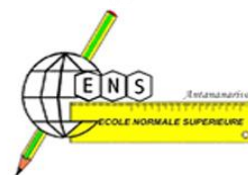




UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE NORMALE SUPERIEURE
ANTANANARIVO



DOMAINE : « SCIENCES DE L'EDUCATION »

MENTION : « Formation des Ressources Humaines en Education »

SPECIALITE : Sciences Physiques et Chimiques

PARCOURS : Formation de Professeur Spécialisé en Physique Chimie

MEMOIRE de MASTER PROFESSIONNEL

PROPOSITION D'OUTILS D'ENSEIGNEMENT/APPRENTISSAGE
POUR CONTRIBUER A L'EDUCATION AU DEVELOPPEMENT
DURABLE: CAS DE LA PROTECTION DE LA COUCHE D'OZONE

Présenté par RAKOTOARISOA Ny Anja Nomenjanahary

Directeur de mémoire : M. RAJAOMANANA Hery,
Maître de conférences

Date de la soutenance : 13 Janvier 2020

N° d'ordre : 29/FPSPC/FRHE



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE NORMALE SUPERIEURE
ANTANANARIVO



DOMAINE : « SCIENCES DE L'EDUCATION »

MENTION : « Formation des Ressources Humaines en Education »

SPECIALITE : Sciences Physiques et Chimiques

PARCOURS : Formation de Professeur Spécialisé en Physique Chimie

MEMOIRE de MASTER PROFESSIONNEL

**PROPOSITION D'OUTILS D'ENSEIGNEMENT/APPRENTISSAGE
POUR CONTRIBUER A L'EDUCATION AU DEVELOPPEMENT
DURABLE: CAS DE LA PROTECTION DE LA COUCHE D'OZONE**

Présenté par RAKOTOARISOA Ny Anja Nomenjanahary

Membres de Jury :

- Président : M. ANDRIANARIMANANA Jean Claude Omer,
Professeur titulaire
- Juge : Mme RAHARIJAONA Lala Parsonnette,
Docteur et Assistante d'Enseignement Supérieur
- Encadreur : M. RAJAOMANANA Hery,
Maître de conférences

Date de la soutenance : 13 Janvier 2020

N° d'ordre : 29/FPSPC/FRHE

REMERCIEMENTS

Nous souhaitons témoigner notre gratitude envers les personnes mentionnées ci-dessous, vu que sans eux, la réalisation de ce présent mémoire n'aurait pas été possible :

- Notre reconnaissance s'adresse, tout d'abord, à **DIEU Tout puissant** de nous avoir procuré de la santé, de la force et du courage durant nos années d'études ainsi qu'à l'accomplissement de ce travail de mémoire ; « *Nefa tsy izaho, fa ny fahasoavan'Andriamanitra no niara-niasa tamiko* » (IKor 10 : 15^d)
- Puis, nous tenons à présenter nos remerciements à toute la direction de l'Ecole Normale Supérieure Antananarivo pour l'opportunité que nous avons bénéficié au sein de l'établissement.
- L'enseignement de qualité dispensé par tous nos enseignants durant ces cinq dernières années a su nourrir nos réflexions et a représenté une profonde satisfaction intellectuelle, nous vous remercions.
- Nous présentons nos vifs remerciements à Monsieur RANDRIANARIMANANA Jean Claude Omer, Professeur titulaire, d'avoir accepté de présider ce mémoire malgré ses innombrables préoccupations.
- Nos profondes reconnaissances s'adressent à Madame RAHARIJAONA Parsonnette Solomalala, Docteur et Assistante d'Enseignement Supérieur, pour l'évaluation et la proposition des remarques afin d'améliorer ce travail.
- Les précieux conseils apportés par notre encadreur Monsieur RAJAOMANANA Hery, Maître de conférences, ont particulièrement contribué à l'élaboration de ce présent œuvre et les nombreuses opérations y afférentes. Nous vous sommes très reconnaissantes.
- Nous tenons à remercier spécialement nos parents et nos familles pour leur support matériel et moral nécessaires qui nous ont permis d'accomplir nos études.
- Sans oublier tous nos collègues de la promotion KINTANA, nos amis pour leurs aides et leurs soutiens aux diverses situations, Merci à vous !!!
- Merci aux enseignants, élèves et personnel administratif du Lycée Andohoranofotsy et Lycée Jean Joseph RABEARIVELO d'avoir collaboré avec nous durant les expérimentations sur terrain.
- Nos remerciements vont enfin à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTE DES ABREVIATIONS.....	vi
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : ANCRAGE THEORIQUE.....	3
<i>Chapitre 1 : L'OZONOSPHERE</i>	4
I. Description de son élément constitutif et ses caractéristiques	4
II. Importance de l'ozone stratosphérique	7
III. La couche d'ozone et son évolution	10
IV. Relation entre le réchauffement climatique et la protection de la couche d'ozone .	12
<i>Chapitre 2 : LE DEVELOPPEMENT DURABLE ET LES DOMAINES CONCERNEES</i> .	14
I. L'éphémère et le durable	14
II. Vers un développement plus durable	14
III. Place de l'éducation dans le développement durable	16
<i>Chapitre 3 : L'EDD DANS LA PRATIQUE</i>	18
I. Thèmes, compétences ou principes ?	18
II. La pédagogie active	19
III. L'outil en éducation	20
IV. L'évaluation.....	22
DEUXIEME PARTIE : EXPERIMENTATION SUR TERRAIN	26
I. METHODOLOGIE.....	27
1. Choix des classes et des établissements	27
2. Préparation et mise en place des questionnaires.....	27
3. Mise en place des travaux sur terrain	28
II. RESULTATS et INTERPRETATIONS.....	31
1. Les questionnaires	31
2. Discussions durant la troisième séance	36
3. L'évaluation écrite.....	41
III. DISCUSSIONS SUR LES RESULTATS OBTENUS	47
1.DISCUSSION.....	47
2.APPORTS ET LIMITES DE LA RECHERCHE	48
CONCLUSION	51

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....	52
ANNEXE 1 : Questionnaire pour les enseignants.....	56
ANNEXE 2 : Questionnaire pour les élèves en classe Première C	58
ANNEXE 3 : Fiche de préparation sur la discussion /débat concernant la reconstitution de la couche d'ozone	60
ANNEXE 4 : Grille d'observation pendant la séance de discussion/débat	65
ANNEXE 5 : Sujet d'évaluation sur « LA COUCHE D'OZONE »	67
ANNEXE 6 : Signification des paramètres affichés lors de la comparaison des moyennes sur XLSTAT.....	69
ANNEXE 7 : Quel place occupent les écolabels dans la protection de l'environnement? .	71

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Formes de résonance de la molécule d'ozone les plus fréquentes	4
Figure 2: Les couches atmosphériques et la localisation de la couche d'ozone.....	5
Figure 3: Processus expliquant la formation et la destruction de la molécule d'ozone dans la stratosphère.....	6
Figure 4: L'état de la couche d'ozone en Octobre 2018	10
Figure 5: Fleur du DD conclu lors de la Sommet de Johannesburg en 2002	15
Figure 6: Le pentagone de l'apprentissage pour la pédagogie active	19
Figure 7: Relation entre les théories d'apprentissage, objectifs et outils d'enseignement pour la mise en place de l'activité d'enseignement et l'évaluation	21
Figure 8: Effet de l'outil psychologique sur l'apprenant	21
Figure 9: Les niveaux d'engagement personnel par rapport à la taxonomie de Krathwohl ...	25
Figure 10: Graphe résumant les réponses des élèves à la question 5 du questionnaire en fonction de leur effectif respectif	35
Figure 11: Distribution des notes des élèves sur la partie A de l'évaluation écrite pour les deux établissements	42
Figure 12: Pourcentage de choix de priorité associé à un critère d'achat	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Le spectre électromagnétique solaire proche de la lumière visible et leurs caractéristiques.....	7
Tableau 2: Les substances appauvrissant la couche d’ozone.....	9
Tableau 3: La taxonomie socio-affectif de Krathwohl, Bloom et Masia.....	24
Tableau 4: Les réponses des enseignants à la première question du questionnaire.....	32
Tableau 5: Résultats obtenus à partir des grilles d’observation durant la séance de discussion/débat.....	36
Tableau 6 : Valeurs des paramètres affichés sur le tableur du logiciel XLSTAT pour le Z-test	42
Tableau 7: Résumé des résultats lors de l'analyse des rédactions des élèves	46

LISTE DES ABREVIATIONS

ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

CFC: Chlorofluorocarbones

CO: Couche d'ozone

DeSeCo: Definition and Selection of Competencies

DD : Développement Durable

E/A : Enseignement/apprentissage

EDD : Education au Développement Durable

GES : Gaz à Effet de Serre

HCFC : Hydrochlorofluorocarbures

HFC : Hydrochlorocarbures

IR : Infrarouge

LA : Lycée Androhoranofotsy

LJJR : Lycée Jean Joseph RABEARIVELO

OCDE : Organisation de coopération et de Développement économique

ODD: Objectifs du Développement Durable

PGEH : Plan de Gestion pour l'Elimination des Hydrochlorofluorocarbones

PNUD: Programmes des Nations Unies pour le Developpement

PNUE : Programmes des Nations Unies pour l'Environnement

PRG : Potentiel de Réchauffement Global

QSV : Questions Socialement Vives

SAO : Substances Appauvrissant la couche d'Ozone

UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization ou Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture.

UV : Ultraviolet

ENS : Ecole Normale Supérieure

INTRODUCTION

De temps en temps, l'humanité est face à des défis imminents qui se rapportent à un déséquilibre de l'écosystème et/ou de la société. L'être humain est menacé, de même que les autres formes de vie, que le souhait de vivre dans un monde plus rassurant progresse au fond de nous. Des activités économiques efficaces qui tiennent compte de l'équité sociale et de la qualité de l'environnement, tout en préservant la diversité culturelle et de l'enrichir, peuvent décrire ce monde tant convoité. L'atteinte de tels objectifs nécessite cependant une sérieuse prise de responsabilité. Comme Jacques Chirac a affirmé : « *Dans un environnement qui change, il n'y a pas de plus grand risque que de rester immobile.* » L'émergence de l'idée du Développement Durable (DD) figure parmi les solutions efficaces vu que les domaines d'activités sont tous concernés. Dix-sept objectifs ont été établis dans le but de promouvoir le DD, ils sont connus sous l'appellation **Objectifs du Développement Durable** ou **ODD**.

Une modification du style de vie est souvent requise, mais comment ? Pour cela, nous pensons toujours que seul les décideurs politiques et les scientifiques peuvent y participer ; alors que même les moindres actions de chaque citoyen prennent part, comme nos choix de moyens de transport, ou encore nos consommations habituelles, etc. Notre choix est vital, il peut mener, ou non, à un mode de production et de vente plus bénéfique vis-à-vis de l'environnement, l'économie, la société et de la culture. (Marchand, 2005) En choisissant un produit, nous votons les aspects pratiques de l'industrie qui le fabrique. Dujin (2013, cité dans ADEME, 2016) précise que « *le consommateur vertueux est [...] la boussole de l'action publique dans le champ de développement durable.* » C'est ainsi que la notion de consommation responsable, orientée vers l'acte de consommation de chaque individu, est née. Cette pensée envers le mode de consommation et de production fut son apparition, au niveau international, dès la conférence de Rio en 1992.

Avec environ 7,7 milliards de population mondiale –qui ne cesse d'augmenter–, la sensibilisation nécessite beaucoup d'efforts et de moyens même si des plans et de politiques d'interventions sont bien tracés, surtout pour les pays en développement. L'école fait partie des clés les plus efficaces pour informer les gens étant donné que tout le monde est censé y passer. Parmi les 17 ODD, l'ODD 4 est centré sur l'éducation, la piste 4.7 de cet objectif précise que: « *D'ici à 2030, veiller à ce que tous les élèves acquièrent les connaissances et compétences nécessaires pour promouvoir le développement durable, notamment par l'éducation en faveur du développement et de modes de vie durables, des droits de l'homme, de l'égalité des genres, de la promotion d'une culture de paix et de non-violence, de la citoyenneté mondiale et de l'appréciation de la diversité culturelle et de la contribution de la culture au développement durable.* » (Agenda 2030 Education)

L'Education au Développement Durable (EDD) est le médiateur qui permet d'étudier les questions scientifiques ou sociales dans le cadre scolaire. Grâce à l'EDD, les élèves peuvent devenir « *des citoyens*

complets, responsables et capables de prendre des décisions argumentées dans toutes les situations de la vie. » (Pellaud, 2017)

En tant qu'organisme responsable aux développements scientifiques et culturels, l'UNESCO appuie plusieurs programmes scolaires se rattachant à l'accomplissement des objectifs du développement durable par le biais de l'éducation. Il y a, par exemple, l'Education pour une Consommation Durable (ECD), Education au Changement Climatique en vue du Développement Durable (ECCDD), ...

Plusieurs disciplines scolaires sont concernées dans le cadre de l'EDD, particulièrement les sciences naturelles (biologie, physique, chimie, etc.). Ces dernières permettent « *de comprendre, d'expérimenter, de chercher des solutions... au sujet du fonctionnement de la planète* » (Gingins, 2007). Dans notre cas, nous allons considérer les problématiques liées à la couche d'ozone et expliquer les mécanismes provoquant sa dégradation aux élèves. La notion de la couche d'ozone apparue vers les années quatre-vingt, est encore sous surveillance jusqu'à la moitié du XXI^{ème} siècle, d'après le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE).

Fréquemment, l'enseignement se concentre sur l'acquisition des connaissances et les notes obtenues lors d'une évaluation. Vu que l'EDD ne considère pas seulement la connaissance d'un sujet, **comment l'Enseignement/Apprentissage concernant l'appauvrissement de la couche d'ozone peut influencer la prise de décision des étudiants en pensant aux impacts sur l'environnement avant d'acheter un produit/matériel?**

En vue d'apporter une part de contribution à la recherche de réponses associées à cette question, nous faisons l'hypothèse que l'utilisation des outils d'enseignement/apprentissage qui revendiquent l'implication des élèves dans toutes les tâches a des impacts sur leur pratique d'achat.

Notre recherche veut mettre à exécution quelques outils en éducation rarement utilisés, surtout dans l'enseignement des sciences, pour participer à l'Education au Développement Durable puis évaluer les effets sur les prises de décision des élèves.

Ce mémoire est composé de deux parties :

Nous entamons, en premier lieu, les bases théoriques relatives à notre recherche. Dans cette partie, nous détaillons l'évolution de la couche d'ozone au niveau local et national, les différentes décisions internationales prises pour résoudre ce problème. La notion de développement durable est aussi présentée ainsi que la contribution de l'EDD. Cette première partie se complète par des notions utiles pour mettre en pratique l'EDD.

Ensuite, la deuxième partie énonce brièvement les étapes suivies pour la mise en œuvre des expérimentations sur terrains. Les résultats y sont, suivis d'interprétations correspondantes à chaque résultat obtenu. Cette deuxième partie contient également des discussions à propos des résultats obtenus, et les avantages de la recherche effectuée. Les limites et recommandations sont aussi développées dans cette partie.

PREMIERE PARTIE : ANCRAGE

THEORIQUE

Vers les années quatre-vingt, la formation du trou dans la couche d'ozone était le principal sujet de discussion environnementale. Grâce à la mesure internationale adoptée, ce problème était prétendument réglé. Nous allons détailler dans cette partie l'évolution de ce problème lié à la couche d'ozone. Pourquoi ça en vaut la peine de l'étudier encore ? Nous allons aussi expliciter dans cette partie la signification du concept « Développement Durable » ? En quoi et pourquoi l'éducation est-elle concernée ? Puis exploiter les outils d'enseignements appropriés pour favoriser l'EDD, tout en précisant les fondements didactiques et pédagogiques relatifs. Cette partie est consacrée aux repères théoriques nécessaires pour la compréhension du travail entier.

Chapitre 1 : L'OZONOSPHERE

I. Description de son élément constitutif et ses caractéristiques

1. La molécule d'ozone

L'oxygène est l'un des éléments les plus abondants dans la croûte Terrestre. Mis à part le dioxygène, qui est le plus connu, l'ozone fait aussi partie des variétés allotropiques¹ de l'oxygène. Découvert par le chimiste Christian Friedrich Schönbein en 1839, l'ozone de formule chimique O₃ ou trioxygène est une molécule possédant trois atomes d'oxygène. A la température ambiante, il se présente sous forme gazeux de couleur bleue et à une odeur âcre². Cette molécule angulaire possède une structure en forme de V avec un atome d'oxygène centrale. Chaque liaison O-O mesure 0,1278 nm et l'angle entre ces deux liaisons vaut 116°49'. Malgré sa structure spatiale bien connue, la nature des liaisons entre ces trois atomes d'oxygène est encore discutée. Cela est dû à la longueur des liaisons présentes dans la molécule : plus courte que celle d'une simple liaison (0,143 nm) mais supérieure à la double liaison du dioxygène O₂ (0,121 nm). Par conséquent, la représentation de Lewis ne suffit pas pour décrire cette molécule, ce qui fait appel aux formes de résonance. Il y a plusieurs formes de résonance possible pour la molécule d'ozone, toutefois elle est souvent représentée par les deux formes suivantes :

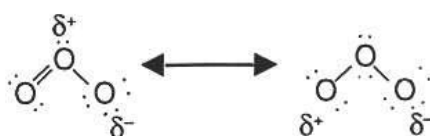


Figure 1: Formes de résonance de la molécule d'ozone les plus fréquentes
(Source : LENNTECH³)

¹Allotropie : capacité d'exister sous plusieurs formes moléculaires

² Odeur âcre : odeur forte et irritante comme lors d'une décharge électrique

³ <https://www.lenntech.fr/ozone/ozone-proprietes.htm>

L’ozone est alors une molécule dipolaire avec les charges élémentaires $+\delta$ et $-\delta$. C’est une molécule très oxydante et a tendance à se décomposer spontanément en dioxygène O_2 et un oxygène O . Ce gaz est peu abondant dans l’atmosphère terrestre mais sa présence revêt une importance fondamentale, plus particulièrement dans la stratosphère.

2. La couche d’ozone dans l’atmosphère terrestre

Afin de mieux comprendre la localisation de la couche d’ozone, il nous paraît important de décrire les caractéristiques de l’atmosphère terrestre. Notre atmosphère est caractérisée par une succession de couches réparties selon leur altitude par rapport à la surface de la Terre. Marquée par un gradient de température, la densité de matière au sein de l’atmosphère est décroissante avec l’altitude.

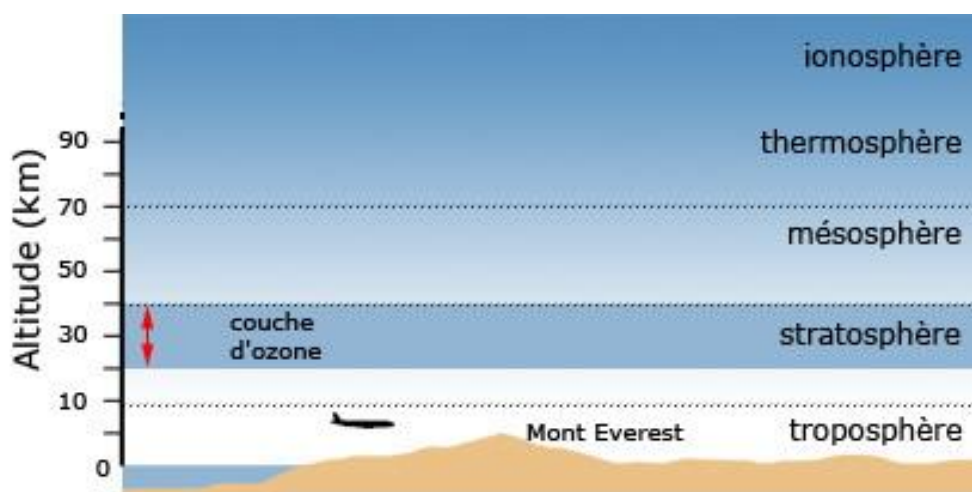


Figure 2: Les couches atmosphériques et la localisation de la couche d'ozone

(Source : Le trou de la couche d'ozone⁴)

Parmi ces couches se trouve la stratosphère, située à peu près entre 15 et 25 km de la surface Terrestre, où la quantité d’ozone est maximale. La distribution de l’ozone dans cette région n’est pas uniforme mais sa concentration moyenne est environ 5 à 6 millièmes en volume (ppm⁵), soit 90% de l’ozone atmosphérique (Megie, 2001). Ces molécules d’ozone se rassemblent dans une région particulière pour former une fine couche connue sous le fameux nom « *couche d’ozone* ». Les raisons pour lesquelles ils se concentrent dans cette région sont les conditions physiques y régnant notamment la température, la pression, l’altitude, etc. Grâce à ces conditions, la formation de la molécule d’ozone devient spontanée. Certaines molécules de dioxygène présents se décomposent en deux atomes d’oxygène, instables, sous l’effet des rayonnements provenant du Soleil. Puis, chaque atome d’oxygène se combine avec une autre molécule de dioxygène pour former l’ozone. De manière réversible, les molécules d’ozone se décomposent aussi, sous l’effet des rayonnements solaires, en dioxygène et un

⁴ <https://www.les-crises.fr/le-trou-de-la-couche-d-ozone/>

⁵ **Ppm** : Unité de mesure de la concentration d’un gaz qui signifie partie par million, équivalent à un gramme par tonne

atome d'oxygène. Dès lors, un équilibre photo-stationnaire demeure dans cette région de l'atmosphère :



Ce mécanisme de formation et de décomposition de l'ozone continue est connu sous l'appellation: cycle de Chapman.

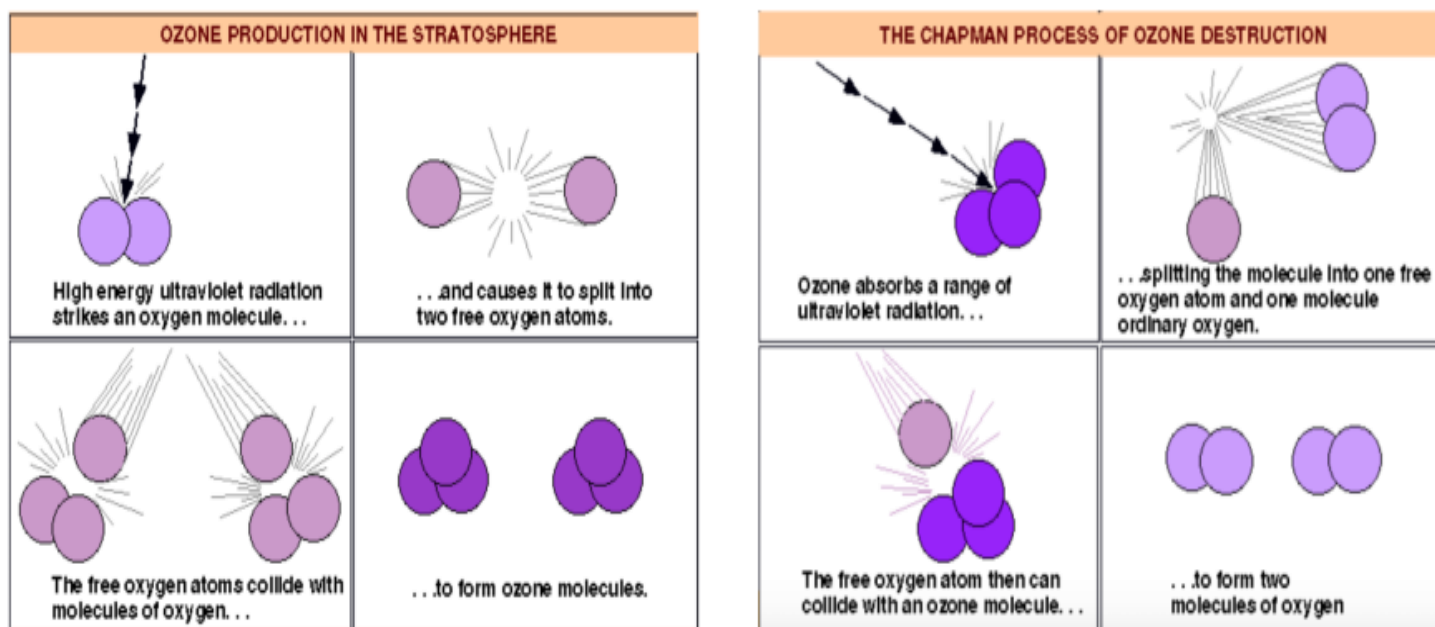


Figure 3: Processus expliquant la formation et la destruction de la molécule d'ozone dans la stratosphère (Source : THE CHAPMAN CYCLE⁶)

D'autre part, il est possible que l'ozone soit présent près de la surface de la Terre avec une concentration de l'ordre de quelques milliardièmes (ppb). C'est l'ozone troposphérique qui prend sa source soit du transfert de masse d'air avec la stratosphère, soit de la photo-oxydation⁷ des précurseurs dus aux activités humaines entre autres le transport, la pollution industrielle et les pratiques agricoles. Ces molécules d'ozone troposphérique sont dites « *pics d'ozones* ». Dans ce cas, l'ozone est un polluant qui altère la qualité de l'air que nous respirons qu'ils sont qualifiés de mauvais ozone.

⁶ <https://the3ozone.weebly.com/the-chapman-cycle.html>

⁷ Photo-oxydation : réaction d'oxydation déclenchée par la lumière

II. Importance de l’ozone stratosphérique

La couche d’ozone joue un rôle primordial pour notre survie sur la Terre. C’est notre bouclier naturel protégeant contre certains rayonnements solaires. Etant donné que le spectre provenant du Soleil n’est pas monochromatique, les différents rayonnements ont leurs propres caractéristiques :

Tableau 1: Le spectre électromagnétique solaire proche de la lumière visible et leurs caractéristiques (Source : Auteur)

Type de rayonnement	Domaine de longueur d’onde	Visibilité	Caractéristiques
Rayons ultraviolets (UV)	UV-C : $100\text{ nm} < \lambda < 280\text{ nm}$	Invisible	Très nocif, plus énergétique
	UV-B : $280\text{ nm} < \lambda < 315\text{ nm}$		Nécessaire à la synthèse des vitamines D
	UV-A : $315\text{ nm} < \lambda < 400\text{ nm}$		Nécessaire
Lumière blanche	Violet	Domaine du visible	Rayons responsables à la perception des différentes couleurs
	Indigo		
	Bleu		
	Vert		
	Jaune		
	Orange		
Rayons infrarouges (IR)	Rouge	Invisible	Rayons responsables à la sensation de la chaleur
	IR proche : $780\text{ nm} < \lambda < 1400\text{ nm}$		
	IR moyen : $1400\text{ nm} < \lambda < 3000\text{ nm}$		
	IR lointain : $\text{nm} < \lambda < \text{nm}$		

La relation entre l’énergie et la longueur d’onde⁸ explique que les rayonnements à courtes longueurs d’onde sont les plus énergétiques. Lorsqu’un rayonnement est énergétique, il est plus risqué pour les êtres vivants. Remarquons qu’il y a trois bandes classées selon leurs longueurs d’ondes concernant le rayonnement UV. Parmi eux, l’UV-C est le plus dangereux. Heureusement que ce dernier est stoppé par les atomes d’oxygène situé dans l’atmosphère qu’il ne peut pas atteindre la surface terrestre. L’UV-C est aussi peu absorbé par les molécules d’ozone. Quant aux 2 autres rayonnements : UV-B et UV-A, leur présence sur la Terre apporte des avantages pour nous comme la synthèse de la Vitamine D, la production de mélanine pour le bronzage, etc. Pourtant, l’UV-B présente des dommages invisibles lorsqu’il est en excès. Vers **1880**, les scientifiques ont confirmé, à partir d’études expérimentales, que l’ozonosphère absorbe une quantité importante d’UV-B. Plus tard une diminution de la quantité de molécules d’ozone dans la stratosphère est constatée, surtout au-dessus de

⁸ $E = \frac{c}{\lambda}$; où « c » est la célérité de la lumière

l'Antarctique. Dès lors l'abondance de ce type de rayonnement au niveau de la Terre devient importante. De nombreux effets sont alors provoqués comme les coups de Soleil, mais il y en a d'autres plus dangereux tels le cancer de la peau, un vieillissement prématuré de la peau. L'UV-B n'affecte pas seulement la peau mais aussi les yeux. Ce cas est très sensible puisqu'il s'agit d'une cataracte ou d'autres maladies oculaires associées. En outre, le corps humain exposé à un excès d'UV-B a tendance à diminuer sa résistance aux maladies, cela signifie que le système immunitaire s'affaiblit.

Si tels sont les effets sur les humains, de nombreux effets sont aussi constatés sur les autres êtres vivants. Les animaux souffrent des impacts voisins à ceux des humains. Pour la végétation, la pénétration d'un excès d'UV-B engendre une diminution de la production agricole, pouvant provoquer la famine.

Compte tenu de ces menaces sur toutes les formes de vie sur Terre, l'organisation internationale a pris un engagement en 1985 (*Convention de Vienne*, dans Hulgo, et *al.*, 2004) qui vise à réduire les produits susceptibles de détruire cette couche d'ozone. Remarquant que la situation s'aggravait, cet engagement était ensuite transformé en traité (*Protocole de Montréal, Mars 1987* dans Hulgo, et *al.*, 2004), interdisant la production ainsi que l'utilisation des SAO aux pays signataires dites États-parties, sauf pour un cas inéluctable comme dans le domaine de la médecine.

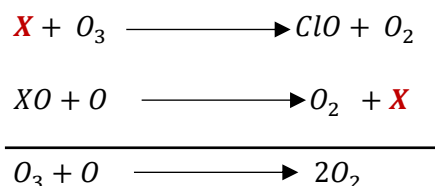
Le tableau suivant présente les principales substances appauvrissant l’ozone stratosphérique à longue durée de vie, précisées dans ce protocole de Montréal:

Tableau 2: Les substances appauvrissant la CO

(Source : Huglo, et *al.* 2004, p. 1195)

<i>Groupe</i>	<i>Substances</i>	<i>Potentiel d'appauvrissement de la CO</i> ⁹
<i>G₁ : CFC</i> ¹⁰	<i>CFCl₃ ou CFC-11</i>	1,0
	<i>CF₂Cl₃ ou CFC-12</i>	1,0
	<i>C₂F₃Cl₃ ou CFC-113</i>	0,8
	<i>C₂F₄Cl₂ ou CFC-114</i>	1,0
	<i>C₂F₅Cl ou CFC-115</i>	0,6
<i>G₂ : halons</i> ¹¹	<i>CF₂BrCl ou halon-1211</i>	3,0
	<i>CF₃Br ou halon-1301</i>	10,0
	<i>C₂F₄Br₂ ou halon-2402</i>	6,0

Ce sont les atomes de chlore (Cl) et/ou du brome (Br) dans ces substances qui sont les précurseurs de la destruction des molécules d’ozone. Une fois les SAO arrivés dans la stratosphère, le Cl ou Br se détache sous l’effet de l’UV pour former des radicaux libres. Puis, ces radicaux réagissent avec les molécules d’O₃ de la manière suivante :



X est la notation associée aux deux radicaux libres: Cl ou Br. Ces derniers jouent le rôle de catalyseur qui perturbe l’équilibre au niveau de la stratosphère (cf. cycle de Chapman). En d’autres termes, la décomposition de l’ozone devient très importante que sa formation. Etant régénéré à la fin de la réaction, les radicaux *X* peuvent détruire à nouveau des molécules d’ozone jusqu’à des milliers. Les conditions thermiques très froides rendent ces radicaux actifs. C’est pour cette raison que le trou dans la couche

⁹ *Potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone* : échelle classifiant un produit suivant sa capacité de détruire la couche d’ozone ainsi que sa durée de vie dans l’atmosphère. Elle est estimée selon les connaissances actuelles et examinée périodiquement, cet état était en Septembre 2003. Le CFC-11 est choisi comme référence avec un potentiel d’appauvrissement égal à 1,0.

¹⁰ *Système de nomenclature des CFC*: CFC – ABCDE avec **A** est le nombre de double liaison (omis s’il n’y a pas), **B** désigne le nombre d’atomes de carbone – 1, **C** est le nombre d’atomes d’hydrogène + 1, **D** est le nombre d’atomes de fluor et **E** est le nombre d’isomères de la molécule.

¹¹ *Système de nomenclature des halons* : halon-ABCD avec **A** est le nombre d’atomes de carbone, **B** le nombre d’atomes de fluor, **C** désigne le nombre d’atomes de chlore et **D** nombre d’atomes de brome.

d'ozone se situe dans l'Antarctique, où la température baisse jusqu'à -80°C . A part les SAO, il est à noter que d'autres facteurs peuvent aussi avoir une influence sur la variation de la quantité d'ozone atmosphérique notamment les saisons, les volcans, les essais nucléaires...

III. La couche d'ozone et son évolution

1) Au niveau international

Grâce au protocole de Montréal, les scientifiques qui étudient ce sujet ont constaté la résorption de ce trou, et ce fut un des grands succès sur le plan environnemental. Des chercheurs disent même que nous devons nous inspirer de ce protocole pour les autres dérèglements de l'écosystème. L'élimination des gaz CFC était faisable que des gaz de remplacement sont déjà trouvés : ce sont les **HCFC**. Mais des études ont aussi prouvé que ces derniers détruisent aussi la couche d'ozone même si leur potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone est inférieur à ceux des CFC. C'est pour cette raison que les **HFC** ont été proposés pour les substituer. Cependant, ces produits de remplacement des HCFC qui sont les HFC sont des gaz à effet de serre puissant (cf. partie IV). De nouveaux gaz ont été ajoutés dans ce protocole au fil du temps comme les CCl_4 , $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3$ (1,1,1-trichloroéthane uniquement mais ne se rapporte pas aux autres isomères), les HCFC ou hydrochlorofluorocarbures, CH_2BrCl , etc. Ce protocole subit des suivis et mis à jour réguliers, en 2016 l'*amendement de Kigali* visant à réduire 80% des HFC, a été ajouté pour assurer la protection de l'ozonosphère.

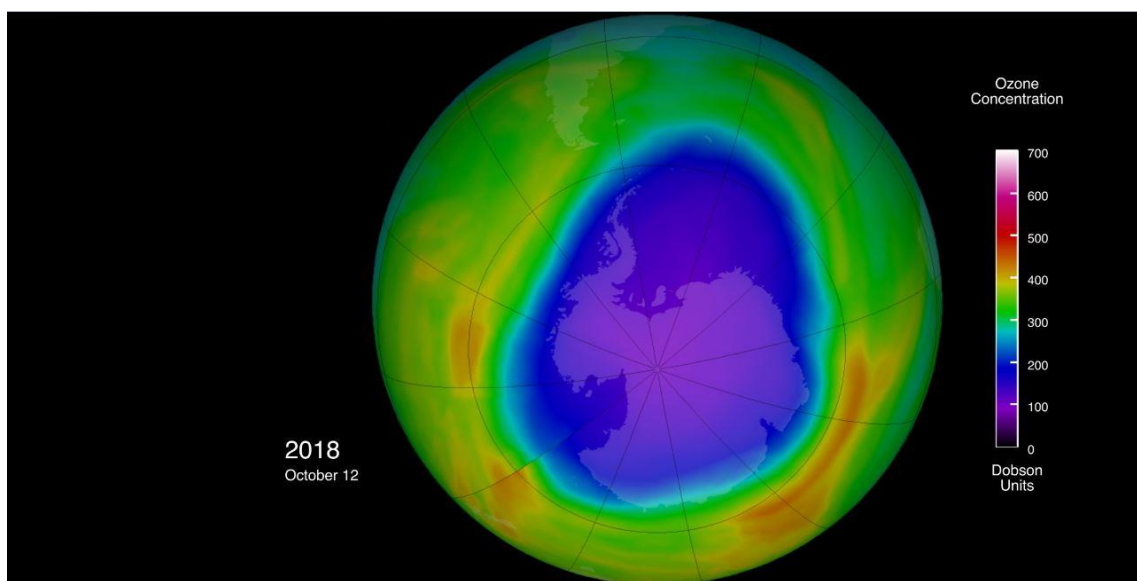


Figure 4: L'état de la couche d'ozone en Octobre 2018

(Source : NASA Vizualisation Explorer¹²)

¹² <https://svs.gsfc.nasa.gov/1164>

Cette figure montre la quantité des molécules d’ozone présente, particulièrement au-dessus de l’Antarctique, en 2018. Cette quantité est mesurée en DU (Dobson Units),¹³ représentée par l’échelle à droite de l’image du globe Terrestre. La couleur bleue signale les niveaux d’ozone les plus faibles, le vert pour une quantité normale. Par contre, la couleur orange indique un niveau d’ozone élevé.

2) Cas de Madagascar

Même si Madagascar est encore en voie de développement, cela ne nous empêche pas de participer aux décisions internationales. Notre pays a adhéré en tant qu’Etat parties du protocole en Novembre 1996, puis entré en vigueur le 05 Février 1997. Par ailleurs, la mise en place du Bureau National Ozone au sein du Ministère de l’Environnement assure l’application et la vérification du protocole. Heureusement que l’importation des réfrigérants contenant des CFC a été stoppée il y a un certain temps. Le problème se focalise maintenant à réduire progressivement l’importation et l’utilisation des réfrigérants contenant les HCFC, particulièrement le R-22¹⁴ et des autres produits contenant les SAO qui sont le plus employés chez nous. Ce programme s’appuie sur le plan de gestion pour l’élimination des Hydrochlorofluorocarbones abrégé sous le sigle PGEH. Mais aussi, l’élimination des HFC est un défi en cours. Le 16 Septembre est la journée internationale dédiée à la protection de la couche d’ozone et chaque année, les employés concernés au sein du Ministère de l’environnement y participe pour une descente sur terrain dans le but de faire une sensibilisation auprès des publics cibles.

3) Actuellement

Comme le cas de Madagascar, les autres pays en voie de développement, en particulier les pays africains, sont face à des difficultés. Moustapha (2002) affirmait que « *l’élaboration de leurs plans de gestion d’élimination des HCFC et de la croissance rapide des importations d’équipements contenant des HCFC* » sont encore les principaux obstacles que ces pays affrontent. L’utilisation des produits appauvrissant l’ozonosphère est encore possible tant que tous les utilisateurs soient informés, et l’Etat s’engage à leur responsabilité.

Les autres menaces pouvant provoquer l’altération de la couche d’ozone sont repérées, même si celles-ci ne sont pas inscrites dans le Protocole de Montréal. Ces composés sont considérés comme des gaz à courtes durée de vie qu’ils ne peuvent pas atteindre la stratosphère sans se décomposer. Il y a par exemple le dichlorométhane (CH_2Cl_2), un article relatif à ce sujet est publié dans le journal scientifique *Nature Communications* étudié par Hossaini, R. et ses coéquipiers (2017).

¹³ Le Dobson Unit (ou Unité Dobson) est l’unité principalement utilisé pour mesurer l’épaisseur de l’ozone stratosphérique. Une unité est équivalente à 0,01 mm d’épaisseur dans les conditions normales de la température et de pression.

¹⁴ Un code d’identification est attribué aux fluides frigorigènes : le préfixe R signifie le « Réfrigérant » qui vient de l’anglais.

Mais le plus surprenant est qu'en 2018, Hegglin a alerté une réémission du gaz CFC-11 dans l'atmosphère. La prévision était que la quantité de CFC dans la stratosphère va diminuer jusqu'à disparaître vers 2070. Malheureusement, des récentes observations ont confirmé cette augmentation à nouveau.

IV. Relation entre le réchauffement climatique et la protection de la couche d'ozone

La résolution du problème concernant l'appauvrissement en ozone stratosphérique et le dérèglement climatique étaient toujours traités séparément. Plus tard, les scientifiques ont réussi à prouver que ces deux sujets sont en corrélation. Des explications plus complexes existent, et les chercheurs étudient encore cette relation, mais nous allons les clarifier dans ce paragraphe.

1) L'effet de serre

Il nous semble nécessaire a priori de comprendre la signification de l'effet de serre puisque c'est le premier phénomène responsable du réchauffement climatique. L'effet de serre se produit au niveau de la basse couche atmosphérique, c'est-à-dire à la troposphère. Cet effet de serre est un phénomène naturel qui maintient la température à la surface de la Terre de 18°C au lieu de -15°C. Pourtant, les activités humaines libèrent une quantité énorme de gaz, connu sous le nom « les gaz à effet de serre », qui bloque presque tous les rayonnements IR (cf. Tableau1) dans la troposphère. La quantité accrue d'IR coincée à la surface terrestre entraîne l'augmentation incontrôlable de la température.

2) Liens entre les deux phénomènes

Il en découle de nombreuses raisons qui poussent les scientifiques à dire qu'il existe des liens entre la protection en ozone et la lutte contre le réchauffement planétaire. Certes, la majorité des SAO figurent aussi dans la liste des gaz à effet de serre puissant. Prenons comme exemple le *CFC-12*, son potentiel de réchauffement global¹⁵ est égal à 10900. Ce potentiel est significativement énorme comparé à celui de la référence (PRG=1). L'élimination des SAO contribue alors à une sensible lutte contre le réchauffement planétaire. Pourtant, certains gaz de remplacement des CFC (cf. partie précédente) ont aussi un important PRG, notamment les *HFC*. Une prise en compte est nécessaire dans ces conditions. De l'autre côté, des études confirment que la rétention des GES dans la basse atmosphère tend à refroidir la stratosphère. Ce qui engendre par la suite une formation des nuages polaires stratosphériques qui va retarder la résorption du trou au niveau de la couche d'ozone. L'augmentation de la température affecte en ce cas la couche d'ozone.

¹⁵ **PRG** : Potentiel de Réchauffement Global est un indice de classification des gaz à effet de serre selon leur contribution au réchauffement climatique. Cette échelle a été fixé par le protocole de Kyoto, le CO₂ est choisi comme référence avec un PRG égal à 1.

Bref, les scientifiques ne cessent d'émettre des hypothèses sur ce propos mais il est important de noter que la protection de la couche d'ozone est aussi essentielle que la lutte contre le dérèglement du climat (PNUD, 2014).

Chapitre 2 : LE DEVELOPPEMENT DURABLE ET LES DOMAINES CONCERNEES

I. L'éphémère et le durable

La révolution industrielle, surtout en Europe, depuis la deuxième moitié du XVII^e siècle a inspiré le monde entier de produire et d'exploiter les ressources pour faciliter la vie quotidienne et d'augmenter le rendement économique. Pendant ces temps, les gens étaient préoccupés à augmenter la rentabilité lors de la production sans même penser aux épuisements des ressources ni des dommages engendrés par leurs activités.

Puis suivent les phénomènes spectaculaires frustrant qui a bouleversé le monde entier. En terme environnemental : il y a la crise de mercure de Minamata, marée noire en 1957, les catastrophes nucléaires, la disparition des espèces endémiques, la pollution de l'air, etc. D'autre part, l'inégalité sociale régnait entre citoyens nationaux, qui s'est généralisée entre les pays du monde entier. Pour cela, citons quelques faits : l'esclavage, la pauvreté extrême des pays africains, la surpopulation de quelques pays, etc. En ne se focalisant qu'à la survie actuelle, *notre société s'installe dans l'éphémère* (Chabot, 2015). Ces indicateurs ont incité les *Nations* à penser que notre mode de vie et mentalité présentent beaucoup d'impacts sur l'environnement, l'économie aussi qu'à la société même. Afin de prévoir les risques, notre mode de vie doit changer pour des actions plus ***durables***.

II. Vers un développement plus durable

1. INTERETS DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Il est indispensable de mettre en place un système de développement qui répond non seulement aux besoins de la population actuelle mais aussi de donner l'opportunité aux générations futures de satisfaire leurs besoins. Cette définition du Développement Durable est définie dans le **rapport Brundtland** lors du sommet de la Terre à Rio en 1987. Les « besoins » cités ici sont les besoins essentiels des plus démunis aux plus fortunés de : se nourrir, se loger, se vêtir, travailler (*Extrait du Rapport Brundtland*¹⁶). Dès lors, il s'agit d'un changement de mode de vie afin de prévoir le devenir de l'humanité ultérieurement. Indubitablement, l'échelle de temps à considérer n'est plus de 10 ou 20 ans mais un plus long terme voire même à des générations.

¹⁶https://www.diplomatie.gouv.fr/sites/odysee-developpement-durable/files/5/rapport_brundtland.pdf

2. FLEUR DU DEVELOPPEMENT DURABLE

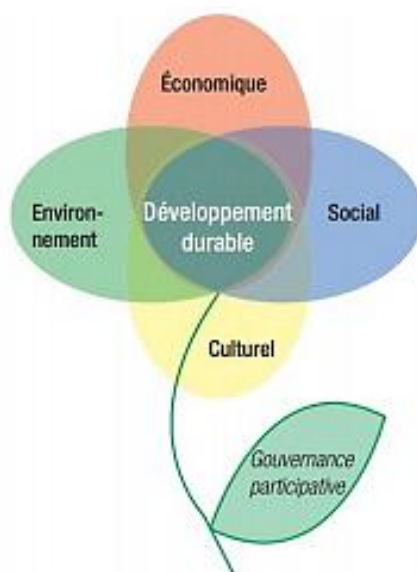


Figure 5: Fleur du DD conclu lors de la Sommet de Johannesburg en 2002

(Source : Jégou, A. 2007¹⁷)

Les 4 piliers du DD basés sur une gouvernance participative pour assurer le passage d'une solidarité intergénérationnelle (de génération en génération) à une solidarité territoriale (redistribution entre espaces de la planète).

Depuis le Sommet Mondial du Développement Durable à Johannesburg en 2002, la diversité culturelle s'est séparée de la dimension sociale pour devenir le quatrième pilier du *DD*. Vu que le *DD* se préoccupe de ces quatre piliers, aucun développement n'est qualifié durable si on néglige l'un de ces composants. En d'autres termes, le développement durable existe si et seulement si la considération de ces quatre dimensions règne. Prenons comme exemple une industrie textile qui connaît un essor économique considérable, mais il emploie des mineurs, ce n'est pas un développement durable. Il en est de même si l'industrie produit beaucoup de gaz à effet de serre et de déchets non recyclables. En effet, qu'importe le secteur d'activité où nous évoluons, les exigences du *DD* doivent toujours être pris en compte. En 1980, l'expression anglaise « *Sustainable Development* » était utilisée pour la première fois par les Nations Unies puis traduit en français, après plusieurs essais, en *Développement Durable*.

¹⁷ <https://www.cairn.info/revue-l-information-geographique-2007-3-page-6.htm>

III. Place de l'éducation dans le développement durable

Tel qu'il est mentionné dans la partie précédente, l'éducation, comme tous les autres domaines d'activités, est touchée par le développement durable. Des programmes locaux ont été lancés après le Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992 comme des plans d'action pour le 21^{ème} siècle, le rapport final de cette conférence est le fameux **Agenda 21**. Ce programme d'action mondial fait l'objet d'ajustement permanent qu'en 2015, le *nouveau* terme **Agenda 2030** apparut pour une vision améliorée dans les 15 prochaines années. Suite au texte international intitulé « Le rapport Brundtland », l'UNESCO est chargé de mettre en place des plans pour mettre en pratique l'EDD. Le programme **Education 21** prend part à l'exécution de ces plans d'action. L'EDD figure alors parmi les clés favorisant l'intégration du DD dans notre vie quotidienne et les enseignants sont mandatés pour être les vecteurs de ce changement. Son principal objectif est de « *donner les moyens aux apprenant-e-s d'être les acteurs de leur vie, de construire leur avenir de manière autonome et proactive.* (Schneider, 2013) » Cependant, comment l'éducation peut assurer une telle tâche ?

1. Caractéristiques de l'EDD

Tout d'abord, l'EDD ne consiste pas à un « *enseignement de* » comme la plupart des disciplines scolaires, mais d'une « *éducation à* » (Pellaud, 2017). Il s'agit d'une éducation transversale où les contenus doivent être les enjeux de développement humain et de durabilité environnementale. L'EDD ne vise pas seulement à transmettre des connaissances, car pour faire face aux défis mondiaux, il est essentiel de les comprendre puis savoir se comporter (UNESCO, 2014). L'intégration de l'EDD dans l'école favorise les deux tâches suivantes : la **participation** à des actions DD et la **préparation** des futurs partenaires sociaux de décider et d'agir collectivement en vue du DD. Lange (2014) a mis l'accent sur le fait que cette éducation vise à « *former* » des **dispositions** individuelles et collectives en faveur du DD. Comme Bourdieu (1998 dans Lange, 2014) l'a développé, l'intégration de ces dispositions se manifeste par la volonté d'un individu et son engagement à agir de manière lucide dans telles ou telles circonstances. Les finalités de cette éducation doivent fondamentalement basées sur le pouvoir de faire un **choix autonome** et **responsable**, de **collaborer**, de **communiquer** et de développer leur **créativité** selon la situation se présentant actuelle et aussi au futur.

Quant aux contenus disciplinaires, l'EDD n'est pas une nouvelle discipline, elle nécessite une relation entre les différentes disciplines scolaires existantes. Ce qui invoque la notion de **transdisciplinarité** qui consiste à rassembler les savoirs au-delà des disciplines pour la résolution d'un problème commun. Dans ce cas, les contenus disciplinaires ne sont plus que des « *supports* » qui nous aide à comprendre les faits (Diemer, 2014). L'**interdisciplinarité** est aussi utile pour certaines activités scolaires, comme la mise en place d'un projet en commun. Elle se fonde sur le fait de se servir des disciplines pour la réalisation d'un but, si un échange de méthode est applicable, on peut y procéder. La

collaboration, l'intégration entre les disciplines et la synthèse sont les principes de base de l'interdisciplinarité (Pellaud, 2017).

2. Les objectifs du développement durable et l'EDD

L'EDD participe à l'atteinte des 17 Objectifs du Développement Durable (ODD), qui ont été conçus lors de la Conférence de Rio (2012). Tous les ODD sont interconnectés [40], mais il y a des propres cibles relatives à chaque objectif. Voici les objectifs concernés par notre recherche : l'ODD4, ODD12, ODD13 et ODD15.



Cet objectif vise à améliorer l'éducation de base ainsi qu'à préparer les futurs citoyens d'être participant de son monde de demain. Les cibles relatives à ces objectifs se résument à offrir un accès à l'éducation de qualité pour tous, et donner à chacun le désir d'apprendre tout au long de sa vie.

La consommation et production responsable encourage les consommateurs à utiliser les ressources de manière durable, éviter les dégradations et les pollutions afin que la production soit respectueuse des piliers du DD. L'éducation est concernée dans le but de prendre part à l'explication des faits afin que chacun puisse adopter un mode de consommation durable.



Le changement climatique est un des défis internationaux actuels, et chacun doit être conscient. Les autres catastrophes et aléas climatiques sont interconnectés à ce problème. Le renforcement des capacités des futurs habitants à y faire face est aussi important que de les former à réduire les émissions des gaz à effet de serre et les autres activités favorisant ce changement climatique.

Le changement climatique et les autres menaces sur l'environnement tendent à perdre la biodiversité et les foyers des populations autochtones. De temps en temps, de nouveaux risques se présentent à notre planète qu'il est temps d'agir. A part les menaces environnementales, les braconnages et les trafics d'espèces sont aussi sous surveillance à l'aide de cet objectif.



Source images: <https://www.agenda-2030.fr/odd/17-objectifs-de-developpement-durable-10>

Chapitre 3 : L'EDD DANS LA PRATIQUE

I. Thèmes, compétences ou principes ?

Ces trois concepts doivent être pris en compte avant de se lancer dans une EDD. Dans le programme Education 21, les auteurs affirment que: « *l'EDD relie des **thèmes** à des **compétences** et à des **principes** pédagogiques, de manière à ce que les élèves ou les écoles puissent apprendre à participer activement et de leur propre initiative à la construction d'un présent et d'un avenir dignes d'être vécus.* » Dès lors, l'apprentissage dans ce cadre peut se faire à partir d'un **thème**, orienté selon les dix domaines d'actions de l'UNESCO¹⁸. Ces domaines d'actions se décomposent ensuite et seront traités en classe selon les circonstances au niveau local et mondial tels les énergies, l'alimentation, la gestion des risques, la migration, etc. Le choix d'un « *bon thème* » n'est pas universel, mais le plus souvent les enseignants privilégient des thèmes qui permettent d'étudier les questions socialement vives ou **QSV** (Legardez & Simoneaux, 2011 cité dans Schneider, 2013) selon le **contexte temporel** et/ou **culturel**. Malgré cela, ces domaines thématiques doivent être choisis en fonction des caractéristiques propres des apprenants (âge, rôle social, situation d'apprentissage...).

En EDD, les **compétences** ne sont pas à négliger, de nombreux experts les ont développés particulièrement l'OCDE en lançant le programme DeSeCo. Ces compétences doivent surtout rendre les individus capables de faire face à la complexité, l'incertitude et les risques, ainsi qu'à la grande rapidité des changements de la société, « donc aux défis essentiels de la société mondiale » (Riekman, 2011 cité dans Schneider, 2013). Bertschy et *al.* (2007) ont dressé le modèle de compétence en trois éléments :

- ⊙ Utiliser des ressources et d'outils de manière interactive
- ⊙ Collaborer avec autrui
- ⊙ Agir de façon autonome pour favoriser la formation de ses propres opinions et le regard critique sur le DD

Les **principes didactiques et pédagogiques** occupent une place importante dans la planification d'activités scolaires EDD. L'enseignant est incité à chercher ce qui est adapté aux circonstances et aux objectifs fixés. Citons quelques principes qui représentent des particularités à l'EDD :

- **L'orientation sur l'action** qui peut se présenter sous forme d'enseignement par projet, discussion sur un dilemme, ou d'autres...
- Des activités favorisant **la pensée systémique** comme diagramme des effets, jeux de rôles.

¹⁸ Les 10 domaines d'actions de l'UNESCO accordés par les Nations Unies pour la décennie de l'EDD sont : Réduction de la pauvreté, Egalité entre hommes et femmes, Promotion de la santé, Préservation et protection de l'environnement, Transformation de la vie rurale, Droits de l'homme, Compréhension interculturelle et paix, Production et consommation durable, Diversité culturelle et Technologies de l'information et de la communication (TIC)

- Apprentissage par exploration encourageant **la participation** : des recherches, des expériences pratiques, un apprentissage axé sur un problème...

II. La pédagogie active

Parmi les méthodes pédagogiques nouvelles, il y a la *pédagogie active*. Elle se définit, selon le *Dictionnaire actuel de l'éducation* (Legendre, 2005), par une approche où « l'activité motrice et intellectuelle de l'élève est le principal catalyseur du développement et de la structuration de ses savoirs, de ses habiletés et de ses attitudes ». Autrement dit, cette pédagogie tend à rendre l'étudiant acteur de son propre apprentissage (Leburn, 1999).

Pour un apprentissage actif, cinq composantes clés doivent être favorisés par l'enseignant. Premièrement, il faut que l'étudiant soit **motivé** durant les activités scolaires, ce qui ne dépend que de l'apprenant mais aussi du contexte général et l'environnement didactique y régnant. Le sujet ne doit plus attendre, comme celui dans le cours magistral, mais il doit se servir des moyens possibles (les manuels, les encyclopédies, les médias, les médiathèques...) pour pouvoir **s'informer**. Le traitement de ces informations requiert le fait que les apprenants **s'activent**. Suite à cela, le partage/discussion des informations ou bien des points de vue à d'autres ressources humaines est essentiel : c'est l'**interaction**. Ce qui mène enfin en une acquisition personnelle de nouvelles connaissances, un objet technique ou un autre « soi-même ». Cette **production** qui va déclencher la motivation de nouveau. Leburn (1999) affirmait que la pédagogie active est basée sur le socioconstructivisme puisque les connaissances se construisent en s'appuyant sur les ressources (humaines et matérielles) environnantes.

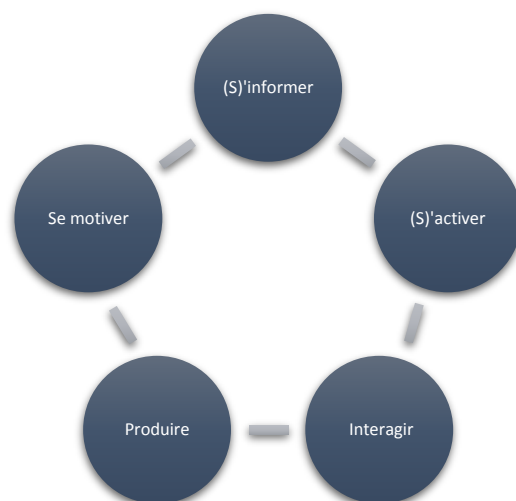


Figure 6: Le pentagone de l'apprentissage pour la pédagogie active

(Source : Leburn, 1999¹⁹)

¹⁹ <https://www.cairn.info/theories-et-methode-pedagogiques-pour-enseigner-e--9782804154110.htm>

Même si ce sont les élèves qui sont les propres acteurs de son apprentissage, cela ne veut pas dire que l'enseignant n'a aucune fonction pour la pédagogie active. Au contraire, il est chargé à la fois d'inciter les élèves à se lancer dans les tâches, en favorisant leur curiosité, de les encourager et les encadrer durant les séances.

✱ Les méthodes pédagogiques actives

Nombreux sont les méthodes pédagogiques dites actives, celles-ci sont les plus notoires :

- ☞ L'*apprentissage par résolution de problème* (APP) ou *Problem based learning* en anglais dans lequel les étudiants travaillent en collaboration en vue de résoudre un problème signifiant. Durant les activités, l'enseignant joue un rôle de *facilitateur* (Hmelo-Silver, 2004).
- ☞ L'*apprentissage coopératif* (AC) est développé pour la première fois par les deux frères Johnson vers les années '70. Cet apprentissage ne consiste pas tout simplement à mettre les élèves en petit groupe mais de tenir compte les cinq conditions de base²⁰ lors de la tâche. Sa particularité est l'hétérogénéité des membres du groupe (Baudrit, 2005) et le principe d'interdépendance.
- ☞ La *pédagogie de projet ou par le projet* (PP) consiste en une création d'un produit final dans un laps de temps donné par l'implication des élèves dans le processus afin que le projet leur appartienne propre.

III. L'outil en éducation

Même si des approches pédagogiques et didactiques sont bien tracées en avance, nous avons recours à des outils dans l'enseignement. Dans le dictionnaire des concepts fondamentaux de la didactique, Reuter (2007) définissait la notion d'outils en éducation comme un dispositif ou artefact servant une situation d'E/A. Pour mieux comprendre la place des outils dans l'enseignement, illustrons les relations existantes à l'aide de la figure ci-après :

²⁰ Les 05 conditions de base de l'AC ou apprentissage coopératif : l'interdépendance positive, la responsabilité individuelle, la promotion des interactions, les habiletés sociales ou coopératives et les processus de groupe.

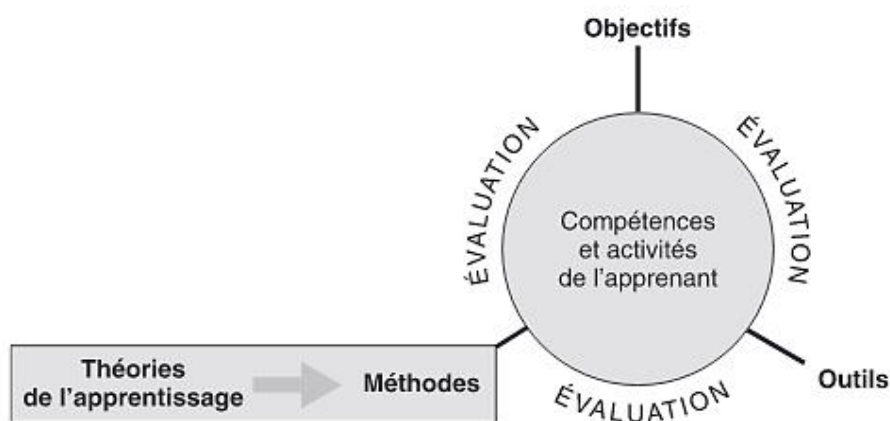


Figure 7: Relation entre les théories d'apprentissage, objectifs et outils d'enseignement pour la mise en place de l'activité d'enseignement et l'évaluation (Source : Leburn, 1999)

Ces outils participent à l'E/A de la discipline en tant que **moyen** (Schnewly, 2000 cité dans Schnewly, 2018) pour atteindre les objectifs c'est-à-dire comme un *médiateur*. Il en découle trois types d'outils en éducation : l'*outil physique* (tous ce qui sont des matériels et aides didactiques concrets), l'*outil psychologique* (langages, moyens mnémotechniques, diverses formes de calcul et de comptage...) et l'*outil symbolique* qui concerne tous les symboles utilisés dans les disciplines.

Développons le deuxième type d'outils qui est classifié de nature psychologique. Friedrich (2012), dans son œuvre a éclairci la différence entre une activité médiatisée et une activité médiatisante. Pendant une activité médiatisée, le sujet se sert directement des instruments utiles et les changements voulus sont produits à la fin de l'activité. Tandis que lors d'une activité médiatisante, les effets désirés par cette activité sont engendrés par une réflexion créée par le sujet après son interaction avec l'outil. Et c'est à l'intérieur de cette activité médiatisante que l'outil psychologique est employé. En d'autres termes, l'utilisation de ces outils psychologiques transforme le sujet lui-même. Pour mieux comprendre cette notion, nous allons illustrer par la figure ci-contre :

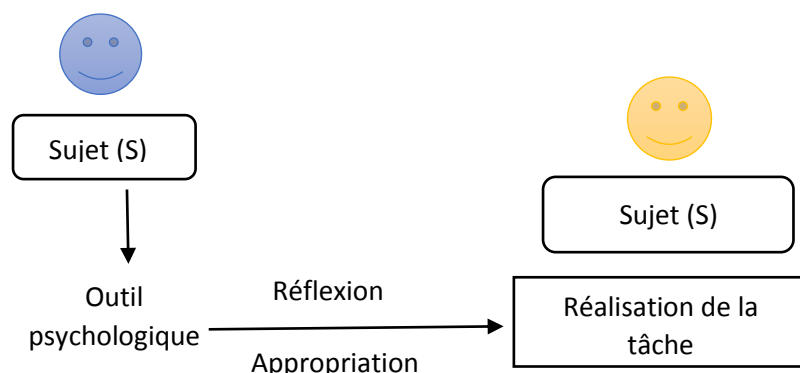


Figure 8: Effet de l'outil psychologique sur l'apprenant (Source : Auteur)

Il est à noter que le changement du sujet illustré sur cette figure est au niveau psychologique mais pas physiquement. Au fur et à mesure que le sujet s'approprie à cet instrument psychologique, il y a une influence sur lui-même. C'est pour cette raison qu'il est souvent utilisé comme outil de régulation sociale (Friedrich, 2012). Cette particularité est exploitable dans le cas de l'EDD.

En voici quelques exemples de langages utilisés dans l'E/A :

◆ Le débat, la discussion et la conversation

Bien évidemment, ces trois activités ont chacun leur propre particularité mais peuvent être attribuées au terme global qu'est l'interaction. Le débat consiste à prendre une position puis la défendre en argumentant. Kerbrat-Orecchioni (1990 dans Berrier, 2000) définissait le débat comme « une confrontation d'opinion à propos d'un objet particulier ». Dès lors, un sujet de débat est déterminé en avance, tout comme la discussion. Ce qui différencie ces deux outils c'est que la discussion peut être consensuelle ou conflictuelle (1992 cité Berrier, 2000) dans la mesure où chacun tente de prouver qu'il a raison. De plus, la conversation et la discussion se présentent de manière moins formelle que le débat. La conversation est la base de l'interaction dans la vie quotidienne, le sujet de conversation est spontané.

◆ L'exposé

L'exposé ne fait pas souvent appel à l'interaction car il s'agit d'un transfert d'information des locuteurs pour les auditeurs. Pourtant, il se peut que ces auditeurs posent des questions à la fin de la présentation. (Berrier, 2000) Cet outil d'enseignement permet aux présentateurs de synthétiser et de transposer leurs acquis tout en ayant confiance en eux durant la présentation.

IV. L'évaluation

Selon Therer (1985), l'évaluation est « *une appréciation quantitative et/ou qualitative d'un apprentissage en fonction des objectifs préalablement définis, en fonction d'une décision à prendre.* » L'enseignant est informé, à tout moment, des résultats ou du progrès de l'apprentissage à l'aide de l'évaluation. Dans le cadre de l'EDD, l'évaluation est un concept plus délicat. Le plus souvent, les objectifs visés par cette éducation ne peuvent pas être perçus immédiatement et même après la formation. Des experts ont suggéré des fiches d'observation de l'engagement durant un débat ou un projet, une fiche d'auto-évaluation ou par réalisation d'un bilan collectif en classe, ainsi que d'autres modes d'évaluation formative et sommative. Des différentes formes d'évaluations sont envisageables et les enseignants sont encouragés d'innover. Néanmoins, il y a des balises pour que l'intérêt même de l'EDD ne soit pas confondu avec ce que les élèves ont fait à l'issue des séances. Il est important de privilégier la réflexion sur soi-même l'élève (Académie Bordeaux, 2019). Comment se rendre compte que les objectifs prédéfinis par une telle éducation sont atteints ?

Il paraît important de décrire la classification des taxonomies des objectifs en éducation. Suite à des recherches dans le domaine connexe ; des chercheurs, notamment Bloom, distinguent trois domaines dans la technologie des objectifs :

- Le domaine **cognitif**, qui se concentre sur l'acquisition des connaissances de l'apprenant et de ses capacités intellectuelles à réorganiser ses acquis. La taxonomie dans cette domaine est la plus utilisée dans les conceptions des programmes scolaires puisqu'elle catégorise le niveau d'assimilation des connaissances. Ce classement débute de la simple mémorisation des informations, jusqu'à la capacité d'analyser, de synthétiser, voire à évaluer en fonction des normes les connaissances que l'élève s'est construit. Plusieurs chercheurs en éducation ont étudié la taxonomie dans ce domaine, notamment Bloom, Gagné-Merrill, Guilford, ...

- Le domaine **affectif** ou **socio-affectif**
Selon Krathwohl, (cité dans De Landsheere, 1978) « *Alors que dans le domaine cognitif, on examine si un élève peut accomplir une tâche demandée, il importe de voir, dans le domaine affectif, si l'élève se comporte comme il convient au moment approprié.* » La taxonomie dans le domaine socio-affectif hiérarchise les effets des contenus pédagogiques et les activités en groupe (social) sur l'ensemble de *savoir-être, réagir* et *ressentir* de l'élève.

- Le domaine **psychomoteur**
Harrow (cité dans De Landsheere, 1978), un chercheur œuvrant dans le domaine, a éclairci que le terme *psychomoteur* inclut « *tout mouvement humain volontaire observable qui appartient au domaine de l'apprentissage.* » La taxonomie dans ce domaine mesure le degré de réalisation d'un savoir-faire par un apprenant pour exercer une activité motrice. Les objectifs d'apprentissage dans ce domaine se focalisent sur les mouvements, actions observables. Ce sont les enseignements professionnels ou éducations physiques qui utilisent cette taxonomie le plus souvent. D'autres experts travaillent aussi dans la hiérarchisation des objectifs dans ce domaine, comme Simpson.

Les caractéristiques de la taxonomie dans le domaine socio-affectif peuvent nous servir à analyser l'affectivité intérieure des apprenants telle que les émotions, sentiments, valeurs que peuvent refléter leurs comportements (Gérard, 2000). Le domaine affectif s'appuie sur différentes taxonomies, mais nous allons adopter la taxonomie étudiée par Krathwohl et ses collaborateurs en 1964. Le tableau ci-dessus présente la différence entre les niveaux taxonomiques dans le domaine affectif :

Tableau 3: La taxonomie socio-affectif de Krathwohl, Bloom et Masia

(Source : Définir les objectifs de l'éducation²¹)

Niveau taxonomique	Description	Classification du niveau taxonomique
Niveau 1: Réception	Se manifeste par la présence de l' attention au sujet. Prenons le cas d'un individu qui écoute attentivement durant la formation.	1.1 Conscience
		1.2 Volonté de recevoir
		1.3 Attention dirigée ou préférentielle
Niveau 2: Réponse	Le sujet s'implique dans l'activité en réagissant visiblement , dans le but d'approfondir ses acquis. Comme un auditeur pose une question relative à l'explication.	2.1 Assentiment
		2.2 Volonté de répondre
		2.3 Satisfaction à répondre
Niveau 3: Valorisation	Une démonstration d'un engagement individuel envers une valeur fondamentale orientant le comportement. Exemple : un élève s'attendrit sur son amis qui a eu une mauvaise note, jusqu'à lui offrir son aide.	3.1 Acceptation d'une valeur
		3.2 Préférence pour une valeur
		3.3 Engagement
Niveau 4 : Organisation	Prise en compte des valeurs en question, les structurer suivant leurs importances. C'est le cas d'un apprenant qui planifie de modifier sa méthode de travailler pour avoir une bonne note en classe.	4.1 Conceptualisation d'une valeur
		4.2 Organisation d'un système de valeur
Niveau 5 : Caractérisation par une valeur ou un système de valeur	Intégration des valeurs, qui peuvent être généralisées à long terme, dans le comportement. Par exemple un apprenant qui conscientise ses camarades de ne plus bavarder durant le cours.	5.1 Disposition généralisée
		5.2 Caractérisation

²¹ <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/86914/DefinirLesObjectifsDeLEducation.pdf>

Ce tableau nous a éclairci les différents niveaux existants dans la taxonomie socio-affective. Or, comment classer ces niveaux en fonction des intérêts, attitudes, valeurs intrinsèques, appréciations ou adaptations du sujet ? La figure ci-dessous évoque les relations, entre ces niveaux taxonomiques présentés précédemment et les expressions couramment employées dans la sphère affective. Ces relations sont étudiées par un certain nombre d'auteurs travaillant dans ce domaine :

10 Réception			2.0 Réponse			3.0 Valorisation			4.0 Organisation		5.0 Caractérisation par un système de valeurs	
1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	5.1	5.2
Conscience	Volonté de recevoir	Attention dirigée ou préférentielle	Assentiment	Volonté de répondre	Satisfaction à répondre	Acceptation d'une valeur	Préférence pour une valeur	Engagement	Conceptualisation d'une valeur	Organisation d'un système de valeurs	Disposition généralisée	Caractérisation
←			INTÉRÊT									
			← APPRÉCIATION →									
						← ATTITUDE →						
						← VALEUR →						
									← ADAPTATION →			

Figure 9: Les niveaux d'engagement personnel par rapport à la taxonomie de Krathwohl

(Source : De Landsheere)

DEUXIEME PARTIE :
EXPERIMENTATION SUR
TERRAIN

Après avoir développé les fondements théoriques sur lesquels notre recherche se réfère, cette deuxième partie est dédiée à la description des activités faites sur terrain et l'analyse des résultats, ceci dans l'objectif de proposer des outils d'enseignement/apprentissage dans le cadre de l'EDD, et de mettre en œuvre ces outils avancés pour pouvoir tracer les difficultés que les enseignants peuvent rencontrer. Par ailleurs, afin de pouvoir effectuer une étude comparative au niveau de deux établissements publics, nous avons procédé aux étapes ci-après.

I. METHODOLOGIE

1. Choix des classes et des établissements

En tenant compte des objectifs de notre recherche, nous avons sélectionné deux établissements à savoir le Lycée Jean Joseph Rabearivelo (**LJJR**), situé au centre-ville, et le Lycée Andohoranofotsy (**LA**) situé à la périphérie d'Antananarivo, qui est un lieu semi-urbain. Nous avons opté pour les élèves en classe de 1^{ère} S pour l'expérimentation puisqu'ils sont capables de comprendre les termes utilisés durant les activités. De plus, les élèves de ce niveau commencent à faire la nomenclature des composés organiques et aussi des propriétés de quelques éléments chimiques. Nous avons retenu la classe entière pendant les expérimentations pour visualiser les difficultés que l'enseignant peut rencontrer durant les séances, comme nous l'avons expliqué précédemment. Les expérimentations sur terrains nécessitent 4 séances dont deux séances de 1h 30 et deux séances de 2h. Vu ces importants volumes horaires, les enseignants de la classe de 1^{ère} C du **LA** et 1^{ère} C₂ du **LJJR** nous ont accordé des heures. Il est à noter que nous avons aussi considéré la présence d'heures creuses pour que les horaires de Physique-Chimie des classes concernées ne soient pas trop accaparés par les activités. Ainsi la sélection est faite en fonction de la disponibilité de la classe entière à assister aux séances et des nécessités du chercheur.

2. Préparation et mise en place des questionnaires

Avant de mettre en œuvre les séances planifiées, un diagnostic sur le thème a été effectué au niveau des élèves. D'un autre côté, un questionnaire a été distribué à quelques enseignants provenant des établissements sélectionnés.

2.1 Questionnaire pour les enseignants

Les questionnaires pour les enseignants sont élaborés deux semaines avant l'expérimentation sur terrain. Nous les avons distribués à 11 enseignants, ceux ayant la disponibilité d'y répondre pendant une période d'une semaine. Même si nous avons effectué des stages d'observations et à responsabilité durant notre parcours à l'ENS, la conception de ce questionnaire a pour objectif de connaître les outils fréquemment choisis en classes par les enseignants expérimentés et aussi afin de comprendre les raisons pour lesquels certains outils ne sont pas adoptés lors de l'enseignement des sciences Physique et Chimique. Nous avons saisi cette occasion pour demander à ces enseignants s'ils ont déjà entendu le

terme Education au Développement Durable et ayant appris ce module durant leur formation universitaire. La dernière partie du questionnaire sollicite des suggestions venant de ces enseignants pour éduquer dans le cadre de l'EDD sur le thème considéré. Ce questionnaire est joint à l'*Annexe 1* de cet ouvrage.

2.2 Questionnaire pour les élèves

D'un autre côté, nous avons distribué un questionnaire aux élèves provenant des 2 établissements choisis pendant leur heure de pause puis remis le jour même. Dans le but de vérifier si les élèves ont déjà entendu la désignation « couche d'ozone » dans les médias et dans la société, le questionnaire (*cf. Annexe 2*) comportant 4 questions mixtes a été mis en place. Les élèves enquêtés sont au nombre de 97 : 54 parmi eux proviennent du *LA* et 43 celui du *LJJR*.

3. Mise en place des travaux sur terrain

A part le fait que le questionnaire destiné aux étudiants nous a permis de faire un diagnostic sur leurs connaissances ; il donne l'occasion d'obtenir aussi des informations supplémentaires concernant les étudiants comme leur profils (âge, genre, ...). En effet, la répartition des élèves dans chaque groupe sera facilitée pour éviter la disproportion entre chaque groupe. Nous avons tenu compte le genre des étudiants, leur niveau de connaissance par rapport au sujet et aussi par rapport à la langue qui sera utilisée (le français). Dans tous ce qui suit, notons que nous n'avons corrigé que les erreurs grammaticales lors des interventions des élèves pour être fidèle à ce qu'ils ont exprimé.

Nous avons eu 4 séances pour l'expérimentation sur terrain :

3.1 La séance de mise en contexte

Cette séance a duré 1h30 pour introduire la notion de couche d'ozone à l'aide d'une présentation Powerpoint appuyée par des documentaires, vidéos, images, tableau de données, etc. Les élèves sont disposés en U dans la salle de classe et ils peuvent prendre note ou pas, selon leur convenance. Après notre intervention, nous avons accordé 30 minutes aux élèves pour poser des questions sur notre présentation.

Nous avons aussi donné les sujets d'exposé pour chaque groupe. Dans chaque sujet d'exposé, il y a des directives avec une suggestion des mots clés qui doivent figurer dans le contenu à présenter.

♣ *Déroulement de la 1^{ère} séance au LJJR*

A la fin de la présentation et la projection des supports multimédia, il y avait environ 10 questions de la part des étudiants à propos des différents thèmes liés à la physique : comme les spectres du rayon solaire et il y a eu même des questions sur le soleil et l'astronomie. Ces questions se relient

aux représentations des élèves. Ce fut déjà avantageux vu que les élèves sont de plus en plus curieux sur le sujet.

♣ *Déroulement de la 1^{ère} séance au LA*

Vu le manque de matériels et d'équipements au sein de cet établissement, la première séance a été un peu différente de celle du LJJR, parce que nous avons utilisé des emballages pour faire la présentation et nous n'avons pas eu l'opportunité de visualiser le vidéo mais en les écoutant tout simplement. Pourtant, la plupart des élèves possède un téléphone Android que nous nous sommes servis pour transférer ces multimédia aux élèves grâce aux applications sur les téléphones à la fin de la séance. C'est pour cette raison que les élèves de 1^{ère} C de cet établissement ont posé moins de questions (seulement 3 questions), comparés à l'autre établissement. (10 questions)

3.2 La deuxième séance : les exposés de groupe

Cet outil a été choisi afin que les élèves cherchent des informations eux-mêmes en utilisant des ressources à leurs disponibilités. Ces élèves doivent acquérir également une bonne compréhension des enjeux relatifs liés à la couche d'ozone à l'issue de cette séance. La préparation des exposés a déjà été faite une semaine avant la présentation. Nous avons attribué 15 minutes pour chaque présentation, puis 10 min au maximum pour les questions venant des auditeurs. La durée totale de cette séance est de 2h. Les élèves utilisent des emballages pour y insérer leur plan, les contenus essentiels et les mots difficiles. Pour mesurer la pertinence des exposés, nous avons utilisé des fiches où figurent les mots clés qui doivent être cités, les remarques sur les informations venant du groupe comme la clarté des phrases, mots utilisés compréhensibles, exactitude des informations, complétude des informations classifiée suivant l'échelle : faible-moyen-élevée.

Voici le sujet d'exposés de chaque groupe :

- **Groupe 1** : Les effets de l'appauvrissement de l'ozone sur la santé, sur la végétation et sur l'environnement
- **Groupe 2** : Les principales utilisations des haloalcanes : CFC, HCFC, halons et les autres SAO
- **Groupe 3** : Le mécanisme de dégradation de l'ozone par les SAO
- **Groupe 4** : La différence entre la couche d'ozone et le pic d'ozone
- **Groupe 5** : Evolution de la couche d'ozone depuis son apparition jusqu'en 2018

Les étudiants provenant des deux établissements ont fait de leur mieux pendant la réalisation de leurs premiers travaux de groupe, leurs exposés ont été impressionnants sauf pour le groupe 4 du LJJR car l'un de leur membre de groupe était absent bien qu'il avait apporté les documents à présenter.

A la fin des présentations, un élève du LJJR nous a demandé : « Madame, on a connu les effets néfastes des UV-B ainsi que l'évolution de la couche d'ozone jusqu'à présent, ce qui pique ma curiosité

c'est qu'est-ce qu'on doit faire face à tout cela ? » Cette question venant même de l'apprenant nous a permis de formuler une problématique.

Quant au LA, lors de l'exposé du troisième groupe un élève qui a synthétisé leur part disait : « Comme nous pouvons voir ici, même une seule molécule de CFC ou halons détruit des milliers de molécules d'ozone, en sachant cela nous devons être rigoureux de ne pas utiliser les équipements contenant ces composés !! » A partir de cet instant, les élèves ont commencé à poser des questions supplémentaires qui nous a aussi mené pour la formulation ensemble de la problématique.

3.3 La séance de discussion en groupe et débat

Cette séance est destinée à la mise en place d'un débat problématisé, elle dure deux heures. Comme nous l'avons mentionné, la problématique est apparue lors de la séance antérieure en classe et est ensuite reformulée par l'enseignant en vue de l'uniformiser pour les deux établissements. Ce sujet porte sur la reconstitution de la couche d'ozone, mais aussi sur ce que les étudiants peuvent faire face à la problématique relative. Une fiche de préparation de la séance du débat est attachée à l'*Annexe 3*. Cette séance encourage les élèves à participer dans l'élaboration des plans d'actions praticables localement et de devenir un acteur vis-à-vis de la protection de la couche d'ozone. En outre, ces élèves apprennent à prendre compte les points de vue d'autrui, à l'aide de cette activité, pour pouvoir discuter en profondeur les questions posées sur le sujet.

Nous avons divisé les élèves en 5 groupes composés de 11 élèves au maximum dont les membres de groupes sont différents de ceux de l'exposé. Nous avons utilisé une grille d'observation afin d'observer les comportements de chaque apprenant durant la tâche (*cf. Annexe 4*). Puisqu'il s'agit d'un débat mouvant, où les élèves peuvent changer de place selon leur point de vue, nous avons utilisé des rubans de différentes couleurs pour les identifier. Ce travail nécessite cinq observateurs dont un observateur pour chaque groupe. Durant cette séance, nous avons accroché les krafts des élèves durant les exposés ainsi que les règles d'échange à respecter durant l'activité. Chaque groupe doit choisir un rapporteur qui va présenter les idées conclues et un secrétaire pour les noter au tableau. La disposition des table-bancs dans les deux salles de classe est en U.

Après l'annonce de l'activité à faire, les élèves rejoignent leurs groupes et commencent à partager leur point de vue, à discuter. Nous avons opté cette discussion en petit groupe dans la mesure où chaque élève soit bien aisé de prendre la parole quand il est avec une dizaine d'élèves plutôt qu'avec une cinquantaine. Nous attribuons 30 minutes pour cette discussion en groupe. Puis les rapporteurs de chaque groupe partagent les points de vue avec leurs principaux arguments devant la classe entière. Ils exposent aussi les solutions nécessaires pour résoudre les problèmes y afférents.

Face à la divergence d'idées, l'activité se poursuit par un débat avec la classe entière. Les élèves peuvent prendre la parole tout en respectant les différentes règles d'échange. Enfin, pendant la phase de

synthèse et de structuration, l'enseignant rassemble les différentes idées émergées afin d'établir un consensus.

❖ L'effectif des élèves en classe de 1^{ère} C au Lycée Andohoranofotsy est très élevé, en général 54 élèves. Nous classons ces élèves en 5 groupes comprenant 10 ou 11 élèves chacun. Les groupes sont nommés A, B, C, D et E, les membres de chaque groupe sont notés E₁ jusqu'à E₁₁.

❖ Les élèves de 1^{ère} C₂ ayant assisté à la séance de débat sont repartis en deux groupes de 08 élèves et trois groupes de 09 élèves, au total nous avons quarante-trois élèves. Le codage des élèves dans cet établissement suit le même raisonnement que celui de l'autre établissement mais en ajoutant un « ' » pour différencier.

Par exemple : les membres du groupe C au LJJR sont identifiés de la manière suivante E'_{1C}, E'_{2C}, E'_{3C}, E'_{4C}, E'_{5C}, E'_{6C}, E'_{7C}, E'_{8C}, E'_{9C}, E'_{10C}.

3.4 La quatrième séance : l'évaluation écrite

Même si nous avons effectué le débat pour la séance précédente. Nous avons décidé de mettre en place une évaluation écrite individuelle qui dure 1h30. Elle comporte deux parties : la première partie (A) se focalise sur les connaissances acquises à propos de la couche d'ozone tandis que la deuxième partie (B) évalue les apports des séances sur les conduites de l'élève en tant que partisan du DD. (Cf. Annexe 5)

- La partie A comporte 6 questions qui sont classifiées comme telle selon la *taxonomie de BLOOM* :

Le niveau taxonomique des questions 1, 3 et 6 se rapporte à la **connaissance**. Et le niveau taxonomique des questions 2, 4 et 5 est dans le domaine de la **compréhension**.

- La partie B ne comporte que 2 questions se focalisant sur les impacts des séances quant à la prise de décision des élèves.

II. RESULTATS et INTERPRETATIONS

Au total, l'expérimentation sur terrain repartie en 4 séances s'est déroulée pendant trois semaines. Nous donnons ci-dessous les résultats de notre recherche à partir du commencement jusqu'à l'évaluation.

1. Les questionnaires

1.1 Questionnaire des enseignants

Pour respecter la confidentialité de l'identité des enseignants, nous attribuons un codage de **En₁** jusqu'à **En₁₁** à ces enseignants. A part l'**En₈**, tous les enseignants qui ont rempli le questionnaire sont

des sortants de l'ENS, avec une expérience professionnelle de 4 ans à 30 ans. Les réponses à la question n°1 seront détaillées dans le tableau suivant :

Tableau 4: Les réponses des enseignants à la première question du questionnaire

Enseignants	Utilise un document comme support de cours	Utilise des supports multimédia comme des animations/vidéos comme support de cours	Autres
En₁	Oui	Non	—
En₂	Oui	Oui	Ressources numériques de l'EDUCMAD
En₃	Oui	Non	—
En₄	Oui	Oui	Connaissances personnelles et observation
En₅	Oui	Oui	—
En₆	Oui	Oui	Animations proposées par l'EDUCMAD ²² à la médiathèque
En₇	Oui	Oui	Tablette
En₈	Non	Non	N'utilise pas en classe mais pour préparer les cours.
En₉	Oui	Non	—
En₁₀	Oui	Oui	—
En₁₁	Oui	Oui	—

La question n°2 se concentre aux activités de groupes fréquemment adoptées par l'enseignant en classe. Sept enseignants : **En₁**, **En₂**, **En₃**, **En₄**, **En₆**, **En₇**, **En₈** ont affirmé qu'ils donnent des travaux de groupes aux élèves. Il en découle de nombreux types de tâches réalisable en groupe, particulièrement les devoirs collectifs pour résoudre un problème, il y a aussi les Travaux Pratiques (TP). Particulièrement, l'enseignant **En₄** et **En₆** donnent aussi des recherches documentaires pour la

²² EDUCMAD est un programme de Solidarité internationale opérant dans le domaine de l'éducation à Madagascar. Il se concentre sur l'apprentissage des matières scientifiques au secondaire en suggérant des supports numériques adaptés au curriculum Malagasy.

préparation d'un exposé. En revanche, mise à part la perte de temps engendrée par les travaux de groupes mentionnée par **En5**, **En9**, **En10** et **En11** ; l'**En5** précise que les principales difficultés sont le nombre important d'élèves dans une classe et aussi la lourdeur des contenus prescrits dans le programme scolaire Malagasy qui l'empêchent de se lancer dans une activité en groupe avec les élèves.

Pour ce qui est des deux questions restantes, ils se focalisent sur l'*EDD*. Deux enseignants parmi les 11 choisis ont reçu une formation sur l'*EDD* durant leur parcours universitaire, et ce sont les enseignants récemment sortis à l'ENS. Pourtant, cette information nous renseigne que la contribution de l'*EDD* dans l'enseignement à Madagascar est en cours d'exécution. Etant donné que nous sommes en train d'initier notre carrière d'enseignant, nous avons demandé des suggestions de la part de ces enseignants vu leurs années d'expériences. Pour cela, l'**En1** et **En6** ont proposé un plan du cours mais l'**En6** a précisé que nous devons « donner » les rôles des élèves pour la protection de cette couche d'ozone. Parallèlement à cette dernière idée, **En4** a réclamé que nous devons exposer et « mettre en pratique » des solutions réalisables. Cet enseignant demande de se référer au cas de Madagascar, de mettre au point les issues possibles dans notre pays mais pas pour d'autres pays. L'**En2** affirme que les élèves doivent être « conscients » aux dangers de l'appauvrissement de la couche d'ozone. Par ailleurs, **En3** exige que les objectifs du programme doivent être clairs et précis afin d'éviter les complications en situations réelles. Il réclame aussi des supports nécessaires aux enseignants pour accomplir cette tâche. **En8** propose que ce thème peut être intégré dans la partie Chimie 1^{ère} scientifique du programme scolaire Malagasy. Puisque les enseignants **En9** et **En7** n'ont jamais entendu la notion d'*EDD*, ils n'ont donné aucune suggestion. Concernant les **En10** et **En11**, qui ont reçu la formation sur l'*EDD* durant leur parcours à l'ENS, ont insisté sur les contenus des cours essentiels. L'**En10** a précisé que nous devons expliquer les différents rayonnements solaires, plus particulièrement les UV et les IR. Il souligne aussi que le réchauffement de la planète Terre est un sujet à préciser. Quant à l'**En11**, il a indiqué que nous devons expliquer aux élèves que la principale cause de cette dégradation est l'abondance des CFC dans l'atmosphère. **En11** a aussi mentionné que les élèves doivent « connaître » les conséquences de cette dégradation et savoir lutter contre cette dégradation.

Interprétations

Les réponses à la première question nous informent que les supports documentaires sont actuellement exploités chez les enseignants cibles de notre sondage. Et que même si l'enseignant n'utilise pas ces supports en cours, il s'en sert durant la préparation des séances. Dues à de nombreuses raisons, 4 enseignants sur les 11 ayant répondu à l'enquête affirment ne pas employer des supports numériques en cours tandis que le reste s'en sert. Ensuite, la question 2 a évoqué que les enseignants adoptent des activités en groupe lorsqu'il y a du temps. Compte tenu des conseils venant de ces enseignants, l'« éducation » à mettre en place doit avoir des objectifs précis, des contenus exacts et complets. Le plus important c'est qu'il ne s'agit non seulement d'informer les élèves à l'issue des

séances, les élèves doivent être conscients et connaître ce qu'ils ont à faire face au problème de l'appauvrissement de la couche d'ozone.

1.2 Questionnaire auprès des élèves

La toute première question de ce questionnaire demande si les élèves ont déjà entendu ou non la notion de la couche d'ozone. Pour cela, seulement 3 parmi les élèves questionnés ne connaissent pas la couche d'ozone. La plupart des élèves a connu cette notion à l'école, — puisque ce thème est étudié en Education Civique de la classe de 3^{ème} (au collège) — soit **72, 2 %** des élèves au LA et **55,8 %** des élèves au LJJR. Les disciplines concernées sont souvent l'Histoire-Géographie, les Sciences de la Vie et de la Terre, parfois le Français. Pourtant un élève a assisté à une sensibilisation par des étudiants en Météorologie de l'Ecole Supérieure Polytechnique de Vontovorona. Un autre moyen de s'informer est l'utilisation d'internet, il y a environ **23 %** des élèves qui ont fait des recherches sur le sujet notamment sur les sites internet : YouTube et le Wikipédia. Environ **15,4 %** de l'effectif total des enquêtés ont obtenu des informations sur la couche d'ozone grâce aux documentaires diffusés par les chaînes télévisées. Evidemment, les trois élèves provenant du LA, ceux qui n'ont jamais entendu la « couche d'ozone », n'ont pas répondu à cette question.

Nous avons pensé que les élèves ayant des connaissances sur la couche d'ozone connaissent logiquement la présence du trou dans l'ozone. Le constat que la couche d'ozone se rétablisse fait de ce sujet de moins en moins discuté au niveau du grand public. C'est la raison pour laquelle 20 élèves ayant répondu Oui à la première question ignorent la présence de ce phénomène.

Les informations supplémentaires concernant cette couche d'ozone montrent que les élèves connaissent plutôt ses rôles ; **64 %** de ces élèves ont écrit : « la couche d'ozone nous protège contre le soleil », d'autres même ont mentionné que la couche d'ozone empêche les UV de s'infiltrer vers nous. Les autres réponses émises correspondent à leurs représentations comme : « elle protège l'environnement, elle nous donne de la chaleur, elle est contre l'effet de serre », etc. Les causes de l'appauvrissement de l'ozone avancées par les élèves sont très variées et reformulées de leur façon, mais leurs significations sont résumées dans les réponses suivantes que nous allons présenter dans ce graphique :

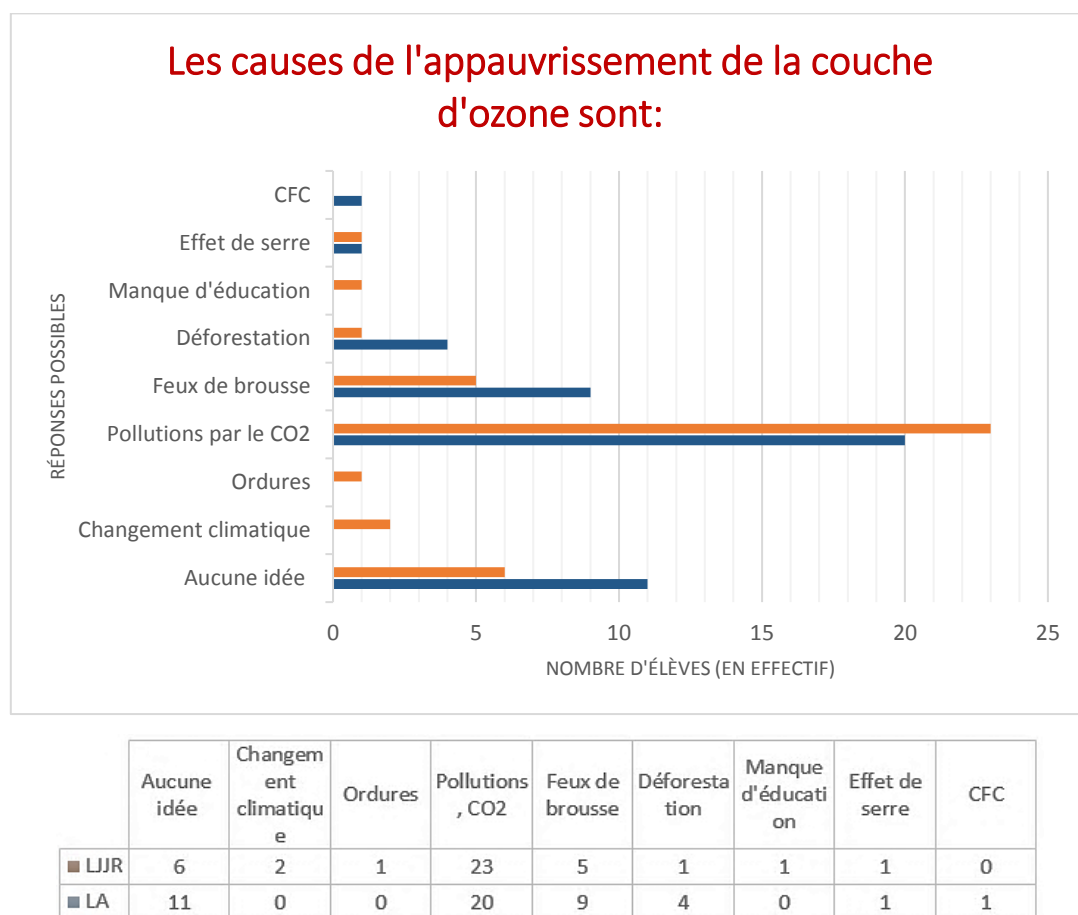


Figure 10: Graphe résumant les réponses des élèves à la question 5 du questionnaire en fonction de leur effectif respectif

Peu d'élèves ont répondu à la question suivante « Les conséquences de la présence du trou dans l'ozone sont : », la plupart d'eux n'a rien écrit. Environ 24 élèves enquêtés ont répondu que les conséquences de cet appauvrissement en ozone sont les maladies et le réchauffement climatique.

Quant à la dernière question, ils ont écrit encore des variétés de réponses telles que le reboisement, ne pas jeter des ordures partout, la protection de l'environnement et éviter le feu de brousse. L'élève qui a assisté à la sensibilisation des étudiants en Météorologie a écrit que la solution pour éviter cette dégradation est la sensibilisation. Cependant, **72,2 %** des apprenants n'ont aucune solution à proposer.

Interprétations

Si presque tous les élèves connaissent l'existence de la couche d'ozone atmosphérique et le trou au-dessus de l'Antarctique. Ces résultats mentionnent que la majorité des apprenants enquêtés méconnaissent ni ce qui provoque la dégradation de l'ozonosphère ni ce qu'ils doivent faire pour sa

protection ou éviter cette détérioration. D'où la nécessité d'éclaircir leurs idées à propos de cette thématique avant de se lancer dans les activités ultérieures.

2. Discussions durant la troisième séance

Pour mieux observer les comportements de chaque élève durant la séance, nous avons utilisé une grille d'observation. Tous les observateurs disposent chacun de cette grille, elle est composée de deux éléments : *l'engagement dans l'activité* et le *déroulement argumentaire*. En ce qui concerne l'engagement de l'élève pendant la tâche, il y a 6 indicateurs qui constituent ce critère (cf. Tableau 5). Ils se concentrent sur leur attention durant l'activité et de la manière d'y participer. Ensuite, le déroulement argumentaire durant la discussion et le débat est aussi observé durant cette dernière séance. Il est constitué par 9 critères qui sont détaillés en annexe.

Tableau 5: Synthèse des résultats obtenus à partir des grilles d'observation durant la séance de discussion/débat

Critères	Indicateurs	Taux de contribution des élèves (%)	
		LJR	LA
Engagement dans l'activité	Reste dans la tâche jusqu'à la fin	74,41	72,22
	Participe pour se faire remarquer mais pas pour avancer la discussion	11,67	3,7
	Discute dans son coin	20,93	20,37
	Monopolise la parole	9,30	5,56
	Hors sujet	6,97	7,4
Déroulement argumentaire	<i>Utilise des phrases compréhensibles</i>	58,16	27,78
	Justifie son point de vue en argumentant	37,02	16,67
	Est de l'avis des autres mais n'ose pas prendre la parole	23,25	38,89
	Défend son idée ou celle de son groupe	53,48	25,93
	Justifie son point de vue en avançant un(des) exemple(s)	28,10	22,22
	Exprime son accord ou son désaccord avec les points de vue des autres	58,16	31,81
	<i>Sait reformuler ses idées</i>	28,10	9,25
	Fait progresser la discussion en apportant de nouvelles idées	34,88	20,37

Le nombre de prise de parole ne peut pas être exprimé en pourcentage mais sera analysé de manière à conclure la participation des élèves pendant la tâche.

2.1. Quelques exemples d'intervention des élèves du LJJR

Les conversations des élèves durant cette dernière séance ont été enregistrées puis transcrites dans cette partie pour pouvoir les analyser. Vu que cet établissement est situé au milieu du marché, les élèves se sont focalisés sur les difficultés lors de la pratique, c'est-à-dire lors de l'achat. Le groupe B s'était opposé aux autres groupes. Ils ont affirmé que la reconstitution de la couche d'ozone est encore difficile pour notre cas. Ils se sont inspirés d'autres thématiques comme les ordures qu'ils voient partout, le reboisement. Puisqu'il semble difficile d'identifier les voix de chaque élève, nous allons les coder de V₁, V₂ ... En voici quelques exemples de discours les plus frappants :

- V₁: « *Isika izao efa ela no nahafantatra fa tsy mety ny manary fako eny an-dalambe, kanefa mbola maloto hatrany ny tanànan-tsika. Dia ireo solution proposée-nareo ireo izao soratanareo eo fotsiny fa rehefa mahita zavatra mahafinaritra anareo na vao mivoaka eto aza dia tsy miraharaha an'izany CFC na ny hafa izany fa tonga dia vidiana !* », cette affirmation veut dire que même s'il y a des solutions proposées, la plupart des gens ne l'applique pas. Comme le cas des ordures partout...
- V₂ ajoutait qu'en plus de cela, comment pouvons-nous dire aux gens de bien choisir les produits avant de les acheter ? De même comment pouvons-nous dire aux vendeurs que leurs produits contiennent du HCFC ou de CFC? Ils pourront être fâchés. Pour nous c'est encore impossible !

Pourtant, V₃ a répondu que si nous ne pouvons pas le faire avec tout le monde; le moindre des choses qu'on peut faire est d'informer nos proches, si c'est possible nos familles qui sont à la campagne.

En plus de cela, *si nous ne faisons pas attention à ce que nous achetons, ce sera nous qui allons être les victimes de ces effets néfastes que nous avons présentés durant notre exposé. Nous avons intérêt à être plus attentifs alors*, ajoutait V₄.

V₃: *"Ny tokony ataontsika izany aloha dia ny manatanteraka, ny faharoa izay vao miteny ny hafa."* Ohatra tsy miteny fotsiny hoe: Ilaina ny mamboly hazo! Kanefa tsy tonga akory rehefa mamboly hazo ohatra ny sekoly. C'est-à-dire qu'avant de sensibiliser les autres, il est important de s'assurer que nous soyons des modèles.

Un élève V₅ a affirmé que d'après un documentaire qu'il a vu, lorsque la planète se réchauffe, l'océan se réchauffe aussi en libérant du chlore. Et ce chlore peut affecter la couche d'ozone. « *Nous devons alors faire attention au changement climatique aussi.* »

Un autre élève V₆ affirmait le propos de : « *Raha azo atao ihany koa ny mikaroka fomba vaovao tsara kokoa foana ! ohatra izao efa naheno izaho hoe misy efa nahita fomba hitrandrahana ny vata vita amin'ny tanimanga ho solon'ny vata fampangatsiahana, dia isika tanora izao afaka mandalina an'izany kokoa mba ho tena mahomby !* » Il est aussi essentiel de chercher des innovations moins dangereuses

pour l'environnement, comme le cas d'un pot à base d'argile qui permet de conserver les fruits et légumes pour une longue durée. Nous devons les exploiter !

Notons bien que d'autres arguments se sont apparus durant le débat mais ce sont des exemples qui sont cités ci-dessus.

La conclusion venant d'un des élèves de 1^{ère} C₂ est vraiment surprenant V₇: « *Izao izany, aleo tsika mianatra tsara fa rehefa manana ny maha izy azy antsika isika, mba hinoan'ny olona ny zavatra tenenintsika !* » En tout cas, nous devons faire d'efforts dans nos études puisque quand nous aurons un titre plus reconnu, les gens croiront mieux en ce que nous disons.

Nous avons remarqué que le premier groupe a toujours d'idées innovantes et appuie les idées des autres groupes de leur même point de vue. Les membres du groupe 2 savent bien défendre leurs arguments en ajoutant des exemples clairs. Ces deux groupes sont le plus actifs parmi les 5 groupes mais les autres participent tous à la discussion.

La phase de structuration nous a permis de synthétiser les différentes idées apparues et aussi d'éclaircir un peu des conceptions mal comprises. Nous avons saisi l'occasion d'expliquer ce que signifie un « *consom'acteur* » ou *consommateur responsable*. Il y a aussi eu des élèves qui ont posé d'autres questions sur le mécanisme de l'effet de serre qui provoque le réchauffement climatique.

Les solutions proposées par les élèves durant cette phase sont :

- Le choix des produits ou matériels doit être effectué avec vigilance : choisir ceux qui sont respectueux de l'environnement
- Acheter les produits « Vita Malagasy » s'il en existe : comme les déodorants, pesticides, etc.
- Sensibiliser les gens
- Rester informé(e) face aux problèmes relatifs à l'environnement
- Il est temps d'agir mais nous ne devons pas toujours attendre les autres : « *Chaque action compte* »

2.2. Quelques exemples d'intervention des élèves du L.A durant la troisième séance

Nous allons avancer quelques argumentations, des exemples les plus frappants dans les dialogues. Nous tenons à préciser que les élèves ont du mal à s'exprimer en français durant la conversation.

Parmi les groupes, le groupe C s'est mis sur la position contre, tout contrairement aux autres groupes. Leurs points de vue étaient bien argumentés car ils ont expliqué qu'il est impossible de revenir en arrière. C'est-à-dire que l'utilisation des réfrigérateurs, des bombes aérosols ainsi que les climatiseurs s'avère indispensable à la vie humaine. Ils ont utilisé l'expression V₁: « *Tsy misy olona hanolo-tena izany hoe, andeha tsy hampiasa frigidaire intsony aho fa ratsy amin'ny tontolo iainana kay !* ». Il a même utilisé

l'expression suivant : *On ne peut pas revenir à l'âge de Pierre !* Il a rajouté que même s'il y a des produits moins néfastes pour la santé et l'environnement, la majorité du peuple Malagasy privilégie ceux qui sont moins coûteux. Cet argument est bien évident, ajoutait V₂ « *On sait tous que Madagascar est encore pauvre, la plupart de sa population n'est pas en moyen de choisir les produits de plus hautes qualités mais tout simplement ce qui leur aide à survivre tous les jours.* »

Cette dernière idée a été discutée par quelques élèves, ils ont conclu que même si nous sommes pauvres cela ne nous empêche pas de choisir les produits de qualité. Nous avons aussi rappelé ce point pendant la phase de récapitulation.

Malgré cela, les autres groupes se sont appuyés sur l'idée que sa protection est toujours possible seulement si chacun est conscient. Les élèves de ces groupes ont tous aussi précisé le protocole de Montréal.

Par exemple, l'étudiant V₃ a affirmé : « *D'après l'exposé de mon groupe, on a mis en place le protocole de Montréal et on peut dire que cela a fonctionné. Au moins c'est la première fois que j'ai entendu quelque chose sur le plan environnemental qui a marché ! Ce qui nous encourage !!! Actuellement, il y a quand même un dysfonctionnement, nous devons faire de notre mieux pour que la situation ne s'aggrave pas ! Pour éviter que le phénomène se produise encore.* »

V₄ a aussi précisé que si nous continuons d'acheter ces produits néfastes, qui peuvent encore être présent, la Chine qui est le pays producteur continue d'exporter ces produits chez nous puisqu'ils pensent que nous ne connaissant rien. Alors, la production de CFC ou autres produits néfaste continue encore.

V₅ a encore dit : « *Raha misy firenena tena mpanafatra entana avy any Chine, dia isika angamba ! Noho izany, isika no tokony hitandrana indrindra mba mijery an'ity sarisary kely itony aloha vao mividy zavatra fa tsy hoe manitra be na mora be dia tonga dia mividy fotsiny !* » qui veut dire que Madagascar est parmi les pays les plus importateurs des produits venant de la Chine, nous devons faire attention en regardant tout simplement ces pictogrammes.

... Une autre idée inattendue provient de V₆ « *Cela ne concerne non seulement les citoyens mais aussi ceux qui sont déjà dans l'industrie de fabrication. Par exemple, moi j'envisage de créer ma propre entreprise. Et lorsque j'aurais ma propre usine, je dois aussi tenir compte des impacts sur l'environnement !* »

De nombreuses idées sont encore apparues durant cette séance, il y a des élèves du groupe 3 et 4 qui ont discuté sur le fait qu'une industrie est équivalent à tel ou tel personnes, alors chaque individu prend part à la dégradation de l'environnement mais pas uniquement les industries et les voitures.

V₇ a proposé comme solution le reboisement : « *J'ai fait une recherche sur internet que la production de la pluie artificielle se fait à partir d'un chlore libéré dans l'atmosphère (qui peut avoir une influence sur la Couche d'ozone, qui le sait ? Il faut être prudent!), alors je pense que si on continue à faire le*

reboisement, nous n'avons plus recours à faire tomber des pluies artificielles qui peuvent, un jour, causer aussi des dommages à la couche d'ozone. »

Pour le groupe 1 et 3, il y a seulement 6 élèves parmi les 10 élèves constituant ce groupe ont pris défendu leurs idées, proposés des exemples relatifs au sujet durant la discussion toute entière. Les autres, même s'ils veulent affirmer n'osent pas prendre la parole. Les élèves des autres groupes ont participé de manière plus active que ces deux groupes.

Durant la phase de synthèse, les principales idées pour éviter la dégradation de la couche d'ozone à nouveau ou favoriser sa reconstitution sont:

- Le reboisement
- Chercher des gaz moins néfastes que les CFC, HCFC et HFC
- Sensibiliser
- Privilégier les produits tels que les « *alamo* », les déodorants « *homéopharma* » ou d'autres produits fabriqués à Madagascar
- Il faut toujours être vigilant à tous ce que nous achetons, même à tous ce que nous faisons pour la protection de l'environnement
- S'informer et être toujours concerné(e) aux problèmes environnementaux aussi bien à l'échelle nationale que mondiale

2.3. Interprétations des résultats

Les grilles d'observation nous ont permis de collecter des données sur les comportements des élèves durant cette dernière séance. Le taux de participation du LJJR atteint **88,3%** parce qu'il y a seulement 5 élèves qui préfèrent ne pas prendre la parole durant la séance. Du côté de LA, le taux de participation des élèves est de **74,42%** c'est-à-dire qu'il y a 14 élèves qui n'ont pas pris la parole ni durant la discussion en groupe ni pendant le débat dans la classe entière.

Malgré les certaines interventions que nous avons qualifiées de négatives (hors sujet, participe pour se faire remarquer, monopolise la parole) concernant l'engagement des élèves durant la tâche, nous avons pu remarquer dans le tableau 5 que la majorité des élèves reste dans la tâche jusqu'au terme. Ces critères négatifs sont en faible pourcentage sauf celui : « discuter dans son coin » qui se réfère à la discussion avec ses camarades de classe sur d'autre sujet. Ce cas est fréquent pendant les travaux de groupes puisque c'est une occasion pour eux de se parler. Cependant, cela reflète un manque de concentration dans la tâche. Pour ce qui est du déroulement argumentaire, nous allons réserver les deux critères relatifs à l'utilisation des phrases pour l'expression orale dans la partie discussion.

Cette troisième séance nous permet d'analyser les points de vue des apprenants face à la problématique. Parallèlement, cette séance laisse aux élèves la liberté de développer leur faculté argumentative et d'échanger leurs idées. Avec de tels taux de participation, nous pouvons dire que ces jeunes lycéens se

sont engagés à la tâche. Leurs conversations prouvent que certains d'entre eux ont fait de recherches supplémentaires à propos du thème avant la séance de débat (en introduisant de nouvelles idées). De plus, il y a d'élèves qui discutent sur leurs comportements envers l'environnement auparavant, et d'autres évoquent les difficultés pour la mise en place des solutions proposées. Il y a ceux qui envisagent déjà leurs métiers d'avenir et leurs responsabilités vis-à-vis de la protection de cette couche d'ozone. Les sujets de conversation durant les activités sont si larges qu'il est nécessaire de mettre en place la phase de structuration. Les principales idées apparues lors de cette dernière phase se rejoignent aux quatre points suivants pour les deux établissements choisis : la nécessité de s'informer sur les produits à acheter et de privilégier les produits locaux, l'indispensabilité d'innover et d'améliorer, la sensibilisation envers d'autres citoyens et de devenir un citoyen engagé à l'égard de l'environnement. De plus, certains élèves ont même parlé de devoir à faire durant les vacances qui allaient venir. Durant la dernière phase, ils se sont promis d'être vigilants avant d'acheter un produit, de ne plus faire « *n'importe quoi* » comme ils se disaient durant la discussion, de devenir plus responsable. Grâce à cette séance, les élèves ont développé leurs capacités de juger. Ils ont aussi démontré leurs assentiments vis-à-vis du sujet. En s'échangeant d'idées entre eux, ils ont atteint le niveau, selon la taxonomie socio-affectif, de la **réception** et de la **réponse**. Le fait de débattre avec d'autres en défendant son point de vue est classifié comme une **valorisation**. Le niveau d'**organisation** peut se manifester par la reformulation d'idée, comparaison avec d'autres systèmes, nous avons pu constater ces signes dans les propos de certains élèves. A la fin du débat, des élèves ont suggéré quelques mises en pratique de ce qu'ils ont acquis, ce qui prouve une **caractérisation par un système de valeur**. En bref, l'analyse des interventions durant la discussion de groupe et le débat nous permet de dire que grâce à cette séance, la volonté d'adaptation progresse auprès des élèves.

3. L'évaluation écrite

Quant à l'évaluation, elle nous a permis d'apprécier le niveau de connaissances des élèves sur le sujet, leurs points de vue et comportements qu'ils envisagent d'adopter à l'issue de toutes les activités.

3.1. Notes obtenues dans la partie A du sujet d'évaluation

Avant d'agir, un citoyen responsable a droit à des connaissances pour mieux comprendre ce qui lui est demandé. Ces connaissances sont primordiales pour contribuer au développement durable. C'est la raison pour laquelle une partie dans le sujet d'évaluation est dédiée aux acquis des élèves à partir des activités. A noter que le sujet d'évaluation pour les deux établissements est le même ainsi que la durée de l'évaluation, et que la note maximale attribuée est 20 points. La distribution des notes pour chaque établissement est présentée ci-dessous :

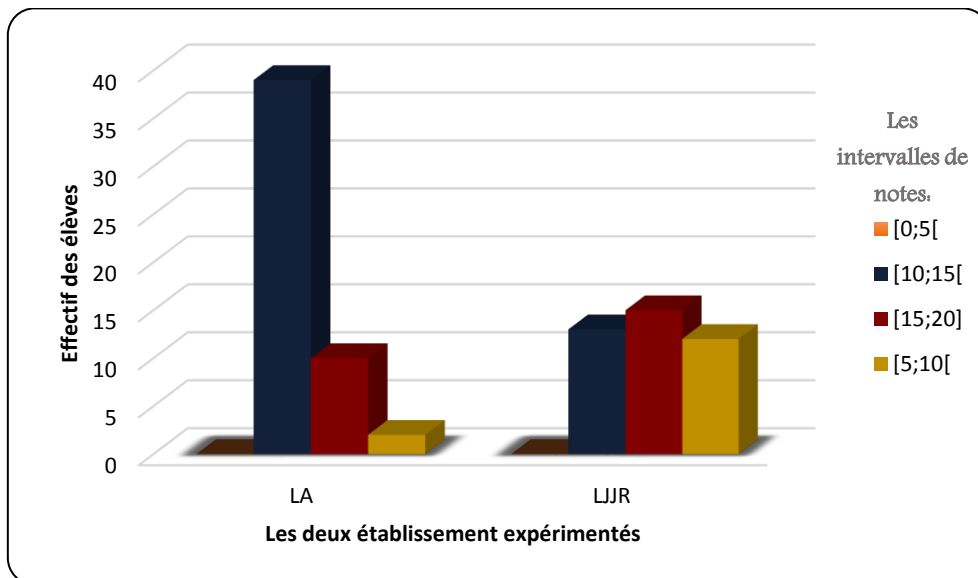


Figure 11: Distribution des notes des élèves sur la partie A de l'évaluation écrite pour les deux établissements

👉 Interprétations

Nous constatons que l'intervalle de note prépondérant pour le premier échantillon est [10 ;15[tandis que celui de l'échantillon 2 est [15 ; 20[. La moyenne des notes obtenue dans cette partie A vaut 12,78 pour l'échantillon du LJJR et 12,50 pour celle des élèves du LA. Du point de vue général, les valeurs de ces deux moyennes de classe ne se différencient pas nettement. Cependant, nous ne pouvons pas directement affirmer que ces moyennes sont égales sans avoir utilisé un test statistique. Etant donné que les effectifs des deux échantillons sont tous supérieures à 30, le test statistique qui nous convient est le Z-test. Pour cela, nous avons utilisé le logiciel XLSTAT version 2014.5.03 et les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Valeurs des paramètres affichés en comparant les moyennes avec le logiciel XLSTAT (les significations des paramètres sont expliquées en annexe 6)

Test z pour deux échantillons indépendants/test bilatéral	
H_0 : la différence entre les moyennes est égale à 0.	
H_a : la différence entre les moyennes est différente de 0	
Intervalle de confiance à 95% autour de la différence des moyennes] -1,533 ; 0,964 [
Différence	-0,284
z (valeur observée)	-0,447
z (valeur critique)	1,960
p-value (bilatérale)	0,655
Alpha	0,05

Vu que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$; nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 . Nous pouvons affirmer qu'il n'y a pas de différence significative entre ces deux moyennes. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H_0 alors qu'elle est vraie est de 65,51%. Les significations de ces différents paramètres sont expliquées à l'Annexe 6.

3.2. Pourcentage des élèves choisissant un critère prioritaire d'achat

La partie B de l'évaluation écrite comporte deux questions dont la question Q7. C'est un exercice qui permet aux élèves d'arranger les critères d'achat le plus important vers le moins important, selon leur conviction. Les critères d'achat sont ici définis comme les raisons qui poussent un consommateur à acheter un produit ou matériel. Les résultats obtenus sont résumés dans ce graphique:

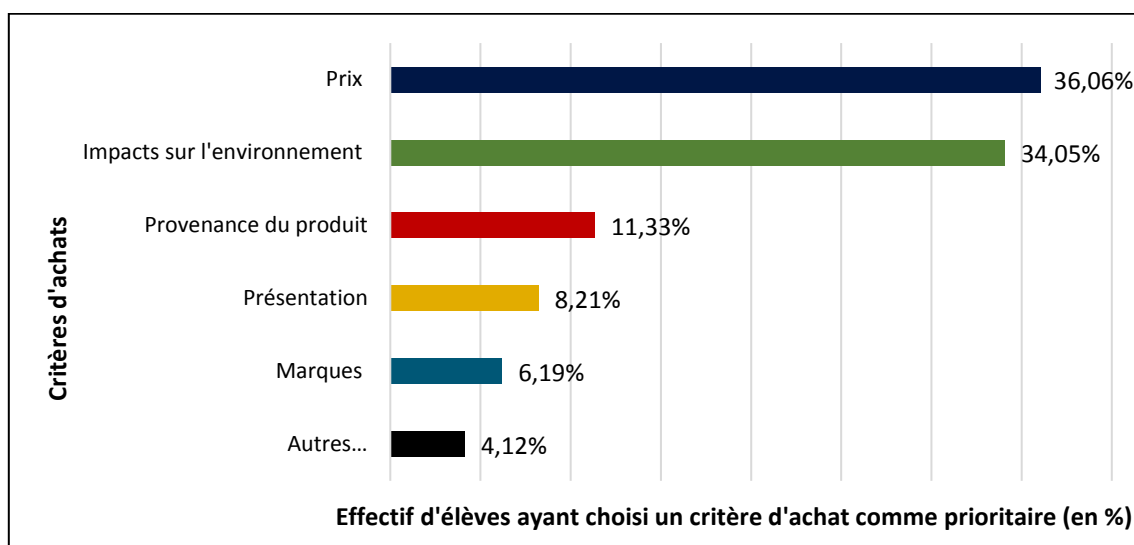


Figure 12: Pourcentage de priorité associé à un critère d'achat

Il est à noter que la plupart (91,43%) des élèves, qui ont opté le prix comme prioritaire, a mis le critère « impacts sur l'environnement » à la deuxième position.

☞ Interprétations

Les résultats indiqués dans la figure 12 ci-dessus confirment que les choix des élèves sont très réalistes. Pour autant, plus de la moitié de l'effectif des élèves a choisi la réponse « impacts environnementaux » comme critère d'achat important, **72,82%** (soit 67 sur 92) des élèves l'ont mis soit au premier ordre de priorité soit au deuxième ordre de priorité. Nous pouvons affirmer que la majorité des apprenants est convaincue que la prise en compte des effets des produits sur l'environnement est essentielle. Cette question est utile puisque le plus souvent, ce critère d'achat est omis. Nous pouvons dire aussi que les séances ont permis aux élèves de se rendre compte que leurs actions peuvent avoir une influence sur la protection de la couche d'ozone voire même à l'environnement.

3.3. Les appréciations qualitatives de la dernière question

Cette dernière question est sous forme de question libre qui permet à l'élève de faire une auto-évaluation sur ses acquis. En se référant à la taxonomie dans le domaine socio-affectif de Krathwohl, nous allons classer les réponses de ces élèves de la manière indiquée dans les paragraphes qui suivent :

▪ Cas du LJR

Trois élèves parmi eux ont prouvé leur **attention préférentielle** concernant le sujet ; ce sont E'7A, E'3E et E'8A qui écrivait : *« Oui, ces séances m'ont été utiles pour moi parce que j'ai obtenu beaucoup de connaissances supplémentaires sur la couche d'ozone »*. Il y a 6 rédactions d'élèves reflétant une **acceptation d'une valeur**, comme celle d'E'1A *« ... je me suis rendu compte que la couche d'ozone est très importante pour les êtres vivants... »*. Les 11 autres élèves ont marqué leur **engagement**, E'3D a mentionné que *« ... les matériels que j'utilise tous les jours peuvent contenir des SAO, alors je dois être vigilant maintenant que je sache ça... »* et aussi E'2C *« ... j'ai appris qu'il ne faut pas utiliser des produits contenant des CFC ou les autres SAO pour ne pas détruire l'environnement ! »* Seulement 5 élèves sont classifiés dans la **conceptualisation d'une valeur** comme E'7D et E'5C. Ce dernier a annoncé : *« Oui, j'ai appris que nous les hommes, nous sommes les facteurs de l'appauvrissement de la couche d'ozone. »* Les 4 élèves suivants ont su **organisé un système de valeur** : E'1C, E'4C, E'6C et E'4B. E'6C a précisé *« Durant ces séances, j'ai appris des tas de choses. C'est à ce moment-là que j'ai compris l'importance de la couche d'ozone sur l'humanité. Je sais maintenant que certains appareils que j'utilise dans la vie quotidienne ont d'impacts sur cette couche d'ozone parce qu'ils sont à l'origine des SAO. A part cela, toutes les activités que nous avons faites m'ont beaucoup enrichi ma connaissance sur d'autres sujets. »* La manière de rédiger les phrases des 9 élèves ont évoqué qu'à partir de ces séances, ils sont capables de **caractériser**, de façon à **généraliser** vers un plus long terme. Il y a E'2D a souligné les points suivants *« -je sais maintenant que je ne dois pas acheter tous les matériels et produits chimiques (à moins que je sache ses impacts environnementaux), -Je comprends que la vie c'est apprendre, -tous ce que j'ai appris c'est à nous de protéger et maîtriser notre planète »*, E'3A et E'3C a précisé un point de vue différent des autres élèves : *« ...Je sais maintenant comment s'organiser en groupe lors d'un devoir collectif ... »* En dépit de cela, il y a 5 élèves qui n'ont rien écrit sur cette dernière question, et deux élèves absents lors de l'évaluation.

▪ Cas du LA

Si tels sont les résultats obtenus au LJJR, ceux des étudiants du LA sont décrites comme suit. En analysant les rédactions des élèves sur la question, 5 élèves ont rédigé des idées similaires. Entre autres, E_{11E} a écrit : *« j'ai appris beaucoup de choses durant ces séances comme les gaz CFC et HCFC qui détruisent l'ozone, les appareils qui sont origines des HCFC »*. Presque tous ces 5 étudiants ont mentionné que c'est la première fois qu'ils entendent les HCFC, CFC, halons et fréons. E_{9A} ajoute *« J'ai appris qu'il y a des UV dangereux et des UV utiles! »* Parallèlement à cette idée *« grâce à ces séances, j'ai appris la présence de la couche d'ozone qui était déjà longtemps... »* Il s'agit d'une **attention préférentielle**.

Puis, 9 élèves ont attribué une grande importance au sujet, comme E_{4E} : *« Oui, maintenant je sais que s'il n'y a pas de couche d'ozone, il n'y a pas de vie sur terre ! »*, E_{3D} *« ... même si on a remplacé les CFC, les HCFC présentent aussi une menace pour la couche d'ozone qui est très indispensable pour nous. »* Nous pouvons classer ces élèves d'avoir **accepté une valeur**. Mise à part cette valeur attribuée au sujet, E_{7A} et E_{9B} ont inclus le même sens que cette idée de E_{6A} dans leur rédaction : *« Nous savons tous que l'ozone est vital mais sa reconstitution requière de mesures à prendre ! »* Dans ce cas ils ont atteint un niveau taxonomique : **préférence pour une valeur**.

D'autre part, 17 élèves ont rédigé dans la feuille d'évaluation une appréciation se rapportant à un **engagement**. Leurs rédactions ont reflété qu'ils sont convaincus de l'importance du sujet et aussi se rendre compte qu'ils ont une responsabilité concernant le problème. L'un des exemples les plus impressionnants est celui de E_{3C} : *« Les séances m'ont permises d'avoir des explications très claire à propos de la couche d'ozone (un sujet qui m'intéressait depuis que je suis conscient). Elles m'ont aussi permises de me guider sur ce que je dois faire c'est-à-dire ma grande responsabilité envers la préservation de l'environnement »* et d'après E_{5E} *« J'ai déjà entendu qu'il y a un trou dans l'ozone, mais j'ignorais la cause. Maintenant je sais !! Ces séances m'ont aidé à être un citoyen responsable face à la destruction de la couche d'ozone même l'environnement. »*

Les 10 élèves ont intégré leur propre point de vue dans leur rédaction qui renvoie à une **conceptualisation de valeur**. E_{4D} a noté que *« Ces séances m'ont été utiles car j'ai appris que les produits que j'utilise tous les jours peuvent parfois créer du trou dans la couche d'ozone si je ne fais pas attention. »* et E_{6B} a mentionné *« ...il n'est pas encore tard pour sa reconstitution. »*

Les phrases utilisées par les deux étudiants : E_{2A} et E_{3A} reflètent qu'ils sont prêts en ayant établi une règle envers eux-mêmes. E_{2A} *« ... j'ai appris aussi qu'il faut regarder les ingrédients d'une chose avant de l'acheter même un déodorant... »*. E_{3A} évoqué *« ... j'ai appris qu'il faut bien choisir les choses qu'on achète s'ils présentent une menace sur l'environnement ou non ! »* Ils ont reconnu les valeurs primordiales et ont **organisé**. Les quatre élèves restants ont fait preuve de leur capacité à **généraliser** comme celui de E_{2D} *« ... c'était non seulement sur la couche d'ozone mais aussi sur l'environnement... ces séances nous ont conduit d'être responsables sur tout ce qui se passe dans le monde »*. Il y a eu 2 élèves qui n'ont rien écrit sur cette dernière question et 3 étudiants absents lors de cette dernière séance.

▪ Interprétations de ces résultats

Pour la classification des rédactions faites par les élèves, nous avons utilisé la taxonomie dans le domaine socio-affectif de Krathwohl et ses collaborateurs (cf. Tableau 3). Dans l'ensemble, nous avons récapitulé les catégories des rédactions des élèves dans le tableau suivant :

Tableau 7: Résumé des résultats lors de l'analyse des rédactions des élèves

NIVEAU TAXONOMIQUE	Niveau 1 : Réception	Niveau 3 : Valorisation	Niveau 4 : Organisation	Niveau 5 : Caractérisation par un système de valeur
LJJR	7,31%	43,9%	21,95%	14,63%
LA	9,8%	54,9%	23,52%	7,84%

Ces résultats indiquent que le niveau prépondérant dans les rédactions est le niveau « valorisation » constitué d'environ quarante pour cent des résultats. Mise à part ceux qui sont sur le niveau réception, le reste se situe tous à des niveaux supérieurs à celui de la valorisation. Ces effectifs minoritaires ayant montré la volonté de recevoir dans leurs rédactions ont tous atteint le niveau de l'attention préférentielle. D'autres même sont parvenus à la classification supérieure dans la taxonomie socio-affective de Krathwohl qui est la caractérisation. La concrétisation des niveaux taxonomiques affectifs à partir des termes plus courants (cf. figure 9) nous permettent d'affirmer que **13,52%** de l'ensemble des élèves indiquent leurs *intérêts personnels* envers la couche d'ozone. Sans ces intérêts nul ne peut se lancer dans une activité ou une action, l'attirance envers le sujet concerné est dans ce cas-là indispensable. Mis à part leur intérêt sur le sujet, ces élèves estiment le prix de la préservation de la couche d'ozone, c'est-à-dire une appréciation envers le thématique en question. La *valeur* intrinsèque et l'*attitude* opté se réfèrent tous les deux au même niveau taxonomique dans la figure 9, il y a eu au total 46 étudiants reflétant ces aspects affectifs. L'*adaptation* joint les deux niveaux supérieurs restants, et aussi les autres qualités correspondantes aux attitudes et aux valeurs. En fait, l'acquisition de valeurs ou d'attitudes est aussi inclut dans la particularité de l'adaptation. Dès lors, **81,1%** de la totalité des élèves sont en mesure de modifier leurs comportements établis dans les circonstances appropriées. En considérant ces statistiques, nous déduisons que les séances faites avec les élèves ont eu d'impacts positifs sur les conduites des élèves envers la couche d'ozone. Ce qui se manifeste par leur engagement personnel, une considération de l'importance de cette couche d'ozone ainsi que la curiosité pour son mécanisme d'action en général et les autres phénomènes y afférents.

En dépit de cela, nombreuses sont les raisons qui poussent les élèves à ne rien écrire pour cette dernière réponse. L'effectif de ces élèves ne sont pas à négliger, il y a environ **7,6%** d'élèves évalués qui n'ont pas répondu à cette dernière question.

III. DISCUSSIONS SUR LES RESULTATS OBTENUS

Les résultats s'avèrent intéressants, mais que pouvons-nous en dire ? Nous allons voir dans cette section si la méthodologie adoptée établit un lien entre les résultats obtenus et les objectifs de la recherche annoncés au début. Ces analyses vont nous mener à une discussion. Les avantages de la recherche y est mise en valeur. Dans cette section sera précisée également les limites et perspectives, qui peuvent également accéder à des innovations dans des domaines connexes.

1. DISCUSSION

La méthode d'analyse des résultats considère à la fois les aspects quantitatifs et qualitatifs. Pour les notes obtenues lors de l'évaluation écrite, la différence des moyennes entre les élèves issus des deux établissements n'est pas significative. Alors que la note reflète l'acquisition et la compréhension des notions concernant la couche d'ozone, nous pouvons dire que les apprenants ont à peu près les mêmes niveaux d'acquisition des informations.

Ce qui les différencie c'est leur participation durant les activités orales de la dernière séance. Même si les taux de participation des élèves issus des deux établissements ont à peu près les mêmes valeurs, une nette différence est remarquée pour l'indicateur « déroulement argumentaire ». Comparés à l'effectif des élèves du *LJJR*, le nombre d'élèves du *LA* qui n'ont pas eu l'audace de prendre parole est plus élevé. La crainte de commettre une ou des fautes de français est la principale raison. Même si nous les avons accordés une chance de s'exprimer en Malagasy, ils ont eu honte devant leurs collègues, qui font de leur mieux pour parler en français. Il en est de même sur la capacité de reformuler leurs phrases si leurs interlocuteurs ne comprennent pas. En se focalisant sur cet indicateur, nous avons constaté aussi que le pourcentage relatif pour les élèves issues du *LA* est environ le tiers de celui de l'autre établissement (cf. Tableau 5). Les autres indicateurs composant le déroulement argumentaire des étudiants prouvent ce constat. Cette remarque ne doit pas être considérée comme obstacle pour la mise en place des outils d'E/A. D'ailleurs, ce sont des opportunités pour eux de s'exercer à utiliser la langue française et d'exprimer leurs avis.

Durant l'analyse des résultats, nous avons constaté que des données ne présentent pas de différence explicite. C'est la raison pour laquelle nous les combinons dans un même graphe lors de la présentation des résultats.

Les difficultés rencontrées lors de l'expérimentation sur terrain se rapportent aux manques des matériels et d'équipements, par exemple une salle adaptée pour faire la projection. Cette remarque est particulièrement dédiée au *LA*. A part cela, les outils d'E/A proposés ne sont pas difficiles à mettre en place même si l'effectif des apprenants est élevé. En revanche, une collaboration entre les enseignants est requise notamment pour les observations. Mais le plus important est l'engagement de l'enseignant dans l'intégralité des tâches à accomplir.

2. APPORTS ET LIMITES DE LA RECHERCHE

2.1. Avantages de la recherche

Les outils proposés pour contribuer à l'EDD peuvent s'appliquer à d'autres thématiques. En effet, de nombreux sujets portant sur l'environnement sont envisageables en s'inspirant ou même en adoptant les démarches décrites dans la partie antérieure : comme les problématiques liées aux matières plastiques, ou aux réchauffements climatiques. L'exposé assure la capacité des élèves à synthétiser puis à transmettre leurs acquis à l'aide de la communication. Mise à part son caractère qui contribue à rendre les élèves actifs durant les séances, cet outil est aussi bénéfique pour qu'un élève ait confiance en lui tout en s'efforçant d'améliorer sa méthode de travailler en groupe. Le débat et la discussion ne sont pas tout simplement des activités pour favoriser le changement de comportement et de défendre des idées. Il est important de noter que ces activités orales préparent aussi l'apprenant à être un citoyen actif en faveur du DD. Devenir un citoyen actif se réfère d'une part à être responsable face au dysfonctionnement de l'écosystème, des problèmes économiques locaux ou mondiaux et même à la politique. D'autre part, un citoyen actif n'a pas peur d'échanger son idée ou point de vue, de critiquer et peut proposer une ou des solutions pour rendre le monde plus durable.

Le choix de la thématique peut être indécis au début, étant donné qu'un défi plus récent se présente face à nous actuellement, et malgré les nouvelles menaces contre la reconstitution de la couche d'ozone, le monde entier se concentre vers le réchauffement climatique. Or, l'apparition des signes menaçant cette couche d'ozone nécessite d'être considéré, puisque nul ne souhaite que ce défi se produise à nouveau. Notre devoir est d'assurer vraiment que notre activité ne perturbe pas de nouveau ce qui est estimé réglé. En outre, l'avancé des recherches n'empêche pas aux chercheurs de découvrir de nouveaux composés qui peuvent être susceptibles de dégrader la couche d'ozone. Sans avoir connu ce problème, nos élèves –qui seront des futurs ingénieurs, chimistes, chercheurs, décideurs politiques, etc. – risquent de ne pas avoir le comportement adéquat. L'absence des certitudes scientifiques ne doit pas être prise comme excuse pour une procrastination d'opter des mesures pour protéger l'environnement, avant qu'il ne soit trop tard.

Ce n'est pas la seule raison, parce que tout le temps nous entendons parler des problèmes environnementaux : disparition/atteinte des espèces endémiques, les pollutions de l'air, de l'eau, ... Ces cas peuvent amener les gens à penser que nous (les humains) ne pouvons plus agir une fois qu'un problème environnemental survient. La problématique liée à la destruction de la couche d'ozone est un exemple concret qu'en agissant, la reconstitution est possible. Nous pouvons alors nous servir des enseignements tirés du passé pour nous encourager à prendre part aux défis actuels. De plus, les démarches réalisées avec les élèves durant les séances peuvent les mettre sur la voie à faire face aux contraintes environnementales : tout d'abord s'informer au problème, ensuite aviser les autres et enfin chercher des solutions possibles ensemble. En d'autres termes, ces séances ont permis aux élèves de

prendre conscience de leur place en tant que scientifique au sein de la société où ils évoluent face aux problèmes écologiques.

2.2. Limites et perspectives

Même si le LA est situé à quelques kilomètres du centre-ville d'Antananarivo, la communication et le transport font que certains habitants de cette région ont le même mode de vie urbaine qu'au centre-ville. Par exemple, les habitants de cette ville peuvent posséder des réfrigérateurs, préfèrent les produits importés, peuvent accéder à une connexion internet, etc. Mais si nous changeons de public cible, en choisissant des étudiants dans des contextes différents, par exemple là où même l'électricité est un grand défi pour pouvoir étudier, qu'en serait-il des démarches à adopter ?

Cette condition reste à étudier, pour ne pas créer un grand décalage entre les élèves en zone urbaine ou péri-urbaines et celles qui sont en zone rurale. Etant donné que nous n'avons pas fait d'étude particulière concernant ce cas, nous ne pouvons pas donner de détails. Cependant, nous proposons aux enseignants dans ce contexte d'utiliser les matériels didactiques qui y sont accessibles. Prenons par exemple, lors de l'explication du processus de destruction des molécules d'ozones par les SAO. Même s'il n'y a pas d'électricité pour pouvoir lancer les supports multimédia (vidéo et images), l'enseignant peut fabriquer des modèles moléculaires à partir des bois. Malgré l'absence d'internet, l'enseignant peut donner des ressources différentes pour la préparation des exposés. Il peut donner des documents, des images et quelques supports audio si possible.

Il est vrai que la mise en pratique des outils d'enseignements adapté cadre de l'EDD a suscité la perception des élèves envers la couche d'ozone, qui peut se généraliser à l'environnement. Par ailleurs, Bloom (cité dans De Landsheere, 1978) argumentait : « Il semble bien que, tout comme pour les comportements cognitifs, les comportements affectifs se développent quand des apprentissages appropriés sont proposés aux élèves ». Cependant, limitons-nous sur le fait que les élèves vont appliquer ce qu'ils ont écrit ou se sont promis puisque comme De Landsheere l'a annoncé dans son ouvrage : « *on ne sait pas comment savoir si leurs expressions verbales correspondent à de réelles manière de vivre* ». Nous ne pouvons pas observer ces élèves lorsqu'ils vont acheter un congélateur par exemple. Ce n'est même pas prévisible car nous ne savons même pas quand ces élèves vont l'effectuer. Mais, comme l'EDD consiste à favoriser un apprentissage tout au long de la vie, une autre méthode éventuelle consiste à donner aux élèves l'opportunité de faire des activités de sensibilisation au public en dehors du contexte scolaire. Cela dit, il est inéluctable d'abandonner les jargons scientifiques mais en privilégiant plutôt des illustrations et des phrases plus communicatives. En donnant ces activités aux élèves, ils devront élaborer des fiches afin qu'ils fassent encore plus d'engagement concernant ce propos. Dans ce cas, la sensibilisation peut se porter sur le thème de la qualité de l'air repartit aux différents thèmes tels la pollution de l'air en générale, la protection de la couche d'ozone, le changement climatique. En répartissant les élèves en petits groupes et ils peuvent étudier ces thèmes avant de se lancer à la sensibilisation. Les apprenants peuvent chercher des solutions faciles à matérialiser comme la fabrication d'un biogaz avec des matières premières qui sont à leur disposition (par exemple les

épluchures de légumes, fruits, des restes alimentaires ou d'autres déchets organiques ménagères). Il s'agit d'une élaboration de projet à partir de l'encadrement des enseignants. Pour ces tâches, cet encadrement peut se faire de préférence avec des enseignants de différentes disciplines concernées. Une collaboration dans un contexte interdisciplinaire est plus avantageuse qu'avec des enseignants dans une même discipline. C'est une démarche très intéressante.

D'après une célèbre citation anglaise : « *attitudes are caught and not taught* » signifie que les attitudes ne se transmettent ni ne s'acquièrent pas directement et spontanément, mais suite à une lente imprégnation et par accrochages non contrôlés, c'est plus rassurant. (Raven, cité dans De Landsheere, 1978). Les actions éducatives en faveur du DD sont plus efficaces si elles s'effectuent périodiquement. Par exemple envisager à mettre en place des activités, projets ou séances en EDD bimestriels est plus avantageux.

CONCLUSION

L'éducation au développement durable est un moyen qui donne l'opportunité à chaque élève d'améliorer l'avenir de notre planète. Dans ce mémoire, nous avons mis en pratique quelques outils d'enseignement et apprentissage favorisant l'implication personnelle des élèves, puis en étudier leurs effets sur l'engagement des élèves par rapport à la couche d'ozone. La question qui nous incite à nous lancer à cette recherche étant de quelle manière l'éducation peut-elle avoir une influence sur la prise des décisions des élèves en pensant aux impacts environnementaux avant d'effectuer un achat. Nous avons travaillé avec deux classes de niveau première scientifiques (série C), ces deux classes sont issues de deux établissements différents à Antananarivo. Ces établissements se différencient par leur emplacement géographique par rapport à la centre-ville : l'un des deux établissements est sise au centre-ville alors que l'autre se situe dans une zone un peu reculée.

A l'issue des travaux que nous avons réalisés, nous concluons que les élèves participent activement pendant les séances et deviennent de plus en plus curieux sur le sujet abordé, ainsi que d'autres thématiques relatifs. Leurs interventions dans les discours font preuve de conscience par rapport à la problématique de la couche d'ozone. À l'aide d'une question libre posée durant l'évaluation écrite, 13,52% des élèves éprouvent leurs intérêts personnels envers la couche d'ozone et 81,1% des élèves évalués sont en mesure de prendre en considération l'impact des produits qu'ils utilisent avant d'en acheter. Par ailleurs, les élèves ont su tirer des leçons, durant leurs conversations, que chaque initiative pour la protection de l'environnement compte.

Par suite, nous pouvons confirmer que l'utilisation des outils d'enseignement/apprentissage proposés a une influence sur les prises de décision des élèves à penser aux impacts environnementaux avant d'acheter un produit ou un matériel.

Tout en reconnaissant que notre travail n'atteint pas la perfection, il prend part aux questions de pratiques pour l'Education au Développement Durable dans les pays en voie de développement, tel que Madagascar. Bien que l'Education au Développement Durable n'est pas encore mise en œuvre dans les écoles chez nous. Toutefois, notre recherche s'est limitée sur le fait que les élèves restent dans le cadre scolaire. Il serait davantage pertinent de faire des recherches dans le domaine similaire tout en faisant participer les élèves dans des activités de sensibilisation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- Académie Bordeaux (2019). *Comment évaluer dans le cadre de l'EDD ?* [En ligne] Consulté le 31 Mai 2019 à <https://ent2d.ac-bordeaux.fr/disciplines/edd/edd-dans-lacademie-de-bordeaux/boite-a-outils/comment-evaluer-dans-le-cadre-de-ledd/>
- ADEME (2016, 09). *Changer les comportements, faire évoluer les pratiques sociales vers plus de durabilité*. Récupéré le 16 Avril 2019 à ADEME : <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/changer-les-comportements.pdf>
- Arnaud, E., Berger, A. & De Perthuis, C. (2008, 07). *Le développement durable*. France : Nathan.
- Aubertin, C. & Vivien, F-C. *Le développement durable : enjeux politiques, économiques et sociaux*. (2007, 10). France : IRD.
- Baudrit, A. (2005). Apprentissage coopératif et entraide à l'école . *Revue française de pédagogie*, 153. 121-149. Repéré le 26 Août 2019 à Persée : https://www.persee.fr/doc/rfp_0556-7807_2005_num_153_1_3400
- Berrier, A. (2000). La conversation, la discussion, le débat... et les autres. *Québec français*, (118). 39–41. Repéré le 26 Mai 2019 à <https://www.erudit.org/fr/revues/qf/2000-n118-qf1197351/56057ac.pdf>
- Braathen, G. (2015). Is the Ozone Layer on the Mend? *World Meteorological Organization*, 64 (1) – 2015. Repéré le 04 Mai 2019 à <https://public.wmo.int/en/bulletin/ozone-layer-mend-0>
- Branche Action Ozone du Programme des Nations Unies pour l'environnement. (2013) *Mettre un visage sur la protection de la couche d'ozone en Afrique*. France, Paris : Programme des Nations Unies pour l'environnement.
- Chabot, M. (2015, 07) *Notre époque nous enferme dans l'imédiateté*. Consulté en ligne le 29 Mai 2019 à LEDEVOIR : <https://www.ledevoir.com/opinion/idees/446114/des-idees-en-revue-notre-epoque-nous-enferme-dans-l-immediatete>
- Clément, P. (2011) *Didactique des Sciences et Education au Développement Durable : processus et enjeux*. Dans Forêt méditerranéenne, 32 (2), pp.229-240. Récupéré le 05 Août 2019 à <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01024884>
- Huglo, C., de Malafosse, J. Maitre, M.-P. et al. (2004, 01) *Code de l'environnement Deuxième édition* (340413), p. 1178-1210. Paris : Juris-Classseur.
- Cornus, N., Gignon, P., Guarneri, F., Güdel, N. & Winistörfer, B. (2018) *L'éducation en vue d'un développement durable (EDD) à l'école et dans l'enseignement*. Récupéré le 05 Juin 2019 à éducation21 : www.education21.ch

- De Landsheere, V. & De Landsheere, P. (1978) *Définir les objectifs de l'éducation : 3^{ème} édition*. Liège, Belgique : George THONE récupéré le 01 Septembre 2019 à <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/86914/1/DefinirLesObjectifsDeLEducation.pdf>
- Diemer, A. (2014). L'EDD, une initiation à la complexité, la transdisciplinarité et la pédagogie critique, p.119-136 Dans *Education au développement durable*. Bruxelles : De Boeck Supérieur. Récupéré le 16 Juillet 2019 à Cairn.info : <https://www.cairn.info/education-au-developpement-durable--9782804188535-page-99.htm>
- Friedrich, J. (2012) L'idée d'instruments psychologique chez Vygotsky. *RIFL*, 6(2). 189-201. Récupéré le 06 Mai 2019 à https://archive-ouverte.unige.ch/files/downloads/0/0/0/3/7/4/1/7/unige_37417_attachment01.pdf
- Gérard, F.M. (2000) *Savoir, oui ... mais encore !* Dans Forum-pédagogies, mai 2000, 29-35. Récupéré le 11 Août 2019 à http://www.bief.be/docs/publications/savoir_oui_mais_encore_070207.pdf
- Giordan, A. (2018, 02). *Émergence de l'éducation au développement durable*. (2018, 02). [Vidéo en ligne] UVED. Durée : 18'57. Consulté le 06 Mai 2019 à : <https://www.youtube.com/watch?v=4d8ZFVLpxK0>
- Gingins, F. (2007, 09). Apports de l'enseignement des sciences à l'éducation au DD. Dans *L'EDD, pour quoi ? Pour qui ? contribution des disciplines à l'EDD*. Récupéré le 08 Avril 2019 à : https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/developpement_durable/fichiers_pdf/fed_Coll_EDD_2007_Gingins.pdf
- Hegglin, M. I. (2018, 05). Evidence of illegal emission of ozone-depleting chemicals. *In Nature* Récupéré le 17 Mars 2019 à : <https://www.nature.com/articles/d41586-018-05110-3>
- Hegglin, M. I., Fahey, D. W., McFarland, M., Montzka, S. A. & Nash, E. R. (2015, 01) *Twenty Questions and Answers about the Ozone Layer: update 2014*. Genève, Suisse: World Meteorological Organization. Récupéré le 10 Mai 2019 à http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ozone_2014/ozone_asst_report.html
- Hmelo-Silver, C. E., (2004, 09) Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3). 235-266. Consulté en ligne le 29 Août 2019 à <https://link.springer.com/article/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Hossaini, R., Chipperfield, M.P., Montzka, S. A., Leeson, A. A., Dhomse, S. S. & Pyle, J. A. (2017, 06). The increasing threat to stratosphere ozone from dichloromethane. *Nature Communications*, 8(15962). Récupéré le 05 Avril 2019 à : <https://www.nature.com/articles/ncomms15962>

- Lange, J-M. (2014). Des dispositions des personnes aux compétences favorables à un développement durable : place et rôle de l'éducation. In A. Diemer et al. (Eds). *Education au développement durable* (pp.163-182). Bruxelles : De Boeck Supérieur. Consulté en ligne le 23 Juillet 2019 à : <https://www.cairn.info/education-au-developpement-durable---page-163.htm>
- Leburn, M. (1999). Des fondements pour des pédagogies active. Dans *Des technologies pour enseigner et apprendre*. Coll. Perspectives en éducation. Bruxelles : De Boeck Université. Consulté en ligne le 27 Juillet 2019 à Cairn.info : <https://www.cairn.info/theories-et-methodes-pedagogiques-pour-enseigner-e--9782804154110.htm>
- Marchand, A., De Coninck, P. & Walker, S. (2005). La consommation responsable : perspectives nouvelles dans les domaines de la conception de produits. *Nouvelles pratiques sociales*, 18 (1), 39–56. Récupéré le 15 Septembre 2019 à <https://doi.org/10.7202/012195ar>
- Ministère de l'environnement, de l'écologie et des forêts. (2018) *Décret n° 2018-1145 Portant interdiction de l'importation et réglementation de l'exportation des déchets, déchets dangereux, des substances dangereuses et des matériels en contenant à Madagascar*.
- Megie, G. (2001, 04) *L'ozone atmosphérique et son évolution*. Récupéré le 02 Juillet 2019 à <http://www.annales.org/site/re/2001/re04-2001/megie31-42.pdf>
- Montzka, S. A. et al. (2018, 05). An unexpected and persistent increase in global emission of ozone-depleting CFC-11 (trifluoromethane). *Nature*, 557. 413-417. Récupéré le 17 Mars 2019 à Nature International Journal of Science: <https://www.nature.com/articles/s41586-018-0106-2>
- Moustapha Johann, L. (2012) *Le protocole de Montréal en Afrique, enjeux et défis: étude critique des solutions de remplacement alternatives aux hydrochlorofluorocarbures*. CUFÉ –Essais [926] récupéré le 27 Juillet 2019 à <http://hdl.handle.net/11143/7306>
- Noto, R. & Creuse, R. « OXYGÈNE », *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 1 juillet 2019 à <http://www.universalis.fr/encyclopedie/oxygene/>
- OECD : Definition and Selection of Competencies consulté le 23 Août 2019 à <https://www.oecd.org/pisa/35693273.pdf>
- Pellaud, F. (2017) *Les finalités d'une éducation au développement durable*. [Vidéo en ligne sur uved] Durée : 7'39. Récupéré le 23 Avril 2019 à https://www.canal-u.tv/video/canal_uved/les_finalites_d_une_education_au_developpement_durable.39787
- Plante, I. (2012) L'apprentissage coopératif : des effets positifs sur les élèves aux difficultés liées à son implantation en classe. *Revue canadienne de l'éducation* 35, 3 (2012): 252 – 283. Récupéré le 29 Août 2019 à <http://journals.sfu.ca/cje/index.php/cje-rce/article/download/1215/1387/0>

- PNUD. *Protéger la couche d'ozone et réduire le réchauffement climatique*. (2014, 11), récupéré le 12 Mai 2019 à https://www.undp.org/content/dam/undp/library/Environment%20and%20Energy/Ozone%20and%20Climate/ProtectingOzoneLayerAndReducingGlobalWarming_French_Final.pdf
- PNUD : Que sont les objectifs du développement durable ? Consulté le 13 Juillet 2019 à <https://www.undp.org/content/undp/fr/home/sustainable-development-goals.html>
- PNUE (2010). *Here and now! Education for sustainable consumption*. Récupéré le 15 Juillet 2019 à <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DITx1252xPA-Here%20and%20Now%20EN.pdf>
- Présidence de la république. (2015) *Loi n°2015-003 portant Charte de l'environnement Malagasy actualisée*.
- Proulx, J. (2008) *Apprentissage par projet*. Québec : Presse de l'Université du Québec. Aperçu consulté le 29 Août 2019 à https://books.google.mg/books?hl=fr&lr=&id=3gqbs65bZHUC&oi=fnd&pg=PR7&dq=related:KeWtG-QZQRIJ:scholar.google.com/&ots=NIg15RQffg&sig=PB5qMKrfdFPDiyefSDu-xmtAAE8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Rabarivelo, S. E. (2018) *Contribution à la mise en place de la chimie verte dans l'enseignement de la chimie organique en classe de Terminale S*. Mémoire de Master Professionnel. Antananarivo, Madagascar : Université d'Antananarivo, ENS.
- Schneider, A. (2013, 06). *Eléments centraux d'une éducation en vue d'un développement durable*. Récupéré le 10 Août 2019 à Consortium EDD de la COHEP https://www.education21.ch/sites/default/files/uploads/pdf_fr/campus/cohep/2.1.2_f_Kernelemente.pdf
- Schneuwly, B. (2018, 05) *Les outils de l'enseignant - Un essai didactique*. Dans : Repères, recherches en didactique du français langue maternelle, (22) 2000. Les outils d'enseignement du français. pp. 19-38. Récupéré le 06 Mai 2019 à Persée : https://www.persee.fr/doc/reper_1157-1330_2000_num_22_1_2341
- Steiner, S. & Schertenleib, J. (2016, 03). *L'EDD à l'école* dans Les bases de l'EDD. Récupéré le 10 Mai 2019 à https://www.education21.ch/sites/default/files/uploads/ventuno_f/3-2016/ventuno_3_2016_FR.pdf
- UNESCO. (2014). *Éducation en vue du développement durable*. Repéré le 26 Mars 2019 à <https://fr.unesco.org/content/%C3%A9ducation-vue-du-d%C3%A9veloppement-durable>

ANNEXE 1 : Questionnaire pour les enseignants

Ny mpanontany: RAKOTOARISOA Ny Anja Nomenjanahary

Etudiante en Master2 Physique Chimie à l'Ecole Normale Supérieure Ampefiloha

Tél: 034 4317987

E-mail: anjatiana.2310@gmail.com

Fanamarihana: Afaka valiana amin'ny teny malagasy ny fanontaniana. Tsy misy hifandraisany amin'ny asa fampianarana izay ataonao ity fa fanampiana ny tahirin-kevitra fototra hanatontosana ny asa fikarohana izay ataoko.

MISAOTRA SAHADY AMIN'NY FIARAHA-MIASA FA TENA MANAMPY AHY TOKOA NY VALIN-TENINAO REHETRA!

Partie 1 : RENSEIGNEMENT CONCERNANT L'ENSEIGNANT

Prénom :

Genre : F ☐ M ☐ Mr/Mme/Melle

Age : [25-30[☐ [30-35[☐ [35-40[☐ [40-45[☐

[45-50[☐ Plus de 50 ☐

Expériences professionnelles : ancienneté

Diplômes			
Intitulé	Filière	Etablissement/Centre de formation	Année d'obtention
Licence			
Master/Maitrise			
CAPEN			
Autres			

Partie 2 : QUESTIONS

Q₁ : Quels supports avez-vous l'habitude d'utiliser lors d'un cours de Physique-Chimie ?

☐ Documents

☐ Supports multimédia (vidéo, animations, etc.)

☐ Autres

Q₂ : Si vous n'êtes pas habitué à utiliser des supports/outils lors d'une séance d'Enseignement/Apprentissage, quelle(s) est (sont) la(les) raison(s)?

R₂ :

Q₃ : Est-ce que vous avez l'habitude de donner un travail de groupe aux étudiants ?

☐ Oui

☐ Non

☞ Si oui, de quoi s'agit-il ?

☐ Exposé

☐ Devoir collectif pour la résolution d'exercices

☐ Autres :

☞ Sinon, pourquoi vous ne faites pas travailler les élèves en groupe ?

☐ Perte de temps

☐ Les élèves bavardent

☐ Problèmes liés à l'incompréhension des consignes par les élèves

☐ Autres :

Q₄ : Avez-vous déjà entendu la notion « Education en vue du Développement Durable » ?

R₄ :

Q₅ : Pour l'Education en vue du Développement Durable, la discipline Physique-Chimie est concernée au thème l'appauvrissement de la couche d'ozone. Avez-vous des suggestions pour enseigner ce sujet ?

R₅ :
.....
.....
.....
.....

ANNEXE 2 : Questionnaire pour les élèves en classe Première C

Ny mpanontany: RAKOTOARISOA Ny Anja Nomenjanahary

Étudiante en Master 2 Physique-Chimie à l'École Normale Supérieure Ampefiloha Antananarivo

e-mail: anjatiana.2310@gmail.com

Fanamarihana :

* Afaka valiana amin'ny teny malagasy ny fanontaniana.

* Tsy misy fiatraikany amin'ny naoty ity fanadihadiana ity fa fanampiana ny tahirin-kevitra fototra hanatontosana ny asa fikarohana izay ataoko.

* Noho izany dia iangaviana ianao mba tsy hanontany hevitra avy amin'ny olon-kafa eo am-pamaliana ity fanontaniaina ity.

MARIHINA FA IZAO FANADIHADIANA IZAO DIA MIJANONA HO TSIAMBARATELO TANTERAKA EO AMITSIKA!

MISAOTRA MIALOHA

Section I : Caractéristiques de l'élève

Etablissement :

Nom et Prénoms:

.....

Classe :

Age :

Genre :

M ☐ F ☐

Section II : Information concernant votre connaissance sur la couche d'ozone

Veillez cocher votre choix dans les cases correspondantes puis compléter les pointillés si vous avez des réponses à la question

1. Est-ce que vous avez déjà entendu la couche d'ozone ?

☐ Oui

☐ Non

2. Où avez-vous entendu la notion de la couche d'ozone ?

☐ A l'école (Dans quelles disciplines et quel niveau) :

☐ Dans les médias (journal, documentaire ...)

- ☐ Internet
- ☐ Autres (à préciser) :

3. Est-ce que vous savez la présence d'un trou dans la couche d'ozone ?

- ☐ Oui ☐ Non

Quelles informations supplémentaires connaissez-vous sur la notion la couche d'ozone ?

4. Le rôle de la couche d'ozone :

.....

5. Les causes de l'appauvrissement de la couche d'ozone:

.....

6. Les conséquences de la présence du trou dans l'ozone:

.....

7. Les mesures prises (ou à prendre) pour éviter le trou dans l'ozone :

.....

ANNEXE 3 : Fiche de préparation sur la discussion /débat concernant la reconstitution de la couche d’ozone

Classe : 1^{ère} C et D

Durée : 2heures

Objectifs de la séance : A l’issue de la séance, l’élève doit être capable de (d’) :

- Élaborer des idées innovantes en matière environnemental, en suscitant sa *créativité*, qui peut se manifester par la suggestion de nouvelles solutions applicables
- S’ouvrir aux autres par le biais de la *coopération*, l’*entraide* et la *communication* pendant les activités en groupe
- Développer la *pensée critique* et l’autocritique par une analyse des attitudes envers l’environnement dans la vie quotidienne
- *Argumenter* et discuter tout en raisonnant logiquement, en utilisant leurs connaissances de la séance précédente à propos du thème

Matériels :

- Kraft contenant les plans et contenus essentiels d’exposés de chaque groupe
- Les règles d’échanges pendant les activités orales
- Tableau, Marker
- Quelques flacons d’aérosols et images

Références bibliographiques :

- Agenda21 des coopératives OCCE. (2014) *Formes de prise de parole et formes de débat en classe pour une éco-citoyenneté*. Récupéré le 21 Mai 2019 à http://www2.occe.coop/sites/default/files/fichiers-joints/dossier_pedagogique_ecocoop_prise_de_parole_et_debat_-_2018-2019-bdef_0.pdf
- Beaufort, S., Caussidier, C., Hagège, H., Hausberger, B., Hausberger, T., et al. (2016) *Organiser un débat en classe sur une question scientifique socialement vive : pourquoi et comment ?* Bulletin de l’APBG, 2015, pp.85-104. Hal-01322991f.

- Berrier, A. (2000). La conversation, la discussion, le débat... et les autres. Québec français, (118). 39–41. Récupéré le 26 Mai 2019 à <https://www.erudit.org/fr/revues/qf/2000-n118-qf1197351/56057ac.pdf>
- Giordan, A. & Girault, Y. (1994) *Les aspects qualitatifs de l'enseignement des sciences dans les pays francophones*. Récupéré le 12 Mars 2019 à Institut Internationale de planification de l'éducation : http://www.unesco.org/education/pdf/325_95.pdf
- Hermour, S., Demichel, O., Pasquier, J., Harthong, B., Clément, T., Mithalal, J. & Cornut, R. (2009). La pratique du débat scientifique. *Annales des ateliers du CIES de l'Académie de Grenoble, 1 (1)*.
- Nass, C. (2019) *Le débat organisé et son évaluation*. Récupéré le 25 Mars 2019 à Expérithèque, Bibliothèque des expérimentations pédagogiques : <http://www4.ac-nancy-metz.fr/pasi/spip.php?article309>

STRATEGIES	TRACES ECRITES/ACTIVITES	REMARQUES/ OBSERVATIONS
<p>Ouverture de la séance : Annonce de l'activité et répartition des membres de groupes</p> <p>Durée : 12 minutes</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Accrocher les emballages (Kraft) de chaque groupe concernant les différents sujets sur la couche d'ozone durant la séance d'exposés précédente sur les murs de la salle de classe, quelques flacons d'aérosols sont à la disposition des élèves ▪ Mentionner les points et notions essentiels développés précédemment 	<p>✓ Règles d'échanges écrits sur des emballages:</p> <ul style="list-style-type: none"> - On lève la main pour pouvoir prendre la parole - On ne prend la parole que lorsqu'elle nous est donnée - On écoute sans couper la parole - On prend en compte la parole de l'autre - On ne se moque pas de l'idée des autres 	

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demander aux élèves de rejoindre leurs groupes ▪ Enumérer des différentes règles d'échanges à respecter pour les activités orales 	✓ Contenus d'exposés de chaque groupe	
<p style="text-align: center;">Phase de lancement : Présentation du sujet par l'animateur</p> <p>Organisation : Par groupe</p> <p>Disposition de la salle de classe : en U</p> <p>Support : document intitulé</p> <p>« La couche d'ozone peut-elle vraiment se reconstituer ? »</p> <p>Durée : 10 minutes</p>	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Partage du document ☞ Questions d'exploitation et de lancement de la discussion: <p><i>Face à la problématique rencontrée par rapport à la couche d'ozone, pensez-vous que la couche d'ozone peut encore se reconstituer ?</i></p> <p><i>Pensez-vous qu'un « simple » citoyen a une part à la reconstitution de la couche d'ozone ?</i></p> <p>Si vous pensez que oui,</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Qu'est-ce qui a déjà été fait (y a-t-il des produits de substitution des CFCs, HCFC moins nocifs, sensibilisation de la population de la planète entière...) ? ▪ Quelles solutions proposiez-vous à apporter ? ▪ Quels comportements responsables doit-on exercer par rapport à la couche d'ozone en tant que citoyen ? <p>Sinon, argumenter vos idées en vous appuyant sur des exemples clairs.</p>	<p>Les élèves sont moins aisés au début de l'activité.</p> <p>Le document partagé n'introduit pas de nouveaux concepts, mais rappelle les problématiques du débat.</p>

<p style="text-align: center;">Phase de recherche :</p> <p>Utiliser une grille d'observation pour suivre le comportement de chaque élève durant les tâches.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Discussion <p>Organisation : par groupe</p> <p>Durée : 30 min</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Exposition des points de vue de chaque groupe et débat avec la classe entière ▪ L'enseignant n'intervient pas dans la discussion. Il joue le rôle d'un modérateur, c'est-à-dire assurer le respect des prises de parole, demande éventuelle de reformulations, ... ▪ Les observateurs réutilisent les grilles d'observation en s'assurant que leurs élèves soient suivis <p>Organisation : Classe entière</p> <p>Durée : 1 h (+/- 10 minutes)</p> <p>Déroulement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Chaque groupe doit choisir un rapporteur qui présente leurs avis (5 min par groupe) - Un secrétaire au tableau pour noter les idées données par chaque rapporteur du groupe - Une fois les idées principales notées au tableau : on rassemble les idées analogues 	<p>Points de vue et arguments de chaque groupe :</p> <p>Le tableau est reparti en cinq colonnes</p>	<p>Quelques élèves sollicitent des éclaircissements d'un ou des termes à l'enseignant même durant la discussion en groupe.</p> <p>Les élèves se servent des images et des flacons d'aérosols qu'ils ont apportés pour illustrer leurs idées.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- Tous les élèves de la classe peuvent participer à la discussion pour chaque idée		A partir de 45 min du déclenchement du débat, il y a monopolisation de parole par quelques élèves.
<p>Phase de synthèse et de structuration :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Institutionnalisation : Résumer les idées apparues durant la séance, qui sont écrites au tableau. - Éclaircir quelques conceptions alternatives des élèves qui sont révélées dans leurs expressions. 		<p><u>Exemple de conception d'un élève:</u> Un élève pense que les molécules d'ozone peuvent être rassemblés artificiellement, alors nous devons produire beaucoup de molécules de dioxygène (O₂) pour fabriquer de l'ozone dans la stratosphère.</p>
<p>Fermeture de la séance : Synthèse par l'enseignant <i>Durée</i> : 3 minutes</p>	Clôture de la séance	

ANNEXE 4 : Grille d'observation pendant la séance de discussion/débat²³

Nom de l'observateur :

Membres du groupe : E₁ : E₂ : E₃ : E₄ : E₅ : E₆ :

E₇ : E₈ : E₉ : E₁₀ : E₁₁ : E₁₂ :

Critères	Indicateurs	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀	E ₁₁	E ₁₂
<i>Engagement dans l'activité</i>	Nombre de prise de parole (un trait pour chaque prise de parole)												
	N'est pas attentif : discute dans son coin												
	Participe pour se faire remarquer mais pas pour avancer la discussion												
	Hors sujet (s'éloigne du propos)												
	Reste dans la tâche pendant l'activité												
	Ne respecte le droit des autres de parler sans interruption : monopolise la parole												
	Autre(s) remarque(s) sur le comportement												
<i>Déroulement argumentaire</i>	S'exprime clairement Utilise de(s) phrase(s) compréhensible(s)												
	Justifie son point de vue en proposant un argument												

²³ Inspiré par : Berrier (2000), Nass (2019)

	Est de l'avis de l'autre sans argumenter (je pense comme...) : n'ose pas prendre la parole												
	Défend son idée ou l'idée de son groupe												
	Justifie son point de vue en donnant un (ou des) exemple(s) relatif(s) à son argument												
	Exprime son accord (A) ou son désaccord (D) avec les points de vue des autres												
	Sait reformuler ses idées si son interlocuteur ne comprend pas												
	Fait progresser la discussion en apportant de nouvelles idées												
	Autre(s) remarque(s) sur le déroulement argumentaire de l'étudiant												

ANNEXE 5 : Sujet d'évaluation sur « LA COUCHE D'OZONE »

Etablissement : **Classe :**

Prénom : **Numéro :** **Durée :** 1h 30

PARTIE A : Connaissance

Question 1 : Le Dichlorodifluorométhane ou CFC-12 fait partie des CFCs les plus utilisés avant le Protocole de Montréal. La première étape de sa préparation consiste à transformer le méthane en monochlorométhane.

- a) Quelle réaction chimique intervient dans cette préparation?
- b) Ecrire l'équation bilan de la préparation du monochlorométhane à partir du méthane.

Question 2 : Pourquoi il est nécessaire de protéger la couche d'ozone ?

Question 3 : Parmi les composés chimiques suivants, veuillez entourer ceux qui peuvent représenter une menace pour la couche d'ozone **(2points)**

- | | | | |
|--------------------|-------------------------|--------------------|------------------------------------|
| 1. CO ₂ | 2. CF ₂ BrCl | 3. CH ₄ | 4. CF ₂ Cl ₂ |
| 5. Dichlorométhane | 6. H ₂ O | 7. Chloroforme | 8. O ₃ |

Question 4 : On entend souvent que les CFCs et les halons agissent sur l'ozone stratosphérique. Traduire à l'aide d'une réaction chimique l'action de ces composés chlorés ou bromés avec la molécule d'ozone. **(2points)**

Prenez l'exemple du Chloropentafluoroéthane (C₂F₅Cl)

Question 5 : Quel(s) est(sont) le(s) point(s) commun(s) entre l'effet de serre et l'appauvrissement de la couche d'ozone ? **(1,5 points)**

Question 6 : Citer quatre (4) appareils/produits qui sont les origines des CFC, HCFCs ou halons. **(1 points)**

-
-

Partie B : Impacts sur les attitudes

Question 7 : En tant que citoyen responsables, classer les critères suivant l'ordre de priorité décroissante quand vous achetez un produit ou un matériel.

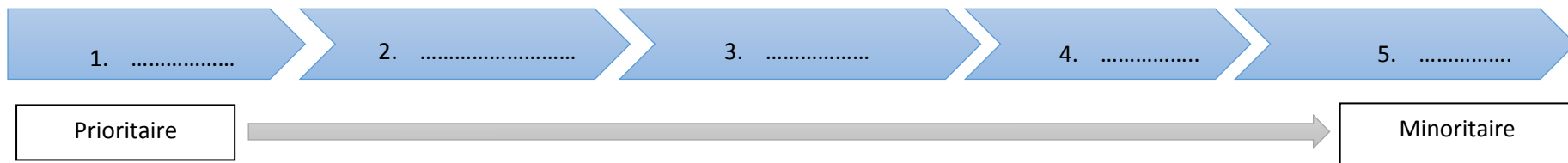
Prix : moins chers et d'une grande quantité

Marques : d'une marque réputée, à la mode ou tendance

Impacts environnementaux : ne contiennent pas d'ingrédients nocifs pour les hommes et pour l'environnement, la présence des écolabels, biodégradable, ...

Provenance du produit : local (de notre pays) ou importé

Présentation : forme de l'emballage, odeur ...



Question 8 : Ces séances vous ont été utiles ? Si oui qu'est-ce que vous avez appris durant ces séances ?

ANNEXE 6 : Signification des paramètres affichés lors de la comparaison des moyennes sur XLSTAT

Le logiciel XLSTAT

XLSTAT est un logiciel utilisant les techniques statistiques, l'analyse des données et la modélisation. Il se caractérise par son intégration dans Microsoft Excel : c'est-à-dire que ce logiciel utilise Excel pour la récupération des données ainsi que l'affichage des résultats.

Il existe de bons nombres de paramètres statistiques, comme la variance, l'écart type, la moyenne... Parmi les opérations liées à la statistique et l'analyse des données qui peuvent être effectués avec XLSTAT, il y a la comparaison des moyennes d'une variable de deux groupes d'individus (échantillons) indépendants. Deux tests statistiques, tels que le test de Student et le Z-test permettent de comparer ces moyennes. Le choix d'utiliser l'un de ces deux tests dépend des tailles des échantillons à étudier, en d'autre terme le nombre d'individus dans chaque échantillon. En effet, si les tailles des deux échantillons sont tous inférieures à 30, nous choisissons le test de Student. Dans le cas contraire, c'est le Z-test qui est approprié.

Z-test sur XLSTAT

Un test d'hypothèse consiste à valider l'une des hypothèses possibles émis au départ. Le choix de ces hypothèses n'est pas évident puisqu'il est nécessaire d'adopter la formulation appropriée à l'objectif même du test. Pour notre cas, l'hypothèse nulle (ou hypothèse de référence) H_0 se réfère à l'absence d'une différence significative des deux moyennes à comparer et l'hypothèse alternative ou H_a estime une nette différence entre les deux moyennes.

En démarrant Excel ce logiciel est aussi lancé, quand XLSTAT est installé dans l'ordinateur bien évidemment. Après la sélection des données entrées précédemment, cliquer sur *XLSTAT*, puis *Lancer XLSTAT*. Une barre d'outils et menu apparaissent, cliquer le bouton *Tester*, ensuite sur *Tests t et test z pour deux échantillons*. Les résultats sont affichés sur une nouvelle feuille de calcul Excel.

Six paramètres s'affichent dans l'interface Excel lors de notre test. Les deux premiers paramètres suivants sont spécifiques au Z-test :

- **z (valeur observée)** notée z_{obs} : Cette valeur est obtenue à partir d'une formule propre au Z-test. Cette tâche est facilitée grâce à l'utilisation du logiciel XLSTAT.
- **|z| (valeur critique)** notée z_{table} : ce nombre est obtenu en utilisant la Table 2 de la Loi normale centrée réduite. Le seuil utilisé pour repérer cette valeur est $\alpha = 0,05$.

Ces deux valeurs sont à comparer. Si $z_{obs} < z_{table}$, H_0 ne peut pas être rejetée. A l'inverse ($z_{obs} > z_{table}$), rejeter H_0 est convenable.

D'autres paramètres sont également présentés:

- **Intervalle de confiance (IC)** à 95% autour de la différence des moyennes : suite à des calculs effectués par le logiciel, cet intervalle encadre la vraie valeur de la différence des moyennes. La valeur 95% signifie que la probabilité de trouver cette « vraie » différence dans cet intervalle est de 0,95. L'estimation de la différence des moyennes nécessite cet intervalle, qui nous permet de vérifier si la valeur de la différence trouvée est raisonnable.
- **Différence** : c'est la différence des moyennes des échantillons choisis.
- **p-value (bilatéral)** : cette valeur est la probabilité de se tromper en rejetant l'hypothèse nulle. Quand ce nombre est très petit, aucun risque de nier H_0 . Sinon, un risque assez important est pris d'avoir refusé H_0 . Un test est bilatéral si, le sens de l'inégalité (supérieur à ou inférieur à) n'est pas imaginé avant de faire le test (le symbole de la différence \neq est employé pendant la formulation de l'hypothèse).
- **Alpha** est le seuil de risque à accepter en rejetant une hypothèse nulle.

Les paramètres p-value et alpha ont aussi une grande importance dans la prise de décision :

Si **p-value** $< \alpha$: le risque pris en rejetant H_0 est faible par rapport au risque « acceptable »

⇒ Nous pouvons décider de rejeter H_0

Or, si **p-value** $> \alpha$: Le risque encouru en rejetant H_0 est trop élevé par rapport celui de l'« acceptable »

⇒ L'hypothèse H_0 est acceptable

Au total, la considération de ces différents paramètres peut nous mener à opter l'un des deux hypothèses énoncées au début.

ANNEXE 7 : Quelle place occupent les écolabels dans la protection de l'environnement?

Afin de devenir responsable et engagé envers l'environnement, chaque citoyen doit comprendre que leur geste au quotidien compte. Parmi ces gestes il y a le mode de consommation, qui peut se manifester lors des achats. Avant de choisir un produit de nettoyage, par exemple, l'acheteur doit s'informer sur l'efficacité, la mode d'emploi et les autres conditions d'application de ce produit. Etant respectueux de l'environnement, l'acheteur peut s'aviser sur l'impact environnemental de ce produit. Le plus souvent, ce sont les produits contenant des ingrédients nocifs pour l'environnement qui sont à éviter. Or, le grand public peut avoir du mal à rechercher dans la liste des ingrédients ceux ou celles qui sont dangereuses. C'est pour cette raison que les labels, sous forme de logo, ont été créés.

Selon le Dictionnaire LE ROBERT, un **label** est « une étiquette ou marque mise sur un produit qui en garantit l'origine et la qualité ». Le préfixe “**Eco-**” est une abbréviation de l'adjectif écologique signifiant, d'après le même dictionnaire, « qui respecte l'environnement ». Un écolabel est un message écologique destiné pour les acheteurs afin de présenter la qualité environnementale d'un produit ou matériel. Nous pouvons aussi les appeler auto-déclaration environnementale.

De nombreuses labels ont été créés en vue de mettre en pratique la protection de l'environnement que chacun doit aussi faire attention aux auto-déclarations environnementales douteuses. Ainsi, les responsables de la normalisation des écolabels ont conçus des normes pour cela. Nous présentons ci-dessous quelques écolabels officiels pour le cas de la protection de la couche d'ozone²⁴ :



²⁴ Sources images : <https://es.dreamstime.com/imagen-de-archivo-reduzca-el-ozono-image851281>,
<https://www.goconqr.com/es-CR/p/5230644>, https://www.notre-planete.info/ecologie/eco-citoyen/labels_ecologiques.php



Université d'Antananarivo

Ecole Normale Supérieure

DOMAINE : « Science de l'Éducation »

MENTION : « Formation des Ressources Humaines de l'Éducation »

SPECIALITE : Physique-Chimie

PARCOURS : Formation de Professeur Spécialisé en Physique Chimie

Résumé du Mémoire de Master Professionnel

Proposition d'outils d'enseignement / apprentissage pour contribuer à l'Éducation au Développement Durable : cas de la protection de la couche d'ozone

Mots-clés : Éducation au Développement Durable (EDD), couche d'ozone, outils didactiques, consommateur responsable

Le présent mémoire étudie les impacts des outils didactiques, de nature psychologique, sur les pratiques d'achats des élèves. Pour cela, un débat a été organisé avec la classe entière après avoir donné des sujets d'exposé différents mais complémentaires, à chaque groupe, se rapportant au thème de la couche d'ozone. Ces outils en éducation ont été sélectionnés de manière à répondre aux finalités de l'EDD. Après la séance de débat, nous avons effectué une évaluation écrite pour les élèves expérimentés. Les interventions des élèves durant les activités orales prouvent leur conscience face aux problématiques liées à la couche d'ozone. En exploitant les résultats, la plupart des élèves sont en mesure de modifier leurs modes de consommation en faveur de la couche d'ozone, voire même à l'environnement.

Composé de deux parties, la première partie de ce mémoire donne des éclaircissements sur les fondements théoriques que s'appuient notre travail ; les différentes étapes effectuées sont détaillées à la deuxième partie ainsi que les résultats. En utilisant la taxonomie dans le domaine socio-affectif de Krathwohl et ses collaborateurs, nous avons pu déduire les effets positifs des séances auprès des élèves. Cette dernière partie trace aussi les utilités et les limites de notre recherche.

Proposition of teaching and learning tools to contribute on the Education for Sustainable Development: case of protection of the ozone layer

Keywords: Education for Sustainable Development (ESD), ozone layer, didactic tools, responsible consumer

This thesis studies the impacts of didactic tools, which have psychological nature, on purchasing practices of student. For that purpose, we organized a debate with the entire class after giving, for each group class, different but complementary presentation topics related to the ozone layer. We chose these tools for education in order to respond the finality expected by ESD. After the debate session, we made a handwritten evaluation to the experimented students. The interventions of students during oral activities prove their consciousness about the problem connected to the ozone layer. According to the results, most of the students should be able to modify their consumption practices in favor of the ozone layer, or even the environment.

Divided into two parts, the first part of this dissertation elucidates the theoretical foundations, which our search refers to; the second part details the different steps accomplished as well as the obtained results. By using the taxonomy developed on affective domain of Krathwohl and his coworkers, we conclude that the sessions have positive effects on the students. This last part highlights moreover the benefits and limits of our search.

Auteur : RAKOTOARISOA Ny Anja Nomenjanahary

Coordonnées : anjatiana.2310@gmail.com, 0346272130

Directeur de mémoire : RAJAOMANANA Hery, Maître de conférences

Coordonnée : rjm.hery@gmail.com