

IMPACT D'OUTILS DIDACTIQUES SUR UNE SENSIBILISATION ÉCOCITOYENNE AU TRI DES DÉCHETS PLASTIQUES SELON LES POLYMÈRES

Issa ZONGO

*Ecole Normale Supérieure (ENS), Laboratoire Interdisciplinaire de Didactique des Disciplines (LABIDID), Koudougou, Burkina Faso
aliszongo@yahoo.fr*

Moussa BOUGOUMA

*Université Norbert ZONGO (UNZ), Laboratoire de Chimie Analytique, de Physique Spatial et Énergétique, BP 376 Koudougou, Burkina Faso
bmoussaraphael@gmail.com*

Cécile MOUCHERON

*Université Libre de Bruxelles (ULB), Faculté des Sciences, Centre Universitaire de Didactique pour l'Enseignement de la Chimie, 50, av. F.D. Roosevelt CP 160/08B-1050 Bruxelles, Belgique
Cécile.Moucheron@ulb.be*

Résumé

L'accroissement des déchets plastiques dans la nature questionne au double plan écocitoyen et pédagogique. Cet article s'interroge particulièrement sur une pratique d'enseignement liée au tri des déchets plastiques selon leur polymère de base. Il met en évidence l'impact d'outils didactiques conçus pour une sensibilisation écocitoyenne au tri de ces déchets sur le processus d'enseignement/apprentissage. Deux enseignants ont été observés en situation didactique sans les outils didactiques puis avec ces outils. Ces séances de cours ont été filmées puis analysées à l'aide du logiciel Transana dans une approche associant la théorie de l'activité et la théorie de l'action conjointe en didactique. L'analyse de ces séances d'enseignement/apprentissage et des tests administrés aux élèves interviewés montrent que l'utilisation des outils didactiques conçus semble améliorer d'une part l'enseignement des notions de l'éducation relative à l'environnement chez les enseignants et d'autre part l'acquisition des mêmes notions chez les élèves.

Mots-clés : *lycéen, éducation relative à l'environnement, outils didactiques, tri des déchets plastiques, Transana.*

Abstract

The increase of plastics waste in nature raises both eco-citizen and educational plan. This article takes a closer look at a teaching practice linked to the sorting of plastics waste according to its polymer composition. It highlights the impact of didactic tools designed to raise eco-citizen awareness of waste sorting on the teaching/learning process. Two teachers were observed in didactic situations without the didactic tools and then with them. These teaching sessions were recorded and analyzed using Transana

software, in an approach combining activity theory and the theory of joint action in didactics. The analysis of these teaching/learning sessions and the tests administered to the students interviewed show that the use of the didactic tools designed seems to improve both the teaching of environmental education concepts by teachers and their acquisition by students.

Key words: *High school pupil, environmental education, didactic tools, plastic waste sorting, Transana.*

Introduction

Le plastique, grâce à ses propriétés physico-chimiques avantageuses, à son adaptabilité aux besoins de l'homme et à son coût abordable, « remplace de nombreux matériaux tels que les métaux et le bois dans tous les domaines de la vie courante » (Donoumassou, 2019 ; PlasticsEurope & al., 2020 ; Zongo & al., 2023). Son utilisation actuelle est 20 fois supérieure à celle d'il y a 50 ans (Luttringer, 1926 ; Mahdi & Tahmi, 2020). D'énormes quantités de déchets plastiques non biodégradables s'accumulent dans la nature et impactent négativement l'environnement. « Les scientifiques estiment qu'en 2050, la production mondiale de plastiques dépassera les 33 milliards de tonnes avec plus de 13 milliards de tonnes de rebuts dans la nature » (Monsaingeon, 2016 ; Diallo, 2019).

Au Burkina Faso, l'ignorance et l'insouciance des populations par rapport aux dangers liés aux déchets induisent une « sous-estimation de ce volet de l'éducation pour son intégration dans les curricula » (Charland, 2007 ; Zongo, 2022). Les curricula suggèrent plutôt aux enseignants d'aborder les notions environnementales sous forme de thèmes émergents (MESSRS¹, 2010). Les décharges sauvages, les cours d'eau et les caniveaux deviennent alors des dépotoirs de déchets plastiques (Sory & Tallet, 2012 ; Zongo, 2022). Des animaux en meurent par indigestion. Pour éviter d'être envahis de déchets, les riverains des décharges sauvages exigent que le jeteur brûle ses rebuts. L'incinération des matières plastiques génère, cependant, des émissions de gaz à effet de serre tels que le CO₂ et le CH₄ et des gaz corrosifs, toxiques voire mortels tels que le HCl, le HF, le SO₂, le HCN (Charlier & al., 2000), les dioxines (Amélie, 2014), les furanes (Cravedi & al., 2007), etc.

¹ Ministère des Enseignements Secondaire, Supérieur et de la Recherche Scientifique du Burkina Faso

Cet article interroge le développement d'une méthode de sensibilisation écocitoyenne des élèves sur le tri des déchets plastiques. Il s'appuie sur la théorie de l'activité comme cadre conceptuel pour étudier les formes de pratiques humaines en tant que processus développementaux, combinant à la fois les niveaux individuels et sociaux (Bourguin, 2000 ; Bourguin & Derycke, 2005). Cette théorie dispose d'outils pertinents pour analyser à la fois la situation environnementale de l'activité et le sujet en activité. L'unité fondamentale d'analyse est l'activité humaine. Celle-ci est décrite par une structure hiérarchique à 3 niveaux : l'activité (haut niveau) réalisée grâce à des chaînes d'actions (niveau intermédiaire) elles-mêmes réalisées grâce aux opérations (bas niveau) (Bourguin, 2000). L'action est la manifestation de la mise en activité. L'opération est un ensemble organisé de processus ou de travaux concourant à la réalisation d'une action. Pour Piaget (1976), les opérations sont ainsi des actions intériorisées et assimilées coordonnées en structure totale. Une activité, ce que fait un sujet didactique (Reuter & al., 2007), est une action ayant gravi un niveau dans la structure hiérarchique de l'activité (Bourguin, 2000). Selon Reuter & al., (2007), la tâche, finalité de l'activité, est ce qui est à faire par le sujet didactique.

La théorie de l'activité (TA) peut s'associer à la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD) pour offrir des outils nécessaires à l'analyse des pratiques d'enseignement/apprentissage. Les actions éducatives dans cette dernière impliquant l'enseignant et l'élève, se conçoivent en termes de jeux : jeux épistémiques et jeux d'apprentissage (Sensevy, 2011 ; Herve & al., 2014). Les jeux didactiques y sont caractérisés par le doublet contrat-milieu didactiques (Reuter et al., 2007 ; Venturini, 2012 ; Venturini & Tiberghien, 2012), le triplet des genèses (mésogenèse, chronogenèse, topogenèse) et le quadruplet des interventions de l'enseignant (définir, dévoluer, réguler, institutionnaliser). Ces jeux se caractérisent par la double victoire des élèves qui gagnent s'ils découvrent la stratégie porteuse et de l'enseignant qui gagne si ses élèves gagnent. L'association TA et TACD est possible à condition de préciser et d'articuler dans les analyses à la fois l'activité considérée et ses mobiles, les actions menées et les buts qu'elles poursuivent (Venturini, 2012).

Pour opérer un changement conceptuel chez les élèves en matière de préservation de l'environnement, des outils didactiques ont été

réalisés pour étayer des séquences d'apprentissage à l'aide d'expériences sur des concepts de l'éducation environnementale. En quoi des outils didactiques conçus pour l'enseignement du tri des plastiques (Cavé et al., 2015) selon les polymères les constituant peuvent-ils améliorer les processus d'enseignement/apprentissage liés à l'ErE (Sauvé, 2001) en chimie ? Quelle pédagogie un enseignant peut-il développer avec ses élèves pour qu'ils apprennent à trier leurs déchets plastiques dans une perspective de l'économie circulaire (Bouju & Ouattara, 2002) ?.

1. Méthodologie

1.1. Participants et contexte

Afin de répondre à la question ci-dessus, l'étude a concerné un échantillon de deux classes de même niveau d'étude sélectionnées dans deux établissements scolaires de deux communes distinctes, l'une en classe de 1^{ère} D et l'autre en classe de 1^{ère} C. Elle a ensuite consisté à une analyse microscopique de séances de cours des deux enseignants de chimie sans autre critère particulier. Ces deux enseignants, de caractéristiques professionnelles similaires, faute de laboratoire dans leur établissement scolaire, ont réalisé leurs séances dans les salles de cours. Le premier a dispensé ses cours en localité rurale avec 64 élèves et le second en localité urbaine devant 35 élèves. Chaque enseignant a été observé en deux périodes d'environ 32 minutes chacune pour mettre en évidence l'impact des outils didactiques conçus sur des sensibilisations écocitoyennes des élèves. Ces outils didactiques se composent du contenu de cours sur la notion de « polymère » et du scénario du cours (fiche pédagogique).

1.2. Des séances de cours

1.2.1. Hypothèses de recherche

Les observations des séances de cours ont été réalisées pour vérifier les deux hypothèses suivantes :

H1 : L'utilisation des outils didactiques facilite l'enseignement de la chimie lié à l'ErE.

H2 : L'utilisation des outils didactiques améliore l'acquisition des concepts de l'ErE par les élèves.

Le tableau 1 résume la méthode adoptée pour l'observation des séances de cours.

Tableau 1 : Récapitulatif de la démarche méthodologique

Hypothèse H1		Hypothèse H2	
Variable explicative	Variable expliquée	Variable explicative	Variable expliquée
Outils didactiques	Activités de l'enseignant	Outils didactiques	Activités de l'élèves
Sans	18 indicateurs	Sans	10 indicateurs
Avec	18 indicateurs	Avec	10 indicateurs

Source : Données d'enquête de terrain, novembre 2020

Chaque indicateur d'activité est représenté sur les figures par un mot-clé, une abréviation de ses mots.

1.2.2. Observations des séances de cours

Un pré-test, sans note et composé de 5 tâches évaluatives a été administré aux élèves avant les séances de cours. Une semaine après ces séances, le même test leur a été administré comme post-test. Quatre catégories de réponses ont été définies en comparant la réponse proposée par l'élève à la réponse attendue : « Correcte », « Approchant », « Incorrecte » et « Pas de réponse ». Les séances de cours ont été filmées et évaluées selon une grille d'observation pour évaluer d'une part, l'activité de l'élève et d'autre part, l'activité de l'enseignant. Les activités d'enseignement/apprentissage mises en œuvre par l'enseignant pendant la séance ont été découpées en jeux épistémiques et jeux d'apprentissage pour analyser les interactions des co-acteurs. Quatre jeux épistémiques sans outils didactiques et quatre autres jeux épistémiques avec outils didactiques ont ainsi été inventoriés.

Après transcription de la séquence d'apprentissage, des « time-codes » ont été insérés dans celle-ci pour la lier à la vidéo, de manière

que la section entre deux times-codes corresponde à une action particulière de l'activité. Les extraits d'épisode sont sélectionnés sur la base des différentes activités de la séance matérialisant la chronogenèse en fonction du temps didactique. Chaque extrait a été rangé dans les deux collections « apprentissage des élèves » et « enseignement de l'enseignant » puis analysé à l'aide de la grille d'observation. La présence d'un élément de cette grille dans un extrait d'épisode se traduit par le choix du mot-clé y relatif.

2. Résultats

2.1. La recherche documentaire sur la composition du plastique

La matière plastique est obtenue en incorporant à une résine de base (ex. : polyéthylène téréphtalate PET, polystyrène PS, polychlorure de vinyle PVC, polypropylène PP) des adjuvants pour améliorer ses propriétés physicochimiques. Ceux-ci, répartis en familles selon leur rôle, peuvent s'avérer dangereux au-delà d'un seuil de tolérance. Ils peuvent également migrer du plastique vers le milieu environnant et se retrouver dans la nature par le biais des déchets abandonnés (Cravedi et al., 2007 ; Picot & Narbonne, 2011 ; Zongo, 2022). Il convient dans ce cadre de sensibiliser les élèves à la nécessité de gérer les déchets plastiques avec prudence. Les pictogrammes de prudence du Système Général Harmonisé de classification et d'étiquetage SGH, repris dans le tableau 2, sont illustratifs des enjeux sanitaires et environnementaux.

Tableau 2 : Exemples d'adjuvants et leurs pictogrammes de prudence

<i>Nom de l'adjuvant</i>	<i>Pictogramme de prudence de SGH</i>
Dioxines ou hydrocarbures aromatiques polycycliques chlorés ou HAPC. La dioxine de Seveso : 2,3,7,8-tétrachloro-dibenzo-para-dioxine (Cravedi et al., 2007)	
Cadmium (Wong & Lye, 2008)	



Source : Données d'enquête de terrain, Septembre 2020

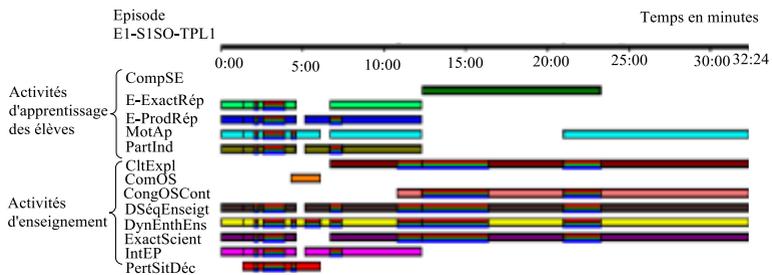
2-2. Analyse microscopique des séances observées à l'aide de *Transana*

Dans une approche de préservation de l'environnement, il a été demandé aux enseignants de dispenser un cours de sensibilisation sur la problématique environnementale liée aux déchets plastiques.

2-2-1. Séance sans les outils didactiques de l'enseignant E1 : - E1-SISO – TPL1

L'enseignant E1 a présenté sa séance sans les outils didactiques sur les notions de polymère, de polymérisation et d'indice de polymérisation en classe de 1^{ère} D. La figure 1 matérialise la chronogenèse.

Figure 1 : Carte de la liste séquentielle des mots-clés de l'enseignant E1, séance 1 sans les outils didactiques, tri des déchets plastiques 1 (E1-SISO – TPL1)



Source : Données d'enquête de terrain, février 2021

La figure 1 indique que cette séquence d'enseignement / apprentissage a duré 32 min 24 s. Deux couleurs sur la bande d'un mot-clé, abréviation d'un indicateur d'activité, représentent l'intersection de

deux extraits contenant ce mot-clé. L'enseignant E1 a entamé sa séance par une vérification des prérequis comme suit :

Extrait 1 de l'enregistrement - E1-S1SO - TPL1: Vérification des prérequis

Extrait : Formule générale des alcènes

E1 : *Bonjour, Comment ça va ? nous avons déjà vu les alcanes, les alcènes et les alcynes. C'est ça non ? OK, un volontaire pour nous écrire la formule générale des alcènes.*

L'élève commence à donner la formule oralement mais l'enseignant lui dit qu'il s'agit de l'écrire. L'élève passe au tableau et y écrit la formule brute demandée.

E1 : *« C'est ça. La formule générale des alcènes est C_nH_{2n} .*

Extrait : Formule de l'éthylène

E1 : *OK, maintenant, un volontaire pour l'équation de la chloration de l'éthylène. »
Il répète ce qu'il vient de dire.*

E1 : *« D'abord la formule de l'éthylène. Quelle est la formule de l'éthylène ? »*

Un élève lui répond.

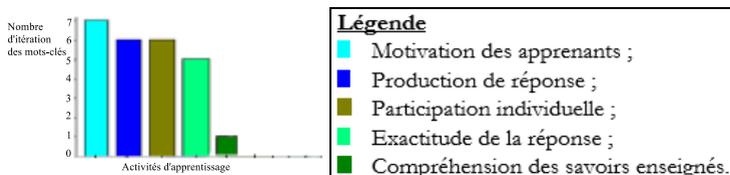
Apprenant1 : « La formule de l'éthylène est C_2H_6 , hey, hey ... »

Hésitant puis dit « C_2H_4 ».

L'analyse de l'extrait 1 montre d'intenses interactions élèves-enseignant. La figure 1 indique que cette séquence d'activités a duré environ 5 minutes. Elle montre également que les 12 premières minutes sont denses en transactions entre l'enseignant et ses élèves, par rapport au savoir à enseigner. Ces interactions disparaissent tout le reste de la séance. Après la vérification des prérequis, l'enseignant a poursuivi sa séance par une question destinée à susciter une motivation chez les élèves. Il a ensuite expliqué la notion de polymérisation. D'autre part, en ce qui concerne les activités d'apprentissage des élèves, on constate que, pendant les 4 premières minutes de cette séquence de 32 min 24 s, les activités d'apprentissage sont remarquables, notamment la « participation individuelle », la « production de réponse » et « l'exactitude des réponses produites ». Le reste du temps didactique est davantage marqué par des actions d'enseignement que par des actions d'apprentissage. Quelques questions d'évaluation de connaissance de la

part de l'enseignant ont néanmoins attesté la compréhension du savoir enseigné chez les élèves. La figure 2 représente le cumul des itérations des mots-clés relatifs aux activités d'apprentissage des élèves sur l'ensemble de la séance observée (32 min 24 s).

Figure 2 : Activités d'apprentissage des élèves de l'enseignant E1 : « E1-S1SO » - TPL1 –



Source : Données d'enquête de terrain, février 2021

Sur les 10 activités attendues pour l'apprentissage des élèves, 5 apparaissent soit 50 % des indicateurs d'apprentissage. Les activités non apparues sont la « participation à la gestion des déchets », la « participation au nettoyage du matériel et du poste de travail », les « interactions élève-élève, l'« autonomie » et la « congruence tâche réalisée et tâche prescrite ». La compréhension du savoir enseigné, la moins représentée de toutes, montre une sous-représentation des activités d'évaluation des connaissances dans la chronogenèse. La « motivation des apprenants » est la plus représentée suivie de la « production de réponses » et de la « participation individuelle ». Cela atteste l'intérêt des élèves à la séance.

Procédant de la même manière que précédemment, chaque extrait d'épisode de cette même séance de 32 min 24 s a été observé à l'aide de la grille en lien avec les activités d'enseignement. La figure 3 représente le cumul des itérations mots-clés des activités d'enseignement pendant cette séance.

Figure 3 : Activités d'enseignement de l'enseignant E1 : « E1-S1SO » -TPL1



Source : Données d'enquête de terrain, février 2021)

Sur les 18 indicateurs d'enseignement attendus, 8 apparaissent soit 44 % des indicateurs attendus. La catégorie « dynamisme et enthousiasme de l'enseignant » est fortement représentée suivie de celle liée au « déroulement chronologique des activités lors de la séance d'enseignement ». Cela matérialise une topogenèse de l'enseignant caractérisée par une prédisposition à remplir les fonctions dévolues à son institution dans le contrat didactique. L'enseignant communique l'objectif spécifique à ses élèves comme l'illustre l'extrait 2 de l'enregistrement de la séance 1 sans les outils de l'enseignant E1, tri des déchets plastiques 1 :

Extrait 2 de l'enregistrement - E1- S1SO -TPL1 : Communication de l'objectif

E1 : « A l'issue de la séance, vous devrez être capables de définir un polymère. »

La figure 3 confirme ce constat de communication d'objectif et indique que cet objectif spécifique est congruent au contenu enseigné. L'enseignant a proposé une situation déclenchante congruente aux notions enseignées et ses explications sont claires et scientifiquement exactes. Il reste, cependant, cantonné au savoir fondamental à enseigner et ne le met pas en lien avec l'environnement ou le vécu quotidien de ses apprenants. Ainsi, la gestion des déchets n'a pas été abordée dans cette séance de cours sans les outils didactiques élaborés.

2-2-2. Séance avec les outils didactiques de l'enseignant E1 (E1-S4AO-TPL4)

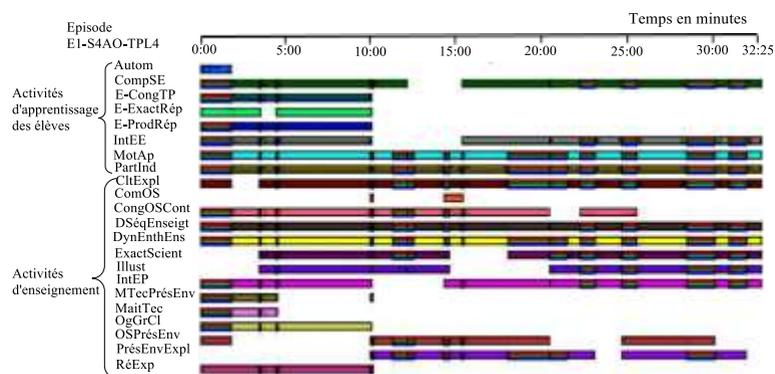
L'enseignant E1 aborde cette fois la notion de polymères avec les outils didactiques (AO). Il aménage la classe pour permettre aux élèves

de travailler en groupe. L'enseignant répartit les élèves en cinq groupes puis dépose sur une table de chaque groupe une poubelle contenant des déchets plastiques. Le jeu didactique se compose de deux tâches principales :

- Tâche 1 : Trier des déchets plastiques selon ses propres critères de sélection ;
- Tâche 2 : Trier des déchets plastiques selon le logo de recyclage.

La figure 4 donne une répartition des mots-clés selon la dynamique de la chronogenèse de la séance.

Figure 4 : Carte de la liste séquentielle des mots-clés de de l'enseignant E1 (E1-S4AO-TPLA)



Source : Données d'enquête de terrain, février 2021

La figure 4 montre que la séance a duré 32 minutes 25 secondes et a été dense en activités pour les coacteurs. L'extrait 3 de l'enregistrement de l'enseignant E1 lors de sa séance 4 avec les outils didactiques donne la définition du premier jeu épistémique.

Extrait 3 de l'enregistrement -E1-S4AO- TPLA-: définition de la tâche 1

E1 : ... Vous avez devant vous des déchets plastiques que des consommateurs ont abandonnés. Pour vous éviter des problèmes de santé, ils ont été lavés. Alors, vous allez les regrouper selon vos propres critères.

Faites des tas avec ces déchets, on va voir quels ont été vos critères de tri. Regroupez-les, essayez de les regrouper selon vos critères.

L'extrait 3 indique que l'enseignant E1, après avoir défini le jeu didactique, a procédé à sa dévolution. Cette technique a permis aux élèves de s'engager dans la réalisation de la tâche prescrite, leur rythme de travail étant imposé par la consigne de temps formulée par l'enseignant. Ce dernier circule entre les rangées pour vérifier que les élèves ont compris la tâche à réaliser et pose certaines questions à des élèves qui lui répondent. Les élèves interagissent ensemble pour classer les déchets plastiques selon leurs critères de tri. Lors de la mise en commun, cette liberté se reflète dans un nombre de tas d'objets qui diffère d'un groupe à l'autre, les élèves ayant regroupé les déchets plastiques tantôt selon leur aspect, tantôt selon leur utilisation et ou encore selon leur marque. L'extrait 4 illustre la définition du jeu épistémique lié à la deuxième tâche à réaliser.

Extrait 4 de l'enregistrement -E1S4-TPL4 : définition de la tâche 2

E1 : Maintenant, vous allez les regrouper selon le logo du recyclage.

A l'intérieur du logo se trouve un chiffre allant de 1 à 7 ou un sigle. Vous les regroupez en fonction du chiffre ou de sigle. Faites ce regroupement. Cherchez sur le produit, généralement au fond du produit. A l'intérieur du symbole, il y a un chiffre. Alors, à la limite. Ça va ?

La Société de l'industrie des plastiques (Society of the Plastics Industry SPI) a élaboré en 1988 un codage des plastiques. Chaque code présente le logo de recyclage contenant à son centre un chiffre compris entre 1 et 7 ou un sigle à 3 lettres désignant le polymère constituant le plastique comme suit (Zongo et al., 2023, p. 1122) : 1 – PET : Polyéthylène téréphtalate, 2 – PEHD : Polyéthylène haute densité, 3 – PVC : Polychlorure de vinyle, 4 – PEBD : Polyéthylène basse densité, 5 – PP : Polypropylène, 6 – PS : Polystyrène et 7 –Other regroupant les autres polymères du plastique.

L'extrait 4 de l'enregistrement ci-dessus indique une évolution de la chronogénèse dans laquelle l'enseignant modifie la tâche 1. Les élèves doivent en effet à présent effectuer le tri selon un critère imposé par celui-ci. Après la définition de la tâche, l'enseignant circule entre les rangées pour vérifier que ses élèves sont à nouveau engagés dans ce jeu d'apprentissage. Les élèves interagissent ensemble pour classer les

déchets plastiques selon le logo du recyclage. Cette fois, lors de la mise en commun, les groupes ont généré un même nombre de tas à l'exception d'un groupe qui déclare avoir trouvé huit tas. Le groupe montre ainsi une poire à lavement qui porte sur son fond extérieur le chiffre 8. L'extrait 5 illustre les interactions élèves-professeur concernant ce cas précis de la poire.

Extrait 5 de l'enregistrement - E1-S4AO-TPL4: Un chiffre 8 sur un plastique

E1 : Le groupe qui a trouvé 8 tas, justifiez-vous. Votre huitième tas est constitué de quoi ?

Un élève du groupe montre la poire à lavement à l'enseignant qui la saisit et dit :

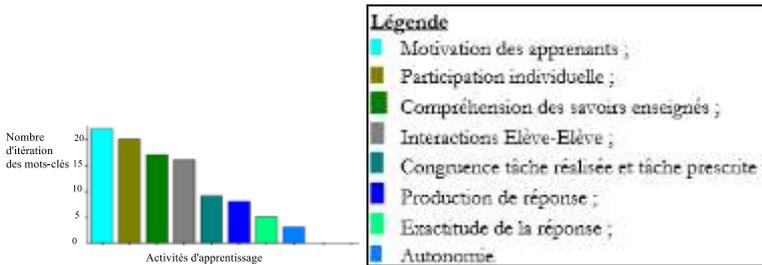
E1 : OK, je vois. Regardez bien ici, c'est une poire à lavement. A son fond se trouve effectivement un chiffre 8 mais est-ce que ce chiffre 8 se trouve dans un logo de recyclage ?

Apprenants : Non !

E1 : Il n'y a pas de logo de recyclage qui entoure ce chiffre. Donc, on ne doit pas la classer.

Après cet éclaircissement apporté par l'enseignant, tous les groupes reconnaissent avoir le même nombre de tas. Par ce procédé (tâche 1 et tâche 2), les élèves découvrent des résultats qui diffèrent selon les critères de tri. L'enseignant leur indique alors le nom du polymère qui entre dans la fabrication du plastique de chaque tas. Il leur explique que les différents aspects et couleurs des plastiques d'un même tas sont causés par la présence d'adjuvants. La technique pédagogique employée par l'enseignant crée des conflits cognitifs chez l'apprenant qui lui permettent de se construire des connaissances et des compétences solides sur le tri des déchets plastiques. Ce processus d'enseignement/apprentissage pourrait leur permettre d'acquérir de nouvelles aptitudes les incitant à se questionner, réfléchir avant de proposer des réponses erronées (Masson, 2007 ; Allaire-Duquette et al., 2015) et produire les réponses acceptables scientifiquement. La figure 5 représente le cumul des itérations des mots-clés relatifs aux différentes activités d'apprentissage.

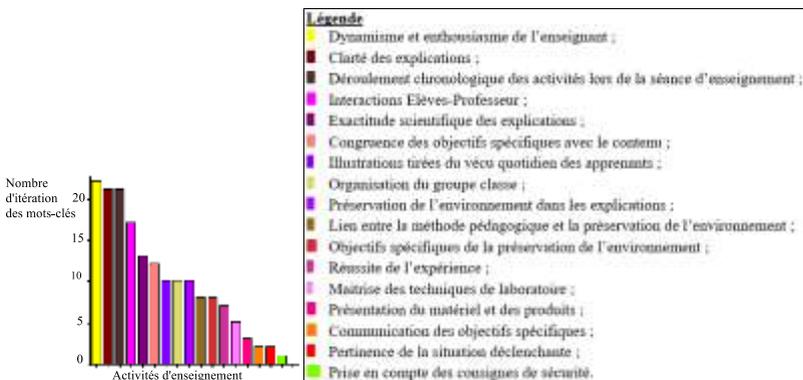
Figure 5 : Activités d'apprentissage des élèves de l'enseignant E1 (E1-S4AO – TPLA)



Source : Données d'enquête de terrain, février 2021

Sur les 10 activités d'apprentissage catégorisées, 8 sont observées, soit 80 % des activités d'apprentissage. 4 de ces activités se retrouvent dans plus de 60 % des extraits. Il s'agit de « motivation », « participation individuelle », « compréhension du savoir enseigné » et « interactions Élève-Élève ». Les élèves, ayant réussi à réaliser les tâches prescrites au terme de la séance, ont gagné le jeu didactique. La figure 6 représente le cumul des itérations des mots-clés des activités d'enseignement de l'enseignant lors de la séance de 32 min 25 s.

Figure 6 : Activités d'enseignement de l'enseignant E1 : « E1-S4AO -TPLA »



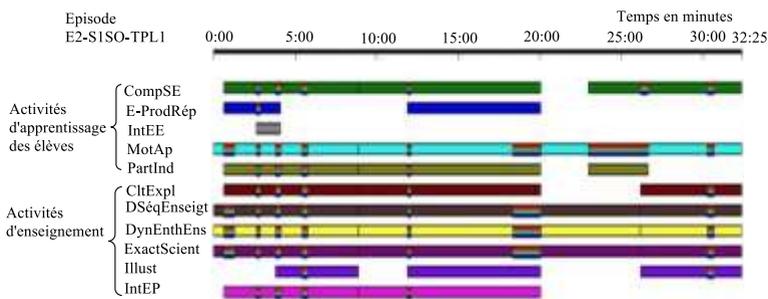
Source : Données d'enquête de terrain, février 2021

Cette figure indique que sur les 18 activités d'enseignement attendues, 17 apparaissent soit un taux d'apparition de 94 %. Seul l'indicateur « consignes sur la gestion des déchets de l'expérimentation » n'apparaît pas. Les 6 premières de ses activités apparaissent dans plus de 60 % des extraits. L'enseignant, ayant su réguler le jeu didactique, l'a également gagné. Il a en effet mené des actions qui ont contribué à ce que ses élèves découvrent la stratégie gagnante qui, dans cette séance, consistait à développer chez les élèves des compétences de tri des déchets plastiques selon le polymère.

2-2-3. Séances sans les outils didactiques de l'enseignant E2 (E2-S1SO-TPL1)

La figure 7 représente la carte séquentielle des mots-clés lors de la séance 1 sans les outils didactiques, tri des déchets plastiques 1 de l'enseignant E2. La barre de temps indique que cette séance a duré 32 minutes 25 secondes.

Figure 7 : Carte de la liste séquentielle des mots-clés de l'enseignant E2 (E2-S1SO – TPL1)



Source : Données d'enquête de terrain, mars 2021

Dans cette séance, comme l'indique l'extrait 6 ci-dessous, l'enseignant aborde la notion de « polymère » devant ses élèves.

Extrait 6 de l'enregistrement - E2-S1SO-TPL1 :

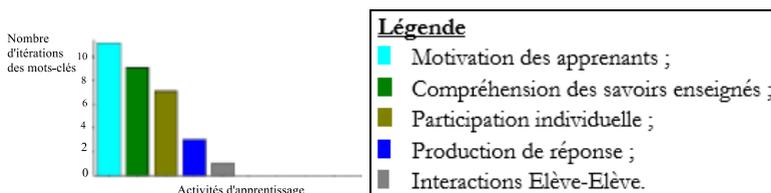
L'enseignant, après avoir défini les termes "polymère", "polymérisation" et donné des exemples concernant chaque notion, passe à la définition de l'indice de polymérisation. Il dit à ses élèves de noter la définition.

E2 : Alors, notez. « L'indice de polymérisation est le nombre moyen de motifs structuraux dans une macromolécule. »

L'enseignant répète la phrase plusieurs fois pour que ses élèves puissent la noter dans leurs cahiers.

Cet extrait qui a duré seulement 1 min 17 s sur l'enregistrement atteste le caractère d'un exposé magistral des concepts enseignés. Les élèves ont suivi leur enseignant sans interagir dans la séquence. La topogenèse, étant plus centrée sur l'enseignant, est déséquilibrée. La chronogenèse évolue très rapidement, car en si peu de temps l'enseignant a pu aborder trois concepts. La mesogenèse reste sans particularité spécifique. La figure 8 représente le cumul des mots-clés relatifs aux activités d'apprentissage.

Figure 8 : Activités d'apprentissage des élèves de l'enseignant E2 (E2-S1SO-TPL1)

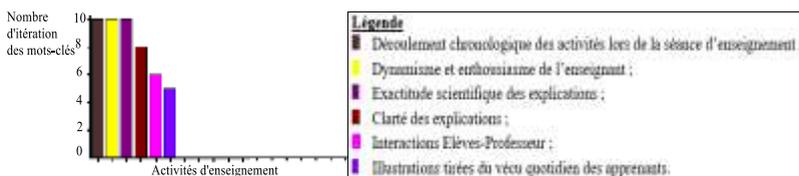


Source : Données d'enquête de terrain, mars 2021

Comme l'indique l'analyse de la figure 8, sur les 10 activités attendues pour les élèves, 5 apparaissent soit un taux de 50 % des activités d'apprentissage. La « motivation des élèves », observée directement à partir des mimiques et de la gestuelle, reste néanmoins l'activité dominante pour les élèves. Elle est suivie de la « compréhension du savoir enseigné ». En effet, quelques questions de compréhension posées par l'enseignant ont permis de constater que les élèves suivent ce que fait leur enseignant. Si ces questions orales

permettent d'attester de la compréhension effective de quelques élèves sur le savoir enseigné, il n'en demeure pas moins un doute quant au développement de compétence des élèves sur les notions abordées. L'extrait 6 et la figure 8 indiquent que les activités de cette séance étaient plus centrées sur l'enseignant que les élèves. La figure 9 représente le cumul des mots-clés des activités d'enseignement.

Figure 9 : Activités d'enseignement de l'enseignant E2 : « E2-S1SO -TPL1 »



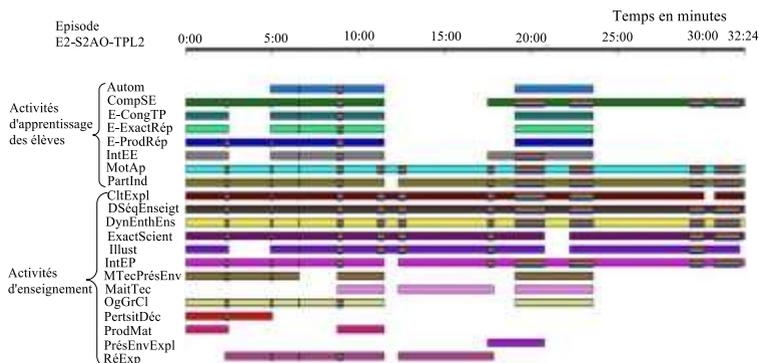
Source : Données d'enquête de terrain, mars 2021

Sur les 18 activités attendues de l'enseignant, 6 seulement apparaissent, soit un taux de 33 % des activités d'enseignement. La catégorie « déroulement des séquences d'enseignement » est la plus représentée suivie de celle liée au « dynamisme et enthousiasme de l'enseignant ». Cela matérialise une topogenèse de l'enseignant caractérisée par une prédisposition à remplir les fonctions dévolues à son institution dans le contrat didactique. Quoique la chronogenèse soit dynamique, le manque d'interaction entre les acteurs de la situation didactique et surtout d'une évaluation de la séance par l'enseignant ne permet pas de déclarer que le jeu didactique est gagné par chacune des deux instances, à savoir l'instance « élève » et l'instance « enseignant ».

2-2-4. Séance avec les outils didactiques de l'enseignant E2 (E2-S2AO-TPL2)

La figure 10 représente une répartition des mots-clés selon la dynamique de la chronogenèse de la séance 2 de l'enseignant E2 avec les outils didactiques.

Figure 10 : Carte de la liste séquentielle des mots-clés de l'enseignant E2 (E2-S2AO-TPL2)



Source : Données d'enquête de terrain, mars 2021

Cette figure indique que la séance a duré 32 minutes 24 secondes et a été dense en activités pour les coacteurs. L'enseignant E2 aborde la notion des polymères avec les outils didactiques concernant la gestion des déchets plastiques. Elle se déroule en classe avec un aménagement des lieux permettant aux élèves de travailler en groupe. La configuration de travail et les tâches prescrites restent semblables à celles de l'enseignant E1. À l'entame de la séance, l'enseignant pose quelques questions pour vérifier les prérequis de ses élèves comme le montre l'extrait 7.

Extrait 7 de l'enregistrement – « E2- S2AO-TPL2 » : Vérification des prérequis

E2 : Videz votre poubelle pour voir ce qui est à l'intérieur.

Les élèves se mettent à réaliser la tâche prescrite. Ils vident les poubelles tout en discutant ensemble.

E2 : Avez-vous fini de vider vos poubelles ? ... Qu'avez-vous trouvé dans les poubelles ? Oui, toi !

Apprenant1 : On a trouvé des objets en plastique.

E2 : Ok, des objets en plastique. Et, les autres, vous avez trouvé quoi d'autre encore ? Oui, toi !

Apprenant2 : On a trouvé que la poubelle même est en plastique.

E2 : La poubelle même est en plastique. Très bien, qui a une proposition ?

Apprenant3 : Il y a des sachets plastiques.

E2 : Vous voyez que le mot plastique revient à tout moment. Qu'ont-ils en commun, ces objets-là ?

Apprenant4 : Ils sont tous en plastique.

E2 : Ils sont tous faits à base de la matière plastique. Maintenant, qu'est-ce qu'une matière plastique ? ...

Apprenant3 : On peut dire que c'est une matière qui peut changer de forme sous l'effet de la chaleur.

E2 : [Répète ce qu'a dit l'élève]. Oui mais est-ce que c'est toutes les matières plastiques ? Oui, qui a une autre proposition ? Je sais que le sachet d'eau sous l'effet de la chaleur change de forme à une certaine température. En revanche, il y a d'autres qui résistent.

Apprenant5 : On peut dire que c'est une matière utilisée pour la fabrication des objets du quotidien.

E2 : La matière plastique ? Oui, de quoi est-elle constituée ? ...

Apprenant6 : Le PVC.

E2 : PVC, ça veut dire quoi ?

Apprenant6 : Polychlorure de vinyle

L'extrait 7 atteste de l'entame de la leçon suivie d'une vérification des prérequis. Les transactions entre les coacteurs sont prépondérantes. Les élèves arrivent à citer des exemples de polymères. La topogenèse est équilibrée en ce sens que les coacteurs participent à la construction du savoir. Le mesogenèse est riche de nouveaux éléments permettant aux apprenants de manipuler. L'enseignant, après s'être assuré que ses élèves ont trouvé la stratégie gagnante de ce premier jeu épistémique, fait évoluer la chronogenèse par la définition d'un deuxième jeu didactique. L'extrait 8 atteste de cette activité.

Extrait 8 de Penregistrement -E2-S2AO-TPL2: définition de la tâche 1

E2 : Ok, les objets que vous avez devant vous, pouvez-vous les regrouper suivant des critères que vous aurez préalablement choisis ? Regroupez-les en tas selon vos propres critères quoi ! Vous travaillez individuellement. Travail personnel.

Les élèves se mettent à la tâche. Ils interagissent ensemble pour réaliser la tâche prescrite.

Dans cet extrait, l'enseignant définit le jeu épistémique puis procède à sa dévolution pour que ses élèves s'engagent dans l'exécution de la tâche 1. Il donne également des consignes de travail. Les élèves s'engagent alors au regroupement des déchets plastiques en tas et l'enseignant circule entre les rangées pour vérifier les travaux des élèves. Ces derniers interagissent ensemble pour classer les plastiques selon leurs critères de répartition malgré la consigne de « travail individuel ». Après avoir constaté que les élèves ont réalisé la tâche prescrite, l'enseignant passe au tableau et y note les critères de tri des élèves. L'extrait 9 donne quelques critères de sélection des objets cités par les élèves.

Extrait 9 de l'enregistrement -E2-S2AO-TPL2: Critères de tri des élèves

E2 : Maintenant, dites-nous sur quels critères vous les avez regroupés ? Ici là d'abord !

Apprenant : Nous avons mis les flexibles à part, ceux qui sont rigides, durs à part. Il y a des plastiques qui sont transparents et d'autres non.

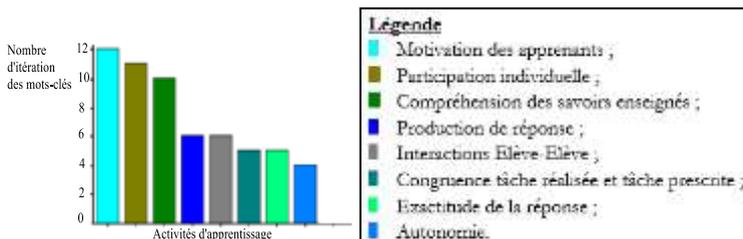
L'extrait 9 indique que les élèves se sont engagés dans la réalisation de la tâche 1. Ils ont classé les plastiques selon leur aspect physique. L'extrait 10 indique cette fois la façon dont l'enseignant a défini la tâche 2 et a procédé à sa dévolution aux élèves.

Extrait 10 de l'enregistrement - E2-S2AO-TPL2: définition de la tâche 2

E2 : Maintenant, lorsque vous prenez un plastique, par exemple celui-là, regardez bien à son extérieur et au fond. ... vous allez voir des écritures. Quand on prend ça, c'est écrit numéro 2. Il y a un triangle et ils ont écrit un chiffre à l'intérieur. [...] Il y a le numéro 5 dans un triangle et ils ont écrit PP à côté. Le PP, ça signifie quoi ? Ici, on voit PS et le chiffre 6 à côté. [...] Essayez de regrouper maintenant les plastiques en observant bien le triangle. Ce triangle est le logo du recyclage.

L'extrait 10 indique que l'enseignant ne s'est pas contenté de lire la tâche à ses élèves, mais leur a expliqué ce qui est attendu d'eux. Mieux, il leur a d'abord donné des indications et des pistes méthodologiques avant de leur demander la réalisation pratique de la tâche prescrite. La figure 11 représente le cumul des mots-clés relatifs aux activités d'apprentissage.

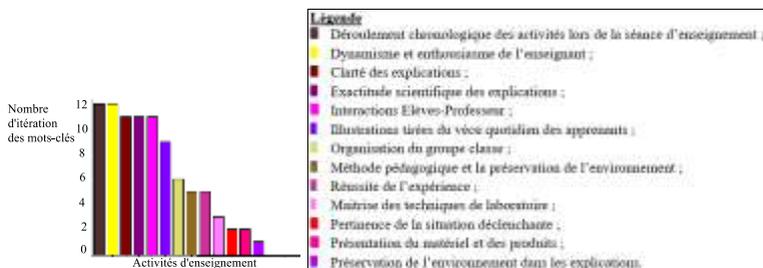
Figure 11 : Activités d'apprentissage des élèves de l'enseignant E2 (E2-S2AO-TPL2)



Source : Données d'enquête de terrain, mars 2021

Sur les 10 activités d'apprentissage attendues, 8 apparaissent soit un taux d'apparition de 80 % des activités d'apprentissage. Les 5 premières de ces activités se retrouvent dans plus de 50 % des extraits. Il s'agit de la « motivation », de la « participation individuelle », de la « compréhension du savoir enseigné », de la « production de réponse » et des « interactions Élève-Élève ». On peut en déduire que les élèves ont gagné le jeu didactique. Les activités d'apprentissage non apparues sont la « participation au nettoyage du matériel et du poste de travail » et la « participation à la gestion des déchets engendrés par l'expérimentation ». Cela se justifie par le fait que cette activité n'engendre pas de déchets. La figure 12 représente le cumul des mots-clés des activités d'enseignement lors de la séance E2-S2AO-TPL2.

Figure 12: Activités d'enseignement de l'enseignant E2 (E2-S2AO-TPL2)



Source : Données d'enquête de terrain, mars 2021

L'analyse de la figure 12 indique que, sur les 18 activités attendues de l'enseignant, 13 apparaissent soit un taux de 72 % des activités d'enseignement. Les catégories « déroulement chronologique des activités lors de la séance d'enseignement » et « dynamisme et enthousiasme de l'enseignant » sont les plus représentées suivies de celles liées aux catégories « clarté des explications », « exactitude scientifique des explications » et « interactions Élèves-Enseignant ». Chaque instance (Enseignant, Élève) a rempli sa part de responsabilité du contrat didactique de façon sérieuse. Les actions d'enseignements et d'apprentissages se côtoient et donnent à la séance le sens réel d'une co-construction des savoirs abordés. La répartition des tâches, la topogenèse, est équilibrée, faisant de chaque acteur un élément en bon rapport à son institution. La chronogenèse est dynamique et la méthode pédagogique adoptée par l'enseignant met clairement l'apprenant en activité. Les 6 premières activités d'enseignement sont présentes dans plus de 75 % des extraits de l'épisode concernant la séance E2-S2AO. La mise en activité des élèves par l'enseignant dans une situation pratique de tri des déchets plastiques permet de développer les compétences de ceux-ci en la matière. À l'issue de cette séance, l'enseignant a gagné le jeu didactique car ses élèves ont découvert la stratégie gagnante qui est le tri des déchets plastiques selon le polymère.

3. Discussion

Le modèle REDOC (Représentations, Démarche pédagogique, Outils didactiques, Compétences) (Diemer et al., 2015; Ndiaye, 2019; Zongo, 2022) repose la démarche pédagogique adoptée sur des outils didactiques innovants. Plane & Schneuwly (2000) et Reuter & al. (2007) définissent un outil didactique comme un dispositif matériel ou un artefact introduit en classe pour servir l'enseignement/apprentissage des notions et capacités. Schneuwly (2000) considère la tâche comme un outil de l'enseignant en ce sens qu'elle l'aide à moduler son action. Ainsi, les contenus de cours et les séquences d'apprentissage mis à la disposition des enseignants constituent les outils didactiques dans cette recherche.

Une étude comparative des figures représentant les activités d'apprentissage montre une meilleure représentativité des activités des élèves lors des séances de cours avec les outils didactiques. Une observation similaire se dégage pour les activités d'enseignement. En effet, les 4 séances observées ont chacune une durée de 32 minutes. Ainsi, selon les figures 1 et 4, la densité de mots-clés de la séance « E1-S4AO-TPL4 » est supérieure à celle de la séance « E1-S1SO-TPL1 ». Cela confirme les deux hypothèses H1 (l'utilisation des outils didactiques facilite la prise en charge des enseignements de chimie liés à l'ErE par les enseignants burkinabè) et H2 (l'utilisation des outils didactiques lors des séquences d'enseignement de chimie améliore l'acquisition des concepts de l'ErE par les élèves). Une comparaison des figures 3 et 6 de l'enseignant E1 et des figures 9 et 12 de l'enseignant E2 confirme l'hypothèse H1. La même démarche comparative des figures 2 et 5 pour l'enseignant E1 et des figures 8 et 11 de l'enseignant E2 confirme l'hypothèse H2. Cela se justifie par le fait que, dans les séances avec les outils didactiques, les deux types d'acteurs sont en interaction permanente pour coconstruire le savoir à enseigner.

Les résultats de cette analyse microscopique sont en accord avec l'étude macroscopique de Zongo & al. (2024) pour les mêmes séances. L'utilisation des outils didactiques fournis lors des séquences d'apprentissage met les élèves en activité. Le pré-test et le post-test réalisés par Zongo & al. (2024) mettent en évidence l'impact positif des outils didactiques développés sur l'apprentissage des apprenants. Pour consolider durablement les acquisitions des apprenants, les enseignants ont employé la stratégie du modèle précurseur (Lemeignan & Weil-Barais, 1993; Zongo & Zoundi, 2023) qui favorise des conflits cognitifs chez ceux-ci sur le tri des déchets plastiques. Si cette recherche est menée avec un échantillon réduit qui l'apparente à une étude de cas, la pratique d'enseignement observée chez les deux enseignants est toutefois assez représentative car ils travaillent dans des conditions semblables à celles de la plupart des enseignants de sciences expérimentales des lycées et collèges au Burkina Faso. Cet article suggère implicitement d'identifier les problèmes environnementaux et de les adapter aux savoirs de référence déjà au programme scolaire de sorte à les aborder avec les élèves. La conception d'outils didactiques et leur utilisation adéquate semblent constituer une démarche certaine pour impacter positivement le processus enseignement/apprentissage.

Les outils didactiques utilisés, à l'instar de ceux proposés par Zongo & al. (2023) sur la notion de densité, mettent également les enseignants en sécurité et les rassurent pour un enseignement davantage engagé sur les problématiques environnementales. En effet, Reuter et al. (2007) considèrent la pratique comme une activité structurée par plusieurs dimensions en interaction et formatée par des dispositifs, des outils et des supports ... Les enseignants qui prétextaient du manque de documentation sur les notions de l'ErEDD ont désormais à leur disposition des outils didactiques pour étayer leur pratique en la matière. En outre, avec l'adoption de l'approche par les compétences comme méthode d'enseignement au Burkina Faso, ces outils didactiques offrent des situations contextualisées de l'enseignement des polymères en classe de 1ère C ou D. Penneman (2018) souligne l'importance des outils didactiques comme supports au déploiement des pratiques pédagogiques. Il précise que la proposition d'outils et de ressources didactiques de qualité aux enseignants n'est cependant pas suffisante pour s'assurer de leur utilisation effective dans les classes. La mise en œuvre des notions de l'ErEDD, quoique recommandée, nécessite une réforme curriculaire conséquente avec un domaine dédié à l'ErEDD. La prise de décision d'une telle réforme des curricula de sciences physiques revient aux autorités politiques et éducatives.

Conclusion

L'accumulation des déchets plastiques dans la nature devenant de plus en plus importante, il est urgent de promouvoir une économie verte, voire circulaire, orientée vers le recyclage des rebuts plastiques. Cela nécessite une sensibilisation écocitoyenne au tri de ces déchets aux composants très variés. Pour ce faire, deux outils didactiques ont été conçus en chimie pour sensibiliser les enseignants et leurs élèves à la sélection des plastiques selon les polymères qui les composent. L'analyse microscopique de séances de cours à l'aide du logiciel Transana et des tests administrés aux élèves interviewés montrent que les outils didactiques conçus semblent améliorer d'une part, l'enseignement des notions de l'ErE chez les enseignants et d'autre part, l'acquisition des mêmes notions chez les élèves. Les perspectives de cette étude pourraient s'orienter vers le développement d'un cadre

de promotion de la culture scientifique sur la préservation de l'environnement et la gestion des déchets.

Bibliographie

Allaire-Duquette Géneviève, Bélanger Michel & Masson Steve (2015), « *Le rôle de l'imagerie cérébrale pour comprendre les difficultés associées à l'apprentissage de concepts contre-intuitifs en sciences.* », ANAE Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant, 27(134), p. 47-53.

Amélie Leroux (2014). *Rôle du pharmacien d'officine dans la prévention et la prise en charge des effets indésirables liés aux traitements anticancéreux de la famille des inhibiteurs de tyrosine kinase*, Thèse de doctorat, Université Angers.

Bouju Jacky & Ouattara Fatoumata (2002), *Une anthropologie politique de la fange : Conceptions culturelles, pratiques sociales et enjeux institutionnels de la propreté urbaine*, Rapport, Shadyc-Marseille / Gril-Ouagadougou, Shadyc-Gril, 4; p. 224.

Bourguin Gregory (2000). *Un support informatique à l'activité coopérative fondé sur la Théorie de l'Activité : Le projet DARE*, Thèse de doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille

Bourguin Gregory & Derycke Alain (2005), « *Systèmes interactifs en co-évolution réflexions sur les apports de la théorie de l'activité au support des pratiques collectives distribuées* », Revue d'Interaction Homme-Machine, 6(1), 31.

Cavé Jérémie, Delarue Jocelyne, Le Bozec André & Durand Mathieu (2015), *La valorisation des déchets : Un changement de paradigme pour les pays du sud*, Rapport, Livrable 1 Version 2; Projet ORVA2D - Organisation de la valorisation des déchets dans les pays en développement, Université du Maine (UMR ESO CNRS).

Charland Patrick (2007), « *La triade science, technologie et environnement : Nouveaux enjeux théoriques curriculaires et pédagogiques* », Éducation relative à l'environnement : Regards - Recherches - Réflexions, 6.

Charlier Corinne, Gougnard Thierry, Lamiable Denis, Levillain Pierre & **Plomteux Guy** (2000), « *Cyanures et thiocyanates en toxicologie hospitalière* », Annales de Toxicologie Analytique, 12(2).

Cravedi Jean-Pierre, Zalko, Daniel, Savouret Jean-François, Menuet Arnaud & Jégou Bernard (2007), « *Le concept de perturbation endocrinienne et la santé humaine* », médecine/sciences, 23(2).

Diallo Halimatou Tandéta (2004), *Contribution à l'élaboration d'une stratégie de gestion des résidus urbains pour les pays du Sud : Application aux*

tapades du Fontab Djallon-Guinée, Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal.

Diallo Nimba Oumou Alpha (2019), *Approche novatrice d'une économie circulaire des plastiques post-consommation au Québec*, Mémoire, Université de Sherbrooke

Diemer Arnaud, Girardin Maryvonne & Marquat Christel (2015), Revue de la littérature sur l'éducation relative à l'environnement et l'éducation au développement durable. In *L'éducation au développement durable dans les Suds : Le modèle REDOC*. Editions Oeconomia.

Donoumassou Siméon Pulchérie (2019), « *Pollution par les sachets plastiques : Les raisons d'un encadrement juridique général* », Deuxième colloque international sur le droit de l'environnement en Afrique, 3-2018.

Herve Nicolas, Venturini Patrice & Albe Virginie (2014), « *La construction du concept d'énergie en cours de physique : Analyse d'une pratique ordinaire d'enseignement* », RDST, 10.

Lemeignan Gérard & Weil-Barais Annick (1993), *Construire des concepts en physique : L'enseignement de la mécanique*. Hachette.

Luttringer Armand Dié (1926), « *Le caoutchouc durci* », Revue Le Caoutchouc et la Gutta - Percha; IRIS - LILLIAD - Université Lille 1.

Mahdi Selma & Tahmi Amina (2020), *Etude de la récupération et de la valorisation de quelques déchets plastiques destinés à l'emballage*, Mémoire, Université Mohamed Boudiaf, M'sila.

Masson Steve (2007), « Enseigner les sciences en s'appuyant sur la neurodidactique des sciences », in *Patrice Potvin, Martin Riopel & Steve Masson (dir.), Enseigner les sciences : Regards multiples*, Éditions MultiMondes.

MESSRS (2010), « *Document de référence pour l'enseignement des sciences physiques au post-primaire (4^{ème} et 3^{ème})* », Ministère des Enseignements Secondaire, Supérieur et de la Recherche Scientifique du Burkina Faso.

Monsaingeon Baptiste (2016), « *Plastiques : Ce continent qui cache nos déchets* », Mouvements, 3(87).

Ndiaye Abdourakhmane (2019), *Changements climatiques : De la modélisation du phénomène à son éducation. Application au cas des enseignants sénégalais du primaire*, Doctorat, Université Clermont Auvergne.

Penneman Jessica (2018), *L'écriture pour apprendre : Entre appropriation par les enseignants et effets sur les apprentissages des élèves* Thèse de doctorat, Université catholique de Louvain.

Piaget Jean (1976), « *La formation du symbole chez l'enfant : Imitation, jeu et rêve - image et représentation* », Delachaux et Niestlé, 6^e édition, Institut Jean Jacques Rousseau.

Picot André & Narbonne Jean-François (2011), « *L'antimoine, un toxique mystique toujours méconnu* », l'actualité chimique, 351.

PlasticsEurope, EPRO & Plastics (2020). *Plastics – the Facts 2020 An analysis of European plastics production, demand and waste data*, Rapport, PlasticsEurope, Les producteurs des matières plastiques.

Reuter Yves, Cohen-Azria Cora, Daunay Bertrand, Delcambre-Delville Isabelle & Lahanier-Reuter Dominique (2007). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques* (1^{ère} édition), De Boeck Université.

Sauvé Lucie (2001), *Éducation et environnement à l'école secondaire : Modèles d'intervention en éducation relative à l'environnement*, les éditions Logiques.

Schneuwly Bernard (2000), Les outils de l'enseignant. Un essai didactique, *In Les outils de l'enseignant de français*, Institut national de recherche pédagogique Didactiques des disciplines.

Sensevy Gérard (2011), *Le sens du Savoir. Eléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*, De Boeck Supérieur.

Sory Issa & Tallet Bernard (2012), « *Des choix d'aménagement urbain*

porteurs d'inégalités sociales et environnementales : La gestion des déchets solides à Ouagadougou (Burkina Faso) », Flux, n° 89-90(3).

Venturini Patrice (2012), « *Action, activité, «agir» conjoints en didactique : Discussion théorique* », Education & didactique, 6(1).

Venturini Patrice & Tiberghien Andrée (2012), « *La démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimiques : Étude de cas au collège* », Revue française de pédagogie, n° 180.

Wong, S. L., & Lye, E. J. (2008), « *Taux de plomb, de mercure et de cadmium chez les canadiens* », Statistique Canada, n° 81-003-XPF au catalogue ; Rapports sur la santé, 19(4).

Zongo Issa (2022). *Analyse et développement des méthodes et pratiques d'enseignement liées à l'éducation à l'environnement et à la gestion des déchets pour les enseignants des lycées et collèges dans le domaine de la chimie au Burkina Faso*, Thèse de doctorat en cotutelle internationale, Université Libre de Bruxelles et Université Norbert Zongo, Bruxelles et Koudougou.

Zongo Issa, Bougouma Moussa & Moucheron Cécile (2023), *Proposal for a Didactic Tool on Teaching Practices Related to the Selective Sorting*

of Plastic Waste According to Relative Density in High Schools : Case Study in Burkina Faso, Journal of Chemical Education, 100(3).

Zongo Issa, Bougouma Moussa & Moucheron Cécile (2024), *Éducation environnementale : Implémentation du tri des déchets plastiques en classe de première au Burkina Faso*. Revue LES TISONS/RISHS, Numéro spécial 1.

Zongo Issa & Zoundi Christian- (2023), *Un modèle précurseur pour étayer l'enseignement de la couleur des objets en optique par la démarche d'investigation*, Revue Africaine des Sciences de l'Éducation et de la Formation RASEF, 3.