protocole permettrait, non seulement, de susciter la motivation des élèves, mais de donner l'occasion à l'enseignant de placer le sujet d'étude dans un

contexte qui a une signification pour l'élève (Thiaw, s.d). Ici, Ousmane Sy (2016, 2019) parlerait de « *pratiques enseignantes effectives* » qui sont porteuses d'intérêt pour les élèves.

Dans un tel cas, c'est une véritable transposition didactique qu'opère le professeur de SVT, car il fera passer le savoir issu de pratiques sociales de référence (ici la fermentation du lait dans la société) à un savoir enseigné (et appris) (Arénilla, Gossot, Rolland, & Roussel, 2002).

Mais comment, à partir des pratiques sociales de référence et du savoir à enseigner prescrit dans le programme de SVT de l'enseignement moyen général sénégalais, peut-on opérer une transposition didactique permettant de mettre en œuvre un protocole expérimental pour la fermentation du lait, en classe de 3^{ème} ?

Avant d'apporter des éléments de réponse à une telle question, il nous paraît important de clarifier certains concepts liés aux champs conceptuels de transposition didactique, d'expérience et d'expérimentation, et à celui de fermentation.

2. Clarification de quelques concepts clés

2.1. Transposition didactique

Dans le contexte scolaire, « le programme est la prévision de ce qui doit être étudié à un niveau donné, dans une discipline donnée, dans un temps donné » (Arénilla & al., 2002, p. 233).

Au **plan didactique**, tout programme scolaire est le fruit d'une **transposition didactique**.

La **transposition didactique** peut être définie comme étant un processus de transformations idéologiques et d'adaptations techniques, par lesquelles les savoirs (savoirs savants, valeurs et pratiques sociales de référence, etc.) passent de leur niche, ou milieu originel, à ce qu'on en retient dans les objectifs et les programmes pour l'école, puis à ce qu'il en reste dans les contenus effectifs de l'enseignement et du travail scolaire de l'enseignant, et enfin - dans le meilleur des cas - à ce qui se construit dans la tête d'une partie des élevées (Verret, 1975 ; Chevallard, 1991 ; Develay, 1992 ; Arzac & al. 1994 ; Raisky & Caillot, 1996, cités par Arénilla & al., 2002).

Les programmes, de par leurs contenus, structuration, volume et caractère prescriptif, font partie des sujets qui génèrent le plus de débats passionnants chez les acteurs de l'école voire de la société. Selon Louis Arénilla et al. (2002, p. 233), « la question des programmes scolaires est une question passionnelle parfois, qui agite l'opinion publique autant que chez les professionnels de l'enseignement. »

Les sujets de ces débats portent essentiellement sur la mise en cause des programmes qui se justifie si l'on y voit la *mise en débat* de la transposition didactique (externe) (Chevallard, 1986).

Un programme étant à première vue un catalogue de thèmes ou leçons d'enseignement ; mais, à des variations secondaires près (souvent surinvesties par les enseignants, qui tentent d'y loger leur « personnalité » en exprimant à travers elles leur singularité), le mode de traitement didactique de ces thèmes (c'est-à-dire ce que l'enseignant fera, dans la classe, à propos de ces thèmes) s'impose à l'enseignant, déterminé et surdéterminé qu'il est par le processus de transposition didactique interne. La vérité cruelle est que finalement, personne (rédacteur du programme et enseignant craie en main) n'échappe à la transposition didactique (Chevallard, 1986).

De cet intéressant exposé de Yves Chevallard (1986), nous voyons apparaître deux types de transposition didactique - externe et interne -qui vont engendrer respectivement deux types de programme : **prescrit et enseigné**.

« [...] Les programmes officiels, loin d'être le produit d'une lente accumulation des savoirs, sont en fait la résultante d'un processus de sélection et de réorganisation permanentes au sein de la culture, qui passe par des luttes entre groupes (politiques, administratifs, enseignants, usagers), ayant des intérêts propres à défendre » (Duru-Bellat & Van Zanten, 1992, cités par Losego, 2014, p. 10).

Voilà, ce qui est, le plus souvent, source de débat au sein des, et entre les, acteurs (ici les membres de la commission des programmes) de cette transposition didactique externe et ceux de la transposition didactique interne (ici les enseignants craie en main et tous ceux qui sont appelés à mettre en œuvre un tel programme). En somme, les concepteurs du programme scolaire manipulent les objets de savoir de référence (savoir savant, valeurs et pratiques sociales) pour obtenir et retenir des « *savoir à enseigner* ».

Ainsi, à l'arrivée, les enseignants craie en main, par le fait de la transposition didactique à la fois externe (lors de la préparation des leçons, hors de la classe) et interne (à l'intérieur de la classe), « transforment » le programme prescrit en **programme enseigné**. Ils agissent sur le « *savoir à enseigner* », consigné dans le texte du programme, pour avoir un « *objet d'enseignement* ».

Le processus de transposition didactique, caractérisé par ces transformations des savoirs à différents niveaux, et qui aboutit à la mise en œuvre d'un objet d'enseignement, peut être illustré par la *figure n° 1* suivante.

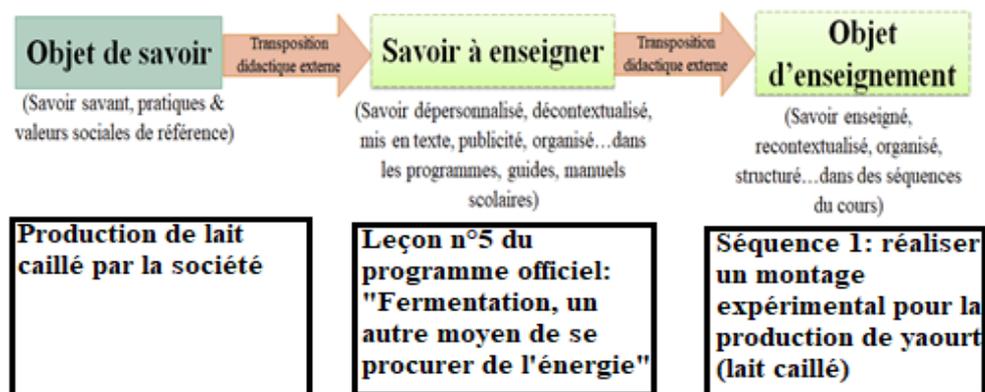


Figure n° 1 : mise en œuvre d'un objet d'enseignement par la transposition didactique

Source : modèle inspiré de Chevallard (1991) et de Develay (1995)

Une fois conçu par l'enseignant, par le moyen de la transposition didactique externe, l'objet d'enseignement doit "atterrir" dans la classe, afin d'engendrer, grâce à la transposition didactique interne qu'opère l'enseignant avec la collaboration des apprenants (via le contrat didactique), un savoir (ou programme) vécu ou enseigné (et puis appris).

Ainsi, le savoir enseigné peut-être textuellement l'objet d'enseignement- sans différence- mais le travail de transposition didactique interne et les interactions avec les élèves peuvent amener l'enseignant à modifier et adapter ce qu'il avait prévu d'enseigner – qu'est l'objet d'enseignement. En revanche, si tout se passe comme prévu l'objet d'enseignement sera le même que le savoir enseigné.

Donc, ce dernier est le fruit de la transposition didactique interne résultant, ainsi, du processus de transformations et d'adaptations techniques, environnementales et circonstanciennes des savoirs ou objet d'enseignement, depuis la fiche de préparation de l'enseignant, à ce qui est réellement effectué, à l'intérieur de la classe. Il engendre à son tour le **savoir appris** c'est-à-dire, au meilleur des cas, ce qui se construit dans la tête des élèves (Verret, 1975 ; Chevallard, 1991 ; Develay, 1992 ; Arzac & al. 1994 ; Raisky & Caillot, 1996, cités par Arénilla & al., 2002).

La transposition didactique interne serait, donc, ce qui se fait, sur l'objet d'enseignement, à l'intérieur de la classe, par l'enseignant lié par contrat didactique avec ses élèves. Toutefois, il est important de souligner que l'enseignant, dans son exercice de transposition - externe comme interne – ne doit pas se figer et se limiter au savoir à enseigner. Il doit avoir un regard critique sur le savoir originel de référence et les transformations et adaptations qu'il a subies, pour devenir du savoir à enseigner, consigné dans le programme. Un tel regard critique lui permettra d'apporter des améliorations et d'autres adaptations par rapport à la qualité et à la distance

épistémologiques que ce dernier a, en regard du savoir savant de référence, et/ou à la rigueur didactique et didaxologique qu'il garde par rapport aux valeurs et pratiques sociales de référence. Dans le cas de la fermentation, en pratiquant la production de yaourt, le profane de la société peut ne pas comprendre qu'il inocule des bacilles inoffensifs dans le lait. Il peut ignorer également qu'il y a production d'énergie par et pour ces bactéries.

Ainsi, le travail de transposition didactique qu'effectue l'enseignant s'inscrit et s'adosse, en amont et en aval, dans un cadre didactique beaucoup plus large. Ce cadre est caractérisé par deux axes d'activités - selon le type de savoir originel de référence –de didactisation du savoir savant universitaire et d'axiologisation des valeurs et pratiques sociales.

La **figure n° 2** suivante illustre les différentes activités de didactisation et d'axiologisation qui s'opèrent autour des savoirs de référence.

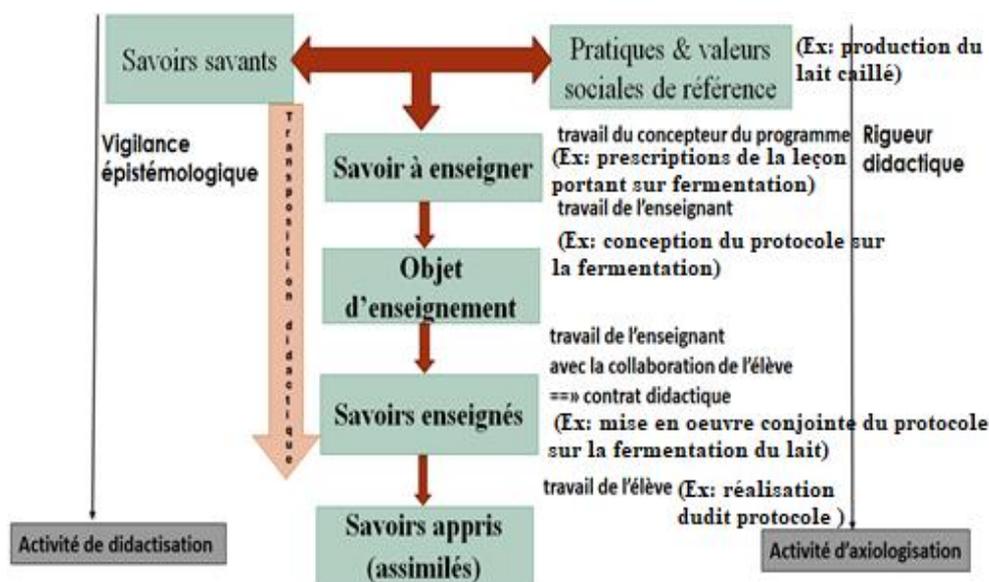


Figure n° 2 : activités de didactisation et d'axiologisation autour du savoir

Source : adapté de Develay (1995, p. 27)

Si l'axe des activités de didactisation doit être caractérisé par une vigilance épistémologique, permettant de garder une distance acceptable du savoir scolaire par rapport au savoir savant, l'axe des activités d'axiologisation doit être caractérisé par ce que nous appelons la rigueur didactique qui permettra à l'école d'éviter au savoir scolaire d'être frappé de banalité, (Chevallard, 1991; Develay, 1995), qui les confond aux pratiques sociales, mais aussi de mal subir les « caprices » de la « noosphère » au sens de Yves Chevallard (1991). Ce qui fragiliserait la légitimité du travail de l'enseignant car les parents d'élèves se diront qu'ils pourraient aussi remplacer l'enseignant, c'est juste qu'ils n'ont pas de temps (Develay, 1995; Chevallard, 1991). Selon Yves Chevallard (1991) c'est ce qui avait motivé l'apparition des opérateurs,

en mathématique, pour substituer les quatre opérations que les parents pouvaient aussi faire au même titre que l'enseignant. Dans le cas de la fermentation, l'enseignant pour donner, avec ses élèves, l'explication biologique de la dégradation incomplète du glucose par les bactéries lactiques, en milieu anaérobie. Mais aussi montrer qu'il existe des microbes inoffensifs voire utiles.

2.2. Expérience et expérimentation

D'emblée, il faut signaler avec Maryline Coquidé (2003, p. 6) que « la polysémie du mot « expérience » peut entretenir une confusion et un flou sur ses missions éducatives. Elle « relève en effet deux significations sensiblement contrastées, selon que l'on parle d'avoir de l'expérience (cumulation empirique) ou de faire une expérience (validation d'une hypothèse). L'anglais dispose à cet effet de deux mots différents : *experience* et *experiment* » (Coquidé, 2003, p. 6).

Le même auteur (Coquidé, 2003) poursuit, en posant une importante question à laquelle il apporte une réponse éclairée sur le type d'expérience et d'expérimentation que nous préconisons dans cette étude.

« S'agit-il donc de multiplier des références empiriques ou bien d'envisager un rôle de démonstration dans une construction intellectuelle ? Si l'on veut désigner l'expérience vécue, au sens philosophique de l'épreuve, de la pratique du tâtonnement empirique, on fera par exemple vivre aux élèves un ensemble de situations pour fonder une référence partagée par la classe. Si l'on veut désigner l'expérimentation du scientifique, au sens de la mise à l'épreuve d'une proposition, on mettra au point un protocole dans une démarche de validation de modèle théorique (p. 6). »

C'est dans le second cas (« faire une expérience » selon Maryline Coquidé (2003, p. 6)) que se situe notre travail : l'expérimentation du scientifique que nous transposons dans le cadre scolaire.

Donc, de façon générale, en pédagogie et recherche, l'expérience est un « contact direct avec un objet ou un phénomène, qui contribue à l'élargissement des connaissances et des habiletés d'une personne » (Legendre, 1993, p. 595).

En sciences expérimentale et conformément à notre travail de recherche didactique, les définitions proposées par les auteurs tels que Gérard Fourez (1992) et Michel Develay (1989), tous cités, respectivement, par Gustave Noupé Tatchou (2010, p. 89) nous paraissent plus opérationnelles :

L'expérience c'est une « occasion de tester ce qu'une théorie permet de réaliser, elle donne un pouvoir-faire, elle ouvre à l'action. C'est « la face visible d'une activité intellectuelle souterraine généralement beaucoup plus

riche et dont elle ne conserve qu'une partie. L'expérience est le produit du processus d'expérimentation. »

Quant à l'expérimentation, qui constitue une des étapes classiques de la démarche expérimentale ou scientifique (OHERIC évolué en OPHERIC, puis THEORIC et en DiPHTeRIC)¹, c'est un processus qui commence par l'émission d'une hypothèse et qui finit par la réalisation d'une expérience et l'analyse des résultats » (Develay, 1989, cité par Tatchou, 2010, p. 96).

Ce travail de recherche, allant de l'observation des pratiques sociales de référence, sur la fermentation du lait, jusqu'à l'interprétation des résultats issus de l'expérimentation de notre protocole expérimental, passant par la conception de ce dernier, rentre dans cette démarche expérimentale.

2.3. Fermentation

D'une manière plus didactique et opérationnelle, la fermentation peut être définie comme un processus biochimique de modification ou transformation de substances organiques (exemple : glucose) sous l'action d'enzymes produites par des microorganismes (exemples : bactéries lactiques, levures...) dans le but de se procurer de l'énergie, souvent en absence de dioxygène (en anaérobiose).

Certains de nos aliments et boissons proviennent de fermentations : **bière**, **vin**, **cidre**, et autres **boissons alcoolisées** sans oublier le **pain**, les **fromages**, les **yaourts**, ainsi que le **vinaigre**.

Les légumes et fruits contiennent des sucres fermentescibles qui, placés en anaérobiose, subissent une fermentation. Les microorganismes telles que les bactéries lactiques et les levures fermentent les sucres qu'elles transforment en acide lactique (fermentation lactique), en acide acétique ou vinaigre (fermentation acétique) ou encore en alcool éthylique ou éthanol (fermentation alcoolique).

Donc, on peut distinguer trois types de fermentations : la **fermentation lactique** (assurée par les bactéries lactiques), la **fermentation alcoolique** (assurée par les levures de bière, en anaérobiose) et la **fermentation acétique** (assurée par la levure, en anaérobiose, puis par un *Acetobacter* aérobie).

¹ Associé aux travaux de Claude Bernard, le modèle **OHERIC** = Observation, Hypothèse, Expérience ou Expérimentation, Résultats, Interprétation, Conclusion. Critiqué pour son caractère **stéréotypé laissant croire que l'observation des phénomènes est neutre sans refléter le processus de production des savoirs dans le domaine des sciences**, des auteurs (Giordan, 1976 ; Clément, 1998 ; Cariou, 2009) ont suggéré des **adaptations de ce modèle OHERIC pour répondre aux critiques précédentes** (Hasni et Samson, 2007, 2008). Le modèle **THEORIC** (Clément, 1992) propose de souligner le **rôle des théories scientifiques (T)** dans la formulation des hypothèses (H) avant l'expérimentation (E) et l'observation (O). Le modèle **OPHERIC** (Giordan, 1976) considère la place importante à accorder à la **construction du problème (P)** comme préalable à la formulation des hypothèses (H) ; et le modèle **DiPHTeRIC** (Cariou, 2009) considère l'**importance des données initiales (Di)** dans la construction du problème (P) et la mise en place d'une démarche permettant de tester **(Te) l'hypothèse**.

Un point commun à toutes ces fermentations est qu'elles se déroulent en l'absence de dioxygène, en **anaérobiose**.

La fermentation lactique est la transformation et la dégradation incomplète du glucose, par des bactéries lactiques, en anaérobiose, aboutissant à la formation d'acide lactique et à la libération d'énergie nécessaire à la multiplication de ces bactéries.

La fermentation lactique est utilisée dans l'industrie laitière pour la fabrication des produits laitiers tels que les fromages et les yaourts.

Par ailleurs, quand il y a manque d'oxygène, les cellules musculaires peuvent pratiquer la fermentation lactique pour se procurer de l'énergie.

Dans cette recherche, c'est cette fermentation lactique qui retient notre attention.

3. Matériels, Méthodes et Résultats

3.1. Pour l'élaboration du protocole expérimental

3.1.1. Matériel et Méthodes

Le document de programme officiel des SVT (mai 2008) est la principale référence qui sert de matériel pour cette recherche. Dans ce document, nous nous sommes intéressés au programme de la classe de 3^{ème}, plus précisément au chapitre n°5, selon l'organisation et la structuration prescriptives des savoirs à enseigner dans ledit document.

Pour le document du programme, nous avons effectué une exploration de son contenu. Ceci nous a permis de relever les compétences méthodologiques et les objectifs didactiques, du chapitre « *la fermentation, un autre moyen de se procurer de l'énergie* », qui doivent faire l'objet de transposition didactique. C'est ainsi que, concernant la première séquence portant sur « exemples de fermentation » dont *la fermentation lactique*, nous avons identifié la compétence et l'objectif spécifique suivants.

***Compétence**

Réaliser : mettre en œuvre un protocole expérimental.

***Objectif spécifique** : réaliser un montage expérimental pour la production de yaourt, à partir d'un protocole.

A partir de ces prescriptions du programme (compétence et objectif), nous avons effectué des recherches, sur la production du yaourt, qui nous ont conduit vers la découverte d'un mode de production de yaourt proposé par une industrie laitière. Lequel mode se trouve sur le sachet d'emballage du paquet de lait en poudre de 500 g de cette industrie (que nous taïrons le nom pour ne pas tomber dans la publicité gratuite). Par ailleurs, nous avons effectué des observations de pratiques sociales de référence, auprès d'un

vendeur de lait caillé, à Dakar, que nous avons interrogé sur le mode de fabrication du lait fermenté qu'il vend.

Pour la démarche proposée par l'industrie laitière, il y'a ensemencement de bactéries lactiques (contenu dans un yaourt). Cet ensemencement se fait dans un mélange de lait en poudre et d'eau bouillie puis refroidie (jusqu'à 45°C). Par contre, pour le vendeur de lait fermenté, il déclare qu'il ne réchauffe pas son eau, et il peut effectuer son travail sans rajouter du yaourt. En effet, pour faire son mélange, il se sert des récipients qui contenaient son lait fermenté, précédent. Il s'agit des récipients qu'il utilise pour la vente du lait mais qu'il ne rince pas, après avoir tout vendu. Pourtant, dit-il, il obtient du lait caillé. Evidemment, sans le dire, nous savons qu'un récipient qui contenait du lait fermenté, et non rincé, renferme des germes bactériens. De toutes ces informations collectées et croisées, nous avons compris qu'il nous faut, pour la réalisation d'un montage expérimental de production du lait caillé, au moins, le matériel suivant : un bocal (de contenance deux litres au moins, pour faire bouillir l'eau), de l'eau (au moins 2 litres), du yaourt ou du lait déjà fermenté (d'environ 50 g), contenant donc des bactéries lactiques, du lait en poudre en quantité suffisante (exemple : un sachet de lait commercial de 500 g), une cuillère à soupe, un récipient propre (par exemple un sceau de contenance deux litres et demie au moins), un tissu épais ou torchon propre.

Avec ce matériel, nous avons conçu le protocole expérimental ci-après.

***Protocole expérimental :**

- (1) faire bouillir deux litres d'eau puis les recueillir dans un bocal ;
- (2) verser 500 g du lait en poudre dans le bocal contenant les deux litres d'eau ;
- (3) agiter le contenu, puis le refroidir jusqu'à obtenir un mélange tiède (à 45° environ) ;
- (4) ajouter quatre (04) cuillerées à soupe de yaourt ou du lait caillé ;
- (5) ensuite, recueillir le mélange dans un récipient propre (exemple un sceau) ;
- (6) recouvrir le récipient d'un tissu épais ;
- (7) fermer le récipient avec un couvercle ;
- (8) puis laisser le mélange se reposer environ 8h dans un milieu tempéré chaud sans que personne n'y touche avant le délai.

3.1.2. Résultats escomptés

Une fois le délai écoulé, le contenu du récipient devrait devenir acide et se transformer en pâte : c'est le lait caillé (ou du yaourt) résultant de la fermentation lactique du glucose. À ce stade, ces résultats constituent notre hypothèse à tester (ou vérifier) par l'expérimentation ou la mise en œuvre de notre protocole expérimental.

Nous avons administré un tel protocole aux apprenants d'établissements scolaires de l'enseignement moyen secondaire du Sénégal.

3.2. Pour l'expérimentation du protocole dans les établissements

L'expérimentation de notre protocole s'est faite avec des élèves de quatre (04) établissements scolaires des Inspections d'Académie (IA) de Saint-Louis et de Dakar, durant les années scolaires allant de 2013 à 2022. Il s'agit des cohortes d'élèves des classes de 3^{ème} du collège d'enseignement moyen (CEM) de NDIUUM 2 de l'IA de Saint-Louis (de 2013 à 2015) ; du CEM Mame Thierno Birahim MBACKE de l'IA de Dakar (de 2016 à 2022) ; du lycée d'excellence privé (LEP) Birago DIOP de Dakar (en 2020 et 2022) ; et à l'Institut Bilingue Montessori (IBM, en 2022). L'expérimentation du protocole s'est réalisé avec des groupes de cinq (05) élèves, entre 16h et 17h du soir de la veille du cours de SVT suivant. Toutes les expérimentations se sont déroulées selon la même progression dans ces établissements, durant les mois de mars-avril de chaque année, conformément à l'exécution du programme de SVT, avec presque le même volume horaire hebdomadaire (3h à 4h de cours par semaine).

Le tableau n° 1 donne les détails de l'expérimentation dans ces quatre (04) établissements scolaires.

Tableau n° 1: expérimentation du protocole sur la fermentation du lait dans quatre établissements scolaires des IA de Saint-Louis et Dakar, 2013-2022

<i>Etablissement</i>	<i>Année</i>	<i>Nombre de groupes²</i>	<i>Site</i>	<i>Délai³ moyen</i>
<i>CEM 2 NDIUUM</i>	2013	01 (témoin)	à l'école	8 h
<i>CEM 2 NDIUUM</i>	2013	04	à la maison	8 h
<i>CEM 2 NDIUUM</i>	2014	09	à la maison	9 h
<i>CEM 2 NDIUUM</i>	2015	10	à la maison	8 h
<i>CEM MAME THIERNO</i>	2016	05	à la maison	10 h
<i>CEM MAME THIERNO</i>	2017	05	à la maison	9 h
<i>CEM MAME THIERNO</i>	2018	05	à la maison	9 h
<i>LEP BIRAGO DIOP</i>	2019	08	à la maison	8 h
<i>CEM MAME THIERNO</i>	2020	09	à la maison	11 h
<i>CEM MAME THIERNO</i>	2021	11	à la maison	9 h
<i>CEM MAME THIERNO</i>	2022	11	à la maison	8 h
<i>IBM</i>	2022	05	à la maison	10 h
<i>LEP</i>	2022	04	à la maison	07 h

Source : administration notre protocole sur la fermentation du lait aux élèves des quatre établissements des IA de Dakar et Saint-Louis, 2013-2022

² Pour l'essentiel chacun des groupes compte cinq (05) élèves, à l'exception des derniers groupes qui peuvent faire plus si l'effectif de la classe n'est pas pair.

³ À chaque présentation, nous demandons aux élèves de nous dire l'heure à laquelle il a démarré l'expérimentation. Ce qui nous a permis de déterminer la durée moyenne de leur fermentation.

Il faut préciser que le nombre de groupe d'élèves par établissement et par an varie avec l'effectif des classes ayant participé à l'expérimentation du protocole. Ainsi, on remarque que les effectifs des écoles privées (LEP et IBM) sont inférieurs à ceux des collèges publics (CEM 2 NDIOUM et CEM MAME THIERNO). Cela n'a pas beaucoup influencé le travail. Mais le respect des délais indiqués (8 h au moins) et le début des travaux de groupes, qui diffère d'un groupe à un autre, ont influencé les résultats. Par ailleurs, l'essentiel des groupes a respecté le travail collectif à la maison, à l'exception d'un (01) à deux (02) groupe (s) en moyenne par an et par établissement.

3.3. Résultats issus de l'expérimentation du protocole dans les établissements

Depuis l'annonce du travail d'expérimentation aux élèves jusqu'au jour de la présentation des résultats, nous avons constaté que les participants des différents établissements ont manifesté leur enthousiasme. Ils nous posaient, fréquemment, la question de savoir quel jour ils allaient démarrer la mise en œuvre du protocole. De plus, l'ambiance qui régnait, lors des présentations en classe, témoignait largement de cette motivation et de l'intérêt qu'ils avaient à réaliser l'expérimentation du protocole sur la fermentation du lait et à présenter les résultats devant leurs camarades. Nous avons présenté les différents résultats obtenus et rapportés, en classe, par les élèves des quatre (04) établissements concernés dans un tableau synthétique, le tableau n° 2, ci-après.

Tableau n° 2 : résultats issus de l'expérimentation du protocole sur la fermentation du lait dans quatre établissements scolaires des IA de Saint-Louis et Dakar, 2013-2022

Etablissement	Année	Effectif (n) et proportion (%) de groupes d'élèves ayant obtenu le résultat escompté	
		n	(%)
CEM 2 NDIOUM	2013	01 (témoin)	100
CEM 2 NDIOUM	2013	03	75
CEM 2 NDIOUM	2014	09	100
CEM 2 NDIOUM	2015	10	100
CEM MAME THIERNO	2016	05	100
CEM MAME THIERNO	2017	05	100
CEM MAME THIERNO	2018	05	100
LEP	2019	08	100
CEM MAME THIERNO	2020	09	100
CEM MAME THIERNO	2021	11	100
CEM MAME THIERNO	2022	4	36,36
IBM	2022	05	100
LEP	2022	03	75

Source : expérimentation de notre protocole sur la fermentation du lait dans les quatre établissements des IA de Dakar et Saint-Louis, 2013-2022

Comme nous pouvons lire, dans le tableau, l'essentiel des groupes a obtenu, à 100 %, le résultat attendu. C'est-à-dire que le contenu des récipients était devenu acide (vérification faite par le fait de les faire goûter pour sentir le goût piquant, amer) et se transformer en pâte. Ils ont effectivement obtenu du lait caillé (ou du yaourt).

Seulement un (01) groupe sur quatre (04) du CEM 2 NDIUOM (en 2013) et du LEP (2022) n'a pas réussi à obtenir une bonne fermentation. D'où les 75 % de réussite. Mais ce sont seulement quatre (04) groupes sur onze (11) soit 36,36 % qui ont réussi au CEM MAME THIERNO (en 2022), sept (07) groupes soit 63,64 % ont obtenu des résultats moins bons, par rapport à ce qui est attendu.

Interrogés, lors des présentations des résultats, les élèves de ces groupes ont donné les explications suivantes :

Pour celui du *CEM 2 NDIUOM (2013)*, une élève déclare : *j'avais commis l'erreur en versant dans le mélange tout notre sucre ;*

Pour le groupe du LEP (2022), les élèves déclarent qu'ils ont commencé leur travail beaucoup plus tard que prévu, la nuit de la veille vers 23 h, (c'était durant le mois de ramadan 2022). Ce qui a réduit la durée de fermentation et impacté sur les résultats obtenus. Leur mélange n'était pas bien fermenté, et il était plus ou moins liquide contrairement à celui des autres qui était une pâte ;

Pour les sept (07) groupes du CEM MAME THIERNO (2022), certains n'avaient pas bien couvert leur mélange (un groupe), d'autres n'ont pas respecté le délai moyen (six groupes). C'était aussi durant le mois de ramadan 2022 et ils avaient effectué leur montage la nuit vers 22h à 23h.

4. Interprétation et discussion des résultats

Cette section aborde deux angles d'interprétation et de discussion des résultats: (1) d'abord sur le procédé de transposition des pratiques sociales de production du lait caillé à la conception de notre protocole expérimental ; ensuite (2) sur les résultats issus de l'expérimentation de notre protocole dans les établissements.

4.1. Concernant le protocole expérimental

Notons, d'emblée, que l'on fait bouillir l'eau pour tuer les germes ou microbes nuisibles qui peuvent être présents dans l'eau et/ou dans le lait en poudre. Ensuite, on fait refroidir jusqu'à 40 à 45°C, avant d'ajouter le yaourt ou le lait caillé, pour ne pas détruire les bactéries lactiques et annihiler la fermentation. Sur ce point, le mode de fabrication du yaourt proposé par l'industrie, prend compte cet aspect. Mais pour le vendeur de lait fermenté (caillé), fabrication traditionnelle, il ne juge pas nécessaire de faire bouillir l'eau. Il ne peut pas, non plus, donner une explication scientifique, biologique,

des résultats qu'il obtient, notamment l'acidité et formation du mélange pâteux. Pourtant, c'est cet exercice d'interprétation et d'explication des résultats que nous avons, en tant que professeur de SVT (scientifique), fait avec nos élèves.

Ainsi, le goût acide obtenu résulte de la présence du yaourt. Les microorganismes appelés bactéries lactiques ont produit une enzyme appelée lactase ; celle-ci est le ferment qui fait tourner le lait. Son action d'hydrolyse a simplifié les glucides du lait, tel que le lactose, en glucose et galactose. Ensuite, les bactéries lactiques dégradent et consomment ces molécules de glucose pour se procurer de l'énergie nécessaire à leur survie et multiplication. Mais puisqu'on est dans un milieu anaérobie, créé par la couverture du récipient, la dégradation est incomplète, ce qui conduit à la formation d'un acide lactique. Et c'est l'acidification du milieu qui provoque la coagulation des protéines du lait. D'où la pâte obtenue.

La mise en œuvre d'un tel protocole, qui porte sur la toute première séquence de la leçon n°5 du programme prescrit, permet aussi de construire les savoirs des autres séquences (deux et trois).

La séquence 2 porte sur les « *caractéristiques de la fermentation* » et la séquence 3 sur « différences entre fermentation et respiration » (MEN, 2008, p. 48), où il sera question de parler de la production d'énergie, dans des conditions différentes de celles de la respiration. En effet, le professeur de SVT peut utiliser les résultats de cette expérience pour faire émerger les autres savoirs prescriptifs du programme, tels que : « *microorganisme (bactéries lactiques, levure de bière) ; dégradation [incomplète] d'un substrat organique [ici, le glucose] ; production d'énergie* » (MEN, 2008, p. 48) ; *ferment* et la nécessité de *milieu anaérobie* pour toute fermentation. Ce qui permettra l'atteinte des deux objectifs didactiques suivants déclinés dans le programme :

« *identifier* les microorganismes à partir de l'observation d'une goutte de lait au microscope optique (I)⁴ » (MEN, 2008, p. 48). L'enseignant peut demander à ses élèves de prélever une goutte du lait fermenté et de l'observer directement au microscope optique afin d'identifier les bactéries lactiques ;

faciliter l'«*interprétation* des résultats d'[autres] expériences relatifs à la fermentation du glucose par la levure de bière, pour en déduire les caractéristiques de la fermentation (Ra) » (MEN, 2008, p. 48).

Ainsi, par un questionnement approprié portant sur l'exploitation des conditions d'expérimentation et résultats issus de la fermentation lactique,

⁴ À noter que (I) et (Ra) renvoient, respectivement, aux compétences méthodologiques déclinées dans le programme de SVT (mai 2008), tels que « *S'informer* » et « *Raisonner* » (MEN, 2008).

l'enseignant peut faire découvrir aux élèves les conditions nécessaires et les caractéristiques générales de la fermentation :

- le besoin de *microorganismes et/ou un ferment* : bactéries lactiques du yaourt et la lactase qu'elles ont produite ;
- *une dégradation incomplète d'un substrat organique fermentescible* : ici, le glucose issu de la simplification du lactose ;
- *une production d'énergie* : l'énergie libérée à partir de la dégradation du glucose pour la survie et la multiplication des bactéries lactiques ; sachant que toute dégradation de substance organique comme le glucose aboutit à la libération de déchets tel que du dioxyde de carbone (CO₂), l'enseignant pourrait pousser ses élèves à découvrir une telle production de déchets ;
- *un milieu anaérobie* : créé par la couverture du récipient où s'est déroulée la fermentation ;
- *la production d'un résidu organique* : l'acide lactique du yaourt dû à la dégradation incomplète du glucose, liée également aux conditions anaérobiques.

Enfin, l'enseignant pourra utiliser, ultérieurement, ces conditions et caractéristiques de la fermentation pour la troisième et dernière séquence, de la même leçon n°5 du programme officiel, portant sur les « *différences entre fermentation et respiration* » (MEN, 2008, p. 48).

4.2. Concernant l'expérimentation dans les établissements

La mise en œuvre du protocole expérimental par les élèves enquêtés dévoile que ces derniers ont travaillé en toute autonomie, contrairement aux travaux de Saliou Kane (2011, p. 1) qui montrent que, lors des expérimentations en sciences physiques, les élèves « (...) 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 ». Ainsi, comme le dirait Tatchou (2004, p. 24) « les activités expérimentales sont réduites à des expériences de cours où principalement le professeur manipule et exploite les résultats ».

Ici, les élèves, à la maison comme à l'école, travaillent librement sans guidage de leur professeur de SVT. Le cas échéant, ce dernier joue un rôle d'accompagnateur et de coach, et non de donneur de directives ou d'un dispensateur de cours magistral. Les élèves ne sont guidés que par le protocole expérimental proposé par le professeur. Toutefois, les apprenants pourraient et devraient participer à la conception d'un tel protocole, sachant qu'il s'est inspiré des pratiques sociales de référence sur la fabrication du lait caillé, qu'ils peuvent puiser dans la société. Donc, selon les objectifs prescrits du programme, le professeur de SVT a la possibilité de fournir à ses élèves notre protocole expérimental et puis les amener à réaliser une fermentation

lactique ou alors de les amener à élaborer eux-mêmes ce protocole, en leur demandant de faire des enquêtes auprès des producteurs de lait, dans la société, et/ou auprès des industries laitières.

Un autre point positif de cette démarche réside dans le fait qu'en laissant les élèves travailler de manière autonome, en classe ou à domicile, ils rencontrent des obstacles, qui ne sont pas moins utiles à l'apprentissage, au cours de la mise en œuvre du protocole. Ils commettent sûrement des erreurs qui constituent des moyens d'apprentissages, selon la conception constructiviste du savoir.

À titre d'exemple, lors de la présentation des résultats, les élèves d'un groupe du CEM 2 NDIOUM (IA de Saint-Louis), de la cohorte de 2013, ont précisé qu'ils ont dû refaire leur expérience, parce qu'au premier essai, ils n'avaient pas obtenu les résultats escomptés. Car, lors du premier essai, ils avaient mis beaucoup de saccharose (sucre de table). Nous avons toujours, en mémoire, les propos d'une élève de ce groupe du CEM 2 NDIOUM (2013) qui disait : *« nous avons repris l'expérience car j'avais commis l'erreur en versant dans le mélange tout notre sucre »*. Donc, ils se sont rendu compte, grâce aux échanges, que les bactéries ne pouvaient pas dégrader le saccharose dans le délai pour obtenir du glucose à fermenter. Un autre élève, en 2022, au lycée d'excellence privé Birago DIOP de Dakar, quant à lui, disait, pour expliquer le fait qu'ils n'ont pas obtenu une pâte comme les camarades d'autres groupes : *« nous avons fait notre expérience hier soir à partir de 23h »* ; donc le délai était insuffisant pour obtenir une fermentation plus poussée qui induirait à une coagulation des protéines du lait.

De même, les sept (07) groupes sur onze (11) du CEM MAME THIerno (2022) n'avaient pas respecté le délai minimal et les conditions anaérobiques. Car les uns avaient mal couvert leur récipient qui contenait le mélange, ce qui fait que les bactéries, au lieu de fermenter, respiration ; et les autres n'ont pas eu assez de temps entre le moment de faire le montage expérimental (à la maison, vers 23h) et le moment de présenter les résultats en classe, vers 8h. Ce qui ne donne pas suffisamment de temps aux bactéries de fermenter le lait. Ces interprétations, faites via un échange avec les élèves lors des présentations des résultats en classe, constituent une autre bonne occasion de permettre aux élèves de verbaliser leurs démarches et stratégies. En effet, lors des exposés, chaque groupe d'élèves essaie de présenter, en référence au protocole, sa démarche et ses stratégies qui lui ont permis d'arriver aux résultats obtenus et puis donne une interprétation de ces derniers.

L'enthousiasme et la motivation suscités, d'une part, par la mise œuvre de ce protocole expérimental et, d'autre part, par les résultats obtenus, ont fini de démontrer que la pratique expérimentale peut rendre plus authentique l'enseignement-apprentissage des sciences. Cette authenticité ou signifiante des apprentissages est l'une des caractéristiques importantes d'un

enseignement-apprentissage basé sur une logique de développement des compétences (Diouf, 2021). De manière plus large, cette signification donnée aux apprentissages pourrait servir de source de motivation des apprenants en sciences expérimentales.

En outre, les résultats de cette étude confirment ceux de l'étude de Ousmane Sy (2019) quant aux effets positifs que peuvent engendrer les « *pratiques enseignantes effectives* » sur le développement de l'intérêt des élèves à apprendre et poursuivre avec les sciences et les technologies. En plaçant les élèves en situation de pratique, les interactions de ces derniers sont bien valorisées durant la mise en œuvre du protocole proposé. De plus, une importante valorisation de leur participation, à une sorte d'évaluation formative (et à une autoévaluation), durant l'expérimentation, affecte positivement leur intérêt (Sy, 2019).

Durant une bonne dizaine d'années de nos pratiques de classe, les élèves ont toujours manifesté un grand intérêt lorsque nous faisons recours à cette transposition didactique pour enseigner la fermentation lactique prescrite dans le programme de SVT (mai 2008). La place de l'expérimentation, dans les pratiques de classe, étant parfois minimisée par bon nombre de professeurs de sciences, cet exemple de transposition didactique pourrait jouer un rôle palliatif des manquements liés souvent à l'absence de matériels didactiques et pédagogiques dans nos établissements. Cela se justifie surtout à la simplicité du matériel requis et du montage expérimental, au contexte scolaire souvent hostile, mais aussi aux prescriptions ou indications méthodologiques imprécises, aux choix des savoirs codifiés et supports faits par les concepteurs des programmes (Tatchou, 2010).

Par ailleurs, cette pratique expérimentale innovante et les résultats obtenus donnent une autre facette de la didactique des sciences expérimentales, en général, et des SVT, en particulier. Car, comme le dit Astolfi (1990), « la didactique et, particulièrement celle des sciences expérimentales, ne se présente pas comme une simple application déductive de connaissances générales disponibles sur la structure du savoir et les modalités de son apprentissage » (p. 23). Or, dans nos pratiques de transposition didactique, les concepteurs de programmes scolaires et les enseignants craient en main font le plus souvent une transposition des savoirs savants issus uniquement du monde scientifique, et non des valeurs et pratiques sociales de référence. Cet exemple de transposition didactique, que nous proposons, aura le mérite innovant de prendre en compte, à la fois, la transposition du savoir expert produit par les biologistes, sur la fermentation tels que les travaux de Pasteur, mais aussi celui issu des pratiques sociales de référence.

Au-delà du fait que cette étude met en exergue une opportunité pédagogique innovante, aux enseignants et apprenants, elle répond aux quelques interrogations soulevées lors *des journées nationales de la recherche et de*

l'innovation en éducation sur le thème : « désertion des filières scientifiques » tenues du 14 au 15 mars 2022 à Dakar. « Comment susciter l'intérêt des élèves et mieux répondre à leurs besoins afin de leur permettre de s'engager davantage dans les filières scientifiques ? » « Comment mieux outiller les enseignants dans ce sens ? » « Quelles innovations pour améliorer l'enseignement des sciences ? »

Enfin, non seulement cette étude donne, aux enseignants des SVT un exemple de transposition didactique susceptible de les outiller dans leur pratique de classe, elle offre en plus une source de motivation importante aux apprenants de sciences, aussi bien pour la poursuite de leur cursus scolaire, dans les filières scientifiques du secondaire, que pour la vie professionnelle. Car beaucoup de vendeurs de lait « gagnent leur vie » grâce à la fermentation du lait. En effet, vu que la fermentation lactique est utilisée dans l'industrie laitière pour la fabrication des fromages et des yaourts, un élève qui opte pour l'arrêt des études, à la fin du cycle moyen, ne pourrait-il pas se lancer dans la fermentation et la vente du lait ou de yaourt ?

Conclusion

Toutes les disciplines expérimentales s'appuient sur l'expérience pour construire les savoirs, élaborer des théories, mettre au point des modèles et confronter ces derniers (théories et modèles) aux faits expérimentaux afin de les valider ou de les réfuter. Ainsi, l'enseignement de ces disciplines, dites sciences expérimentales, doit mettre l'accent sur la place des activités expérimentales dans leur apprentissage (Tatchou, 2010). Ce qui n'est pas toujours le cas, lors des pratiques de classes, dans l'enseignement moyen secondaire sénégalais des sciences.

Pourtant, les objectifs des programmes scolaires et la nature épistémologique des objets de savoir des sciences expérimentales, en général, et des Sciences de la Vie et de la Terre (SVT), en particulier, offrent l'opportunité aux enseignants et apprenants de réaliser un certain nombre d'expérimentation. Par conséquent, une mise en pratique permettrait, non seulement, de respecter les fondements épistémologiques des sciences expérimentales, mais aussi de rendre plus authentiques leurs enseignements- apprentissages.

Dans cette étude, l'exemple de transposition didactique que nous proposons, sur la fermentation du lait, en classe de 3^{ème}, de l'enseignement moyen sénégalais des SVT, est plus que pertinent pour construire le savoir à partir de l'expérimentation. Les résultats de cette recherche ont fini de démontrer comment les apprenants prennent beaucoup de plaisir à l'apprentissage par l'expérimental. Par ailleurs, c'est un exemple que nous proposons aux enseignants de SVT pour l'atteinte de l'objectif spécifique sur la « réalisation d'un montage expérimental pour la production de yaourt, à partir d'un protocole » mais aussi le développement de la compétence portant sur la mise

en œuvre d'un protocole expérimental. Lesquels objectifs spécifiques et compétences étant prescrits dans le programme officiel.

Au-delà d'être une source de motivation pour les apprenants de sciences, le protocole proposé, ici, s'est révélé, par sa simplicité et sa faisabilité facile, comme un bon palliatif à l'absence récurrente de matériel didactique et aux conditions environnementales défavorables à l'expérimentation dans nos établissements scolaires.

Toutefois, nous conseillons d'amener les élèves à participer à la conception d'un tel protocole expérimental, par le biais d'enquêtes auprès de vendeurs traditionnels de lait fermenté et/ou industries laitières. Cela pourrait jouer un rôle important dans son appropriation et dans la construction du savoir appris à travers cette transposition didactique.

En définitive, ne faudrait-il pas signaler qu'il existe d'autres exemples de transposition didactique dans ce programme sénégalais (mai, 2008) pour l'enseignement moyen général des SVT que l'on pourrait aussi exploiter ?

Références bibliographiques

ARENILLA, L., GOSSOT, B., ROLLAND, M.-C., & ROUSSEL, M.-P. (2002). *Dictionnaire de Pédagogie*. Paris: BORDAS.

ASTOLFI, J.-P. (Octobre 1990). Les concepts de la didactique des sciences, des outils pour lire et construire les situations d'apprentissage. *Recherche et Formation*, 19-31.

CHEVALLARD, Y. (Février 1986). Les programmes et la transposition didactique Illusion, contraintes et possibles. *Bulletin de l'APMEP*, 352, 32-50.

En ligne http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Les_programmes_et_la_transposition_didactique.pdf, consulté le

CHEVALLARD, Y. (1991). *La transposition didactique du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage.. (2^{ème} Ed.)

COQUIDE, M. (2003). Face à l'expérimental scolaire. In J. P. Astolfi, *Education, formation : nouvelles questions, nouveaux métiers* (pp. 153-180). Rouen: ESF. En ligne https://hal.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/526123/filename/CoquidA_Maryline_Face_A_l_expA_rimental_scolaire_2003_.pdf, consulté le 12/02/2022.

DEVELAY, M. (1995). Le sens d'une réflexion épistémologique. In M. Develay, *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines: une encyclopédie pour aujourd'hui*. (pp. 17-31). Paris: ESF Editeur.

DIOUF, P. B. (2021). *Alignement didactique entre outils d'évaluation sommative et directives du programme de SVT : cas d'épreuves administrées, dans l'enseignement moyen général du Sénégal, par les professeurs de*

l'Inspection d'Académie (IA) de Dakar. Mémoire de Master en sciences de l'éducation non publiée, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Dakar.

KANE, S. (2011). Les pratiques expérimentales au lycée- Regards croisés des enseignants et de leurs élèves. *Radisma*, 1-26.

LEGENDRE, R. (1993). *Dictionnaire actuel de l'éducation* (éd. 1e). Montréal, Québec: Guérin, éditeur ltée.

LOSEGO, P. (2014). La fabrication des curricula: Transformation Didactique ou recontextualisation? dans LOSEGO, Ph., CLIVAZ, S., CORDONIER, N., DIAS, Th. & FLOREY, S. (dir.) *Sociologie et didactiques : vers une transgression des frontières ? : actes du colloque tenu du 13 au 14 septembre 2012 à Lausanne* (pp. 60-75). Lausanne: Haute Ecole Pédagogique de Vaud.

MEN (2008). *Programme des sciences de la vie et de la terre de l'enseignement moyen*. Dakar: Ministère de l'éducation du Sénégal.

SANÉ, A. (Septembre 2009). L'enseignement des sciences au Sénégal devant des choix cruciaux. *Revue internationale d'éducation de Sèvres*, 51, 67-77. En ligne <https://journals.openedition.org/ries/675>, consulté le 21/10/2020.

SY, O. (2016, 2019). *Effet des pratiques enseignantes effectives sur l'intérêt des élèves sénégalais du cycle moyen à l'égard des sciences et de la technologie*. Montréal: Université du Québec à Montréal. En ligne <https://aprelia.org/index.php/fr/evenements-publications/etudes-recherches/2007-effet-des-pratiques-enseignantes-effectives-sur-l-interet-des-eleves-senegalais-du-cycle-moyen-a-l-egard-des-sciences-et-de-la-technologie>, Consulté le 23 Février 2022.

TARDIF, J. (2006). *L'évaluation des compétences. Documenter le parcours de développement*. Montréal, Québec: Chenelière Education.

TATCHOU, G. N. (2010). *La place de l'expérience dans l'enseignement des sciences physiques au secondaire au Sénégal: Etude du rapport entre les savoirs prescrits (dans les textes officiels) et les savoirs enseignés en électricité de la classe de seconde (S)*. Thèse de Doctorat en sciences de l'éducation non publiée, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Dakar: CUSE/FASTEF-UCAD.

TATCHOU, N. G. (2004). *Conceptions d'élèves du secondaire sur le rôle de l'expérience en sciences physiques: cas de quelques expériences de cours en électrocinétique*. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Sciences de l'Education, non publié, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Dakar: CUSE-ENS/UCAD.

THIAW, M. S. (s.d). *Méthodologie de l'enseignement des SVT dans le cycle moyen*. Document non publié, Faculté des Sciences et Technologies de l'Education et de la Formation (FASTEF), Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Dakar.