

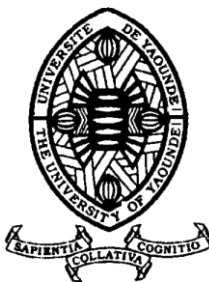
UNIVERSITE DE YAOUNDE I

FACULTE DES SCIENCES DE
L'EDUCATION

CENTRE DE RECHERCHE ET DE
FORMATION DOCTORALE EN SCIENCES
DE L'EDUCATION

UNITE DE RECHERCHE ET DE
FORMATION DOCTORALE EN
DIDACTIQUE DES DISCIPLINES

DEPARTEMENT DE DIDACTIQUE DES
DISCIPLINES



THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF EDUCATION

CENTRE FOR RESEARCH AND
DOCTORAL TRAINING IN
EDUCATION

RESEARCH UNIT AND
DOCTORAL TRAINING IN
DIDACTICS

DEPARTMENT OF
DIDACTICS

CONCEPTIONS DES ÉLÈVES EN CLASSE DE TROISIÈME SUR LE CONCEPT DE RÉACTION CHIMIQUE

Mémoire rédigé et présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences de
l'Education

Spécialité :

Didactique des disciplines
(Option : *Didactique de la Chimie*)

Présenté par :

NTEUNDJEU CHIMI SOPHIE DORICE

21V3347

Licence en Chimie



Président : NKENGFACK Augustin
Professeur

Université de Yaoundé I

Rapporteur : AYINA BOUNI
Maître de Conférences

Université de Yaoundé I

Membre : BIKELE Georges
Chargé de Cours

Université de Yaoundé I

2022 - 2023

SOMMAIRE

DÉDICACE	ii
REMERCIEMENTS	iii
LISTE DES GRAPHIQUES	iv
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES ANNEXES	viii
ABREVIATIONS, SIGLES, ACRONYMES	ix
RESUME	x
ABSTRACT	xi
PARTIE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE	5
CHAPITRE 1 :	6
PROBLÉMATIQUE DE L'ÉTUDE	6
CHAPITRE 2 :	32
INSERTION THÉORIQUE DE L'ÉTUDE	32
PARTIE EXPERIMENTALE	58
CHAPITRE 3 :	59
MÉTHODOLOGIE	59
CHAPITRE 4 :	66
PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS	66
CHAPITRE 5 :	83
INTERPRÉTATION ET IMPLICATION DIDACTIQUE	83
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	87
BIBLIOGRAPHIE	89
TABLE DES MATIERES	98
ANNEXES	101

DÉDICACE

À la mémoire de mes grands-parents :

- Mbandou Moïse ;
- Ndenga Marie ;
- Kebemkeu Marie.

(Paix à leurs âmes)

REMERCIEMENTS

Le présent mémoire n'aurait pu être élaboré sans le concours de plusieurs personnes à qui nous tenons à exprimer notre gratitude. Ainsi, nous exprimons nos remerciements d'abord, à notre Directeur de mémoire, le Professeur AYINA BOUINI, qui malgré ses nombreuses responsabilités, a consacré du temps pour nous conseiller, nous guider et nous venir en aide jusqu'à l'achèvement de notre travail. Qu'il trouve ici, l'expression de toute notre gratitude et de notre profond respect.

Ensuite, à tous les enseignants à qui nous devons notre formation à la Faculté des sciences de l'Éducation de l'Université de Yaoundé 1, particulièrement ceux de la filière didactique des disciplines.

Les responsables et enseignants de PCT du collège Jésus- Marie de SIMBOCK.

Enfin, nos remerciements vont à :

- quelques aînés académiques du laboratoire LARIDI (Dr AMBOMO Nicole Aimée, Monsieur SIGHA TAKOUKAM Paul- Miki, Madame MOTCHUENG WALADJO Gisèle) ;
- la grande famille MBANDOU et nos amis qui sont toujours présents pour leur réconfort ;
- mes parents, pour leur soutien constant et leurs encouragements ;
- les élèves du collège Jésus- Marie de SIMBOCK, qui ont voulu accepter de collaborer avec nous pour la réalisation de ce mémoire ;
- mes camarades de promotion, qui ont contribué à rendre ces deux années rentables, mouvementées et particulièrement enrichissantes.

LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique 1: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q1-a	70
Graphique 2: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q1-b	71
Graphique 3: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q1-c	73
Graphique 4: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2-a	74
Graphique 5: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2-b	75
Graphique 6: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2- c	77
Graphique 7: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2-d	79
Graphique 8: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2-e	81

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: phénomènes de la vie quotidienne présentés aux élèves.....	18
Tableau 2: réponses des élèves à la première question	19
Tableau 3: réponses des élèves à la question 1 ; première évaluation.	27
Tableau 4: tableau synoptique de l'étude.....	30
Tableau 5: analyse à priori du questionnaire.....	62
Tableau 6: dépouillement des résultats	67
Tableau 7: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q1-a).....	69
Tableau 8: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q1-b.....	71
Tableau 9: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q1-c	72
Tableau 10: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2-a	73
Tableau 11: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2- b.....	75
Tableau 12: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2-c	76
Tableau 13: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2-d.....	77
Tableau 14: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2-e	79

LISTE DES FIGURES

Figure 1: exemple de représentation produite par les élèves (corps plus liquide et solide) et deux mélanges de deux liquides.....	17
Figure 2: schéma illustratif des trois niveaux de la chimie	20
Figure 3: phénomène de combustion	32
Figure 4 : schéma illustratif de la combustion d'un métal selon Stahl (1660-1734)	33
Figure 5: illustration photo de van Helmont (1648).....	34
Figure 6: matériel utilisé par Priestley dans ses expériences sur les gaz	36
Figure 7: appareil utilisé par Lavoisier pour l'analyse de l'air	37
Figure 8: schéma de la combustion selon Stahl et selon Lavoisier	38
Figure 9: illustration physique d'une réaction chimique (La réaction aluminothermique est une oxydo-réduction spectaculaire)	39
Figure 10: réaction chimique : échange d'atomes entre les composés, exemple de la combustion du méthane dans le dioxygène.....	40
Figure 11: variation de l'énergie au cours de la réaction chimique, barrière énergétique et enthalpie de réaction (exemple de la combustion du méthane dans le dioxygène).....	41
Figure 12: schéma illustratif de la conception selon Giordan. A (2008)	47
Figure 13: modèle KPV. Les conceptions (C) peuvent être analysées comme interactions entre les trois pôles : connaissances scientifiques (K), valeurs (V) et pratiques sociales (P). (P. Clément 2004, 2006).....	55
Figure 14: exemple de réponse d'élève à la question Q1-a catégorie 1	69
Figure 15: exemple de réponse d'élève à la question Q1-a catégorie 2	70
Figure 16: exemple de réponse d'élève à la question Q1-b catégorie 1	71
Figure 17: exemple de réponse d'élève à la question Q1-b catégorie 2.....	71
Figure 18: exemple de réponse d'élève à la question Q1-c catégorie 1	72
Figure 19: exemple de réponse d'élève à la question Q1-c catégorie 2	72
Figure 20: exemple de réponse d'élève à la question Q2-a catégorie 1	74
Figure 21: exemple de réponse d'élève à la question Q2-a catégorie 2	74
Figure 22: exemple de réponse d'élève à la question Q2-b catégorie 1	75

Figure 23: exemple de réponse d'élève à la question Q2-b catégorie 2.....	75
Figure 24: exemple de réponse d'élève à la question Q2-c catégorie 1.....	76
Figure 25: exemple de réponse d'élève à la question Q2-c catégorie 2.....	76
Figure 26: exemple de réponse d'élève à la question Q2-d catégorie 1.....	78
Figure 27: exemple de réponse d'élève à la question Q2-d catégorie 2.....	78
Figure 28: exemple de réponse d'élève à la question Q2-e catégorie 1.....	80
Figure 29: exemple de réponse d'élève à la question Q2-e catégorie 2.....	80

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: autorisation de recherche _____	101
Annexe 2: extrait du livre au programme classe de 5ème _____	102
Annexe 3: extrait du livre au programme classe de 4ème _____	105
Annexe 4: extrait du livre au programme classe de 3ème _____	108
Annexe 5: questionnaire _____	109

ABREVIATIONS, SIGLES, ACRONYMES

E/A	:	Enseignement apprentissage
HP	:	Hypothèse principale
HS	:	Hypothèse secondaire
LARIDI	:	Laboratoire de Recherche Interdisciplinaire en Didactique
MINESEC	:	Ministère des Enseignements Secondaires
OECE	:	Organisation Européenne de Coopération Economique
OG	:	Objectif général
OS	:	Objectif spécifique
PCT	:	Physique Chimie Technologie
Q	:	Question
QP	:	Question principale
QS	:	Question spécifique
UICPA	:	Union Internationale de la Chimie Pure et Appliquée
UNESCO	:	Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
VD	:	Variable dépendante
VI	:	Variable indépendante

RESUME

Le présent travail vise à identifier et à analyser les conceptions des élèves camerounais de (13-16 ans) de la classe de troisième lors de l'enseignement/ apprentissage du concept de réaction chimique telle que la transformation chimique et physique. Tout d'abord, nous avons délimité le contexte et la problématique de l'étude, fait une revue de la littérature, une étude historique et épistémologique de ce concept. Puis, nous avons développé un cadre conceptuel portant sur les difficultés d'apprentissage à propos du concept chimique étudié. Bien plus, nous avons fait passer un test par questionnaire auprès de 50 élèves en vue de recueillir ces conceptions. Il en résulte que les difficultés qu'éprouvent les élèves à apprendre des concepts sont dues aux obstacles épistémologiques, didactiques et aux applications heuristiques.

Mots clés : réaction chimique, transformation chimique / physique, concept, conception.

ABSTRACT

This work aims to identify and analyze the conceptions of Cameroonian students (13-16 years old) in the third class when teaching / learning the concept of chemical reaction such as chemical and physical transformation. First of all, we delimited the context and the problem of the study, made a review of the literature, made a historical and epistemological study of this concept ; then we developed a conceptual framework dealing with learning difficulties about the chemical concept under study. Then, we ran a questionnaire test with 50 students to collect these ideas. The difficulties that students experience in learning concepts to epistemological, didactic obstacles and heuristic application.

Keywords : chemical reaction, chemical/physical transformation, concept, design.

INTRODUCTION

La recherche en didactique des sciences fait l'objet de nombreuses études qui visent à améliorer l'enseignement des sciences, (Giordan, (2008), Laugier, (1996) Larcher, (1991), Ayina et Soudain (1997) ...). Notre mémoire porte sur la réaction chimique. Ce concept a toujours fait partie des programmes officiels de physique chimie du second cycle de l'enseignement secondaire général. Bien plus, la dernière réforme (Arrêté N°N337 / D80MINEDUC / SG /IGP/ ESG portant définition des programmes de chimie, physique et de technologique pour le premier cycle de l'enseignement secondaire général) qui instaure la physique - chimie au premier cycle, introduit le concept de réaction chimique dès la classe de 4^{ème} ; l'objectif étant de poser les bases d'une culture scientifique et de préparer le nombre sans cesse croissant d'élèves au second cycle de l'enseignement secondaire général ou technique à mieux l'aborder. En parcourant le nouveau programme officiel de 4^{ème}, il en ressort qu'il est bel et bien intégré les notions telles que : élément chimique, réaction chimique. Seulement, les apprenants découvrent pour la première fois le tableau de classification périodique des éléments. En classe de troisième, la notion de réaction chimique revient. De plus, on trouve des références explicites sur l'histoire de l'atome, les représentations symboliques des atomes et les formules des molécules.

L'intérêt de notre étude est porté sur le concept de réaction chimique de par son importance en science physique et la difficulté qu'il représente pour les débutants ; ils confondent réaction chimique, mélange et changements d'états physiques. Celle-ci est liée aux divers niveaux d'appréhension, ainsi qu'il suit :

- au niveau macroscopique : difficultés à concevoir ce qu'est une substance chimique, à différencier une transformation chimique d'une transformation physique, à conceptualiser une transformation chimique en terme de changement de nature des substances chimiques, à percevoir la conservation de la masse au cours d'une transformation chimique (Pfund, 1981 ; De Vos et Verdonk, 1985a, 1985 b ; Stavridou, 1990 ; Solomonidou, 1991 ; Renstrom et al. 1990) ;
- au niveau microscopique : difficultés à utiliser les concepts du niveau particulaire (atome, molécule, ion) pour se représenter la matière et ses transformations, percevoir la conservation des atomes et leur réarrangement au cours d'une transformation (Novick et Nussbaum, 1978 ; BenZviétal., 1982 ; Séré, 1985 ; Anderson 1990) ;
- au niveau de la représentation symbolique : difficultés à comprendre ce que représentent les formules des espèces chimiques, à écrire, lire une équation de

réaction et à comprendre ce qu'elle représente tant au niveau macroscopique qu'au niveau microscopique (Cros et al. 1988, Ben Zvi et al. 1988 ; Savoy, 1994) ;

- au niveau du traitement quantitatif de la réaction chimique : difficultés avec la signification des coefficients stœchiométriques, la notion de réactif limitant et son identification, le concept de quantité de matière / mole et ses grandeurs associées (masse molaire, volume molaire). La complexité de ce concept est due à son instabilité. Il évolue selon les contextes, les époques et les chercheurs. Il est donc difficile pour les jeunes apprenants de chimie qui ne disposent pas encore d'outils nécessaires, de le percevoir. Cette difficulté de perception, fait naître en eux des conceptions erronées.

Pour pallier à ces difficultés, plusieurs études ont été menées sur le concept de réaction chimique par des chercheurs en didactique des sciences dans le but de faire évoluer ces conceptions chez les apprenants.

En Espagne, CJ Furio (1994) cité par Furio Carles J., Bullejos, Juan, Manuel Estéban a mené une étude sur l'apprentissage de la réaction chimique comme activité de recherche. L'étude a porté sur les échantillons expérimentaux de deux groupes d'apprenants de 15 à 16 ans (au total vingt – six marocains et treize espagnol) qui suivaient les cours de physique et chimie de 2ème année de BUP à l'institut Espagnol de Tétouan (Maroc) pendant l'année scolaire 1987-1988. Un second échantillon expérimental de quarante-neuf élèves du même âge, constitué de deux groupes du lycée "Albayzin" de grenade, a reçu le même enseignement expérimental à la fin de l'année scolaire 1989 - 1990 en utilisant un questionnaire. Il ressort de cette étude que l'application d'un enseignement dispensé selon les orientations de l'apprentissage comme activité de recherche développe chez les élèves la construction d'idées sur le concept de réaction chimique avec un pourcentage significativement supérieur à celui des élèves qui reçoivent un enseignement transmissif. Il a été également mentionné dans cette étude que les élèves des groupes de contrôle augmentent grâce à l'enseignement de leur bagage de connaissances significatives relatives au modèle atomique de la matière mais, que leur compréhension reste très déficiente car, ils appréhendent l'idée de réaction chimique comme simple mélange de substance.

D'autre part, la conception de la réaction chimique comme recombinaison des éléments (identifiés comme ensembles d'atomes) leur font défaut. Comme limite de ses travaux, nous remarquons qu'ils n'ont pas mis l'accent sur les conceptions que se font les apprenants sur cette notion complexe ; ils se sont plutôt limités à l'évaluation de leur

performance concernant les changements chimiques. Larcher et al. (1994) et Ayina, (2013) pour combler cette limite abordent la réaction chimique sous son aspect sémiotique. Compte tenu des limites relevées dans les approches de Larcher et al. (1994) et Ayina (2013), nous remarquons que les difficultés de compréhension demeurent. Pour mieux cerner ce problème, nous allons nous intéresser à la difficulté de compréhension des apprenants du concept de réaction chimique.

L'objectif de notre recherche consiste donc à **identifier les conceptions des apprenants du concept de réaction chimique** en vue d'assurer une meilleure compréhension lors de son approfondissement au second cycle et à l'université.

Pour mener à bien notre recherche, deux grandes articulations sont nécessaires :

Une partie théorique et une partie expérimentale. Dans la partie théorique, nous avons au premier chapitre la problématique de l'étude, une revue de la littérature sur les travaux antérieurs menés sur les difficultés rencontrées par les apprenants sur le concept de réaction chimique. Il a pour objectif de faire ressortir les conceptions et les difficultés des apprenants concernés par notre étude. En conclusion de ce chapitre, suivent les questions et les hypothèses de recherche.

Le deuxième chapitre présente l'insertion théorie de notre étude. Il s'agit ici de définir la théorie qui permet une bonne analyse du sujet telle que le modèle KPV de Pierre Clément.

Dans la partie expérimentale, nous aurons le troisième chapitre qui porte sur la méthodologie à suivre pour le recueil de ces conceptions.

Le quatrième chapitre comporte la présentation et l'analyse de nos résultats.

Le cinquième chapitre porte sur l'interprétation des résultats et leur implication didactique. Nous terminons par une conclusion qui décline quelques perspectives.

PARTIE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE

CHAPITRE 1 :

PROBLÉMATIQUE DE L'ÉTUDE

Dans ce chapitre, il est question pour nous d'aborder la problématique de notre recherche suivant une démarche en trois étapes. D'abord, le contexte de l'étude, une revue de littérature sur les difficultés rencontrées par les élèves à propos de la réaction chimique. Ensuite, les questions et hypothèses de recherche sont énumérées et pour terminer, nous déclinons la pertinence de notre recherche.

1.1. Contexte de l'étude

1.1.1. L'enseignement des sciences physiques dans l'enseignement secondaire au Cameroun

Au Cameroun et dans les curricula de nombreux pays, l'apprentissage des sciences ne se limite plus à maîtriser des connaissances et des procédures mais, il doit permettre à l'apprenant de mobiliser ses acquis dans des contextes variés, inédits et de complexités différentes ; il doit transférer (Perrenoud, 2011). A partir de là, l'enseignement au secondaire devient certes un défi. Mais, l'enseignant ou l'enseignante doit prendre en compte plusieurs variables ; l'élève, le programme et le projet éducatif.

Concernant les sciences physiques (physique – chimie et technologie), les études montrent qu'elles suscitent les attitudes les plus négatives (Lindahl, 2003 ; Venturini, 2007) notamment, chez les filles qui les trouvent plus difficiles que les garçons, se considérant moins performant qu'eux (Venturini, 2007). En conséquence, beaucoup d'élèves ne seraient pas intéressés par l'apprentissage des sciences physiques (Venturini, 2007). Ces dernières faisant « naître des sentiments d'anxiété et de crainte de l'échec. » (Rutherford et Ahlgren, 1990, p. 192) seuls les meilleurs élèves choisissent de les étudier (Boyer et Tiberghien, 1989 ; Venturini, 2007). Pire encore, d'autres préfèrent s'abstenir (Harvard, 1996).

Il apparaît dès lors un problème de méthode d'enseignement des sciences physiques (Rutherford et Ahlgren, 1990), notamment au Cameroun. En effet, d'après le rapport Bad-UNESCO (1996 ; cité par Noupét Tatchou, 2004), l'enseignement des sciences physiques qui

se veut expérimental est principalement théorique dans la majorité des lycées et collèges du pays. Ce handicap serait causé par le manque voire l'absence d'équipement en matériel scientifique de base dans ces établissements, l'absence de personnels qualifiés dans les laboratoires ; la formation des enseignants spécialisés en théorie. Et enfin, le problème du financement des pratiques expérimentales.

Depuis 2014, l'Etat camerounais a introduit dans son système éducatif une nouvelle approche dite approche par les compétences (APC) avec entrée par les situations de vie (ESV). Elle prend place d'abord au premier cycle par l'arrêté N° 263/ 14/ MINESEC/ IGE DU 13 AOUT 2014 définissant des programmes d'études du sous –cycle d'observation comportant les classes de 6ème et 5ème et ensuite, celle du N° 219/14/MINESEC/IGE DU 09décembre2014 définissant ceux des classes de 4ème et 3ème de l'enseignement secondaire général. Progressivement, cette approche a également été introduite dans le second cycle de l'enseignement secondaire général en 2017 pour les classes de secondes et récemment en début d'année scolaire 2021, pour les classes de terminales.

Dans le domaine des sciences physiques, la nouvelle approche d'enseignement et d'apprentissage permet à l'apprenant en fin de premier cycle dans le domaine des sciences expérimentales de :

- acquérir des éléments fondamentaux de culture scientifique pour comprendre le fonctionnement du corps humain, le monde vivant, la terre et l'environnement ;
- acquérir des méthodes et des connaissances pour comprendre et maîtriser le fonctionnement d'objets techniques, fabriqué par l'homme pour la satisfaction de ses besoins.

Au second cycle, le programme de science physique vise à développer chez l'apprenant des compétences contribuant à :

- communiquer à l'écrit et à l'oral sur des phénomènes scientifiques de leur environnement ;
- implémenter la démarche scientifique et la démarche technologique ;
- mettre en œuvre des processus d'acquisition des connaissances ;
- résoudre les problèmes que ces derniers posent dans leurs domaines de vie.

1.1.1 Le concept de réaction chimique en classe de troisième

C'est l'arrêté N° 419/14/MINESEC/IGE DU 09 Décembre 2014 qui définit les nouveaux programmes d'étude des classes de 4^{ème} et 3^{ème} de physique- chimie et technologie. Le programme de 4^{ème} /3^{ème} recommande l'introduction de la réaction chimique en classe de 4^{ème}. En classe de 3^{ème}, le concept de réaction chimique est introduit dans la 4^{ème} leçon du module 1 intitulé **la matière : ses propriétés et ses transformations** à travers :

- les définitions ;
- la loi de conservation de la matière ;
- l'équation bilan ;
- l'écriture de l'équation bilan.

1.1.2 Revue de la littérature

1.1.2.1 Travaux antérieurs sur les difficultés d'apprentissage de la réaction chimique

- **Travaux de Carles J. FURIÓ, Juan Bullejos et Esteban de Manuel (1994) en Espagne**

Leurs recherches portaient sur l'apprentissage de la réaction chimique comme activité de recherche.

L'objectif de cette étude était d'évaluer les connaissances acquises des apprenants sur la réaction chimique.

Il est évoqué ici l'année au cours desquelles, ce type d'enseignement expérimental a été mis en pratique par des cours d'initiation à la physique et à la Chimie dans l'enseignement secondaire (provoquer des changements méthodologiques exige du temps).

Le problème didactique était centré sur la caractérisation et l'évaluation des résultats conceptuels et méthodologiques obtenus par l'apprentissage à propos du modèle atomique de la matière, pendant cinq semaines du cursus.

Comme hypothèse, il était question ici de vérifier les changements conceptuels d'état de phénomène chimique présentés aux élèves.

Le premier échantillon expérimental de cette étude était constitué de deux groupes d'apprenants âgé de 15 et 16 ans (au total vingt-six marocains et treize espagnols) qui suivaient les cours de Physique et Chimie de 2^e de BUP à l'Institut Espagnol de Tétouan (Maroc) pendant l'année scolaire 1987-1988.

Le second échantillon expérimental était constitué de quarante-neuf élèves du même âge, de deux groupes du lycée "Albayzin" de Grenade, avait reçu le même enseignement expérimental à la fin de l'année scolaire 1989-1990.

Pour l'évaluation des connaissances sur la réaction chimique auprès des élèves, un questionnaire constitué de huit items à réponse ouverte a été élaboré, en relation avec le schéma interprétatif idéal du changement chimique. Chacun de ces items avait pour finalité le fait de voir dans quelle mesure les huit objectifs signalés pendant l'évaluation des connaissances acquises sur la réaction chimique ont été atteints. La validité des items de ce questionnaire a été jugée par un éventail de huit professeurs experts, montrant un accord de 90% sur la validité du contenu pour répondre aux finalités attendues. Comme les groupes expérimentaux comprenaient des apprenants de cultures différentes, deux types de groupes de contrôle ont été sélectionnés. Le premier est un échantillon représentatif de la population scolaire culturellement mixte (Ci) de deux Centres espagnols au Maroc (Tétouan et Tanger) et le second comprenait des élèves espagnols de quatre Centres de Grenade (CE) dont le "rendement scolaire" en Chimie avait été meilleur que celui de l'échantillon précédent. Des échantillons de contrôle composés d'élèves n'ayant pas encore commencé leurs études secondaires de Chimie (2^e BUP) ont également été étudiés dans le but de mieux analyser le changement conceptuel atteint tant chez les groupes de contrôle que chez les groupes expérimentaux. Enfin, on a inclus dans les échantillons de contrôle, des apprenants qui avaient reçu un cours de Chimie supplémentaire par rapport aux apprenants des groupes expérimentaux.

Les résultats obtenus par le groupe expérimental sont significativement plus élevés que ceux obtenus par le groupe de contrôle pour tous les items. Ils sont d'autant plus significatifs que le groupe expérimental comprend 28% d'apprenants qui n'avaient pas été reçus en fin de cursus et qui, par conséquent, redoublent ; d'autre part également, 20,5% de ce même groupe n'ont pas réussi à passer en 3^{ème} dans la matière de physique et chimie. En revanche, les élèves des groupes de contrôle avaient réussi le cursus précédent et, de plus, ils avaient choisi l'option Physique-Chimie en 3^{ème}.

En conclusion, Il a été d'autre part révélé, dans cette étude, que les élèves des groupes de contrôle augmentent grâce à l'enseignement, leur bagage de connaissances significatives relatives au modèle atomique de la matière. Mais, leur compréhension reste très déficiente, en particulier dans les cas où le contenu scientifique interfère avec les idées alternatives fortement liées à l'expérience ; certaines d'entre elles persistant dans des pourcentages élevés se détachent en particulier l'idée de réaction chimique comme simple mélange de substances, la confusion entre mélange de corps simples et composés chimiques, la diminution de la masse au cours des transformations dans lesquelles s'obtiennent des gaz, etc. Il a été également constaté que d'autres idées importantes leur font défaut telles que la conception de la réaction chimique comme recombinaison des éléments (identifiés comme ensembles d'atomes) présents dans les réactifs, ou des savoir-faire de base comme peuvent l'être l'utilisation de preuves et celle d'essais permettant de définir opérationnellement, s'il existe ou non un changement de substance dans un processus. Les représentations atomistes qu'utilisent les apprenants pour interpréter la réaction chimique sont également déficientes.

Comme limites de ses travaux, nous remarquons qu'ils n'ont pas mis l'accent sur les conceptions que se font les apprenants, vu la complexité de l'apprentissage de cette matière. Mais, ils se sont concentrés plutôt sur une évaluation des connaissances acquises sur la réaction chimique.

▪ **Travaux de Hesse et Andersson (1992) au Maroc**

Ils ont mené une étude sur les conceptions des apprenants sur les changements chimiques.

L'objectif de cette étude était d'examiner le niveau de connaissances des apprenants en chimie dans la description des changements chimiques, le rôle de la conservation de la matière, dans le changement chimique de même que la nature d'une explication idéale qui serait utilisée par les élèves.

L'échantillon de cette étude était constitué de 100 élèves du secondaire.

Ces auteurs ont utilisé comme outils de collecte de données un questionnaire et un guide d'entretien. Tout d'abord, chacun des élèves devait répondre à un test écrit. Ensuite, 11 élèves parmi les 100 étaient sélectionnés sur la base de leur rendement académique (en haut de la moyenne, à la moyenne, en bas de la moyenne) pour participer à des entrevues.

Finalement, trois élèves sur les 11 étaient choisis pour procéder à une étude de cas. Dans leur discussion, Hesse et Andersson soulignent la faible compréhension de la réaction chimique.

«[...] The use of the word « reaction » was regularly found in students' explanations, yet these students demonstrated little understanding that reactions involve the interaction of atoms and molecules» (Hesse et Anderson, 1992, p. 294). Athee et Varjola (1998) affirment que pour comprendre les réactions chimiques, il faut que les élèves différencient et comprennent bien les concepts d'atome, de molécule, de composé et de mélange. Ainsi, pour Stavridou et Solomonidou (1994) : la compréhension donc de tout ce que représente le concept de réaction chimique ne peut pas être assurée ou limitée à une simple définition, mais elle repose sur la constitution d'un champ de référence empirique et suppose le développement d'un questionnement sur un ensemble de phénomènes bien choisis qui vont favoriser la construction progressive d'un réseau conceptuel approprié. (p.76)

Cependant, tenant compte du fait que la compréhension des changements chimiques doit d'abord passer par la construction des concepts de substance, atome, molécule, ion, etc., nous pourrions penser que les réactions chimiques survenant dans la vie courante ne sont souvent pas bien comprises. C'est précisément le constat que font Stavridou et Solomonidou (1998). « However, chemical reactions do not only occur in a science laboratory. They also occur in everyday life, although they are not generally comprehended as such » (Stavridou et Solomonidou, 1998, p. 206). Selon Cros et al. (1986), ceci pourrait être dû au fait que l'enseignement des sciences ne fait pas suffisamment le lien avec la vie de tous les jours et le monde moderne. Pour Stavridou et Solomonidou (1994), ceci serait d'avantage dû à une lacune dans la formation scientifique : la formation du concept de réaction chimique dépend d'un champ d'origine scientifique qui comprend des substances pures, des méthodes d'isolement et d'identification des substances, des règles de sécurité, etc. par conséquent, sa formation spontanée dans le cadre de la vie quotidienne est presque impossible, faute d'absence tant d'outils et techniques scientifique, que de questionnements appropriés (Stavridou et Solomonidou, 1994, p.76).

En conclusion, ils constatent que 35/100 d'élèves ont des problèmes sur les changements chimiques en général. Cela est dû au fait que même le tableau de classification périodique des éléments, beaucoup ne maîtrisent pas.

Comme limites de ses travaux, ils auraient pu pousser un peu plus loin leurs travaux afin de mieux expliquer aux apprenants, l'importance de la maîtrise du tableau de classification périodique des éléments.

▪ **Travaux d'Abraham et al. (1994) au Etats-Unis**

Abraham et al ont mené une étude aux États-Unis sur le concept de réaction chimique. L'échantillon de cette étude était constitué de 200 apprenants repartis ainsi qu'il suit :

- 100 élèves du secondaire ainsi que 100 collégiens concernant cinq notions de chimie.

L'objectif de cette étude était centré sur la combustion lors de la réaction chimique. L'expérience avait pour objectif, la description dans son ensemble de la réaction chimique concernant les changements d'états.

L'hypothèse vérifiée est focalisée sur la combustion observée lors de la réaction chimique.

L'outil de collecte de donnée adoptée était le questionnaire constitué de question à réponse ouverte et à réponse fermée.

De ce fait, l'étude menée sur différents groupes d'âge se voulait une source d'alternative des conceptions au sens de conceptions erronées.

Comme résultat obtenu, les auteurs de cette étude mentionnent que parfois les élèves expliquent un changement chimique en terme de changement physique. L'exemple utilisé est celui d'une chandelle qui brûle.

En conclusion, la conception erronée la plus commune relevée par les auteurs de l'étude, « was that burning of a candle was a physical change because the candle had undergone a phase change or was the same substance » (Abraham et al., 1998, p.157). Donc, au lieu d'avoir subi une combustion, la chandelle a fondu et ainsi a changé d'état. Cet exemple s'apparenterait à la catégorie « modification » énoncée par Andersson (1986) et expliquée précédemment. Van Driel (1998) mentionne lui aussi que les élèves expliquent un changement chimique en termes de changement physique. « In many cases, students explain chemical phenomena in terms of physical changes, most frequently changes of state or form (Van Driel, 1998, p. 3 79). De plus, Stavridou et Solomonidou (1998) ont relevé que des

études menées antérieurement indiquent que les élèves expliquent parfois un changement chimique par un changement physique. « According to these studies ((Driver (1985) ; Anderson (1990) ; Nakhleh (1992) ; Fensham (1994) ; Garnett et al. (1995)), students applied reasoning to chemical changes that was more appropriate for physical transformations » (Stavridou et Solomonidou, 1998, p.205).

Comme limites de ses travaux, nous nous attendions à ce qu'ils parlent plus de l'aspect cas expérimental et conceptuel des apprenants concernant les réactions chimiques en général.

▪ **Travaux de H. Stavridou et C. Solomonidou (1989, 1994) en France**

Ils ont mené une étude sur les réactions chimiques et sur le thème, les transformations des substances, enjeu de l'enseignement de la réaction chimique.

L'objectif de cette étude était d'identifier les conceptions des apprenants sur le concept de substance pure.

L'hypothèse vérifiée était centrée sur la substance faite pendant les réactions chimiques.

L'outil de collecte de donnée employée par l'auteur reste centré sur le questionnaire et un guide d'entretien.

Ils ont établi un entretien individuel et questionnaire pour étudier la conception des élèves sur la substance concernant les réactions chimiques auprès de 42 élèves.

Comme résultat, de l'expérience, on constate que l'ensemble des résultats obtenus au cours de cette étude permet de déduire que 85% des élèves ont déjà des notions préconçues sur le concept concernant les substances en général, suite aux petites expériences vécues de façon quotidienne, à la maison ou observées quelque part.

Comme conclusion, nous pouvons noter qu'il y a un processus de mobilisation de catégories conceptuelles déjà existantes de pensées chez les élèves sur les substances lors des interactions concernant les réactions chimiques.

Comme limites de cette étude, en reprenant ses anciens travaux, nous nous attendions à ce que l'auteur mette d'avantage l'accent sur l'aspect perception et conception des élèves concernant l'étude des réactions chimiques y compris l'aspect pratique.

▪ **Travaux d'Ezio Roletto et Bruno Piacenza (1994) en Italie**

Ils ont travaillé sur les réactions chimiques mais plus précisément sur le concept de substance pure, qui occupe une position importante dans l'enseignement/apprentissage de la chimie et fait en même temps, partie du langage de tous les jours.

L'objectif de cette étude était d'identifier les conceptions des élèves de lycée professionnels et techniques à propos du concept de substance pure.

L'hypothèse vérifiée est focalisée sur le fait que jusqu'à présent, ce problème a été abordé par Vogezelang. Selon lui, le concept de substance pure devrait être enseigné avant celui de molécule. De Vogezelang, au contraire, pense qu'il vaut mieux commencer le programme de chimie par le concept de molécule.

Les objectifs de l'étude sont établis ainsi qu'il suit :

- explorer en profondeur le concept de substance pure auprès des élèves italiens de lycées techniques et professionnels ;
- étudier l'interaction entre les connaissances issues de l'enseignement scolaire et celles qui se sont développées en dehors de l'école ;
- essayer de tirer de cette étude des renseignements sur les difficultés d'apprentissage et les moyens pour y remédier.

Pour mener à bien leurs expériences, les élèves ont été soumis à la fois à un entretien individuel et à un questionnaire constitué de question à réponse ouverte et de question à réponse fermé. Pour étudier les conceptions des élèves sur la notion de substance pure, cinq notions ont été retenus : non mélange, produit naturel, produit non pollué, corps simple, particules du même type.

L'échantillon de cette première phase de recherche était constitué de 42 élèves répartis ainsi qu'il suit :

- groupe A : 14 élèves (14-15 ans) de première année d'un lycée professionnel (4 à 5 mois d'études en chimie) ;
- groupe B : 12 élèves (15-16 ans) de deuxième année du même lycée (un an et demi d'études en chimie) ;
- groupe C : 16 élèves (16-17 ans) de troisième année d'un lycée technique (un an d'études en chimie).

Aux élèves du groupe A, on posait la question suivante : "Les chimistes ont forgé un langage spécifique, dont les termes ont une signification scientifique ou technique. Par exemple, on trouve dans ce « jargon » des termes tels que : élément, corps simple, corps composé, substance pure, etc. Quel est, d'après toi, la signification du terme « substance pure » pour un chimiste ? Ensuite, on demandait aux élèves de donner quelques exemples de substances pures en précisant toujours le(s) critère(s) de leur choix. Un certain nombre de récipients en matière plastique transparente étaient présentés aux élèves des groupes B et C. Ils contenaient :

- a) des corps simples : fer (limaille), aluminium (poudre), zinc (pastilles), soufre (poudre) ;
- b) des corps composés : chlorure de potassium, sulfate d'aluminium et de potassium, trichlorométhane, carbonate de sodium, sulfate de fer ;
- c) des produits domestiques : huile d'olive vierge extra, lait pasteurisé, vinaigre, estragon sec.

Chaque récipient était accompagné d'un petit carton sur lequel était noté le nom du produit ainsi que sa formule chimique.

Les résultats de cette étude montrent que très peu d'élèves 04/42 (9,52%) font appel au modèle particulière de la matière en disant que les substances pures sont constituées par des molécules du même type ou bien par des molécules ou les rapports entre les éléments ne changent jamais. 1 seul élève (2,38%) fait appel à l'invariance du corps pendant les changements d'état physique pour donner une définition de substance pure : " l'eau qui s'évapore c'est toujours la même eau, aussi bien à l'état liquide qu'à l'état de vapeur".

En conclusion, les entretiens individuels de cette étude ont permis de déceler auprès des élèves cinq critères de classement des substances pures, dont trois faisant appel au sens commun : mélange/ non mélange, naturel/ artificiel, absence de pollution et deux ayant un statut scientifique : un seul élément (dans le sens de corps simple), particules du même type. Parmi ces deux derniers, seul le critère du corps simple était évoqué fréquemment. Ces données confirment, d'autre part, l'analyse faite par Vogezelang à propos de la conception initiale de substance pure considérée comme "une seule substance". D'autre part, elles montrent que les conceptions initiales des élèves sont très diverses. L'analyse de réponse des élèves à l'issu du questionnaire ont confirmé que les élèves, même après un an d'études de chimie, le plus souvent font spontanément appel aux critères du sens commun quels que soient les référents empiriques qu'on leur demande de classer : produits domestiques ou

espèces chimiques utilisées dans les laboratoires. Le critère le moins évoqué spontanément est celui faisant appel à la structure particulière de la matière (unités élémentaires du même type). Par contre, quand ce critère est induit par les questions, les élèves le choisissent en grande majorité, mais ils montrent clairement que les unités élémentaires évoquées sont des atomes : c'est donc encore le critère de l'élément qui dirige ce choix.

Comme limite enregistrées dans cette étude, nous constatons que les auteurs mettent l'accent uniquement sur le modèle particulière de la matière. Ils devraient travailler avec les élèves à l'élaboration du concept de substance pure, aussi bien, au niveau macroscopique.

- **Travaux de Claudine Larcher, Alain Chomat et Catherine Lineatte (1997) en France**

Ils ont effectué des travaux sur les réactions chimiques dont l'idée générale portait sur modélisation et réactions chimiques. Cette étude envisageait l'articulation entre modélisation, expérimentation et conceptualisation. Les élèves avec lesquels cette recherche a été menée disposaient d'un modèle de particules insécables élaborées en classe dans le champ des transformations physiques de la matière. Ils ont pratiqué des activités de modélisation (représentations particulières, établissement de relations sémantiques entre les propriétés des particules et les propriétés de la matière, discussion des représentations) pour construire ce modèle à partir d'un axiome imposé de particules insécables.

L'objectif de cette étude était de faire explorer les limites du modèle disponible, de leur faire identifier un nouveau champ conceptuel, celui des réactions chimiques et de leur faire construire un nouveau modèle.

La problématique développée est une continuation des travaux de certains anciens auteurs à propos des transformations physiques de la matière (Barboux, Chomat, Larcher, Méheut, 1986 ; Larcher, Chomat, 1991) les élèves disposaient d'une description phénoménologique des transformations observées compatibles avec celle du physicien. Les activités proposées aux élèves portaient sur les représentations à l'aide d'un modèle particulière.

La discussion de ces représentations avait pour objectif de leur faire construire un modèle dont ils puissent contrôler la validité par rapport à une description phénoménologique commune. Cette description pouvant être affinée à terme mais, pas radicalement remise en cause.

La construction du modèle était initiée par une proposition verbale qui servait de "germe" de modèle : **“on peut se représenter un gaz comme un ensemble de particules insécables, indéformables”** ; le mot particule et les propriétés afférentes à ces particules prenaient progressivement du sens pour les élèves à travers les représentations de la matière qu'ils produisaient et qu'ils discutaient.

Des exemples de représentations produites par les élèves sont données sur la figure 1 (corps pur liquide et solide) et 2(mélange de deux liquides) .la recherche était alors centrée sur les activités de modélisation, leurs caractéristiques, leur faisabilité.

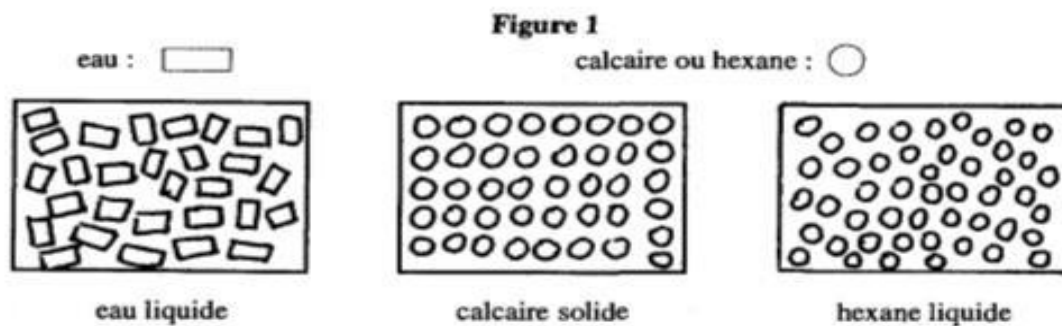


Figure 1: exemple de représentation produite par les élèves (corps purs liquide et solide) et deux mélanges de deux liquides

Source : (Chomat A., et Larcher C., 1997)

Les données ont été recueillies à l'aide de deux séries d'entretiens. Les premiers entretiens ont concerné deux groupes de deux élèves de cinquième ; la deuxième série a été conduite avec un groupe de quatre élèves d'une classe de sixième cinquième en trois ans, c'est-à-dire d'élèves considérés comme ayant des difficultés d'apprentissage. Ces entretiens se sont étalés sur six séances d'une heure à raison d'une ou deux séances par semaine en salle de travaux pratiques ; les élèves réalisant eux-mêmes les manipulations. Les exemples présentés à la figure 1 sont extraits de la première série d'entretiens.

Après le dépouillement, l'analyse des réponses des élèves à l'issue de la première série d'entretien montre que les élèves ont pu percevoir la limite du modèle de particules insécables et des prévisions qu'ils faisaient pour un ajout de nitrate d'argent. Il a fallu pour cela rappeler la conservation des particules qu'ils n'avaient pas mobilisés spontanément. La proposition de changement de modèle a été d'abord refusée puis jugée satisfaisante principalement sur un critère d'utilité (Strike & Posner, 1985) et les élèves ont vite perçu la diversité des possibilités de recombinaison. Enfin, c'est à partir d'un travail sur la symbolisation, articulé avec une

étude des propriétés des corps, que la conceptualisation des substances a pu évoluer et qu'un modèle de particules sécables a pu être construit en référence aux observations expérimentales.

Comme limites de cette étude, nous remarquons que les auteurs au vu des modèles construits par les élèves sont interprétatifs d'aspects qualitatifs et quantitatifs de conservation dans des transformations physiques mais, ils sont peu prédictifs. En particulier, ils ne permettent pas de simuler une cinétique de phénomène car, ils devraient mettre plus d'accent sur les préconceptions des élèves sur les modèles construits.

▪ **Travaux de Stavridou et Solomonidou (1998) en France**

Ces deux chercheurs ont mené une étude sur les changements chimiques auprès de 15 élèves grecs de douze à dix-sept ans (12 à 17 ans).

L'objectif de cette étude était de fournir une définition de la réaction chimique et identifier les réactions chimiques, selon eux, parmi les 19 phénomènes présentés.

Dans cette étude, elles se sont intéressées aux aspects dynamiques menant à la construction du concept de réaction chimique. Elles ont utilisé à nouveau 19 phénomènes survenant dans notre quotidien. Le tableau 1 les présente.

Tableau 1: phénomènes présentés aux élèves dans l'étude de (1998)

changements physiques	changements chimiques
1. Une pierre qui tombe	1. Un clou qui rouille
2. Du verre qui se brise	2. Un gratin qui brûle dans le feu
3. L'eau qui bout	3. Du bois qui brûle
4. la cire qui fond	4. Une pomme qui mûrit
5. L'eau qui gèle	5. Des feuilles d'arbre qui pourrissent
6. L'évaporation de l'eau de Cologne	6. Du jus de raisins qui devient du vin
7. Le sel qui se mélange à la soupe	7. Du lait qui devient aigre
8. Le sucre qui se mélange au thé	8. De l'eau de Javel qui décolore les vêtements
9. La bière qui mousse quand on l'a versé dans un verre	9. Le jus de citron qui ronge le marbre
	10. Un œuf qui cuit

(Source : Stavridou et Solomonidou, 1998, p.208)

Elles ont repris la méthodologie de leur recherche menée en 1989. Donc, les 19 phénomènes étaient présentés aux élèves et ces derniers devaient faire des regroupements sur la base de points en commun. De plus, pour avoir plus d'informations sur la réaction chimique, les élèves ont été soumis à un entrevu où ils devaient fournir une définition de la réaction chimique et identifier les réactions chimiques, selon eux, parmi les 19 phénomènes présentés.

En conclusion, l'analyse des réponses des apprenants à l'issue des entrevues montrent qu'avant même d'avoir un enseignement en chimie, les jeunes utilisent leur sens commun pour faire des catégories, des regroupements naturels de changement. « Before any chemical instruction pupils used common –sense semantic categories (natural categories) for the comprehension and organisation of the proposed common empirical field reference (Stavridou et Solomonidou, 1989, p. 212). D'autres chercheurs arrivent à des conclusions similaires. « Students' scientific explanations are based on « intuition » rather than novel science concepts that they have learnt in school » (Ahtee et Varjola, p. 306).

Comme limites de travaux, nous aurons voulu qu'elles s'attardent plus sur l'aspect expérimental au laboratoire face à ces expériences. Car, cela pourrait éveiller rapidement certains élèves et leurs permettrait d'avoir quelques imaginations même déjà vécues quotidiennement.

▪ **Travaux d'André Laugier et Dumon (1999) en France**

Ils ont mené une étude concernant la construction d'une représentation de la réaction chimique, dans les registres macroscopiques et microscopique. L'échantillon de cette étude est constitué de 52 élèves âgés de (15 -16 ans). L'objectif de cette étude était d'identifier et catégoriser les obstacles rencontrés par les chimistes. Les données ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire constitué des questions à réponse fermée. Le tableau 2 présente les réponses des élèves obtenues à la première question.

Tableau 2: réponses des élèves à la première question

une réaction chimique	12 élèv.
formation d'un précipité	16 élèv.
formation d'un précipité d'hydroxyde de cuivre	16 élèv.
formation d'un précipité de sulfate de sodium	18 élèv.
formation d'un précipité d'oxyde de cuivre	02 élèv.
dégagement gazeux	06 élèv.

Comment pourriez vous le représenter ?

Essaient d'écrire la réaction avec le nom des corps qui réagissent. N'écrivent aucune formule correcte. Essayent d'écrire l'équation-bilan. Ecrivent l'équation-bilan correctement.	00 élèv. 26 élèv. 24 élèv. 08 élèv.
--	--

(Source : Laugier et Dumon, 1999)

L'analyse des réponses des apprenants à la première question montre que, sur l'ensemble des 52 élèves, 11 seulement réussissent le passage du niveau microscopique (proportion dans lesquelles les ions réagissent) au macroscopique (masse de réactifs à utiliser). Ce qui les permet de dire que, l'obstacle qui s'oppose à la liaison macroscopique / microscopique réside et n'est toujours pas franchi même après cette séquence d'enseignement. Car, ils ont les difficultés à construire une phénoménologie dans le niveau macroscopique à partir des changements observables, imaginer la possibilité d'une réorganisation dans le niveau microscopique, enfin à lier la phénoménologie microscopique imaginée et la phénoménologie macroscopique observée.

Comme limite de cette étude, nous constatons que l'auteur n'a pas tenu compte de l'aspect symbolique de la réaction chimique ce qui pourrait se manifester par l'incapacité des élèves à utiliser correctement le registre symbolique pour rendre compte de la transformation chimique.

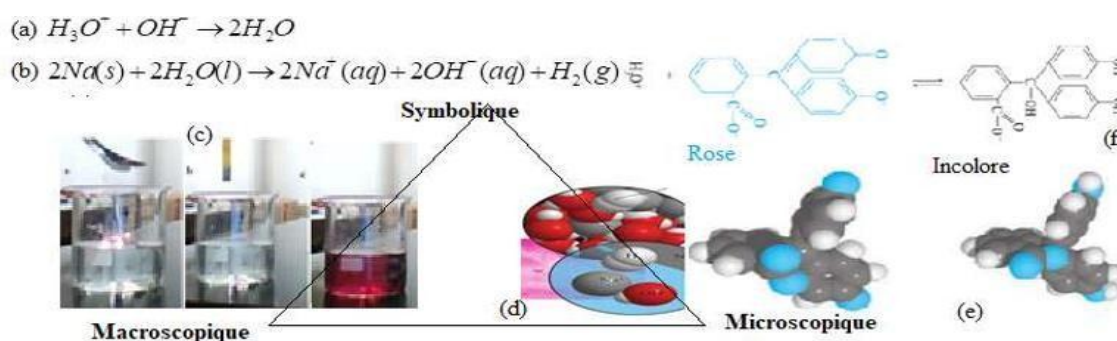
▪ **Travaux de Johnstone (2000) : Les trois niveaux de la chimie**

Il a réalisé une étude centrée sur les différents niveaux de la chimie.

L'hypothèse développée est centrée sur la macroscopique et la microscopique de la chimie.

L'outil de collecte de données est un questionnaire constitué de 21 items à réponse ouverte. Il soumet ce questionnaire à un effectif de 231 enseignants. La figure deux illustre les trois niveaux de la chimie.

Figure 2: schéma illustratif des trois niveaux de la chimie



(Source : Johnstone, 2000)

(a) équation de la réaction chimique de dosage d'acide fort par base forte, (b) équation de la réaction chimique du sodium avec l'eau, (c) réaction du potassium avec l'eau en présence de phénophtaléine et du papier pH ; (d) interprétation de la réaction du sodium avec l'eau et de (e) celle de la transformation de la phénophtaléine et (f) structure de ces deux formes en équilibre chimique.

Comme résultats, il constate que 41,2% des enquêtés contre 43,3%, estiment que les atomes et molécules ne sont pas des constructions mentales et 77,5% des enquêtés estiment que les théories découlent de l'observation (Dorsah, 2020) qui se joignent aux autres auteurs qui ont travaillé sur les difficultés d'appréhension des trois niveaux de la chimie et la confusion entre modèle et réalité qui en résulte, (Johnstone, 2000 ; Laugier et Dumon, 2000 ; Kermen, 2018). D'après eux, la compréhension de la chimie se fait à partir de trois niveaux, sous forme de triplet, aucun d'eux n'étant supérieur aux autres. Il s'agit du macroscopique (ce qui peut être vu, touché, senti), le sub-microscopique (atomes, molécules, ions et structures) et la représentation symbolique (formules, équations, molarité, graphiques, symboles) (Figure 2). La position de l'auteur est de ne pas les introduire simultanément.

En conclusion, cette position est conforme à celle présentée dans la 7^e édition de l'ouvrage « Principes de chimie » de Atkins et Jones (2017). Pour ces auteurs, le chimiste pense au niveau microscopique, conduit ses expériences au niveau macroscopique et représente les deux symboliquement. Ils cartographient ces trois aspects de la chimie sous la forme d'un triangle dans lequel, on peut être plus proche de l'un des trois pôles. Le point de vue de ces auteurs va dans le sens de l'élaboration des modèles. Ce qui permettra aux élèves de circuler entre les structures praxéologique (macroscopique) et théorique (microscopique et symbolique), présentées ci-dessous (Figure 2). Mais, les enseignants sans formation en la matière sont confrontés à leurs propres conceptions qu'ils véhiculent auprès des élèves.

Comme limites de cette étude, nous remarquons que l'auteur s'est focalisé à la fois sur l'aspect macroscopique que microscopique. Or, nous pensons qu'il pouvait mettre plus d'accent sur la sub-microscopique expérimentale dont il a révélé en partie dans ses travaux. Car, cela suscitera une certaine approche nouvelle plus convaincante sur l'étude des réactions chimiques chez les élèves.

▪ **Travaux de Johnson (2000) en Angleterre**

Il a mené une étude concernant les substances sur les réactions chimiques.

L'hypothèse vérifiée était centrée sur la substance chimique dans une réaction chimique.

L'outil de collecte de donnée est un questionnaire. Ce questionnaire s'est fait sous forme interrogatoire. L'étude de Johnson fut conduite sur trois années dans une école anglaise auprès de 147 élèves de la 7^{ème} à la 9^{ème} année (11 ans à 14 ans) où quatre unités leur furent enseignées. Un échantillon de 33 élèves était interrogé entre chaque unité d'enseignement de la chimie.

L'auteur a dégagé de ses résultats que les élèves ne voient pas la possibilité que des substances puissent se changer en d'autres. « They could not entertain the idea of a chemical change » (Johnson, 2000, p.730). Le chercheur présentait trois paires de substances : malachite (carbonate de cuivre) et cuivre, rouille et fer, pain et pain rôti. Les élèves interrogés devaient indiquer si les deux substances étaient les mêmes ou différentes, ou encore différentes mais provenant l'une de l'autre. Si l'élève n'était pas sûr de son choix, il n'était pas forcé de répondre à la question. Or, pour les deux premiers changements, 50% des répondants ont indiqué que les deux substances sont les mêmes et pour le troisième changement, ce pourcentage est passé à 75%. Les élèves sont arrivés au constat selon lequel les deux substances sont les mêmes parce que la deuxième dérive de la première.

En conclusion de l'expérience, l'auteur en déduit que les élèves ne considèrent pas la possibilité d'un changement chimique dans le phénomène en question. Un constat de même nature a été fait par d'autres chercheurs. À partir d'un test administré à des étudiants entrant dans leur première année d'université en Italie, Cervellati et al. (1984, cité dans Johnson, 2000) ont conclu que seulement la moitié de ces étudiants savaient que la caractéristique principale d'une réaction chimique est la formation de nouvelles substances. Une autre conception soulevée par Johnson (2000) est que les élèves voient dans les réactions, un changement d'apparence de la substance sans faire référence à un changement dans la structure de la substance.

Comme limites de cette étude, nous remarquons que l'auteur fait un développement argumentatif centré sur les substances des réactions chimiques. Mais, nous nous attendions à ce qu'il parle aussi de l'aspect conception / préconception des élèves en général concernant ce concept de réaction chimique.

▪ **Travaux d'André Laugier et Dumon (Repris en 2004) en France**

Ces chercheurs reprennent leurs travaux sur la réaction chimique centrée sur l'équation de réaction : un nœud d'obstacles difficilement franchissable.

L'objectif de cette étude était d'analyser les différentes étapes de l'élaboration historique du concept d'équation de réaction ainsi que les difficultés rencontrées par les élèves.

Comme hypothèse, il était de nouveau focalisé sur le registre atomique en proposant comme suit :

- une phénoménologie macroscopique observée par leurs propriétés physiques (aspect, couleur, état, etc.) et par leurs propriétés caractéristiques ;
- une phénoménologie microscopique imaginée par un modèle de la matière (caractéristiques des particules, organisation de ces particules).

Les données ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire constitué de 23 items, dont neuf concernaient le symbolisme chimique, auprès d'un échantillon de 112 élèves. Par la suite, des entretiens avec dix élèves ont été conduits afin d'éclairer les réponses aux questionnaires. Les élèves devaient décrire une transformation chimique dont l'exemple choisi dans la première série de TP porte sur le cuivre métal qui disparaît sous l'action de l'acide nitrique. Puis, après action d'une solution d'hydroxyde de sodium et déshydratation par chauffage du précipité (hydroxyde de cuivre) réapparaît par action, du carbone à chaud sur ce précipité sec, ce qu'ils observaient, essayer de l'expliquer en imaginant une phénoménologie personnelle et confronter leurs interprétations pour élaborer une phénoménologie socialement partagée, proche de celle des chimistes.

Les résultats de cette étude montrent que :

- les élèves sont conscients que la formule chimique permet de connaître avec précision la nature et la proportion des atomes qui constituent un corps mais ils pensent également que la formule chimique n'est qu'une abréviation.
- pour la majorité des élèves "on a passé trop de temps au collège à écrire des équations de réaction avec des formules". Ils pensent cependant qu'ils savent effectuer l'opération qui relève d'une arithmétique comptable, mais, pour eux,

cette compétence ne signifie pas pour autant qu'ils aient bien compris ce que représenterait une équation de réaction.

- Pour les élèves, dans une transformation chimique, il n'y a pas conservation des molécules mais il y'a conservation de la nature des atomes. Par contre, concernant la conservation du nombre des atomes, les opinions sont partagées (54% de contre et 46% de pour.

En conclusion, nous remarquons que sur les dix élèves interrogés lors des entretiens, la moitié pense à l'équation de réaction pour représenter une transformation chimique. Ce résultat relativement satisfaisant, cache le fait qu'aucun de ceux qui citent l'équation de réaction ne sait la lire correctement dans les registres macroscopiques et microscopiques. Simplement, ils savent qu'elle doit être écrite, mais ils ne savent pas comment s'en servir pour représenter une réaction chimique.

Comme limites de cette étude, nous observons que l'auteur s'est focalisé sur l'équation bilan sans faire recours aux principes basique tel que, la sub-microscopique afin de ressortir certains contours cachés, de mieux éclairer la lanterne des élèves.

▪ **Travaux d'Ayina Bouni (2013) en France**

Il a mené une étude sur le thème : les concepts élémentaires de la chimie, entre la chimie du chimiste et la chimie de l'élève. Proposition de séquences d'enseignements inspirées d'une analyse sémio-épistémologique de l'histoire de la chimie. Cette recherche était centrée sur les concepts élémentaires de la chimie (atome, molécule, atomicité d'une molécule), qui sont des concepts importants dans l'enseignement de la chimie.

En résumé de ses travaux, il était question de la conceptualisation et de la modélisation de la matière et de ses transformations, s'articulait autour de deux parties. Une première partie consistant en une analyse du type sémio-épistémologique de ce processus pendant le période fin XVIIIe –début XIXe siècles. Une deuxième partie, sur l'analyse sémio-épistémologique a constitué son cadre théorique. Il s'ouvrait par le concept de modèle et débouchait sur la sémiotique de Charles Sander Peirce.

La question de recherche était celle de savoir si le signe iconique comme défini au sens peircien peut être mobilisé de manière spontanée par les élèves de (13-15 ans) pour construire un raisonnement en chimie, et s'il peut les aider à accéder à l'infiniment petit sur la base de ce contexte transposé.

L'objet de la recherche portait sur l'analyse basique de ses principes de base comme il a été soutenu en reprenant celle développée par Tanlanquer (2011). À cet effet : « L'idée que la connaissance chimique peut être représentée de façons principales : la macro, la submicro et la symbolique (le triplet de la chimie) est devenue paradigmatique dans la chimie et l'enseignement des sciences, suivant en cela les analyses de Matthews (1994) « Apprendre un peu de contenu de la chimie » ; « comprendre comment les chimistes travaillent, comprendre la problématisation, le rôle de l'hypothèse et de l'expérience dans la résolution des problèmes et dans l'élaboration des connaissances ».

La question de recherche était celle de savoir si le signe iconique, comme défini au sens peircien, peut être mobilisé de manière spontanée par les élèves de 13-15 ans pour construire un raisonnement en chimie, et s'il peut les aider à accéder à l'infiniment petit sur la base de ce contexte transposé.

Comme Hypothèses de recherche, nous avons :

H1 : Comprendre comment les chimistes construisent leur savoir pourrait permettre de prémunir l'enseignement de cette discipline des conceptions.

H2 : Le signe iconique est un puissant outil de représentation utile dans la modélisation des concepts élémentaires de la chimie. C'est un objet formel qui permet de substituer les objets du monde empirique que sont les réactifs chimiques (solides, solutions, gaz...) dans les expérimentations non matérielles.

Le cadre méthodologique est centré sur une expérimentation des séquences d'enseignements élaborés en collaboration avec une équipe turinoise SEND. Elles font partie d'un programme d'enseignement de la chimie inspiré de l'histoire de la chimie.

Comme résultat de ses travaux, il ressort que le signe iconique, loin d'être un moyen pédagogique de transmission facilitée, un auxiliaire didactique est au contraire un instrument heuristique privilégié dans la construction des connaissances par les élèves, comme il l'est chez le chimiste.

Comme limites de cette étude, nous remarquons que l'auteur met d'avantage l'accent sur l'aspect iconique du signe concernant la transmission facilitée de la chimie par le chimiste. Mais, nous voudrions qu'il s'intéresse à l'aspect modélisant et perceptible de la chose pour améliorer l'enseignement de la chimie en particulier, les réactions chimiques.

▪ **Travaux d'Andrianarivo Solofoniaina Mahery Dom Yvon (2020) à Madagascar**

Il effectue des travaux dont l'idée générale est centrée sur le travail de groupe pour l'amélioration des résultats de la classe terminale scientifique sur les réactions chimiques. Ayant choisi le travail de groupe pour cette séance, la fiche de préparation a été inspirée des quatre phases d'un enseignement socioconstructiviste déjà mentionné. Cette fiche est rédigée sous forme de tableau à trois colonnes dont la première contenant le timing à respecter, la deuxième détaillant les quatre phases ainsi que les stratégies à adopter et la troisième illustrant les éventuelles traces écrites que les élèves doivent trouver à partir du support fourni. Il faut préciser que, contrairement à un enseignement de type classique, les traces écrites que les élèves auront à écrire dans leurs cahiers n'ont pas été préalablement prédéfinies. Cela dépendra des résultats de leurs interactions et de la combinaison des idées qu'ils vont fournir par le biais des supports, éventuellement aidé par l'enseignant en cas de besoin.

Une fois la fiche mise sur pied, nous avons briefé l'enseignant en charge de la séance sur la séance de travail de groupe décrite par cette fiche. Nous avons ensuite procédé à la deuxième observation qui sera détaillée dans les paragraphes qui suivront.

Objectif : A la fin de la séance, l'élève sera capable de :

- distinguer, comprendre la signification de tous les constituants de l'écriture d'une réaction chimique ;
- appliquer ces nouvelles notions pour exploiter une écriture d'une réaction chimique ;
- élaborer sa propre leçon sur les concepts de base des réactions chimiques.
- l'activité consiste à élaborer une leçon sur les réactions chimiques à partir des consignes contenues dans un document papier et, à l'aide d'un support numérique sous forme de « présentation power point » intitulé : Les réactions chimiques ;
- l'activité se fera en groupe ;
- Les élèves seront répartis en cinq groupes de six élèves ;
- Chaque groupe aura un coordinateur qui organisera la prise de parole pendant les échanges et les débats ;
- Un membre de chaque groupe fera le rapporteur ;

- Chaque groupe possédait un document papier contenant les consignes générales de l'activité et deux ordinateurs, où se trouve le support numérique qui les aidera à faire l'activité ;
- L'enseignant jouera le rôle d'intermédiaire tout au long de l'enseignement ;
- L'enseignant essaiera d'intervenir le moins possible au cours des phases de travail de groupe et de débat. Si les élèves insistent, l'enseignant fera de son mieux pour les remettre en piste et leur faire découvrir les solutions à leurs problèmes ;
- L'enseignant ne procurera pas de trace écrite aux élèves. Celles-ci seront élaborées par eux-mêmes ;
- Bien faire comprendre aux élèves que toutes les idées doivent être prises en compte.
- La méthodologie employée par l'auteur est le questionnaire. Les élèves seront soumis à un questionnaire.

Tableau 3: réponses des élèves à la question 1 ; première évaluation.

Questions posées	Exemples	Catégorie de réponses	Effectifs des élèves
Qu'est-ce qu'on entend par réaction chimique	La réaction chimique est la transformation des réactifs en produits. La réaction chimique est le processus de transformation d'une ou plusieurs substances chimiques en d'autres nouvelles substances appelées : produits	BR	26/30
	La réaction chimique est la somme des réactifs et des produits. La réaction chimique est un grand nombre de particules.	FR	2/30
		PR	2/30

(Source : Andrianarivo solofoniaina , 2000)

Analyse et interprétation des résultats. Des résultats obtenus de l'évaluation, il ressort que, les notions liées à la réaction chimique ont été mal acquises par les élèves, en

dépit de ce que ces notions ont été apprises. La moyenne générale de ces élèves est de 15,97/40, une moyenne qui, selon notre constatation n'atteint pas le niveau d'une moyenne en générale qui est de 20/40. Entrons en détail dans l'analyse de la réussite de chaque question. Ce paragraphe parle du taux d'élèves ayant réussi à répondre à chaque question au cours des deux évaluations. Pour cette première question, le nombre d'élèves ayant répondu correctement est de 26 sur les 30 élèves soit 86% de l'effectif total.

Le tableau qui précède résume les différentes réponses données par les élèves lors de cette évaluation.

En conclusion, d'après ce tableau, il reste 14% des élèves qui ont fourni d'autres réponses. Ces élèves sont au nombre de quatre (04) sur trente (30) dont deux d'entre eux ont donné de mauvaises réponses et les deux autres restants n'ont fourni aucune réponse. En effet, le programme scolaire ne mentionne pas de définir la réaction chimique dans son contenu. La définition de ce terme n'est spécifiée ni par les objectifs spécifiques du programme scolaire, ni dans son contenu. De notre point de vue, ces erreurs témoignent des représentations notionnelles dues aux conceptions des élèves. Les deux élèves ont essayé de définir la « réaction chimique » à leurs façons et à leurs habitudes en donnant une définition qui dérive de la description de l'équation-bilan d'une réaction chimique. En fait, dans une réaction chimique, il y a la présence des réactifs et des produits. Mais ce n'est pas l'absence ou la présence de ces deux entités qui définit la réaction chimique. C'est le processus de transformation des réactifs en produits. Suivant la logique de ces deux élèves, l'obstacle qui les empêche de pouvoir définir correctement cette réaction chimique est d'origine didactique. Le problème se situe surtout dans la manière dont l'enseignant a conçu ses cours. Dès le début, l'enseignant aurait opéré une tentative de définition de ce terme.

Comme limites de cette étude, nous remarquons que l'auteur reste focalisé comme certains sur l'aspect théorique que pratique. Ce qui n'éveille pas chez l'apprenant l'aspect formatif et perceptible de la réaction chimique.

De ces multiples travaux, il en ressort que les difficultés de compréhension demeurent. Car, les auteurs ne mettent pas l'accent sur l'aspect des conceptions que se font les apprenants sur cette notion complexe. D'où la nécessité de mener une étude sur lesdites conceptions que se font les apprenants du concept de réaction chimique auprès des élèves camerounais des classes de troisième.

1.2 Les questions de recherche

QP : quelles sont les conceptions des apprenants du concept de réaction chimique ?
Pour répondre à cette question principale, deux questions secondaires sont posées.

QS1 : quelles sont les conceptions des apprenants sur la transformation physique de la matière ?

QS2 : quelles sont les conceptions des apprenants sur la transformation chimique de la matière ?

1.3 Les hypothèses de recherche

HP : les conceptions des apprenants du concept de réaction chimique ont pour origine la non maîtrise des concepts associés à celui de la réaction chimique.

HS1 : les apprenants appréhendent la transformation physique en termes de changement d'état de la matière.

HS2 : le concept de transformation chimique est un concept théorique.

1.4 Les objectifs de la recherche

OG : identifier les conceptions des apprenants du concept de réaction chimique.

OG1 : identifier les conceptions des apprenants sur la transformation physique de la matière.

OG2 : identifier les conceptions des apprenants sur la transformation chimique de la matière.

1.5 Définition des variables

- **Variable dépendante (VD)** : conception
- **Variable indépendante (VI)** : c'est la variable que le chercheur manipule.
- **Variable indépendante 1 (VI1)** : transformation physique. **Indicateur** : score
- **Variable indépendante 2 (VI2)** : transformation chimique. **Indicateur** : score

1.6 Tableau synoptique de l'étude

Tableau 4: Tableau synoptique de l'étude

Conceptions des élèves en classe de troisième sur le concept de réaction chimique.				
Questions de recherche	Objectifs de recherche	Hypothèses de recherche	Variables de l'étude	Indicateurs
Question principale: quelles sont les conceptions des apprenants du concept de réaction chimique?	Objectifs principal: identifier les conceptions des apprenants du concept de réaction chimique.	Hypothèse principale : les conceptions des apprenants du concept de réaction chimique ont pour origine la non maîtrise des concepts associés à celui de la réaction chimique.	Variable dépendante : conception. Variable indépendante 1 : transformation physique. Variable indépendante 2: transformation chimique.	score
Question spécifique 1 : quelles sont les conceptions des apprenants sur la transformation physique de la matière?	Objectif spécifique 1 : identifier les conceptions des apprenants sur la transformation physique de la matière.	Hypothèse spécifique 1 : les apprenants appréhendent la transformation physique en terme de changement d'état de la matière.	Variable indépendante 1: transformation physique.	Score
Question spécifique 2: quelles sont les conceptions des apprenants sur la transformation chimique de la matière?	Objectif spécifique 2: identifier les conceptions des apprenants sur la transformation chimique de la matière.	Hypothèse spécifique 2: le concept de transformation chimique est un concept théorique.	Variable indépendante 2: transformation chimique.	Score

1.7 Pertinence de la recherche

Cette recherche se propose d'identifier les conceptions des apprenants du secondaire sur le concept de réaction chimique dont l'impact est de voir comment les faire évoluer lors de la construction du concept de réaction chimique, matérialisé par l'équation de réaction qui s'inscrit dans la continuité de notre recherche.

En conclusion, ce chapitre a permis d'aborder la problématique de notre étude suivant une démarche à trois volets. D'abord le contexte de l'étude, une revue de littérature sur les difficultés rencontrées par les élèves à propos de la réaction chimique. Ensuite, les questions et hypothèses de recherche ont été énumérées. Enfin, nous avons décliné la pertinence de notre recherche. Dans le chapitre suivant, nous allons aborder l'insertion théorie de notre étude.

CHAPITRE 2 : INSERTION THÉORIQUE DE L'ÉTUDE

Dans ce chapitre, nous présentons les différents paradigmes qu'a subi le concept de réaction chimique en chimie. Ce qui nous permet de comprendre l'origine des obstacles rencontrés et la persistance des conceptions erronées des élèves malgré son enseignement. Le cadre conceptuel lié à notre étude, la théorie qui permet une bonne analyse du sujet tel que le modèle KPV de pierre clément sont également mobilisés.

2.1 Étude historique et épistémologique du concept de réaction chimique

Pour M. Padeloup et A. Laugier cités par D. Rebaud (1994), « l'histoire des sciences permet aussi au didacticien d'aborder la parenté entre les obstacles historiques et les obstacles rencontrés par les élèves (obstacles substantialistes et obstacles mécanistes notamment) ». Il semble donc nécessaire de revenir sur l'histoire de la réaction chimique pour pouvoir mieux identifier les conceptions erronées des apprenants, les expliquer et les fait évoluer.

2.1.1 Théorie du phlogistique



Figure 3: phénomène de combustion

Source : consulté à l'adresse <https://image.app.goo.gl/USb3fFQ1RaP56> le 24 mai 2023 à 22h15min

Le dictionnaire Larousse propose la définition suivante de Phlogistique (grec phlogistos, inflammable) : fluide particulier qu'on supposait inhérent à tout corps et qui était censé produire la combustion en abandonnant ce corps.

Développée par Stahl au 18ème siècle, la théorie du phlogistique tente d'expliquer le phénomène de la combustion. La terre, l'air, l'eau et le feu. De la combinaison de ses éléments résulte la matière. Ce qui constitue dès la fin du XVIIe siècle la théorie des quatre éléments du chimiste et médecin allemand Georg Ernst Stahl. Pour lui, tous les corps combustibles (la graisse, le charbon, le soufre, le phosphore) ; minéraux, végétaux ; ou animaux contiennent du phlogistique. Quand on chauffe un morceau de métal par exemple, du phlogistique s'échappe. On produit une « chaux » métallique. Quand on chauffe à son tour cette chaux, on réintroduit du phlogistique et on trouve le métal. Permettant d'expliquer les transformations pratiquées depuis longtemps par les métallurgistes, cette théorie du phlogistique fait connaître à la chimie un premier bond. Mais, la balance de Lavoisier va montrer l'inverse.

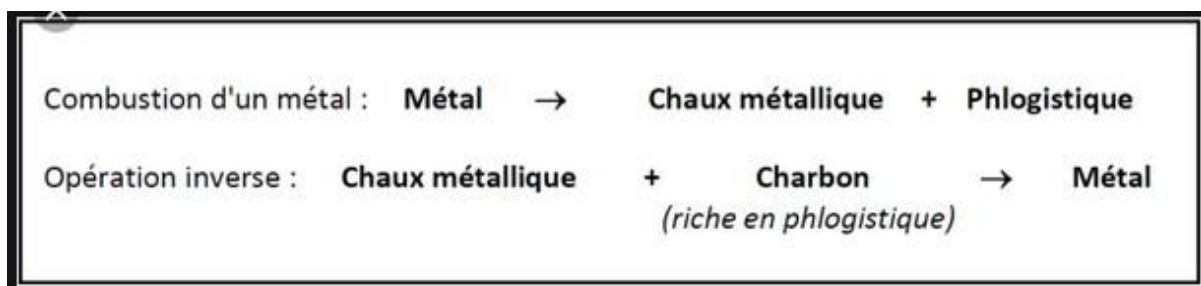


Figure 4 : schéma illustratif de la combustion d'un métal selon Stahl (1660-1734)

En 1772, Lavoisier commence à s'interroger sur le rôle du phlogistique en explorant la calcination. Il s'attaque à un problème connu depuis longtemps mais, récemment discuté par Guyon de Morveau : si, comme on le pense, la calcination des métaux (que nous appelons oxydation) est une libération du phlogistique contenu dans les métaux, il est difficile de comprendre l'augmentation de poids des métaux calcinés. Guyon suggérait que le phlogistique étant plus léger que l'air, sa présence dans une substance le fait paraître plus léger. (...) Lavoisier tente une autre explication après deux expériences : il fait brûler du soufre puis, du phosphore dans des vaisseaux fermés et constate, grâce à des pesées minutieuses avant et après la réaction, du tout et de chaque partie séparément, que le poids total est conservé, que celui du vaisseau demeure inchangé et que celui du soufre et du phosphore a augmenté. Il en conclut : « cette augmentation de poids vient d'une quantité

prodigieuse d'air qui se fixe pendant la combustion et qui combine avec les vapeurs ». Convaincu de l'importance révolutionnaire de cette expérience et soucieux d'affermir son interprétation, Lavoisier remet un pli cacheté à l'Académie le 1er novembre 1772. Pour s'assurer la priorité d'une découverte qu'il juge « l'une des plus intéressantes de celles qui aient été faites depuis Stahl ».

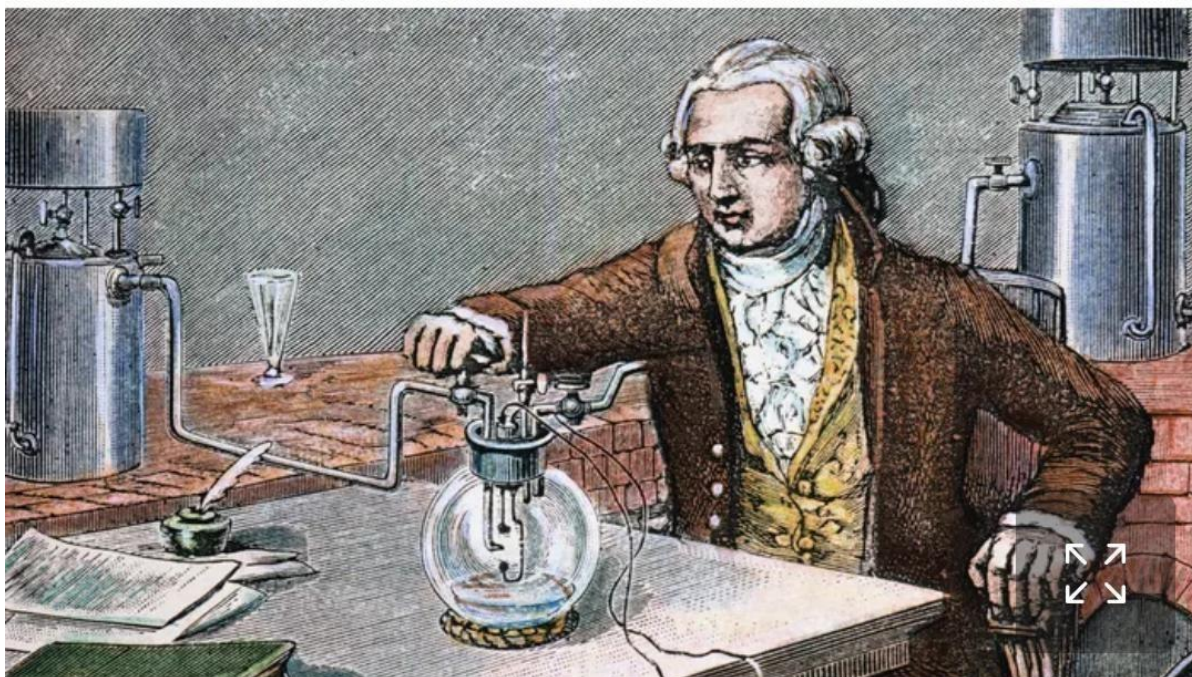


Figure 5: illustration photo de van Helmont (1648)

2.1.2 Vers la chimie moderne : De Stahl à Lavoisier

Les « découvertes » du gaz oxygène, du gaz carbonique, de la composition de l'air et de l'eau ne sont pas le fruit du travail d'un individu. Mais, le résultat d'une maturation progressive et collective au sein d'une communauté scientifique en train de se constituer. Pour faciliter la lecture, nous avons choisi de séparer l'histoire de chaque gaz.

2.2.3 Le gaz carbonique ou dioxyde de carbone

Le gaz carbonique déjà signalé par Van Helmont (1648) sous le nom de « gaz sylvestre » est caractérisé par Black (1757) qui le fixe par l'eau de chaux d'où, le nom « d'air fixé ». C'est le premier gaz « artificiel » isolé par les chimistes. Black put établir que c'était le même gaz qui était libéré par la calcination du calcaire, la combustion du charbon, la respiration ou la fermentation.

Cependant, le problème qui troublait les chimistes dans la combustion du charbon était qu'il restait toujours un résidu après la réaction. Lavoisier le premier pressentit que ce résidu ne provenait pas d'un « squelette du carbone comme on le croyait à l'époque. Mais, d'impuretés apportées par le charbon. Il voulut utiliser le charbon absolu pur et eut l'intuition que le diamant était ce charbon pur que cherchaient les chimistes. En 1772, il montra que la combustion du diamant dans le gaz oxygène en vase clos se fait sans résidu et produit bien le gaz carbonique. (C'est la méthode que Dumas utilise dans son mémoire de 1841 pour réaliser la synthèse pondérale de ce qu'il appelle acide carbonique). C'est après l'adoption de la nouvelle nomenclature en 1787 que ce gaz sera appelé Gaz carbonique.

2.2.2 Le gaz oxygène, le gaz azote

La découverte du gaz oxygène a été l'une des étapes majeures de l'histoire de la chimie. Elle a permis l'émergence de la théorie des combustions de Lavoisier, (ce qui a rendu possible l'abandon de la théorie du phlogistique), et la définition d'une nomenclature.

En 1774, Joseph Priestley réalise la réduction de l'oxyde rouge de mercure (HgO) en le chauffant au moyen d'une lentille qui concentre les rayons solaires. Il observe un important dégagement gazeux qui entretient d'un flacon très vif, la flamme d'une bougie. La « Chaux » de la théorie du phlogistique n'est plus un corps simple puis qu'elle peut donner le métal plus un autre corps (c'est une des anomalies dont la prise de conscience amènera Lavoisier à former sa théorie de l'oxydation). Comme ce gaz (ce sera le gaz oxygène) ne peut brûler, Priestley l'appelle « air déphlogistiqué ». Ce qui restait quand l'air déphlogistiqué avait disparu c'était, à l'inverse, de « l'air phlogistique » (en fait, le gaz azote).

Mais pour Priestley, ces deux gaz étaient toujours de l'air :

- l'un (le gaz oxygène) était de l'air atmosphérique qui avait perdu son phlogistique,
- l'autre (le gaz azote) était de l'air atmosphérique saturé en phlogistique.

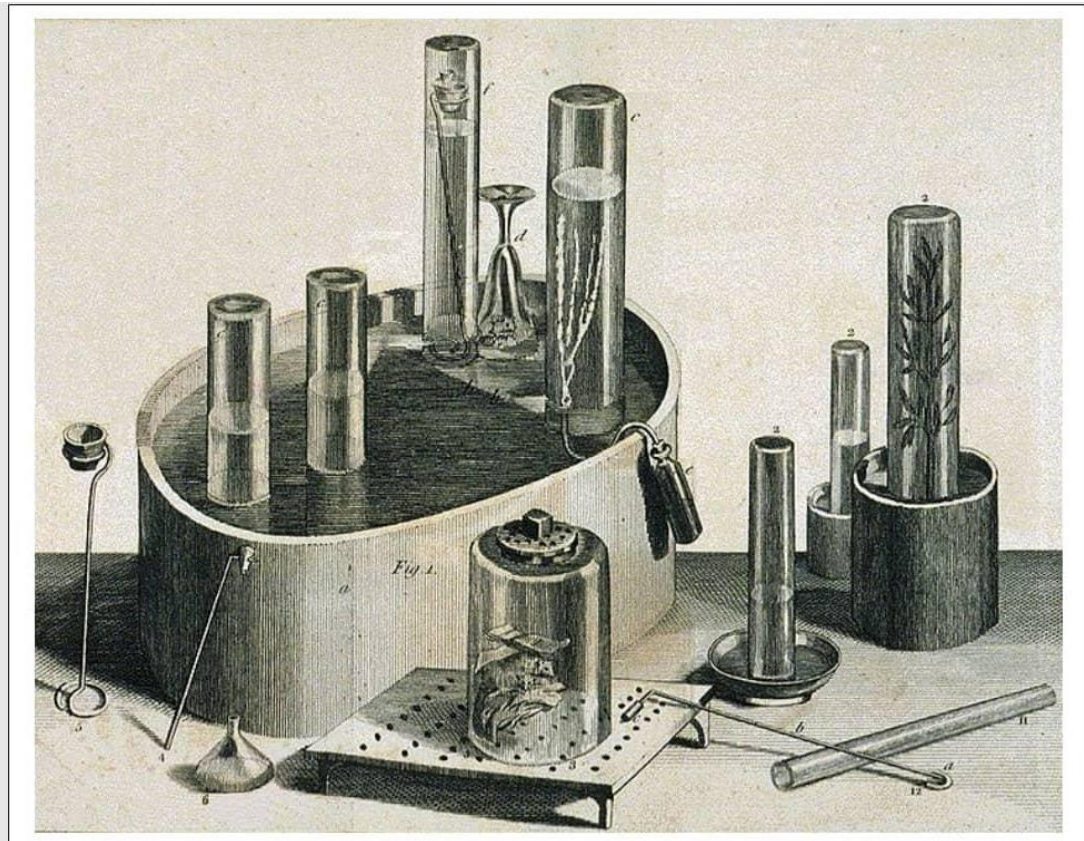


Figure 6: matériel utilisé par Priestley dans ses expériences sur les gaz

Source : Priestley J., expériences et observations sur différentes espèces d'air, 1797, tome 1

Antoine Lavoisier réalise sa fameuse expérience sur la composition de l'air. Il fait chauffer du mercure dans un bocal en présence d'air. Il constate que l'air a diminué d'un sixième de son volume et que, des parcelles rouges (oxyde de mercure) se sont formées : l'air manquant s'est lié avec le mercure. La bougie s'éteint dans l'air qui reste, de même que les petits animaux y meurent. Ce gaz résiduel qui est donc un composé de l'air à 80%, est appelé « mofette atmosphérique » ou azote (c'est -à -dire « privé de vie »). (De Oxus, acide ; c'est en fait du (di) oxygène (O_2)). En recombinaison des deux gaz, Lavoisier reconstitue l'atmosphère de départ : l'air atmosphérique.

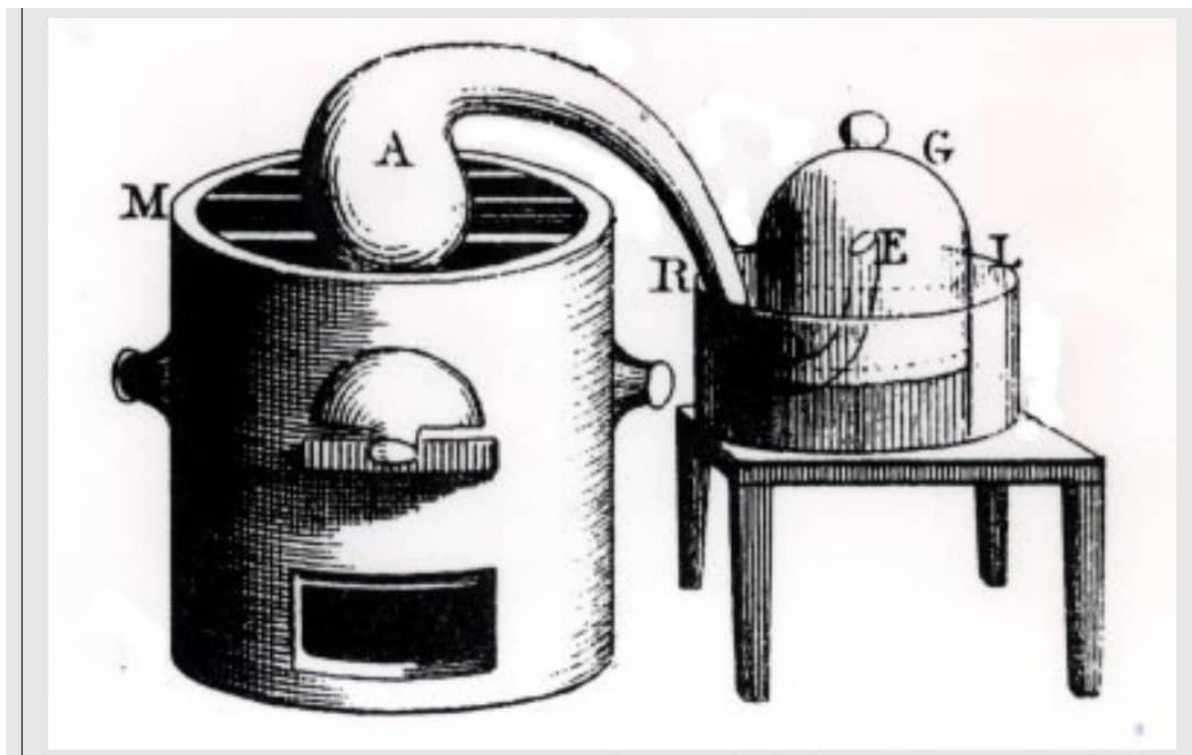


Figure 7: appareil utilisé par Lavoisier pour l'analyse de l'air

A : cornue dans laquelle est chauffé le mercure par le fourneau M et dont, le bec recourbé E s'engage sous la cloche G, elle-même placée dans un bain de mercure. R.

(Source : Lavoisier A., traité élémentaire de chimie, 1789, tome 2, pl. IV)

A la même époque, Lavoisier apprend de Priestley la découverte de « l'air déphlogistique ». En pratiquant ses propres expériences avec ce nouveau gaz, il comprend rapidement qu'il se trouve en présence du principe sous-jacent à la combustion, à la réduction, à la respiration et à l'acidité. Comme Priestley, Lavoisier démontre que ce nouvel air forme la fraction de l'atmosphère qui permet la vie des animaux. Ce qui le conduit à le baptiser initialement « air éminemment respirable ». Lavoisier montre aussi que la combustion et la respiration le transforment en cet « air fixe » identifié par Joseph Black.

Lavoisier présente une nouvelle « théorie générale de la combustion » pour remplacer le phlogistique, ainsi que son nouveau principe de combustion : l'oxygène. Ses recherches sur les trois acides inorganiques courants : l'acide nitrique, l'acide phosphorique et le vitriol (acide sulfurique), ainsi que sur l'acide oxalique nouvellement isolé à partir de sources organiques montrent que l'oxygène est présent dans les quatre. D'où sa proposition, « Je désignerai dorénavant l'air déphlogistiqué ou air éminemment respirable [...] par le nom de

principe acidifiant, ou, si l'on aime mieux la même signification sous un mot grec, par celui de principe oxygène. ». Oxygène veut dire « source d'acide » en grec.

Armé de ce nouveau concept, Lavoisier est en mesure de fragiliser la doctrine du Phlogistique. La combustion, la respiration et la corrosion impliquent une addition d'oxygène. Au contraire, la réduction implique une perte d'oxygène. L'air fixe est une combinaison de charbon et d'oxygène. Quand Lavoisier apprend comment produire de l'eau en brûlant de l'hydrogène dans de l'oxygène, il trouve le dernier morceau du puzzle. Il est en mesure de montrer que l'eau n'est pas simplement de l'air « déphlogistiqué » comme Cavendish l'avait affirmé auparavant mais, un composé contenant de l'hydrogène (baptisé ainsi par Lavoisier, du grec « source d'eau ») et de l'oxygène.



Figure 8: schéma de la combustion selon Stahl et selon Lavoisier

Source : consulté à l'adresse <https://images.app.goo.gl/JYXePhuEcvFRaZfAA> le 24mars 2023 à 18h45min

2.1.3 Principes de la réaction chimique

Une réaction chimique est une transformation de la matière au cours de laquelle, les espèces chimiques qui constituent la matière sont modifiées. Les espèces qui sont

consommées sont appelées réactifs ; les espèces formées au cours de la réaction sont appelées produits. Depuis les travaux de Lavoisier (1777), les scientifiques savent que la réaction chimique se fait sans variation mesurable de la masse : « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se conserve » qui traduit la conservation de la masse. Les réactions chimiques provoquent un changement de la nature chimique de la matière. Sont donc exclues les transformations purement physiques comme les changements d'état (fusion, solidification, évaporation, ébullition, etc.), l'usure, l'érosion et la rupture. Une réaction peut dégager de l'énergie (en général sous forme de chaleur, mais aussi de la lumière) ; elle est alors une réaction exothermique. Elle peut nécessiter un apport d'énergie sous forme de chaleur (donc « produire du froid ») ou de lumière ; elle est alors une réaction endothermique. D'une manière générale, une réaction ne peut avoir lieu que si certaines conditions sont réunies (présence de tous les réactifs, conditions de température, de pression, de lumière). Certaines réactions nécessitent ou sont facilitées par la présence d'une substance chimique appelée catalyseur qui n'est pas consommée par la réaction. Classiquement, les réactions chimiques impliquent des changements qui concernent le mouvement des électrons, la formation et la rupture des liaisons chimiques. Cependant, le concept général d'une réaction chimique, en particulier la notion d'équation chimique est aussi applicable aux transformations élémentaires des particules et des réactions nucléaires. En chimie organique, diverses réactions chimiques sont combinées dans la synthèse chimique afin d'obtenir le produit désiré. En biochimie, des séries de réactions chimiques catalysées par des enzymes forment les voies métaboliques par lesquelles, les synthèses et les décompositions d'habitude impossibles sont exécutées dans une cellule.



Figure 9: illustration physique d'une réaction chimique (La réaction aluminothermique est une oxydo-réduction spectaculaire)

Source : consulté à l'adresse [https://educalingo.com/fr/dic-de /aluminothermie](https://educalingo.com/fr/dic-de/aluminothermie) le 24 mars 2023 à 21h30min

2.1.4 Vision microscopique (au niveau atomique)

La matière est composée d'atomes regroupés dans des composés chimiques. Au cours d'une réaction chimique, les composés s'échangent leurs atomes ; ce faisant, la nature des composés change. Les réactions chimiques ne concernent que les changements de liaison entre les atomes (liaisons covalentes, liaisons ioniques, liaisons métalliques). Pour représenter les phénomènes qui ont lieu au cours d'une réaction chimique, on écrit une équation chimique.

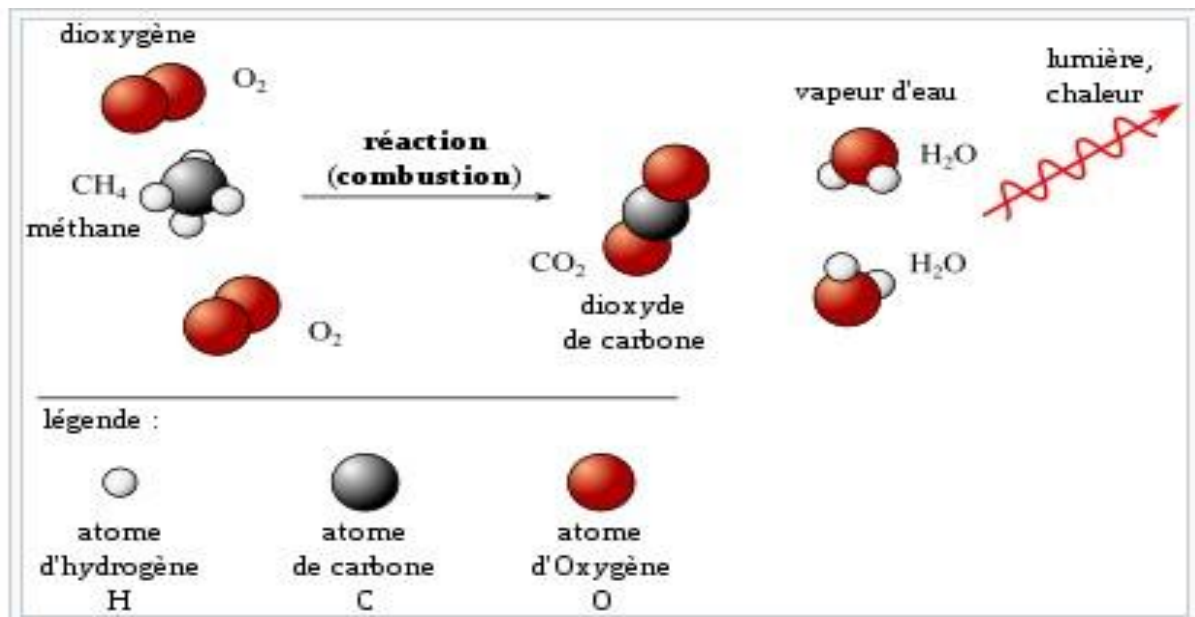


Figure 10: réaction chimique : échange d'atomes entre les composés, exemple de la combustion du méthane dans le dioxygène.

Source : consulté à l'adresse <https://images.app.goo.gl/iocrBD4pFFkdmRxy6> le 24 avril 2023 à 23h45min

2.1.5 Réaction chimique et énergie

Les transformations ayant lieu lors de la réaction chimique entraînent en général une diminution de l'énergie totale. En effet, dans une molécule ou un cristal, « l'accrochage » des atomes entre eux nécessite de l'énergie appelée énergie de liaison. Lorsque l'on rompt une liaison, on « casse » la molécule ou le cristal en « éparpillant » ses atomes. Il faut alors fournir de l'énergie. Lorsque les atomes se recombinent, ils libèrent de l'énergie en formant de nouvelles liaisons. À la fin de la réaction, l'énergie stockée dans les liaisons des produits de réaction est plus faible que celle stockée dans les liaisons des réactants.

Au cours de la réaction, il y a un stade où les anciennes liaisons sont rompues et lors que les nouvelles ne sont pas encore créées. C'est un état où l'énergie du système est élevée, un état transitoire qui constitue une véritable barrière à la réaction. L'amorçage de la réaction consiste tout simplement à faire franchir cette barrière énergétique appelée énergie d'activation.

Si l'on considère une réaction s'effectuant à la température T et à pression constante, ce qui est le lot des réactions effectuées à l'air libre, on mesure l'énergie du système réactionnel par la fonction enthalpie H. La différence d'enthalpie associée à l'équation de réaction appelée enthalpie de réaction $\Delta_r H$, permet de déterminer la variation de l'énergie du système après réaction. Elle s'exprime le plus souvent par un transfert thermique avec le milieu extérieur. L'étude de l'aspect énergétique des réactions chimiques est la thermochimie. L'état d'un système chimique est caractérisé par :

les grandeurs physiques, température et pression ;

les espèces chimiques qui le constituent, ainsi que leur état physique (solide (s), liquide (l), gaz (g), dissous (aq)) et leur quantité de matière.

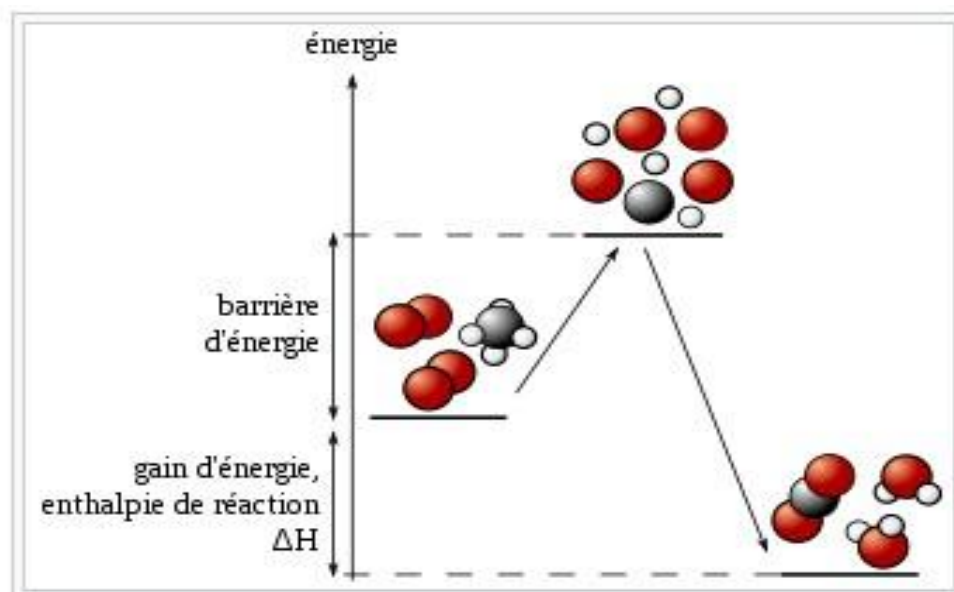


Figure 11: variation de l'énergie au cours de la réaction chimique, barrière énergétique et enthalpie de réaction (exemple de la combustion du méthane dans le dioxygène)

Source : consulté à l'adresse <https://images.app.goo.gl/4oCGYKFjSJHmNwhd6> le 27 avril 2023 à 01h50 min

2.1.6 L'élément-principe à l'appui de l'affinité

La doctrine des affinités, concept clé qui spécifie la chimie et dont l'idée remonterait à Albert le Grand, s'est développée parallèlement à celle du phlogistique. C'est en effet Stahl au début du XVIII^e siècle qui prend en compte le fait que de nombreux corps se combinent alors que, rien ne semble les y prédisposer. En particulier, ils échappent au fameux principe de similitude (qui se ressemble s'assemble ...) auquel on se réfère volontiers à cette époque. Si ces corps réagissent malgré tout, c'est qu'ils échangent quelque chose de matériel. Lors des réactions de combustion ou de calcination des métaux, il y a libération d'un élément-principal : le phlogistique. Ce dernier s'ajoute donc aux précédents déjà classiques (soufre, sel, mercure). Avec cette théorie, une bougie allumée, placée sous un vase s'éteint non par privation d'un élément aérien mais par saturation en phlogistique de l'atmosphère du vase.

2.1.7 Les premières lois quantitatives de la réaction chimique

C'est Richter qui structura et systématisa ces ébauches de lois pondérales. Il dressa une table des nombres des parties des différents acides nécessaires pour neutraliser 1 000 parties de base. L'attention très poussée qu'il porta à l'étude des réactions de double décomposition entre sels neutres, le conduisit à poser des équivalences entre les parties acides et les parties basiques à l'intérieur d'un même sel et d'un sel à l'autre. Et, peut-être à cause de sa volonté affirmée de tout ramener à des relations mathématiques, il forgea le mot et le concept de stœchiométrie avec sa fameuse loi dite des nombres proportionnels. Les quantités de deux corps A et B qui se combinent à un troisième corps C sont dans un rapport simple avec les quantités d'A et B qui se combinent entre elles. Les résultats obtenus sur des composés chimiques simples permirent à Proust, élève de Rouelle comme Lavoisier, de formuler plus clairement, vers 1808, la loi des proportions définies : deux corps simples se combinent toujours dans les mêmes proportions lorsqu'ils forment un même composé, lui-même défini par une composition fixe.

2.1.8 Loi de Lavoisier : loi de la conservation de la matière (1789)

Antoine Laurent de Lavoisier (1743- 1794) est l'un des fondateurs de la chimie moderne. Il développa l'étude des bilans massiques des réactions chimiques grâce à des pesées rigoureuses des réactifs et des produits. Il énonça en 1774, la loi de la conservation de la matière : la masse totale des produits formés est égale à la masse totale des réactifs

consommés. En d'autres termes, au cours d'une réaction chimique, **rien ne se perd, rien ne se crée**, il y a **conservation de la matière**. En s'appuyant sur un certain nombre d'expériences, Lavoisier eut l'idée que les transformations physico-chimiques de la matière n'impliquaient aucune création ou destruction de la matière mais seulement, son réarrangement. Pour un système en équilibre comme ceci :

réactifs → produits

$$\sum \text{masse réactifs} = \sum \text{masse produits.}$$

Le concept de masse a été présenté comme une mesure de la quantité de matière présente dans un système et celui d'énergie comme étant la capacité d'un système à effectuer le travail.

2.1.9 Loi de Proust : loi des proportions définies (1805)

La loi des proportions définies est une loi pondérale énoncée par Joseph Proust selon laquelle, « lorsque des corps simples s'unissent pour former un corps composé défini, le rapport entre les masses de chaque réactif qui ont été consommées dans la réaction chimique est constant ». Il montrerait que non seulement la matière se conserverait lors des transformations chimiques mais aussi, la quantité d'élément restait constante. Il note également que si des éléments se combinent pour former un corps composé, les proportions des masses des éléments combinés restent invariables.

Exemple : Dans 18 g d'eau il y'a : 2 g d'hydrogène et 16 g d'oxygène.

2.1.10 Loi de Dalton : loi des proportions multiples (1808)

Énoncé par John Dalton en 1808, Cette loi stipule que : « lorsque deux éléments peuvent s'unir en donnant plusieurs composés, le rapport des masses d'un élément qui s'est associé à une même masse de l'autre dans deux de ces combinaisons est égal au rapport de deux nombres entiers ».

2.2. Cadre conceptuel de l'étude

2.2.1 Définition des concepts clés de l'étude.

Le concept et la conception possèdent plusieurs sens. Plusieurs auteurs ont écrit sur ce sujet mais, nous ne convoquerons que quelques-uns à savoir, le dictionnaire encarta (2009), André Giordan (2008), Thouin (2014), dictionnaire Larousse 2009.

2.2.1.1 Concept

Etymologiquement, Concept vient du participe passé latin conceptus, du verbe concipere, qui signifie « contenir entièrement », « former en soi ». Le concept se distingue donc aussi bien de la chose représentée par ce concept que du mot, de la notion, ou de l'énoncé verbal qui est le signifiant de ce concept mental.

Selon le dictionnaire encyclopédique (2009), le terme concept a deux sens.

Sens 1 : représentation mentale abstraite d'un objet, d'une idée conçue par l'esprit. C'est le synonyme d'abstraction.

Sens 2 : ensemble des caractéristiques d'un nouveau projet industriel ou commercial.

Le premier sens est celui qui cadre avec notre contexte d'étude.

La réaction chimique, par exemple, est bien un véritable concept qui nécessite une Capacité d'abstraction élevée.

Michel FOUCAULT dans : « la vie : l'expérience et la science », t. 4, paris , Gallimard , 1994 , p. 774-775) , écrit : « Former des concepts, c'est une manière de vivre et non de tuer la vie ; c'est une façon de vivre dans une relative mobilité et non pas une tentative pour immobiliser la vie ; c'est manifester , parmi ces milliards de vivants qui informent leur milieu et s' informent à partir de lui, une innovation qu'on jugera comme on voudra, infime ou considérable : un type bien particulier d' information ». Nous comprenons à travers cet extrait que FOUCAULT conçoit le concept comme idée innovante qui peut être modifiée.

De plus, il ajoute : « Au niveau le plus fondamental de la vie, les jeux du code et du décodage laissent place à un aléa qui, avant d'être maladie, déficit ou monstruosité, est quelque chose comme une perturbation dans le système informatif, quelque chose comme une

« méprise ». À la limite, la vie de par son caractère radical, c'est ce qui est capable d'erreur. Et si on admet que le concept, c'est la réponse que la vie a donné à cet aléa, il faut convenir que l'erreur est la racine de ce qui fait la pensée humaine et son histoire. L'opposition du vrai et du faux, les valeurs qu'on prête à l'un et à l'autre, les effets de pouvoir que les différentes sociétés et les différentes institutions lient à ce partage, tout cela n'est peut-être que la réponse la plus tardive à cette possibilité d'erreur intrinsèque à la vie. ». Nous comprenons que cette innovation survient lorsqu'on a constaté des erreurs sur la pensée antérieure et qu'on tente de les rectifier. Cette définition de Foucault rejoint l'idée selon laquelle, un concept ne peut être perçu que sous forme de modèle.

Selon le dictionnaire Larousse (2009), le concept est une représentation intellectuelle englobant tous aspects d'une idée, d'un objet, d'un ensemble d'objet.

Selon (Thouin, 2014), les concepts sont des représentations mentales générales et abstraites permettant d'organiser et de simplifier les perceptions et les connaissances.

2.2.1.2 Conception

Nous souhaitons d'abord préciser pourquoi l'on parle de conceptions et non de représentations dans notre travail de recherche.

Le terme « représentation » était beaucoup utilisé dans les recherches en didactique des sciences. Pourtant, il est importé de la psychologie notamment, sociale et génétique. Ce qui explique sa diversité d'emploi. En effet, la représentation était devenue

« Polysémique », « large », et « ambigu » (Clément, P., 1994, p. 17) et pouvait mener à une confusion avec l'idée de représentation graphique d'objets.

Au XIX^{ème} siècle, le terme de représentation a été notamment développé par Serge Moscovici, chercheur en psychologie sociale sous l'expression de « représentation sociale ».

Giordan et De Vicchi (1987) pensent qu'il n'existe pas une seule représentation sociale mais, une multitude de points de vue et de positions différentes parmi les individus ; ces variations peuvent être suffisamment importantes pour devoir être prises en compte dans la construction individuelle de la connaissance.

Puisque le terme de « représentation » est utilisé de plusieurs façons, Giordan, A. (1990) suggère de remplacer le terme de représentation par celui de conception pour éviter les confusions inhérentes à l'utilisation d'un même concept par deux champs de savoir différents

(didactique et psychologie sociale). Ce concept est surtout utilisé par les didacticiens de la deuxième génération. Pour eux, les conceptions que développent les élèves à propos du monde des phénomènes procèdent de l'opinion ou bien de ce que G. Bachelard appelle le « savoir commun », c'est-à-dire que ces conceptions entrent nécessairement en conflit avec la connaissance scientifique que l'école doit faire acquérir aux élèves. C'est pour cela que nous avons décidé d'utiliser dans notre recherche le terme « conception », mais non pas de « représentation »

Le dictionnaire encarta, donne la définition suivante de la conception :

- façon de voir (quelque chose) ;
- phase initiale de la création ou de la mise en œuvre (de quelque chose) ;
- création ou mise en œuvre (de quelque chose) ;
- le premier sens (façon de voir quelque chose) est celle qui cadre le plus avec le contexte de notre étude.

Le dictionnaire Larousse (2009) nous propose la définition suivante : c'est l'action d'élaborer, de concevoir quelque chose dans son esprit.

André Giordan (2008) donne une définition plus complète et précise de la conception d'un apprenant. Selon lui, une conception n'est pas ce qui émerge en classe, c'est-à-dire ce que l'élève dit, écrit ou fait. Elle correspond à la structure de pensée sous-jacente qui est à l'origine de ce que l'élève pense, dit, écrit ou dessine.

Une conception est le fruit de l'expérience antérieure de l'apprenant. C'est à la fois sa grille de lecture, d'interprétation et de prévoir de la réalité que l'individu traite et sa prison intellectuelle. Il ne peut comprendre le monde qu'à travers elle. Elle renvoie à ses interrogations (ses questions). Elle prend appui sur ses raisonnements et ses interrogations (son mode opératoire), sur les autres idées qu'ils manipulent (son cadre de références), sur sa façon de s'exprimer (ses signifiants) et sur sa façon de produire du sens (son réseau sémantique). Ces divers éléments ne sont évidemment pas facilement dissociables ; ils sont totalement en interaction comme l'indique le schéma ci-dessous.

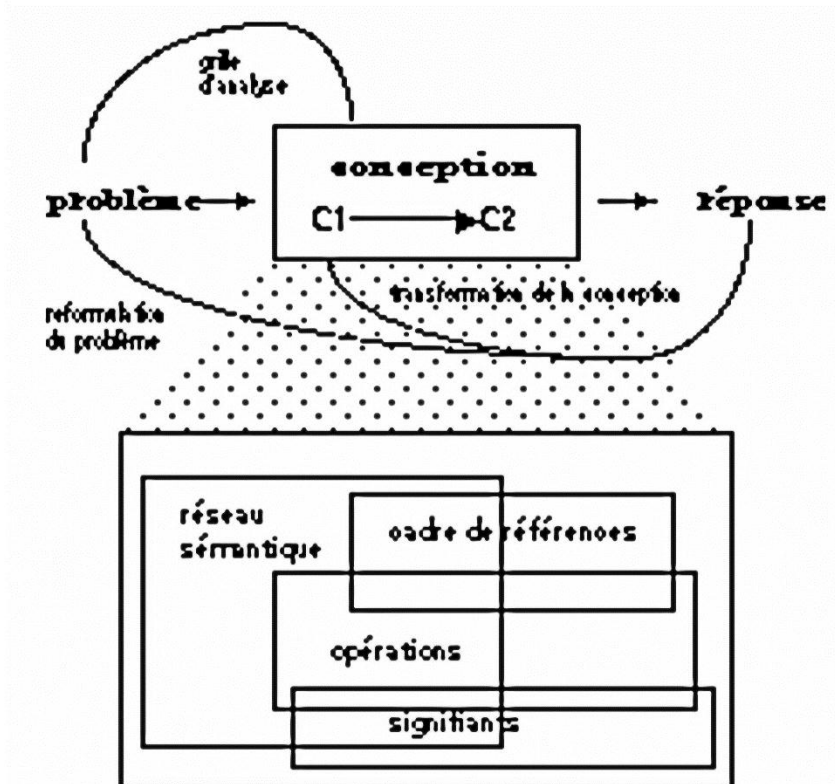


Figure 12: schéma illustratif de la conception selon Giordan. A (2008)

Giordan résume le mot conception en ces termes :

CONCEPTION = f (P : C : O : R : S) Où :

Le problème (P) : la représentation renvoie à l'ensemble de questions qui induisent ou provoquent sa mise en œuvre ;

Le cadre de références (C) : la représentation s'appuie sur un ensemble d'autres représentations qui forment un système et sont mobilisées par le sujet pour produire sa nouvelle représentation ;

Les opérations mentales (O) : la représentation est le produit de raisonnements invariants permettant au sujet de mettre des éléments en relation, de faire des inférences ;

Le réseau sémantique (R) : cette organisation interactive produit un réseau de significations capable de donner à la représentation un sens bien spécifique ;

Les signifiants (S) : l'ensemble des signes et symboles renvoyant à la façon de s'exprimer du sujet.

2.2.2 Les origines des conceptions

Les didacticiens tels qu'Astolfi, Develay et Brousseau prêtent aux conceptions au moins cinq origines :

- **psychogénétiques** (Piaget) : les conceptions sont dues à l'inachèvement du développement de l'enfant. Des adhérences aux fonctions intellectuelles de l'enfant (adualisme, anthropomorphisme, animisme, égocentrisme, artificialisme, réalisme) entravent la prise en compte de la réalité objective ;
- **épistémologiques** (Bachelard) : il existe des modes de pensée qui génèrent des obstacles qui sont entre autres l'opinion et tout ce « complexe impur des intuitions premières ». Un exemple d'obstacle épistémologique : comprendre qu'il existe une infinité de nombres entre 13 et 14. D'autres chercheurs postulent que les obstacles rencontrés par les élèves renvoient à la nature même du savoir ;
- **didactiques** : les difficultés sont générées par les situations didactiques elles-mêmes, la manière dont les savoirs scolaires construisent une réalité propre à instituer des conventions qui ne sont plus remises en cause. Un exemple d'obstacle didactique est la manière dont est présenté le planisphère, avec des équivalences entre le nord, le haut et le dessus ;
- **sociologiques** (Moscovici) : elles proviennent dans ce cas des représentations sociales et des préjugés. Par exemple, la pensée commune sur la raison forcément exogène de la maladie empêche de penser les maladies génétiques ;
- **psychanalytiques** (Freud) : les conceptions relèvent alors du fantasmatique, des contenus psychiques, de l'affect et de l'histoire personnelle de l'individu.

2.2.3 Obstacles et erreurs

Puisque dans notre étude, nous allons nous intéresser à la conception des élèves concernant la réaction chimique, nous pensons que définir le concept d'erreur est nécessaire avant d'entrer dans l'analyse des conceptions pour connaître les types d'erreurs et les obstacles qui pourraient les induire.

2.2.3.1 Erreurs

Vu du mauvais œil, autrefois, l'erreur a été perçue comme la conséquence directe d'un défaut de motivation et d'intérêt de la part de l'apprenant, comme aboutissement de son

niveau d'intelligence. Elle était assimilée à une faute, un dysfonctionnement, un signe négatif particulièrement centré sur l'élève.

Aujourd'hui, le statut dramatique de l'erreur n'est plus. Elle n'est plus considérée comme synonyme d'échec irrémédiable. C'est un outil privilégié que l'enseignant pourrait exploiter afin de détecter les lacunes et les faiblesses pour en établir les démarches d'apprentissage et les approches appropriées.

Selon Brousseau (1998), un didacticien en mathématiques, « l'erreur est l'effet d'une connaissance antérieure qui avait son intérêt, ses succès, mais, qui maintenant, se révèle fausse ou simplement inadaptée. Aussi bien dans le fonctionnement du maître que dans celui de l'élève, l'erreur est constructive du sens de la connaissance acquise ».

Astolfi (2003) (cité dans Tinas, 2013) distingue huit types d'erreurs :

- des erreurs relevant de la compréhension des consignes de travail
- des erreurs résultant d'habitudes scolaires ou d'un mauvais décodage des attentes.
- des erreurs dues aux conceptions des élèves
- des erreurs liées aux opérations intellectuelles impliquées.
- des erreurs portant sur les démarches adoptées.
- des erreurs dues à une surcharge cognitive.
- des erreurs ayant origine dans une autre discipline.
- des erreurs causées par la complexité propre du contenu

2.2.3.2 Obstacles

Les obstacles sont définis par Bachelard (1938) comme étant une source d'inertie, de blocage. Les erreurs sont la manifestation d'obstacles. Ces erreurs ne sont pas le fait du hasard. Fugaces (passagères), erratiques (irrégulières), elles sont reproductibles et persistantes. Pour un E/A réussi, il est important d'identifier les obstacles sous-jacents aux erreurs commises par les apprenants.

La notion d'obstacle n'est pas concrètement définie. Dans le but de cerner cette notion, intéressons-nous à sa manifestation, aux manières de la franchir et à ses origines.

2.2.3.3 Manifestation des obstacles

Chez un même sujet, les erreurs, manifestations des obstacles sont liées entre elles par une source commune : une manière de connaître, une conception caractéristique, une « Connaissance » ancienne qui a réussi dans tout un domaine d'actions (Brousseau, 1998).

L'obstacle, les prévisions, les conséquences oubliées, les ramifications imprévues... Il va résister au rejet, il tentera comme il se doit, de s'adapter, de se modifier aux moindres frais.

Ainsi, même après être corrigées, il arrive que les erreurs ne disparaissent pas radicalement, que d'un seul coup, elles résistent, elles persistent puis resurgissent et se manifestent longtemps après que le sujet ait rejeté le modèle défectueux de son système cognitif conscient. Il est inévitable que ces obstacles conduisent à des conceptions erronées.

En rapprochant les erreurs de quelques autres, on comprend que de façon inconsciente, un apprenant est considéré comme une connaissance, avec des objets, des relations, des méthodes d'appréhension fait un certain raisonnement, faussé par une représentation incorrecte des réels qui remonte à un enseignement antérieur.

2.2.4 Franchissement des obstacles

Les erreurs et leurs obstacles sous-jacent étant tenaces, il faut un flux suffisant de situations nouvelles, inassimilables par l'élève, qui va les déstabiliser, les rendre inefficaces et fausses. L'élève va rendre nécessaire leur rejet ou leur oubli, jusqu'à dans leurs ultimes manifestations.

Ainsi, le franchissement d'un obstacle exige un travail de même nature que la mise en place d'une connaissance, c'est-à-dire des interactions répétées, dialectiques de l'élève avec l'objet de sa connaissance.

Ainsi, si l'on veut déstabiliser une notion assez enracinée, il est nécessaire que l'élève puisse investir suffisamment ses conceptions dans des situations, assez nombreuses et importantes pour lui et, aux conditions informationnelles suffisamment différentes pour qu'un saut qualitatif soit nécessaire.

2.2.5 Origine des obstacles

Ces obstacles à l'appropriation par l'élève de certaines notions peuvent être dus à plusieurs causes. On trouvera ainsi des obstacles : d'origine ontogénique, didactique, épistémologique et psychologique.

Les obstacles d'origine ontogénique ou obstacles psychogénétiques sont une idée de Piaget. Ils surviennent du fait des limitations, neurophysiologiques entre autres, du sujet à un moment de son développement ; ils développent des connaissances appropriées à leurs moyens et à leurs buts à cet âge-là. L'âge de l'enfant empêche de comprendre.

Ce sont donc des obstacles dus aux limitations psychologiques et propres aux facultés de l'apprenant

Obstacle d'origine didactique : « un obstacle didactique est une représentation de la tâche induite par un apprentissage antérieur, étant la cause d'erreurs systématiques et faisant obstacle à l'apprentissage actuel ».

« Il y a obstacle lorsque les conceptions nouvelles à former contredisent les conceptions antérieures bien assises de l'apprenant » (Bednarz, Garnier, 1989).

Brousseau (1998) parle de l'obstacle didactique lorsque les choix pédagogiques de l'enseignant ou du système éducatif sont erronés. Ces derniers vont fonctionner comme obstacle à l'apprentissage des nouvelles connaissances et induit l'élève en erreur. Un obstacle didactique est donc une représentation négative de la tâche d'apprentissage induite par un apprentissage antérieur faisant entrave à un apprentissage nouveau.

Les obstacles didactiques sont donc ceux qui semblent ne dépendre que d'un choix ou d'un projet du système éducatif.

Obstacles d'origine épistémologique : est une expression du philosophe Gaston Bachelard exposée dans *La formation de l'esprit scientifique* en 1938. Dans ce livre, Bachelard cherche à réaliser une psychanalyse de la connaissance, c'est-à-dire identifier quels soubassements inconscients conduisent l'esprit du chercheur à mal interpréter des faits. Ces soubassements viennent se placer entre le désir de connaître du scientifique et l'objet qu'il étudie. Cet obstacle l'induit en erreur quant à ce qu'il croit pouvoir savoir du phénomène en question. Le qualificatif « épistémologique » signifie que l'obstacle est lié à l'esprit

scientifique lui-même, il est interne à l'acte de connaître (épistème vient du grec et signifie la connaissance).

Bachelard (1938) considérait ces obstacles épistémologiques comme le moteur de l'évolution de la connaissance, puisqu'ils constituent la rupture qui dynamise le progrès de la connaissance. On peut les retrouver dans l'histoire des concepts eux-mêmes.

Il les définit comme étant « des causes d'inertie » provoquant des lenteurs et des Troubles puis, il en identifie huit :

- l'obstacle de l'expérience première ;
- l'obstacle de la connaissance générale ;
- l'obstacle de l'utilisation abusive des images familières ou l'obstacle verbal
- l'obstacle de la connaissance unitaire et pragmatique ;
- l'obstacle substantialiste, réaliste ;
- l'obstacle animiste ;
- l'obstacle de libido ;
- et, celui de la connaissance quantitative.

Plus tard, d'autres listes ont été dressées et des études à ce sujet sont toujours en cours (Vienot, 1979 cité dans Coppens, 2017).

Les obstacles psychologiques : ce sont les obstacles qui se présentent lorsque l'apprentissage vient en contradiction avec les représentations profondément ancrées chez l'apprenant, ou lorsqu'il induit une déstabilisation inacceptable.

2.2.6 L'objectif-obstacle

L'objectif-obstacle : résulte du mariage de deux concepts qui sont a priori contradictoires : les obstacles et les objectifs. Pour Martinant (1982) « le couplage est une tentative pour faire rejoindre deux courants : celui des pédagogues qui cherchent, à travers les objectifs, à rendre plus efficaces les actions didactiques, et celui des épistémologues qui s'intéressent aux difficultés qu'affronte la pensée scientifique... »

Pour le processus de mise en œuvre du concept d'objectif -obstacle, Astolfi (1989) fournit un dispositif en six étapes :

- repérer les obstacles à l'apprentissage (dont les représentations font partie) sans les négliger ni les survaloriser ;

- définir inversement et de manière plus dynamique, le progrès intellectuel correspondant à leur éventuel franchissement ;
- sélectionner parmi la diversité des obstacles repérés, celui (ou ceux) qui paraît franchissable au cours d'une séquence produisant un progrès intellectuel décisif ;
- fixer comme objectif le déplacement de cette obstacle jugé franchissable ;
- traduire cet objectif en termes opérationnels selon les méthodologies classiques de formulation des objectifs ;
- construire un dispositif (ou plusieurs) cohérent avec l'objectif, ainsi que des procédures de remédiation en cas de difficulté.

2.3. Le concept de réaction chimique

2.3.1. Définitions

L'union internationale de chimie pure et appliquée (UICPA) qui définit pour la chimie une nomenclature universellement utilisée, donne la définition suivante de « réaction chimique » : « la réaction chimique est un processus qui a pour résultat la conversion d'une ou de plusieurs espèces chimiques en une ou plusieurs autres espèces chimique ». Il est intéressant de noter les deux points suivants :

cette définition officielle ne fait pas appel à la notion microscopique de molécule (ou d'ion ou d'atome) mais, à la notion d'espèce chimique qui peut par ailleurs être définie macroscopiquement par ses propriétés ou microscopiquement par sa structure électronique ;

si l'on consulte les manuels, il est rare de trouver une définition précise de la réaction chimique. Elle vient toujours après les définitions microscopiques d'atome, de molécule ... et reflète presque toujours cet aspect du phénomène. Il apparaît donc que la notion d'espèce chimique est la pierre angulaire de tout travail en chimie.

(R, Barlet et D, Plouim, 1994) dit que la réaction chimique ne peut s'expliquer que si on a une parfaite connaissance de la structure moléculaire. Elle se définit comme le mode de transformation de la matière par lequel, les liaisons entre les atomes des « réactifs » se réarrangent, se redistribuent pour donner des liaisons nouvelles dans les « Produits ». On passe ainsi d'espèces chimiques bien identifiées à d'autres espèces de composés nouveaux. La

réaction chimique ainsi définie, débouche sur de multiples interrogations dues à sa complexité et à sa diversité.

Cependant, Stavridou et Solomonidou (1994) ont ainsi relevé trois définitions de la réaction chimique utilisées dans les manuels de chimie.

Les réactions chimiques sont des processus par lesquels une ou plusieurs substances se transforment en une ou plusieurs autres substances.

La réaction chimique est la transformation d'une ou de plusieurs molécules (réactants) en d'autres molécules.

Réarrangement des atomes, des ions ou des radicaux d'une ou de plusieurs substances, qui aboutit à la formation de nouvelles substances qui souvent ont des propriétés complètement différentes. (Stavridou et Solomonidou, 1994, p. 75).

Le livre au programme (collection DEWATEK) en classe de quatrième nous propose la définition suivante : Une réaction chimique est une transformation au cours de laquelle, des corps disparaissent et des corps nouveaux apparaissent.

Le livre au programme collection (DEWATEK) en classe de troisième nous propose la définition suivante de la réaction chimique : Une réaction chimique est une transformation au cours de laquelle des corps purs sont consommés tandis que de nouveaux corps purs sont formés.

L'agir compétent en sciences physique nous propose la définition suivante : Une réaction chimique est une transformation au cours de laquelle des corps purs appelés réactifs disparaissent et simultanément des nouveaux corps purs appelés produits de la réaction se forment.

2.4 Théorie explicative du sujet

2.4.1 Le modèle KVP

Le modèle KVP est un modèle proposé par Clément (1998, 2004, 2006) pour analyser les conceptions. Selon ce modèle, les conceptions relatives à un thème scientifique peuvent être analysées en tant qu'interactions entre trois pôles : K pour les connaissances scientifiques (scientific knowledge), V pour les valeurs et P les pratiques sociales.

Mais en didactique des sciences, il sert à analyser des obstacles aux apprentissages de ce thème (synthèses dans Astolfi et al. 1997, Clément 2003 b) ou pour évaluer les éventuels changements conceptuels après une séquence d'enseignement.

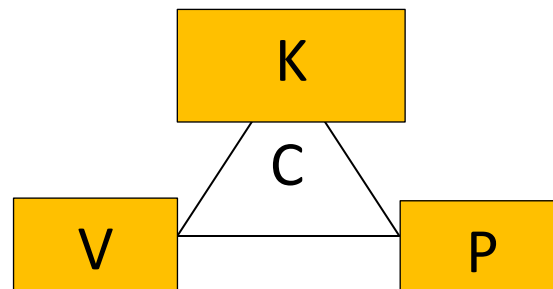


Figure 13: modèle KPV. Les conceptions (C) peuvent être analysées comme interactions entre les trois pôles : connaissances scientifiques (K), valeurs (V) et pratiques sociales (P). (P. Clément 2004, 2006)

➤ **Le pôle K : connaissances scientifiques**

Il s'agit des connaissances scientifiques identifiables dans toutes conceptions sur un thème scientifique auprès des apprenants. C'est le pôle classique de référence en didactique des sciences où on trouve entre autres, les différents types de médiatisations des sciences ou encore, les manuels scolaires essentiels pour la promotion et le reformatage de certaines connaissances scientifiques publiées. Dans le cadre de notre étude, nous allons utiliser le pôle K pour analyser les conceptions des élèves.

➤ **Le pôle P : pratiques sociales**

Ce pôle a été introduit par Martinant (1986, 2000). Elle remarque que dès le secondaire puis dans les grandes écoles, de nombreuses formations sont professionnalisantes. Les connaissances scientifiques enseignées sont donc resituées par rapport aux pratiques professionnelles visées, qu'elle-même sont un objectif de l'enseignement. De plus, le pôle P renvoie aussi aux pratiques citoyennes et toute pratique sociale. Ce qui pourra nous permettre de montrer dans notre analyse que, les connaissances scientifiques reçues par les élèves après le cours sur la notion de réaction chimique, peuvent être formatées par leurs pratiques tant au niveau des technologies auxquelles ils ont accès, qu'au niveau de leur enseignant. Car, les connaissances scientifiques qu'un enseignant délivre, dépendent aussi de ses pratiques, de son goût pour les médias ou les nouvelles technologies.

➤ **Le pôle V : valeurs**

C'est le pôle le plus nouveau du modèle KVP. Selon les valeurs de la science, elle renvoie au nom de valeurs (juger du valide et du non valide) que le chercheur scientifique qualifie ou disqualifie selon certaines conceptions. Mais, une définition de base des « valeurs » envoie à « ce qui fonde le jugement » (Clément et Quesada, 2008).

2.5 Concepts associés au concept de réaction chimique

2.5.1 Définitions

L'UICPA nous propose la définition suivante :

- atome : plus, petite entité d'un élément chimique qui possèdent les propriétés chimiques de cet élément.
- molécule : est une entité électriquement neutre comprenant plus d'un atome.
- ion : espèce chimique électriquement chargée, c'est-à-dire un atome ou un groupe d'atomes qui a perdu ou gagné un ou plusieurs électrons par rapport à son état neutre.

Étymologiquement, "atome" vient du grec ancien "atomos", qui signifie « indivisible » ou "qui ne peut pas être coupé". C'est une particule infiniment petite et indivisible constituant la matière.

Le dictionnaire de français Larousse nous propose les définitions suivantes :

- atome : le dictionnaire de français Larousse définit l'atome comme constituant fondamental de la matière dont les mouvements et les combinaisons rendent compte de l'essentiel des propriétés macroscopiques de celle-ci.
- molécule : elle est une particule formée d'atomes et qui représente pour un corps pur qui en est constitué, la plus petite quantité de matière pouvant exister à l'état libre.
- ion : quant à lui, est une particule chargée électriquement et formée d'un atome ou d'un groupe d'atomes ayant gagné ou perdu un ou plusieurs électrons.

Le livre au programme (collection DEWATEK) nous propose la définition suivante :

- atome : est la plus petite entité élémentaire de la matière.
- molécule : est un assemblage bien ordonné d'atomes liés entre eux.
- ion : est un atome ou une molécule ayant gagné ou perdu au moins un électron

L'agir compétent en science physique nous propose la définition suivante :

- atome : est une entité extrêmement petite qui constitue la matière.
- molécule : est un assemblage électriquement neutre, formé d'atomes, liés entre eux par des liaisons covalentes.
- ion : est un atome ou molécule ayant perdu ou gagné un ou plusieurs électrons.

L'UICPA nous propose les définitions suivantes de transformation physique/chimique :

- transformation physique : est un changement dans les propriétés des substances, sans que sa composition chimique ne soit modifiée.
- transformation chimique : est un changement dans la composition chimique d'une substance qui se produit lorsque des liaisons chimiques sont rompues et que de nouvelles liaisons sont formées, créant ainsi une nouvelle substance chimique.

Le livre au programme (excellence en science) classe de 5^{ème} nous propose les définitions suivantes :

- transformation physique : est une transformation qui ne change pas la nature des corps.
- transformation chimique : est une transformation qui change la nature des corps.

Wikipédia : consulté le 07 septembre 2023 à 09h25 min nous propose la définition suivante :

- transformation physique : est le passage d'un ou de plusieurs corps d'une forme à une autre, sans modification de la structure moléculaire ou nucléaire des différents constituants des corps mis en jeu.
- transformation chimique : est le passage d'un ou de plusieurs corps à d'autres corps différents des premiers, sans modification de la structure nucléaire des différents atomes mis en jeu.

Google : consulté le 07 septembre 2023 à 09h43 min nous propose la définition suivante :

- transformation physique : est le passage d'un corps d'une forme physique à une autre, sans modification de la nature des molécules mises en jeu.
- transformation chimique : est la modification d'un système chimique évoluant d'un état initial à un état final.

Dans ce chapitre, il était question pour nous de faire une étude historique et épistémologique du concept de réaction chimique. Présenter le cadre conceptuel de notre étude, la théorie explicative qui permet une bonne analyse du sujet tel que le modèle KPV de Pierre Clément. Dans le chapitre suivant, nous allons indiquer la méthodologie à suivre pour analyser les données recueillies

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE

Dans ce chapitre consacré à la méthodologie, nous énonçons et décrivons la population cible, l'échantillon utilisé, la méthode et les techniques qui ont été utilisées. En combinant ces méthodes et techniques, nous avons déroulé à bien, les différentes étapes dans la réalisation de notre étude. Bien plus, elles ont été mobilisées dans d'autres phases à savoir, la phase de récolte des données sur le terrain et la phase d'analyse des données recueillies auprès des apprenants.

3.1 Approche méthodologique

Cette recherche préconise une approche mixte. Cette dernière permet d'expliquer le réel qui semble être morcelé dans une situation de recherche, (Paillé et Mucchieili, 2008). Dans notre recherche, nous avons utilisé la méthode mixte parce que nous avons d'une part, les données qualitatives, d'autre part les données quantitatives. De plus, nous avons jugé utile de choisir la méthode mixte, pour avoir plus d'informations, afin d'approfondir le sujet de la recherche. Les résultats obtenus peuvent être plus complète et plus précis que ceux obtenus par une seule méthode.

Ainsi, la méthodologie qui est à l'œuvre consiste en la distribution des questionnaires aux élèves (**annexe 5**). Les termes retenus pour le questionnaire ont été déterminés en fonction de la revue de littérature, des objectifs, de la question de recherche ainsi que les concepts clés de notre étude, sans oublier le programme officiel des classes de quatrième et troisième.

3.1.1 Définition de la population cible

Selon Mucchieli (1971, p. 16), la population ou l'univers d'enquête est un ensemble de groupe auxquels s'intéresse une étude, ayant tous une caractéristique commune.

La population cible est l'ensemble des individus sur lesquels les résultats d'une étude peuvent être appliquées. La population cible est constitué de l'ensemble des élèves du

secondaire au Cameroun. Étant donné l'impossibilité pratique de travailler avec tout cet ensemble, nous avons préféré cibler une franche accessible de cette population parentale.

La population accessible est la partie de la population dont l'accès s'ouvre aisément au chercheur sans difficultés manifestes. En l'espèce, ce sont les élèves de la classe de troisième du Collège Jésus Marie de Simbock, établissement confessionnel bilingue d'obédience catholique à cycle complet situé dans le département du MFOUNDI, région du centre de la république du Cameroun.

Cet établissement d'enseignement secondaire a été choisi respectivement pour des critères suivants :

Collège Jésus Marie : établissement confessionnel bilingue d'obédience catholique situé dans l'arrondissement de Yaoundé 6, dans une zone considérée comme rurale est une institution qui accueille les élèves provenant presque des dix régions que compte le Cameroun ; et d'obédience religieuse différente. De plus, les effectifs dans les classes de troisième respectent les normes prévues par les textes dont, 60 élèves par classe.

3.1.2 L'échantillon de l'étude

Dans le cadre de notre recherche, l'échantillon de l'étude est constitué de 50 apprenants. La technique d'échantillonnage que nous avons utilisée est la méthode d'échantillonnage intentionnel. Les élèves de cette classe sont âgés entre 13 et 16 ans. Ils ont suivi tous le cours sur les transformations de la matière et plus précisément, sur la notion de réaction chimique. C'est à la suite de ces enseignements que surgissent souvent des conceptions. Pourquoi s'intéresser à l'âge des élèves ? D'après les théories piagésiennes, la conception des apprenants dépend étroitement de leur développement intellectuel. En effet, Piaget (1948) affirme que le développement cognitif de l'enfant d'âge scolaire passe par quatre stades. Il s'agit d'une étape dans le découpage chronologie du développement qui va du bébé à l'adolescent.

3.1.3 Type de recherche

L'étude que nous menons est une recherche de nature exploratoire. Comme son titre l'indique, il s'agit ici d'identifier et d'analyser les conceptions que se font les apprenants sur le concept de réaction chimique.

3.1.4 Méthode de la recherche : méthode mixte

3.1.5 Outil de collecte des données

Pour réaliser cette étude, nous avons utilisé la méthodologie d'analyse descriptive qui a pour but d'identifier les conceptions des apprenants sur le concept de réaction chimique. Les données nécessaires ont été recueillies par un test de diagnostic illustré par le questionnaire. Afin de s'assurer de la forme, la compréhension des items, le questionnaire a d'abord été administré à un échantillon de cinq apprenants lundi 22 mai 2023. Le test a été effectué mardi 23 mai 2023, avec un temps de passage de 45 min (dix minutes prévues pour expliquer les deux activités étapes par étapes aux apprenants, 5 minutes réservées aux questions, et trente minutes pour le test proprement dit).

Avant la distribution du questionnaire, nous avons pris le soin d'expliquer aux apprenants qu'il était anonyme, n'était pas noté et n'entraînait aucune forme d'évaluation de la part de l'enseignant.

Le questionnaire a été utilisé pour différentes raisons :

❖ avantages

Il est un instrument pertinent de recueil de la conception. Il garantit l'anonymat du répondant et lui permet de s'exprimer librement, sans crainte d'être jugé à partir des réponses (Ayina, 2007) ;

Il permet d'obtenir rapidement des réponses chez un grand nombre d'apprenants en un laps de temps. Sa manipulation est très aisée car, elle donne l'opportunité aux apprenants de travailler au même moment sur le même sujet. Néanmoins, il présente également des inconvénients.

❖ inconvénients

C'est un instrument permettant de recueillir peu d'informations détaillées. La situation dans laquelle le participant remplit le questionnaire n'est souvent pas contrôlable. De ce fait, le chercheur doit faire une bonne exploration afin de satisfaire les attentes des répondants.

3.1.6 Analyse à priori du questionnaire

Nous avons choisi les concepts de transformation physique, transformation chimique dans notre questionnaire parce que, ce sont les concepts associés au concept de réaction chimique qui figurent dans le programme de 4^{ème} / 3^{ème}.

Le questionnaire adopté est constitué de deux activités. La première activité a pour but de définir le concept de transformation physique et de donner un exemple de transformation physique. La deuxième activité vise à différencier la transformation physique de la transformation chimique à partir des exemples de quelques réactions étudiées en classe de quatrième et la continuité en classe de troisième (**voir annexe3 et 4**). Il faut noter que les transformations chimiques auxquelles réfère cette recherche sont principalement des combustions.

On peut remarquer que les phénomènes dont l'étude est proposée aux élèves lors de cette première approche des réactions chimiques ne sont pas toujours simples : combustion d'une bougie, de méthane, oxydation du fer ...etc. la raison qui préside à ces choix consiste à s'appuyer sur les connaissances que les élèves ont pu acquérir par l'observation de leur environnement, à ne pas établir de rupture entre vie courante et apprentissage scolaire scientifique.

Tableau 5: analyse à priori du questionnaire

N°	Questions	Réponse attendue	Objectif
Q1-a)	Définir : - Transformation physique.	Est le passage d'un corps d'un état physique à un autre sans modification de la nature des substances.	Nous voulons savoir si les apprenants savent qu'au cours d'une transformation physique les corps en présence passent juste d'un état physique à un autre état physique sans modification de la nature des corps en présence.
Q1-b)	Donner un exemple de transformation physique.	Les changements d'états. Exemple : une glace qui fond dans un verre d'eau au soleil.	Nous voulons voir si après la définition du concept de transformation physique les apprenants sont capables de donner un exemple.
Q1-c)	Que représente les lettres s , l et g dans l'équation ci-dessus.	Les différents changements d'état de l'eau.	Cette question comme les deux autres précédentes est de savoir si les apprenants ont une idée des lettres s , l et g dans l'équation de la transformation physique de l'eau qui leur est proposé.
Q2-a)	Expliquez pourquoi la bougie de la figure 2 s'éteint.	La bougie de la figure 2 s'éteint, car l'air contenu dans le milieu ne permet pas à la bougie d'entretenir la flamme contrairement au dioxygène.	Nous voulons voir si les apprenants savent que la combustion de la bougie est une réaction qui s'effectue en présence du dioxygène.
Q2-b)	Pourquoi peut-on dire que la combustion de la bougie est une transformation chimique ?	Parce qu'elle s'effectue en présence du dioxygène de l'air.	L'objectif de cette question est de savoir si les élèves savent que sans dioxygène, il n'y a pas de combustion possible

Q2-c)	Qu'est-ce qu'une transformation chimique ?	Est une transformation de la matière par lequel les liaisons entre les atomes des « réactifs » se réarrangent, se redistribuent, pour donner des liaisons nouvelles dans leurs « produits »	Nous voulons voir si les apprenants savent qu'au cours d'une transformation chimique les atomes se réarrangent entre eux.
Q2-d)	Donner deux exemples de transformation chimique	<ul style="list-style-type: none"> - La combustion de la bougie dans le dioxygène : $\text{paraffine} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{C}$ - La combustion du méthane dans le dioxygène : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ - Combustion du soufre : $\text{S} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{SO}_2$ 	L'objectif de cette question est de savoir si après la définition du concept de transformation chimique les apprenants sont capables de les identifier.
Q2-e)	Justifier ta réponse	- Les transformations chimiques sont les transformations au cours de laquelle les corps de départ (réactifs) se transforment en d'autre corps (produits).	Nous voulons voir si les apprenants identifient les transformations chimiques en se référant aux réactions de combustions vues en cours.

Ce chapitre consacré à la méthodologie a permis d'abord de décrire la population cible, l'échantillon de l'étude. Ensuite, le type de recherche, la méthode de recherche et l'outil de collecte de données. Enfin l'analyse a priori du questionnaire. Dans le chapitre suivant, il convient d'appliquer ces méthodes pour analyser les résultats de notre enquête

CHAPITRE 4 :

PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS

Dans ce chapitre, il est question d'analyser les conceptions des élèves des classes de troisième sur le concept de réaction chimique à partir des différents points traités dans le questionnaire.

4.1 Exploitation des questionnaires

Les questions posées auprès des élèves ont été regroupées en plusieurs catégories :

- ❖ premièrement : catégorie regroupant toutes les réponses relatives au concept de transformation physique de la matière.
- ❖ deuxièmement : catégorie regroupant les réponses relatives à la transformation chimique de la matière.

Ainsi, nous avons classé les réponses suivantes deux catégories principales :

- ❖ Bonnes réponses (BR) correspondant aux réponses attendues (RA) sur les questions.
- ❖ Mauvaises réponses (MR) correspondant aux fausses réponses à l'intérieur de laquelle, on retrouvait aussi bien les questions sans réponses (SR) que les réponses incomplètes.

L'ensemble a été consigné dans un tableau qui nous a permis d'analyser les questions les uns et les autres, présenter les résultats sous forme de diagramme.

4.2 Présentation des résultats du questionnaire d'enquête

Les questions qui constituent notre questionnaire sont présentées à l'annexe 5. Elles ont été administrées à un ensemble de 50 apprenants de la classe de troisième.

Le tableau 6 résume les scores obtenus auprès de 50 apprenants qui ont répondu aux questions du questionnaire. Il faut indiquer qu'à chaque question, nous lui associons un score de :

- 0 pour une réponse fausse ;
- 1 pour une réponse juste.

Tableau 6: Dépouillement des résultats

An	Q1-a	Q1b	Q1-c	Q2-a	Q2-b	Q2-c	Q2-d	Q2-e	Score
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	1	1	0	0	0	0	0	3
A3	1	1	0	0	0	0	1	0	3
A4	1	1	1	1	0	1	0	0	5
A5	0	0	0	1	0	1	1	0	3
A6	1	1	1	1	0	0	1	0	5
A7	0	1	0	1	0	0	0	0	2
A8	1	1	0	1	0	0	0	0	3
A9	0	1	0	1	0	0	0	0	2
A10	0	1	0	0	0	0	1	0	2
A11	1	1	0	1	0	0	0	0	3
A12	1	1	0	1	0	0	1	1	5
A13	1	1	0	0	0	0	1	0	3
A14	1	1	0	1	0	0	0	0	3
A15	1	1	1	1	0	0	1	1	5
A16	1	1	0	0	0	1	0	0	3
A17	1	1	1	1	0	0	0	0	4
A18	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A19	0	1	0	1	0	0	0	0	2

A20	1	1	1	1	0	0	0	0	4
A21	1	1	1	1	0	0	0	0	4
A22	1	1	1	0	0	0	0	0	3
A23	1	1	1	0	0	0	0	0	3
A24	1	1	1	1	0	0	0	0	4
A25	0	1	0	0	0	1	1	0	3
A26	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A27	1	1	0	1	0	0	0	0	3
A28	1	1	1	1	0	1	0	0	5
A29	1	1	1	1	0	0	1	1	6
A30	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A31	1	1	1	1	0	1	1	0	6
A32	0	1	1	1	1	1	1	1	7
A33	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A34	1	1	1	0	0	0	0	0	3
A35	1	1	0	1	0	0	0	0	3
A36	1	1	1	0	0	0	0	0	3
A37	0	1	1	0	0	0	0	0	2
A38	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A39	0	1	0	1	0	0	1	0	3
A40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A41	1	1	1	1	0	0	1	1	6
A42	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A43	0	1	0	1	0	0	0	0	2
A44	0	1	0	1	0	0	0	0	2

A45	1	1	1	0	0	0	0	0	3
A46	0	1	0	0	0	0	1	0	1
A47	0	1	0	0	0	0	1	0	1
A48	1	1	1	1	0	1	1	1	6
A49	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A50	0	1	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	27	47	20	26	1	8	16	6	146
FREQUENCE	54%	94%	40%	52%	2%	16%	32%	12%	

Source : enquête de terrain du 23mai 2023

4.2.1 Catégories des réponses des apprenants à la question Q1

4.2.1.1 Q1-a) qu'est-ce qu'une transformation physique ?

Tableau 7: Pourcentage des réponses des apprenants à la question Q1-a)

Catégories de réponses	Effectifs	Fréquences en %
1- Bonne réponse	27/50	54%
2- Mauvaise réponse	23/50	46%

Catégorie 1

a) Qu'est-ce qu'une transformation physique ? : est le passage d'un corps d'une forme physique à une autre forme physique sans modification de la nature des corps en présence.

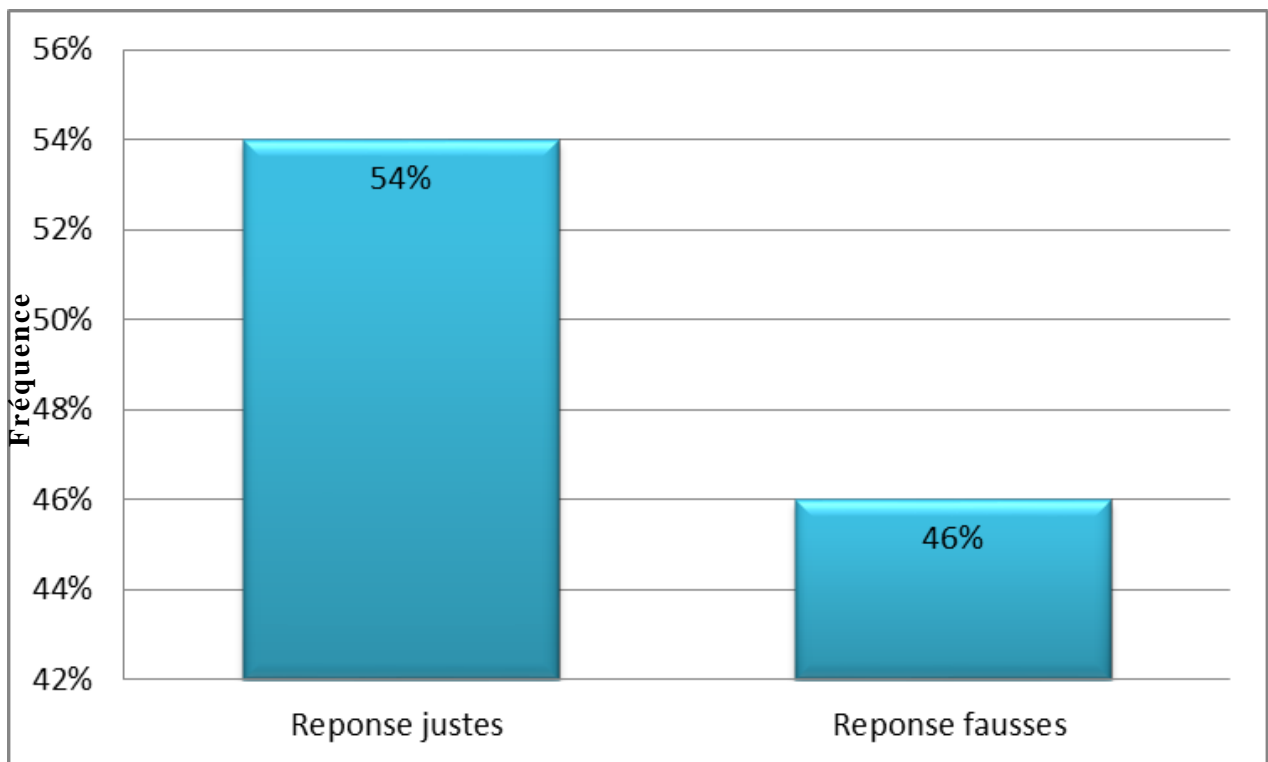
Figure 14: exemple de réponse d'élève à la question Q1-a catégorie 1

Catégorie 2

a) Qu'est-ce qu'une transformation physique ?

Une transformation physique est une opération au cours de laquelle des produits éléments disparaissent aboutissant à la formation d'un nouveau élément des éléments nouveaux mais différents en non en fonction des réactifs.

Figure 15: exemple de réponse d'élève à la question Q1-a catégorie 2



Graphique 1: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q1-a

Le tableau 7 présente la répartition des réponses des apprenants à la question Q1 -a) de l'activité 1 du questionnaire. Le pourcentage de bonne réponse s'élève à 54% contrairement au pourcentage de mauvaises réponses qui s'élève à 46%. Dans ce cas, le résultat de 54% de bonnes réponses indique que plus de la moitié des élèves ont une connaissance partielle de la définition de la transformation physique, en l'associant principalement au changement d'état de la matière en dépit de ce que les élèves aient déjà eu l'occasion d'apprendre le concept de transformation physique au cycle primaire et en classe de 5^{ème} (transformation physique de l'eau comme l'exemple mentionné dans le questionnaire). Le score enregistré là-dessus reste toujours bas. Ce qui indique la persistance des difficultés chez les élèves de la troisième à

apprendre correctement la signification des transformations physiques. Cependant, le résultat de 45% de mauvaises réponses indique que presque la moitié des élèves ont fourni des réponses incorrectes ou incomplètes.

4.2.1.2 Q1-b) Donner un exemple de transformation physique.

Tableau 8: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q1-b

Catégories de réponses	Effectifs	Fréquence en %
1- Bonne réponse	47/50	94%
2- Mauvaise réponse	3/ 50	6%

Catégorie 1

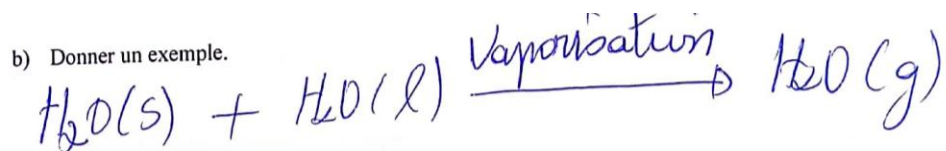


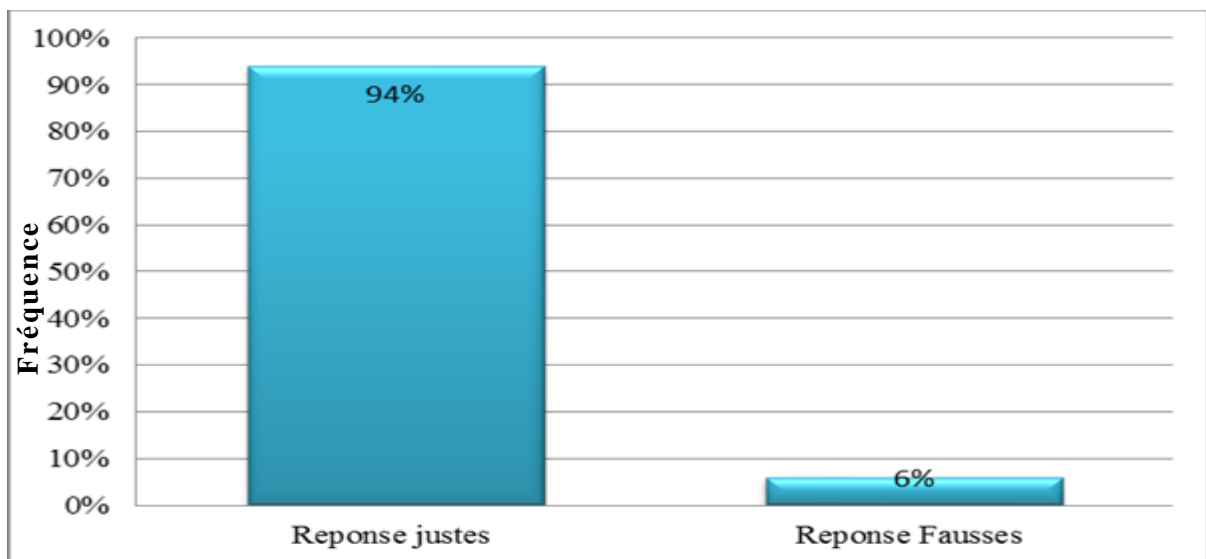
Figure 16: exemple de réponse d'élève à la question Q1-b catégorie 1

Catégorie 2

b) Donner un exemple.

L'eau à de basses températures devient solide.

Figure 17: exemple de réponse d'élève à la question Q1-b catégorie 2



Graphique 2: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q1-b

A cette question, nous enregistrons (94%) de bonne réponse. Ces résultats montrent que la grande majorité des apprenants ont une connaissance suffisante de la transformation physique en termes de changement d'état de la matière. Ce qui suggère que les élèves ont une bonne compréhension de ce concept. Néanmoins, nous enregistrons également un pourcentage de mauvaise réponse dont le taux est de 06%. Cela montre que malgré le fait que le concept de transformation physique est abordé depuis le cycle primaire, les difficultés de compréhension demeurent.

4.2.1.3 Q1-c) que représente les lettres s, l, g dans l'équation ci-dessus ?

Tableau 9: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q1-c

Catégories de réponses	Effectifs	Fréquences en %
1- Bonne réponse	20/50	40%
2- Mauvaise réponse	30/50	60%

Catégorie 1

c) Que représente les lettres s, l, et g dans l'équation ci-dessus

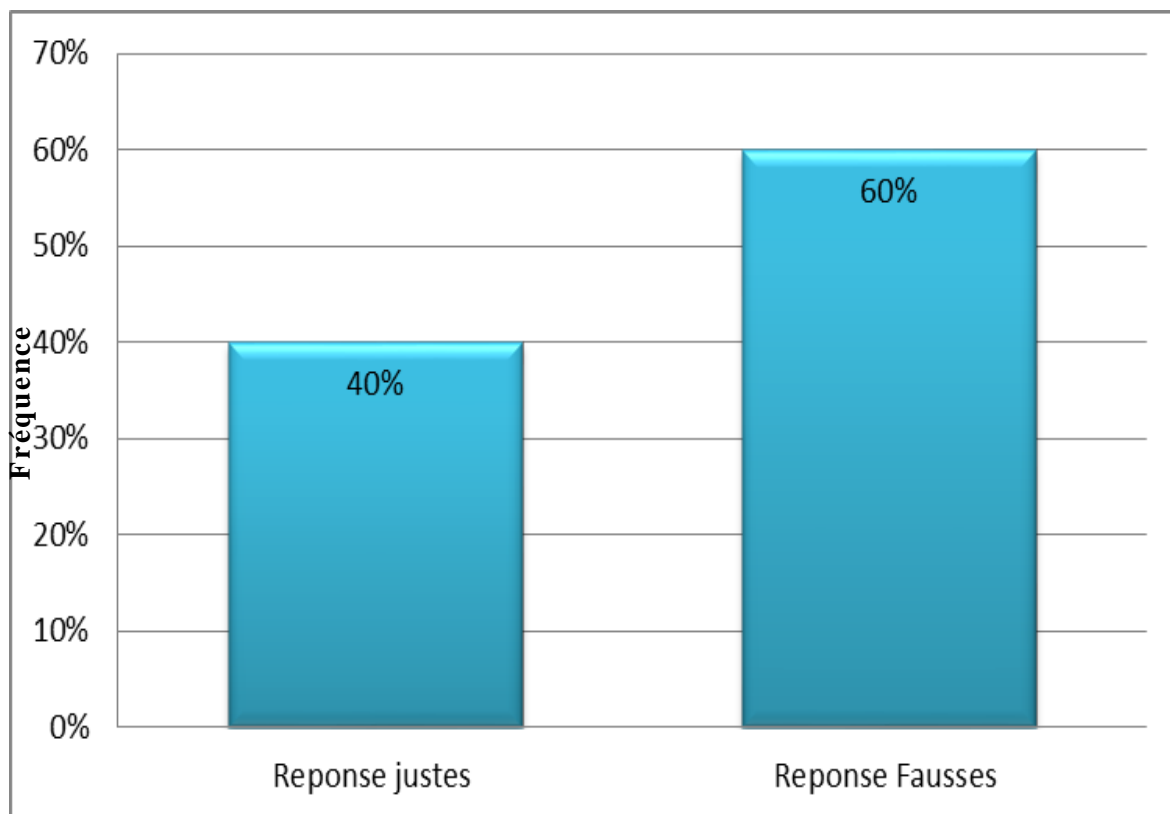
les changements d'états

Figure 18: exemple de réponse d'élève à la question Q1-c catégorie 1

c) Que représente les lettres s, l, et g dans l'équation ci-dessus

Elles représente des coefficients stoechiométrique

Figure 19: exemple de réponse d'élève à la question Q1-c catégorie 2



Graphique 3: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q1-c

Les résultats obtenus à cette question nous montrent que seulement 40% des élèves ont une connaissance suffisante pour identifier la signification des lettres s, l et g dans l'équation chimique, comme étant des changements d'états de la matière. Cela suggère que la majorité des élèves ont une compréhension insuffisante de ce concept, et que 60% ne voient pas ces lettres comme étant des changements d'états ; sans doute par ce que la conceptualisation des lettres s, l, g leur font défaut. La plupart d'entre eux représente **S** comme étant solide, **l** comme étant liquide et **g** comme étant gazeux et d'autre font même allusion au coefficient stœchiométrique.

4.2.2 Catégories des réponses des apprenants à la question Q2

4.2.2.1 Q2-a) expliquer pourquoi la bougie de la figure 2 s'éteint.

Tableau 10: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2-a

Catégories de réponses	Effectifs	Fréquences en %
1- Bonne réponse	26/50	52%
2- Mauvaise réponse	24/50	48%

Catégorie 1

a) Expliquer pourquoi la bougie de la figure 2 s'éteint.

La bougie de la figure 2 s'éteint car elle ne contient pas de dioxygène pour entretenir la flamme.

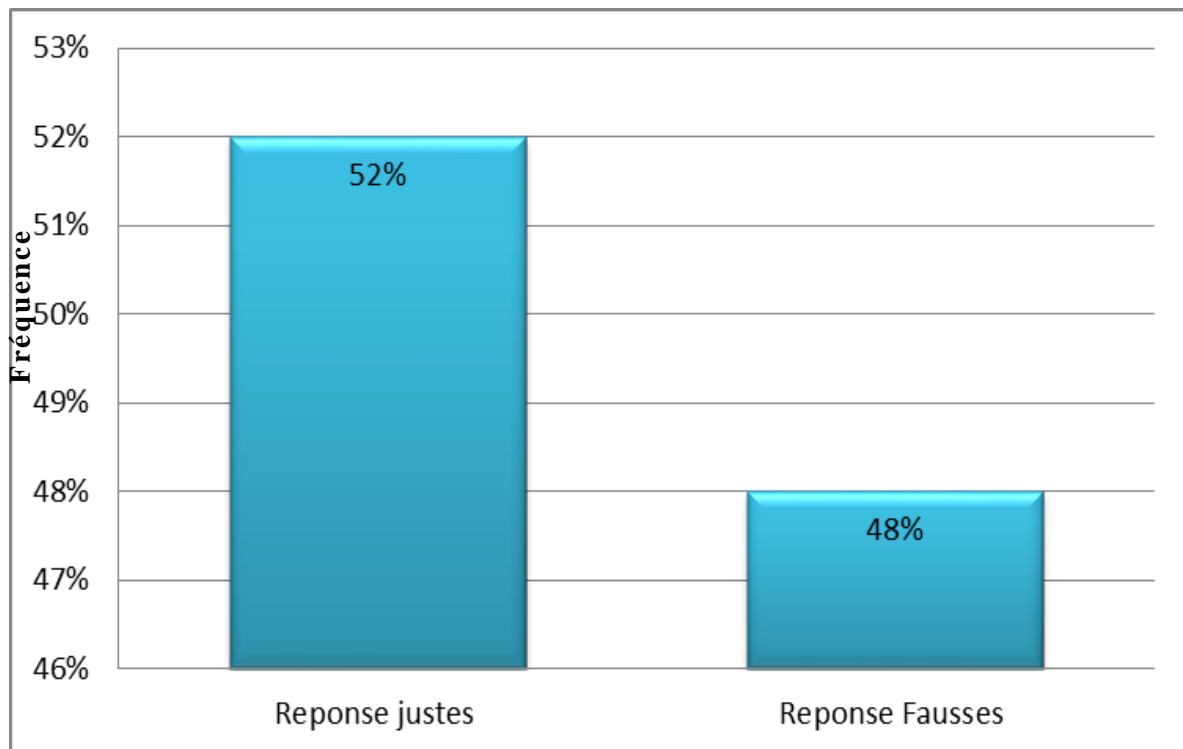
Figure 20: exemple de réponse d'élève à la question Q2-a catégorie 1

Catégorie 2

a) Expliquer pourquoi la bougie de la figure 2 s'éteint.

La bougie de la figure 2 s'éteint parce que, lors de la combustion, il s'est produit du dioxyde de carbone (CO_2)

Figure 21: exemple de réponse d'élève à la question Q2-a catégorie 2



Graphique 4: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2-a

Les résultats de cette question montrent que seulement 52% des élèves ont une connaissance suffisante pour expliquer pourquoi la bougie s'éteint en présence d'air. Cela laisse suggère que la majorité des élèves ont une compréhension insuffisante du concept de

transformation chimique. Aussi, on observe que 48% des élèves ne maîtrisent pas le concept de transformation chimique.

4.2.2.2 Q2-b) définir transformation chimique

Tableau 11: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2- b

Catégories de réponses	Effectifs	Fréquences en %
1- Bonne réponse	01/50	02%
2- Mauvaise réponse	49/50	98%

Catégorie 1

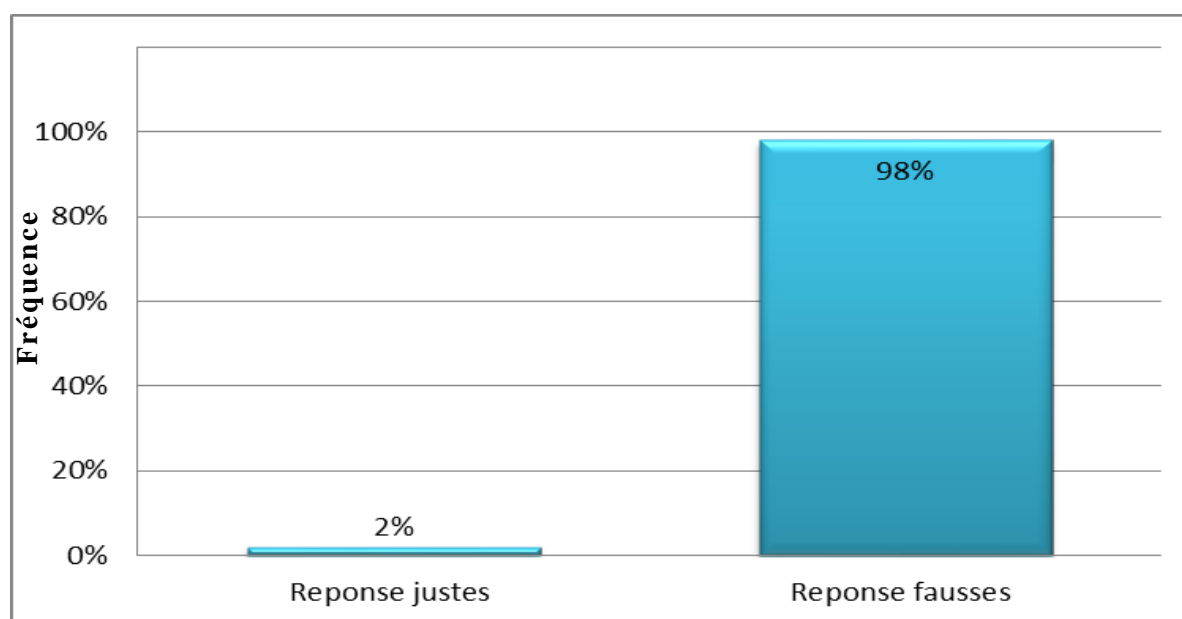
b) Qu'est-ce qu'une transformation chimique ?
 c'est une réaction au cours de laquelle un atome ou un groupe d'atome se réarrange entre eux dans l'espace pour former des produits qu'on ne peut pas voir à l'œil nu.

Figure 22: exemple de réponse d'élève à la question Q2-b catégorie 1

Catégorie 2

b) Qu'est-ce qu'une transformation chimique ?
 Une transformation chimique est une réaction au cours de laquelle les réactifs disparaissent et simultanément, les produits apparaissent.

Figure 23: exemple de réponse d'élève à la question Q2-b catégorie 2



Graphique 5: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2-b

A cette question, l'on note que seulement 02% des élèves ont fourni une réponse juste de la définition du concept de transformation chimique. En effet, la plupart des élèves ont des conceptions erronées ou incomplètes de ce concept. 98% donne une réponse fautive ou incomplète. Ce qui laisse croire que les apprenants ne conçoivent pas la transformation chimique en termes de réarrangement ou recombinaison des molécules mais plutôt, en termes de disparition des réactifs et d'apparition des nouveaux produits.

4.2.2.3 Q2- c) donner deux exemple de transformation chimique

Tableau 12: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2-c

Catégories de réponses	Effectifs	Fréquences en pourcentage %
1- Bonne réponses	08/50	16%
2- Mauvaise réponses	42/50	84%

Catégorie 1

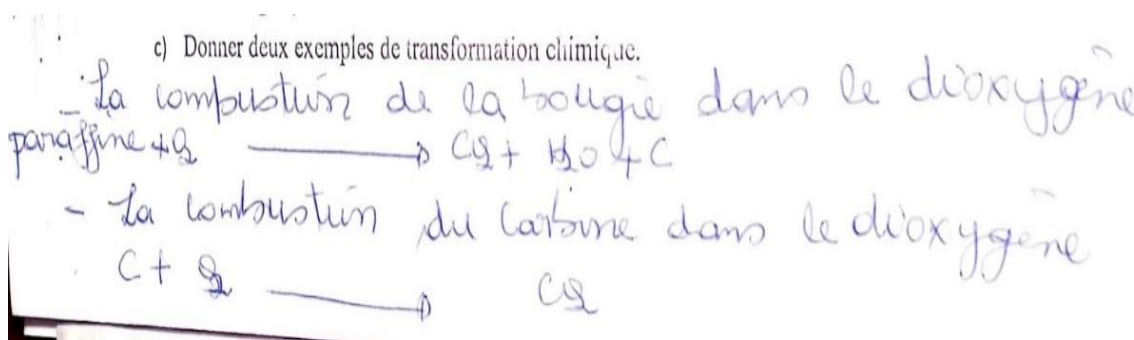


Figure 24: exemple de réponse d'élève à la question Q2-c catégorie 1

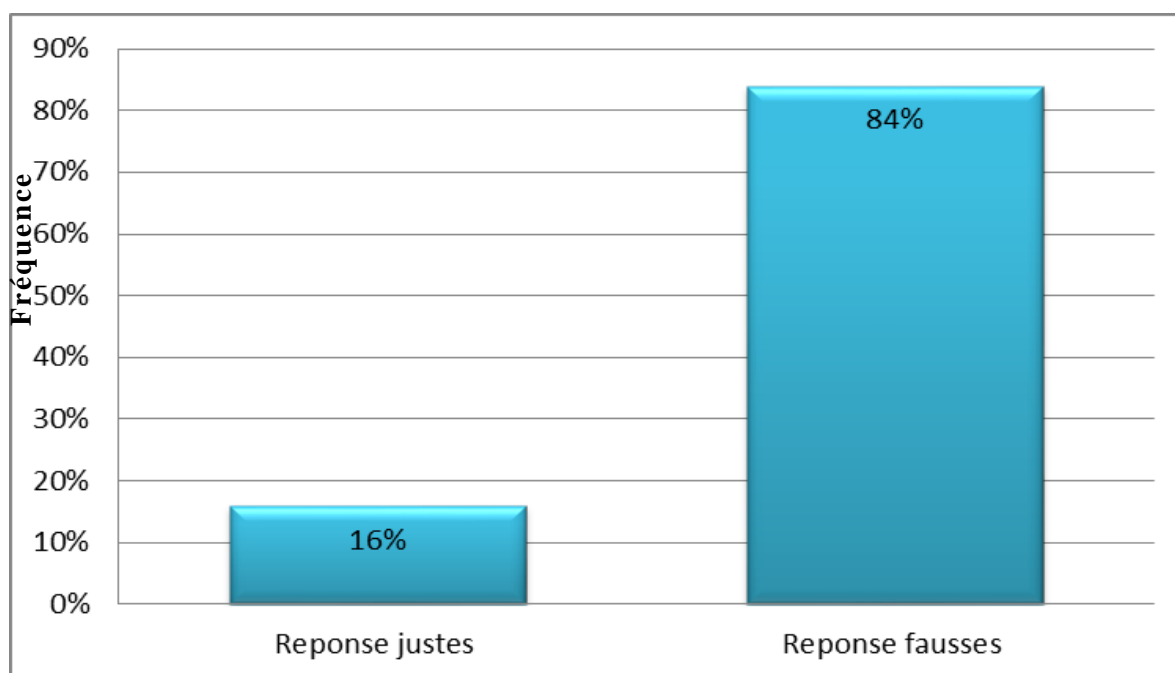
Catégorie 2

c) Donner deux exemples de transformation chimique.

- La transformation de l'eau en vapeur

- La transformation du pétrole brut en essences

Figure 25: exemple de réponse d'élève à la question Q2-c catégorie 2



Graphique 6: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2- c

A cette question, nous enregistrons un pourcentage de 16% pour les bonnes réponses notamment, ceux qui ont cité les réactions de combustion inscrites dans le programme des classes de quatrième/ troisième tels que : la combustion de la bougie, la combustion du méthane, la combustion du soufre. On note également un taux élevé de 84% de mauvaises réponses. Ceci montre qu'une grande partie des apprenants ne maîtrisent pas suffisamment le concept de transformation chimique, même après l'enseignement.

4.2.2.4 Q2-d) Identifier parmi les transformations suivantes celle qui sont les transformations chimiques.

Tableau 13: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2-d

Catégories de réponse	Effectifs	Fréquences en pourcentages%
1- Bonne réponse	16/50	32%
1- Mauvaise réponse	34/50	68%

Catégorie 1

Identifier celles qui sont des transformations chimiques

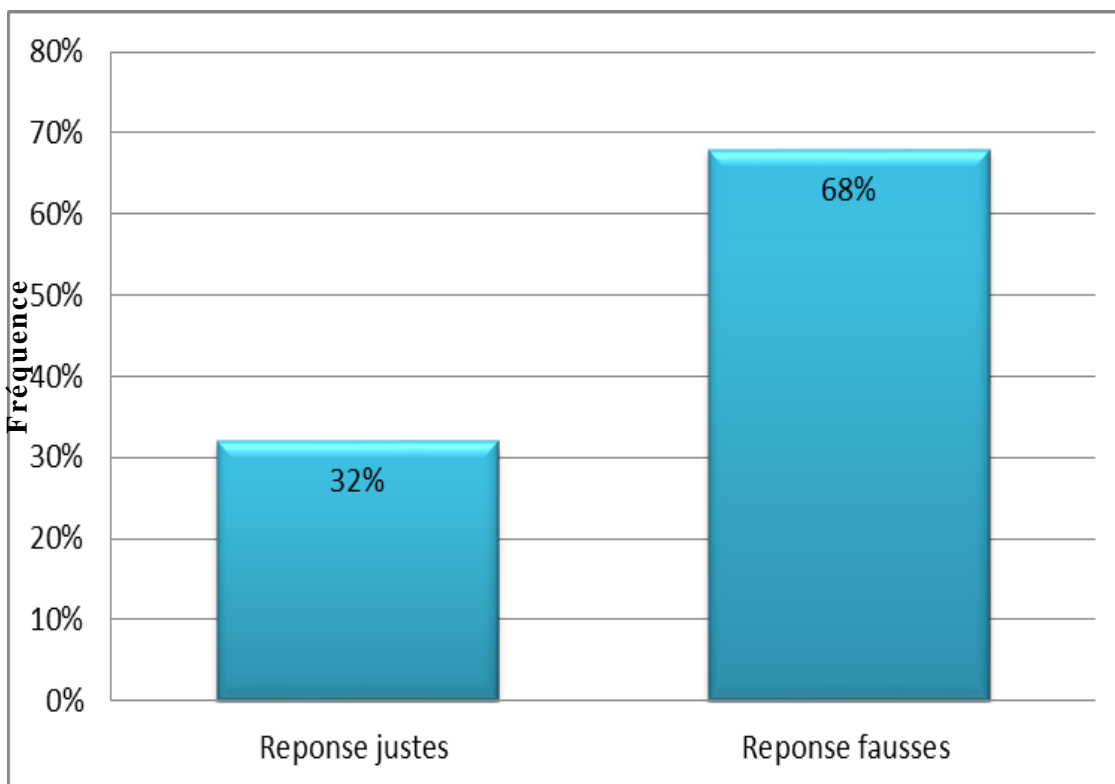
TRANSFORMATIONS CHIMIQUES
$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
paraffine + $\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{C}$
$\text{SO}_2 \rightarrow \text{S} + \text{O}_2$

Figure 26: exemple de réponse d'élève à la question Q2-d catégorie 1

Catégorie 2

TRANSFORMATIONS CHIMIQUES
$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{Na}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{NaCl}$
$\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$
Paraffine + $\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{C}$
$\text{CO} + 2\text{CO} \rightarrow 3\text{CO}$

Figure 27: exemple de réponse d'élève à la question Q2-d catégorie 2



Graphique 7: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2-d

Nous remarquons ici que seulement 32% des apprenants sont capables d'identifier la transformation chimique en faisant référence aux réactions de combustion étudiées dans les classes antérieures. Un pourcentage de 68% se retrouve encore dans le jargon de mauvaise réponse à l'intérieur du quel, l'on retrouve des questions avec des réponses aussi bien incomplètes que des questions sans réponse. Ce qui nous permet de déduire que, même si l'enseignement des transformations chimiques a lieu à partir de la classe de quatrième, les élèves n'ont pas acquis de connaissance suffisante sur ce concept. En effet, la compréhension de la transformation chimique nécessite plusieurs concepts sous-adjacents tels que : l'atome, molécule, ion, les coefficients stœchiométriques, le réactif limitant.

4.2.2.5 Q2-e) justifier ta réponse

Tableau 14: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2-e

Catégorie de réponse	Effectifs	Fréquences en pourcentages %
1- Bonne réponse	06/50	12%
2- Mauvaise réponse	44/50	88%

Catégorie 1

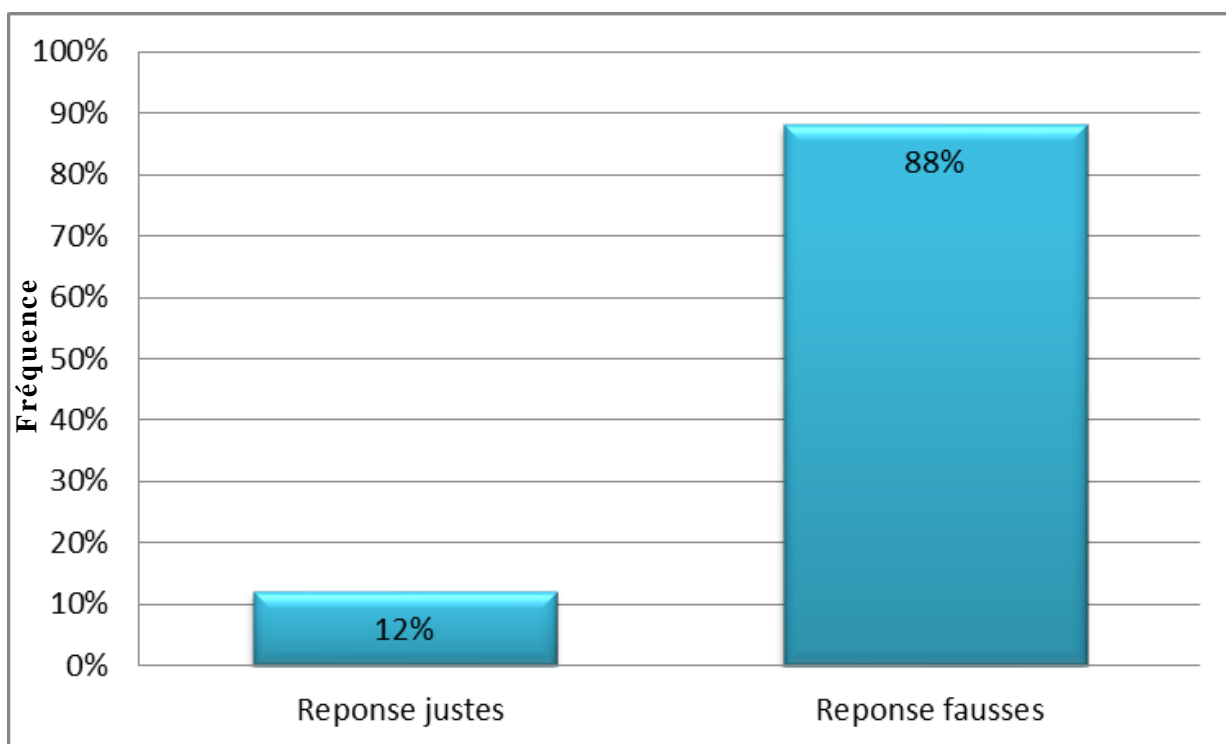
JUSTIFICATION
Les transformations
chimiques sont des réactions
de combustions qui s'effectuent
toujours en présence de O_2 .

Figure 28: exemple de réponse d'élève à la question Q2-e catégorie 1

Catégorie 2

JUSTIFICATION
Le méthane (CH_4) et le dioxygène disparaissent pour former le dioxyde de carbone et l'eau
La paraffine et le dioxygène disparaissent pour former le dioxyde de carbone, l'eau et le carbone
Les ions sodium et chlorure dissous s'assemblent pour former le chlorure de sodium
Le Soufre et le Dioxygène disparaissent pour former le Dioxyde de Soufre

Figure 29: exemple de réponse d'élève à la question Q2-e catégorie 2



Graphique 8: pourcentage des réponses des apprenants à la question Q2-e

Les réponses à cette question sont étroitement liées à la question Q2-d). Il faut relever que sur les 32% des apprenants qui sont capables d'identifier la transformation chimique, 12% seulement sont capables de justifier le choix de leur réponse en faisant appel à la notion de combustion. En moyenne, nous pouvons conclure que près de 88% des élèves ne disposent pas de connaissance suffisante sur le concept de transformation chimique. Ce qui indique la persistance des difficultés chez les apprenants à apprendre correctement la transformation chimique.

En conclusion, l'analyse des réponses au questionnaire d'enquête nous a permis d'avoir une idée de conceptions que se font les apprenants sur le concept de réaction chimique. Les concepts de transformation physique et de transformation chimique ont été d'une importance capitale pour le recueil de ces conceptions. Les conceptions que se font les apprenants du secondaire sur le concept de réaction chimique sont nombreuses. Voici quelques-unes que nous avons pu identifier.

Certains élèves ne considèrent pas la réaction chimique comme transformation de la matière mais plutôt, comme simple modification de l'état physique de la substance.

En ce qui concerne la combustion de la bougie par exemple, les élèves ne croient que la combustion d'une bougie ne produit que de la fumée, sans réaliser que de nouveaux produits sont formés.

Certains apprenants pensent que les réactifs disparaissent complètement lors d'une réaction chimique, sans réaliser que les produits sont formés à partir des réactifs.

Certains apprenants ne comprennent pas qu'au cours d'une réaction chimique, les produits sont des substances différentes des réactifs. Ils croient par exemple que la combustion du méthane ne produit que du dioxyde de carbone.

La conceptualisation de la réaction chimique comme simple recombinaison des molécules en présence les fait défaut.

La plupart des apprenants savent qu'au cours d'une réaction chimique, les réactifs de départ disparaissent et les nouveaux produits apparaissent.

La plupart des apprenants conçoivent la réaction chimique comme étant un phénomène car, une minorité d'entre eux savent que les réactions chimiques sont des réactions de combustion.

Certains apprenants conçoivent la réaction chimique en termes de visibilité ou invisibilité à l'œil nu sans comprendre que d'autres sont difficiles à observer.

D'autre part, certains apprenants peuvent penser que les réactions chimiques se produisent simplement en mélangeant deux substances sans comprendre que les réactifs doivent se combiner pour former de nouveaux produits.

La présence de ces conceptions remet en cause les méthodes utilisées pour l'enseignement de ce concept. Nous proposons de revoir les stratégies utilisées pour l'enseignement et d'insister sur l'histoire de la réaction chimique dès le premier cycle pour évoluer ces conceptions. Mais, comme le dit André Giordan (2008), « s'appuyer sur les conceptions des apprenants ne veut pas dire y rester ». Pour nous, le processus de mise en évidence des conceptions des élèves n'est que le point de départ aux activités d'enseignement.

En résumé, ce chapitre a permis de présenter les résultats de notre étude de terrain sur le concept de réaction chimique. A présent, il convient d'interpréter ces résultats pour déterminer leur implication didactique.

CHAPITRE 5 :

INTERPRÉTATION ET IMPLICATION DIDACTIQUE

Cette étape est consacrée à l'interprétation des résultats issus de l'analyse des données du questionnaire d'enquête. Elle s'appuie de façon générale suivant les différents thèmes abordés dans le questionnaire.

5.1 Interprétation des résultats

L'analyse des résultats obtenus atteste que, la majorité des apprenants de la classe de troisième ne peuvent pas encore conceptualiser le concept de réaction chimique en termes de réarrangement ou recombinaison des atomes des réactifs pour former les produits. Ils sont confrontés à deux obstacles ; épistémologique et didactique.

5.1.1 Obstacle épistémologique

En parcourant le livre au programme (science physique et technologiques, collection DEWATEK), on trouve des références très limitées voire nulles sur l'histoire du concept de réaction chimique. Dans ce manuel, on note :

L'absence de traitement opératoire du concept d'espèce chimique qui peut avoir des conséquences négatives sur la compréhension et la pratique de la chimie. Il faut noter que sans une compréhension claire du concept d'espèce chimique, il peut être difficile de comprendre comment les différents types de substances interagissent les uns et les autres et, comment les réactions chimiques se produisent. Ce qui justifie une connaissance insuffisante révélée par la question Q2-a dont le pourcentage s'élève à 52%. En outre, l'absence d'un traitement opératoire adéquate du concept d'espèce chimique peut conduire à des erreurs dans la nomenclature chimique car, les noms et les formules des espèces chimiques sont basés sur leur composition et leur structure. La notion d'espèce chimique est la base même de tout travail en chimie

Dans ce même manuel, la réaction chimique est définie en terme de changement de nature des espèces chimiques. Une réaction chimique est une transformation au cours de

laquelle des corps disparaissent et des corps nouveaux apparaissent. (Collection DEWATEK, p. 27). Les corps qui disparaissent sont des réactifs et les corps qui apparaissent sont des produits de la réaction. C'est ce qui est sans doute à la base des mauvaises réponses à la question Q2-b. 2% seulement des apprenants conceptualisent la réaction chimique en termes de recombinaison des atomes de réactifs pour former les produits. Les études de (Stavridou, 1990) et (Fillon, 1977), montrent d'ailleurs que de nombreux élèves ayant suivi un cursus scientifique complet, ne maîtrisent pas le concept de réaction chimique. Quoiqu'il en soit, une telle définition ne peut que renforcer les conceptions de la transformation chimique présente chez les élèves que Krnel et al. (1998) dénomment sur le modèle des objets qui disparaissent et apparaissent.

Une acquisition des règles d'écriture (les noms des produits formés découlent de ceux des réactifs) et de lecture (un ou plusieurs réactifs → un ou plusieurs produits) des schémas de réaction qui repose uniquement sur l'écriture de plusieurs schémas de réaction. Il est en particulier laissé à la charge des élèves, la lourde tâche de généraliser un tel schéma sous la forme réactif(s) → produit(s). De plus, comme la nomenclature exacte des espèces chimique qui réagissent n'est pas toujours précisée, des difficultés sont à prévoir.

5.1.2 Obstacle didactique

Ce sont les obstacles les plus nombreux liés aux situations d'enseignement dans lesquelles sont plongés l'élève et l'enseignant (Ambomo, Ayina et Owono, 2021).

Brousseau (1989) parle de l'obstacle didactique, si les choix pédagogiques de l'enseignant ou du système éducatif sont erronés. De ce fait, ces derniers vont fonctionner comme obstacle à l'apprentissage des nouvelles connaissances et induire l'élève en erreur. Un obstacle didactique est donc une représentation négative de la tâche d'apprentissage induite par un apprentissage antérieur, et faisant entrave à un apprentissage nouveau.

« Un obstacle didactique est une représentation de la tâche, induite par un apprentissage antérieur, étant la cause d'erreurs systématiques et faisant obstacle à l'apprentissage actuel ». « Il y a obstacle lorsque les conceptions nouvelles à former contredisent les conceptions antérieures bien assises de l'apprenant. » (Bednarz et Garnier, 1989).

L'importance des obstacles dans l'accès à la connaissance scientifique est aujourd'hui reconnue mais, très peu de travaux ont été consacrés à la recherche des situations didactiques et des dispositifs d'apprentissage pour franchir ces obstacles.

Les propositions didactiques lorsqu'elles sont faites se limitent à leur recueil et leur prise en compte. La prise en compte ici renvoie aux attitudes qu'un enseignant peut avoir face à ces obstacles.

Giordan et Vecchi ont relevé quatre attitudes différentes dans leur ouvrage « L'enseignement scientifique : comment faire pour que ça marche ? » (Giordan et Vecchi, 1994)

L'enseignant peut « faire sans », c'est-à-dire ignorer les conceptions des apprenants en considérant qu'elles n'ont pas d'incidence sur l'apprentissage. L'enfant est donc considéré ici comme une page blanche qu'il faut remplir de savoirs.

L'enseignant peut « faire contre ». Cette attitude consiste à faire émerger les conceptions pour les faire disparaître par la suite. En fait, il montre aux apprenants qu'ils se trompent en leur transmettant le véritable savoir. Il s'agit donc d'une pédagogie transmissible à l'exemple d'un cours magistral ; l'apprenant ne construit pas son savoir par lui-même.

L'enseignant peut « faire avec ». Ici, il prend en compte les conceptions des apprenants comme outil d'apprentissage, mais sans véritablement les utiliser. Il se limite à une phase initiale d'expression et il n'en tient pas compte dans son enseignement. Giordan et Vecchi disent à cet effet que, s'appuyer sur les conceptions des apprenants ne veut pas dire « y rester » » c'est-à-dire, qu'il ne s'agit pas seulement de faire exprimer les idées aux apprenants et de penser que cela suffit pour les prendre en compte. C'est seulement le point de départ à toutes activités.

L'enseignant peut « faire avec pour aller contre ». Cette attitude est celle préconisée par les didacticiens. Elle consiste à utiliser les conceptions initiales des apprenants pour les amener à se rendre compte par eux-mêmes de leurs erreurs. Il s'agit ici pour l'enseignant de confronter les idées des élèves dans le but de les transformer et non de les détruire.

Ainsi, dans la continuité de ce travail, il sera question pour nous de « faire avec pour aller contre »

5.2 Implication didactique

Pour comprendre le concept de réaction chimique, les apprenants doivent intégrer que les réactions chimiques impliquent un changement de liaisons chimiques, qui entraîne une modification de la composition chimique des substances impliquées notamment :

identifier les réactifs et les produits. Ils doivent être en mesure de reconnaître les substances qui interagissent dans une réaction chimique, ainsi que les nouvelles substances qui se forment à la suite de cette interaction ;

les apprenants doivent être à mesure d'écrire une équation chimique simple pour représenter une réaction chimique donnée ;

les apprenants doivent être en mesure de balancer les équations chimiques pour s'assurer que les quantités pour chaque élément restent équilibrées avant et après la réaction ;

identifier les facteurs qui influencent les réactions chimiques : les élèves devraient être en mesure d'identifier les facteurs qui influencent la vitesse et le résultat d'une réaction, tels, que la concentration et la présence d'un catalyseur.

En somme, l'introduction didactique du concept de réaction chimique en classe de troisième doit permettre aux élèves de comprendre les principes de bases des réactions chimiques, de développer leur capacité à observer, à formuler des hypothèses et à résoudre des problèmes, ainsi que de les amener à apprécier l'importance des réactions chimiques dans leur vie quotidienne.

Au final, ce chapitre nous a permis d'interpréter les résultats et leur implication didactique

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le contenu disciplinaire qui fait l'objet de notre travail de recherche est celui de la notion de réaction chimique. Ce concept est très important car, touche aux fondements de la chimie. Les programmes d'enseignement du cycle secondaire jusqu'à l'université en sont une parfaite illustration. Lors de notre stage d'observation de première année de master, il est apparu qu'un nombre important d'apprenants éprouvent des difficultés de compréhension du concept de réaction chimique. Après consultation des travaux antérieurs, il apparaît que, la plupart des auteurs qui ont travaillé sur ce thème ne tiennent pas compte pour la majorité des conceptions des apprenants sur cette notion complexe. Fort de ce constat, nous nous sommes posés un certain nombre de questions.

La question principale de cette recherche était la suivante : *Quels sont les conceptions des apprenants du concept de réaction chimique ?*

Pour répondre, nous avons formulé l'hypothèse principale comme suit : les conceptions des apprenants du concept de réaction chimique ont pour origine la non maîtrise des concepts associés au concept de réaction chimique.

Afin de vérifier notre hypothèse, un questionnaire d'enquête a été administré à un échantillon de 50 élèves de la classe de troisième. Les questions de types mixtes portent en particulier sur les concepts de transformation physique et de transformation chimique.

Après le dépouillement du questionnaire, les données ont été consignées dans un tableau à l'aide du logiciel Excel. Ensuite, nous avons présentés les résultats obtenus sur des histogrammes question après chaque question du questionnaire.

De l'analyse de ses résultats, il en ressort que nos hypothèses de recherche sont vérifiées. Car, le dépouillement des questions ouvertes a permis d'obtenir un pourcentage de 94%. Ce qui amène à conclure que les apprenants appréhendent le concept de transformation physique en termes de changement d'état de la matière. 2% seulement pensent qu'au cours d'une transformation chimique, les atomes des réactifs se réarrangent entre eux pour former les produits de la réaction.

Nous pouvons néanmoins affirmer au vu des résultats obtenus et des analyses effectuées que, la majorité des élèves de cette classe de troisième qui abordent le concept de

réaction chimique pour la deuxième fois ont des idées (conception) erronées sur ce contenu disciplinaire. Ils conceptualisent la réaction chimique en termes de disparition des réactifs et apparition des produits. Nous avons justifié ces difficultés en admettant la présence d'obstacles tant sur le plan épistémologique que didactique.

Même si les résultats de notre recherche nous permettent de vérifier nos hypothèses, ce travail peut avoir des limites. Car, notre étude n'a pu se faire que dans une seule classe d'un établissement scolaire de la ville de Yaoundé, la classe de 3^{ème} Espagnol B du Collège Jésus Marie de Simbock. Ainsi, les résultats que nous avons obtenus, ne sauraient faire l'objet d'une généralisation. Mais, doivent être considérés comme le point de départ d'une étude visant à améliorer l'enseignement de la chimie dans les établissements scolaires de notre pays.

Nous pensons qu'il faille insister sur l'histoire du concept de la réaction chimique depuis la base et revoir les stratégies d'enseignement utilisés pour enseigner la constitution de la matière. Cependant, une conception ne fonctionne jamais isolément. Elle est toujours en liaison avec une structure cohérente plus vaste (la pensée de l'apprenant) qui porte en elle sa logique et ses systèmes de signification propres. C'est la raison pour laquelle les conceptions peuvent résister même à des argumentations très élaborées. De plus, il ne suffit pas que l'apprenant prenne conscience que sa conception est erronée ou limitée pour accéder spontanément à un nouveau concept. L'apprentissage nécessite de nouvelles mises en relation (Giordan, 2008). C'est la raison pour laquelle ce travail mérite d'être poursuivi avec :

- Un plus grand nombre d'élèves sélectionnés dans plusieurs établissements de la ville, voire de différentes régions du pays, avec le même type d'enquête.
- Une séquence d'enseignement/ apprentissage au cours de laquelle les apprenants pourront confronter les informations nouvelles fournies par les enseignants à leurs conceptions afin de produire de nouvelles significations plus aptes à répondre aux interrogations qu'ils se posent en rapport avec le concept de la réaction chimique.
- Un post-test qui permettra d'évaluer l'efficacité de cette séquence d'enseignement/ apprentissage.

BIBLIOGRAPHIE

- Abraham, J.R., Westbrook, S.L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of research in science teaching*, 31(2), 147-165.
- Abraham, M. R., Williamson, V. M., et Westbrook, S. L. (1998). *La formation des concepts en chimie : perspectives cognitives et didactiques*. Editions ENS/INRP.
- Adamczewski, G. (1988), J. Gimeno (1988) et Pérez-Gómez (1982). Perron, M. (1991) "Vers un continuai de formation des enseignants : éléments d'analyse". *Recherche et formation*, 10, 137-151.
- Agostini, M et Ginestié, J. (2012). Réflexion sur l'utilité et le sens des enseignements technologiques. *Penser l'éducation*, 32, 15-29.
- Ahtee, M., et Varjola, I. (1998). Teaching and learning of chemical phenomena: Bridging the gap between the macroscopic, submicroscopic, and symbolic levels. *International Journal of Science Education*, 20(3), 305-322.
- Ahtee, M., Varjola, I. (1998). Students' understanding of chemical reaction. *International journal of science education*, 20(3), 305-316.
- Ambomo, N. A., Ayina Bouni, J. P., et Owono, L. C. (2021). Conceptions et représentations : quelle épistémologie pour l'enseignant des sciences expérimentales ? *RISEY*, 1.
- Amigues, R et al. (1994). La place de la technologie dans l'enseignement général et les recherches actuelles sur son enseignement. *Didaskalia*, 4, 57-72.
- Andersson, B. (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science education*, 70(5), 549-563.
- Andrianariivo Solofoniaina, M. D. Y. (2020). *Les obstacles épistémologiques à l'apprentissage des sciences physiques à Madagascar*. Université d'Antananarivo.

Arrêté N°N337/D80MINEDUC/SG/IGP/ESG portant définition des programmes de chimie, physique et de technologique pour le premier cycle de l'enseignement secondaire général.

Artigue, M. (1998). Epistémologie et didactique. *Cahier de didirem*. Paris : N°3, IREM.

Astolfi, J.-P. (1990). Les concepts de la didactique des sciences, des outils pour lire et construire les situations d'apprentissage. *Recherche et formation*, 8, 19-31.

Astolfi, J.P., & Drouin, A.M. (1992). La modélisation à l'école élémentaire. Enseignement et apprentissage de la modélisation. *INRP/LIREST*.

Astolfi, J.-P., De Vecchi, G., et Groupe français d'éducation nouvelle. (1997). *Mots clés de la didactique des sciences*. Paris : De Boeck Supérieur.

Astolfi, J.-P., Develay, M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris : PUF, coll. Que sais-je ?

Astolfi, J.P., et Develay, M. (1985). *La didactique des sciences expérimentales*. Édition PUF, Collection « que sais-je ? » N°2448.

Astolfi, Jean-Pierre et al. (2008a). *Introduction la Didactique des sciences et formation des enseignants*. In *Mots-clés de la didactique des sciences. Repères, définitions, bibliographies*. Paris : De Boeck, p. 5-13.

Astolfi, Jean-Pierre et al. (2008b). *Mots-clés de la didactique des sciences. Repères, définitions, bibliographies*. Paris : De Boeck.

Astolfi, Jean-Pierre et Develay Michel (2002). *La Didactique des sciences* [6e éd.]. Paris : PUF.

Astolfi, Jean-Pierre. (1991). Quelques logiques de construction d'une séquence d'apprentissage en sciences. L'exemple de la géologie à l'école élémentaire. *Aster*.

Audigier, F et al. (2015). Avant-propos. In *Sciences de la nature et de la société dans une école en mutation. Fragmentations, recompositions, nouvelles alliances ?* Bruxelles : De Boeck, p. 9-10.

Ayina Bouni, J.P. (2013). *Les conceptions élémentaires de la chimie, entre la chimie du chimiste et la chimie de l'élève. Proposition de séquences d'enseignement inspirées d'une analyse semio-épistémologique de l'histoire de la chimie*. Thèse de l'université de Lyon1.

- Ayina Bouni, Y. A. (2007). Étude de la didactique des sciences physiques en Afrique francophone : Cas du Tchad et de la Côte d'Ivoire (Doctoral dissertation, Université Claude Bernard-Lyon I).
- Bachelard, G. (1934). *Le nouvel esprit scientifique*. Presses universitaires de France.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- Bachelard, G. (1973). *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne*. Paris : Vrin.
- Bachelard, G. (2004). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Librairie J. Vrin.
- Barbeux, J., Chômât, M., Larcher, C., & Méheut, M. (1986). *Enseignement/apprentissage de la modélisation en sciences physiques. Actes du séminaire de didactique des disciplines technologies*.
- Barlet, R., et Plouin, D. (1994). L'équation bilan en chimie, un concept intégrateur source de difficultés persistantes. *Revue française de pédagogie*, 107, 5-16.
- Bautrant, R., et Chalveshe, J., & Jaubert, A. (1979). *Chimie 1ère C, D, E*. Paris : Hachette.
- Bergman, T. (1780). *Opuscules chimiques et physiques*, traduits par Guitón de Morveau. Dijon.
- Bloom, B.S., & al. (1975). *Taxonomie des objectifs pédagogiques 1. Domaine cognitif*. Presse de l'Université du Québec.
- Brommer, R. (1988) "Conocimientos profesionales de los profesores". *Enseñanza de las ciencias*, 6 (1), 19-29.
- Brousseau, G. (1986). *Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques*. Recherches en Didactique des Mathématiques. Éditions la pensée sauvage.
- Brousseau, G. (1989). *Les obstacles épistémologiques et didactiques des mathématiques*. CIRADE Les éditions Agence d'Arc inc.
- Canal, P. (1990). *La enseñanza en el campo conceptual de la nutrición de las plantas verdes: un estudio didáctico en la Educación Básica*. Thèse de doctorat inédite, Université de Séville.
- Chevallard, Y. et Joshua, A. (1991). *La transposition didactique*. Éditions la pensée sauvage.

- Chômât, A., Larcher, C., et Méheut, M. (1992). *Modèle particulière et démarches de modélisation*. In *Enseignement/apprentissage de la modélisation* (pp. 119-169). INRP.
- Clément, P., et Quessada, M.- P. (2008). Les convictions créationnistes et/ou évolutionnistes d'enseignants de biologie : une étude comparative dans dix-neuf pays. *Natures Sciences Sociétés*, 16(2), 154-158.
- Closset, J.L., (1983). *Le raisonnement séquentiel en électrocinétique*. Thèse de 3ème cycle. Spécialité : didactique des sciences physiques. Laboratoire de didactique de la physique dans l'Enseignement Supérieur, Université Paris VII, Chaire de physique Faculté des sciences agronomiques Gembloux, Belgique.
- Clouzot, O. (1990). *Former autrement. Apprentissages intellectuels, langage et structuration des connaissances*. Paris : Éditions d'organisation.
- Cros, A., & Arrbribet, G. (1969). *Initiation à la chimie moderne. Terminales C, D, E*. Paris : Librairie Berlin.
- Darley, B., (1996). Exemple d'une transposition didactique de la démarche scientifique dans un TP de biologie en DEUG 2ème année. *Disdaskalia*, 29, pp. 36-36.
- De Vecchi, G. (1993). *Douze techniques pour faire émerger les conceptions des élèves*. Paris : ESF.
- Del Pozo R-M. (1994). Tentative de définition d'un savoir professionnel sur le changement chimique pour la formation des enseignants. *Aster*, n° 18, pp. 217-240.
- Develay, M. (1983). *Contribution à la définition d'un modèle de formation initiale des instituteurs en activités d'éveil biologique*. Thèse de doctorat de troisième cycle, Université Paris 7.
- Develay, M. (1992). *De l'apprentissage à l'enseignement*. Paris : ESF.
- Develay, M. (1995). *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines*. Une encyclopédie pour aujourd'hui. Collection Pédagogiques. Paris : ESF.
- Dictionnaire Larousse* (2009). Larousse.
- Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1985). *Children's Ideas in Science*. London : Open University Press.
- Dumas, J.-B. (1836). *Leçons sur la philosophie chimique*. Paris : Librairie Ébrard.

- Dumon A. et Laugier A. (2004). L'équation de réaction : approche historique et didactique de la modélisation de la transformation chimique. Union des Professeurs de Physique et de chimie, N° 98 juillet / août / septembre.
- Dumon, A. (1996). Obstacles épistémologiques à la construction d'éléments chimiques, quelles convergences ? In *Enseignement/apprentissage de la modélisation*, p. 171-178. INRP.
- Fillon P. (1992). Le raisonnement scientifique : des pratiques de référence au savoir construit par les élèves. Aster, N° 14, pp. 3-8.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 6(3), 30-35.
- Galiana, D. (1999). Les pratiques expérimentales dans les manuels scolaires des lycées (1850-1996). Aster N°28.
- Gérard, D. V. (1992). *Aider les élèves à apprendre*. Paris : Hachette .
- Jimeno, J. (1988) *El currículum: una reflexión sobre la práctica*. Madrid: Morata.
- Giordan, A. (1983). *L'élève et/ou les connaissances scientifiques*. Berne : Peter Lang.
- Giordan, A. (1995). *Les conceptions des apprenants comme tremplin pour l'apprentissage*. Paris : ESF.
- Giordan, A., et De Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Giordan, A., et De Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir*. Paris : Delachaux.
- Giordan, A., et De Vecchi, G. (1994). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que « ça marche ? »*. Paris : Delagrave.
- Goupil, M. (1991). *Du flou au clair ? Histoire de l'affinité chimique de Cardan à Prigogine*. Editions du C.T.H.S.
- Groupe de recherche sur l'école (1991). *Projet curriculaire "Recherche et rénovation" IRES*. Seville : Diada, 4 volumes, version provisoire. Traduction française réalisée par Danièle Manesse.

- Guedon, J.-C. (1978). Le statut épistémologique de la réaction chimique de l'Encyclopédie à Gay-Lussac. *Actes du colloque Gay-Lussac*, École Polytechnique, 103-131.
- Hameline, D. (1979). *Les objectifs pédagogiques en formation initiale et en formation continue*. Paris : ESF.
- Hesse, J.J., Anderson, C.W. (1992). Students' conceptions of chemical change. *Journal of research in science teaching*, 29(3), 177-299.
- Hodson, D. (1986). Towards a more communicative approach to the teaching of science. *International Journal of Science Education*, 10(3), 325-337.
- Johnstone A-H. (1982). Macro-and Micro -chemistry. *School Science Review*, N° 64, pp. 377-379.
- Johnstone, A.H. (1982). Macro- and microchemistry. *School Science Review*, 64,377-379.
- Johnstone, A.H. (2000). Developing student's understanding of chemical change- What should web e teaching ? *Chemistry Education : Research and practice in Europe*, 1,77-90.
- Joshua, S., et Dupin, J. J. (1999). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Presses Universitaires de France.
- Larcher C., Chomat A. et Catherine, I. (1994) d'une représentation à une autre pour modéliser la matière au collège. *Aster*. N° 18, pp.119-139.
- Larcher, C., et Chômât, A. (1990). A la recherche d'une stratégie pédagogique pour modéliser la matière dans ses différents états. *Revue française de pédagogie*, 93, 51-62.
- Laugier, A. (1998). Représentation de la réaction chimique dans les registres macroscopique et microscopique. Contribution au repérage des obstacles épistémologiques. Un exemple en classe de seconde. Thèse, Université de Pau et des pays de l'Adour.
- Lavoisier, A. (1789). *Traité élémentaire de chimie, présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes*, 2 vols. Seconde Édition, Paris, Chez Cuchet, Librairie, Volume 1.
- Lavoisier, A. L. (1777). Mémoire sur la combustion générale, *Men. Acad.Roy. Sci.* (1777) 592-600. HM Leicester, HS Klickstein, 168-174.
- Lavoisier, A.-M. (1789). *Traité élémentaire de chimie*. Paris : Cuchet.

- Leicester, H.-M. (1971). *The Historical Background of Chemistry*. Dover, New York.
- Lexuan Lloréns, J.A. (1987). *Propuesta y aplicación de una metodología para analizar la adquisición de los conceptos químicos*. Tesis doctoral, Universitat de València.
- Lloréns, J.A. (1991). *Comenzando a aprender Química. Ideas para el diseño curricular*. Madrid : Visor.
- Martinand, J.-L. (1984) « Questions pour la recherche : la référence et le possible dans les activités scientifiques scolaires ». *Actes du Premier Atelier International de la Londe*. Les Maures. Paris : Editions CNRS
- Martinand, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.
- Martinand, J.-L. (1988). Niveaux de formulation et champs empiriques de référence. In *Actes des X^{ème} Journées Internationales sur l'Education Scientifique de Chamonix*. Paris, Université de Paris 7.
- Martinand, J.L. (1988). Quelques apports de recherche en didactique à l'enseignement des sciences physiques. *Bulletin de l'Union des Physiciens*. N°706.
- Martinand, J.-L. (1989). Pratiques de référence, transposition didactique et savoirs professionnels en sciences et techniques. *Les Sciences de l'Education*, 2, 23-29.
- Martinand, J.-L. (1993). Histoire et didactique de la physique et de la chimie : quelles relations ? *Didaskalia*, (2), 1993.
- Martinand, J.L. (1994). Quels enseignements peut-on tirer des travaux dans la perspective du développement du curriculum. Paris : *Notes de recherche INRP/LIREST*.
- Massin, R. (1952). *Chimie et chimistes*. Magnard, Paris.
- Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. Routledge.
- Meheut, M. (1989), "Des représentations des élèves au concept de réaction chimique : premières étapes". *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 716,997-1011.
- Méheut, M., Larcher, C., et Chômât, A. (1991). Apprentissage de la modélisation au collège, quels modèles, quelles stratégies ? In Martinand, J.-L., & Bortolussi, C. (Eds.), *Séminaire de didactique des disciplines technologies*.

- MINESEC (2014), Arrêté N° 419/14/MINESEC/IGE du 09 Décembre 2014 des enseignements secondaires du Cameroun 2014.
- MINISSEB (1987-1998), Arrêté N°1473/87 MINISEB mis en vigueur à partir de l'année scolaire 1987/1998. Ministère de l'Education Nationale. Unité d'Etude et de Recherche Pédagogique. UERP. Madagascar.
- MINISSEB, Arrêté N° 5238/97 MINISSEB mis en vigueur à partir de l'année scolaire 1997-1998. Ministère de l'Education Nationale. Unité d'Etude et de Recherche. UERP. Madagascar.
- Newton, I. (1955). *Traité d'Optique*. Paris : Gauthier – Villars.
- Noupet Tatchou, G. (2004). Conceptions d'élèves du secondaire sur le rôle de l'expérience : Cas de quelques expériences de cours en électrocinétique. Mémoire de diplôme d'études approfondies en sciences de l'éducation). Université d'Abomey-Calavi.
- OECE (1961), *Pour un nouvel enseignement de la chimie*. Rapport de la session d'étude de l'OECE sur les conditions et l'évolution de l'enseignement de la chimie.
- Paillé, P., Mucchielli, A. (2003). L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales (pp.123-180). Paris : Armand Colin.
- Priestley, J. (1774). *Experiments and observations on different kinds of air*. (Vol. 1). J. Johnson.
- Prigogine, I., et Stengers. (1979). *La Nouvelle Alliance*. Paris : NRF-Gallimard.
- Rebaud, D. (1994). Présentation du numéro : Enseignement et réaction chimique, une délicate alchimie. *Revue française de pédagogie*, 107, 3-4.
- Rebaud, D. (1994). Présentation du numéro : Enseignement et réaction chimique, une délicate alchimie. *Revue française de pédagogie*, 107, 3-4.
- Robardet, G., Guillaud, J-C. (1997). *Éléments de didactique des sciences physiques* (pp. 155-162 et pp. 200-206). Paris : presses universitaires de France.
- Sachot, M. (1994). Essai de typologie des disciplines, in Actes de la Biennale de l'Education et de la Formation, Paris.
- Sanmartí, N. (1989). La différenciation entre les concepts de mélange et de composé. *Enseñanza de las ciencias*, 7(2), 157-165.

- Soudani, M. (1998). *Conceptions et obstacles dans l'enseignement – apprentissage de l'oxydoréduction. Contribution à une épistémologie appliquée à la construction curriculaire*. Thèse de 3ème cycle, LRDS, Montpellier II.
- Stavridou, H. (1987). *Le concept de réaction chimique*. In Actes des IXème Journées de Chamonix sur l'éducation scientifique. Paris : Université Paris 7.
- Stavridou, H., Solomonidou, C. (1994). Les transformations des substances, enjeu de l'enseignement de la réaction chimique. *ASTER*, 18,75-95.
- Stavridou, H., Solomonidou, C. (1998). Conceptual reorganisation and the construction of the chemical reaction concept during secondary education. *International journal of science education*, 20(2),205-221.
- Stavridou.H., Solomonidou, C (1989). Physical phenomena – chemical phenomena : do pupils make the distinction ? *international journal of science éducation*, 11(1), 83-124.
- Tartif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique. L'apport de la psychologie cognitive*. Les éditions LOGIQUES.
- Thouin, M. (2014). *Réaliser une recherche en didactique*. Editions Multi Mondes.
- Van Driel, J.H., De Vos, W., Verloop, N., Dekkers, H. (1998). Developing secondary students' conceptions of chemical reactions : the introduction of chemical equilibrium. *International journal of science education*, 20(4), 379-392.
- Vygotsky, L. (1934). *Pensée et langage*. La Dispute.
- Walliser, B. (1997). *Systèmes et modèles. Introduction critique à l'analyse de Systèmes*. Paris : aux éditions du seuil.
- Zay, D. (1986) "Quel rôle peut jouer la recherche dans la formation des instituteurs ?" *Revue Française de Pédagogie*, 1A, 99-115.

TABLE DES MATIERES

DÉDICACE	ii
REMERCIEMENTS	iii
LISTE DES GRAPHIQUES	iv
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES ANNEXES	viii
ABREVIATIONS, SIGLES, ACRONYMES	ix
RESUME	x
ABSTRACT	xi
PARTIE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE	5
CHAPITRE 1 :	6
PROBLÉMATIQUE DE L'ÉTUDE	6
1.1. Contexte de l'étude	6
1.1.1. L'enseignement des sciences physiques dans l'enseignement secondaire au Cameroun	6
1.1.2 Revue de la littérature	8
1.2 Les questions de recherche	29
1.3 Les hypothèses de recherche	29
1.4 Les objectifs de la recherche	29
1.5 Définition des variables	29
1.7 Pertinence de la recherche	31
CHAPITRE 2 :	32
INSERTION THÉORIQUE DE L'ÉTUDE	32
2.1 étude historique et épistémologique du concept de réaction chimique	32
2.1.1 Théorie du phlogistique	32
2.1.2 Vers la chimie moderne : De Stahl à Lavoisier	34
2.1.3 Principes de la réaction chimique	38
2.1.4 Vision microscopique (au niveau atomique)	40
2.1.5 Réaction chimique et énergie	40
2.1.6 L'élément-principe à l'appui de l'affinité	42
2.1.7 Les premières lois quantitatives de la réaction chimique	42

2.1.8 Loi de Lavoisier : loi de la conservation de la matière (1789)	42
2.1.9 Loi de Proust : loi des proportions définies (1805)	43
2.1.10 Loi de Dalton : loi des proportions multiples (1808)	43
2.2. Cadre conceptuel de l'étude	44
2.2.1 Définition des concepts clés de l'étude.	44
2.2.2 Les origines des conceptions	48
2.2.3 Obstacles et erreurs	48
2.2.4 Franchissement des obstacles	50
2.2.5 Origine des obstacles	51
2.2.6 L'objectif-obstacle	52
2.3. Le concept de réaction chimique	53
2.3.1. Définitions	53
2.4 Théorie explicative du sujet	54
2.4.1 Le modèle KVP	54
2.5 Concepts associés au concept de réaction chimique	56
2.5.1 Définitions	56
PARTIE EXPERIMENTALE	58
CHAPITRE 3 :	59
MÉTHODOLOGIE	59
3.1 Approche méthodologique	59
3.1.1 Définition de la population cible	59
3.1.2 L'échantillon de l'étude	60
3.1.3 Type de recherche	60
3.1.4 Méthode de la recherche : méthode mixte	61
3.1.5 Outil de collecte des données	61
3.1.6 Analyse à priori du questionnaire	62
Cette question comme les deux autres précédentes est de savoir si les apprenants ont une idée des lettres s, l et g dans l'équation de la transformation physique de l'eau qui leur est proposé.	63
CHAPITRE 4 :	66
PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS	66
4.1 Exploitation des questionnaires	66
4.2 Présentation des résultats du questionnaire d'enquête	66
4.2.1 Catégories des réponses des apprenants à la question Q1	69
CHAPITRE 5 :	83
INTERPRÉTATION ET IMPLICATION DIDACTIQUE	83
5.1 Interprétation des résultats	83
5.1.1 Obstacle épistémologique	83
5.1.2 L'obstacle didactique	84
5.2 Implication didactique	86

CONCLUSION ET PERSPECTIVES	87
BIBLIOGRAPHIE	89
TABLE DES MATIERES	98
ANNEXES	101

ANNEXES

Annexe 1: autorisation de recherche

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

FACULTE DES SCIENCES DE
L'EDUCATION

DEPARTEMENT DE DIDACTIQUE
DES DISCIPLINES



REPUBLIC OF CAMEROON

Peace – Work – Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF EDUCATION

DEPARTMENT OF DIDACTICS

N° — /UYI/FSE/DID

07 DEC 2022
Yaoundé, le.....

AUTORISATION DE RECHERCHE

Je soussigné, BELA Cyrille Bienvenu, Doyen de la Faculté des Sciences de l'Éducation de l'Université de Yaoundé I, autorise NTEUNDJEU CHIMI Sophie Dorice matricule 21v3347 inscrit (e) en Master 2 dans le Département de Didactique des Disciplines, Option : Chimie, dont le sujet traite de: « *Construction du concept de réaction chimique en classe de 3^{me} au Lycée Bilingue de Balngong* ».

L'intéressée, dans le cadre de ses travaux de recherche, a besoin d'une bonne connaissance du terrain à acquérir auprès des Lycées et Collèges.

En foi de quoi la présente autorisation lui est délivrée pour servir et valoir ce que de droit.

Le Doyen, P.O
Etienne
Professeur

Guide d'exploitation

Observer les figures 2, 3 et 4 précédentes puis répondre aux questions

1. Identifier les photos de figures 2, 3 et 4 précédentes.
2. Quelle remarque fais-tu entre les situations des figures 2 et 3 ? La nature du corps change-t-elle lors de cette transformation ? Propose un nom à une telle transformation.
3. Quelle remarque fais-tu entre les situations des figures 2 et 4 ? La nature du corps change-t-elle lors de cette transformation ? Propose un nom à une telle transformation.



JE RETIENS LA NOTION CONSTRUITE

On peut transformer les corps de différentes façons.

- On a changé l'apparence du papier en le déchirant, mais ce qu'on obtient n'est pas une nouvelle substance (fig. 3) : c'est une transformation physique.
- Quand on brûle le papier, ce qu'il en reste n'est plus du papier. Le corps a donc changé (fig. 4) : c'est une transformation chimique.

Une transformation physique est une transformation qui ne change pas la nature du corps.

Une transformation chimique est une transformation qui change la nature du corps.

1.2- Les transformations physiques de l'eau

OPDI N° 2 : Donner les différentes transformations physiques de l'eau

ACTIVITÉ : Soient les figures suivantes

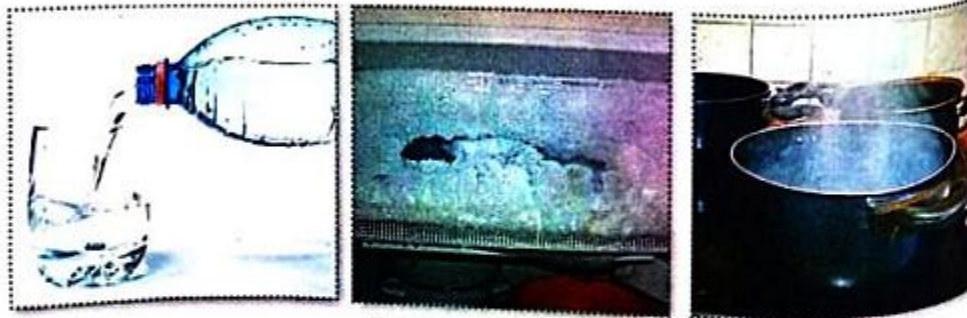


Fig 5 : L'eau sous différentes formes

Guide d'exploitation

Observer les figures ci-dessus puis répondre aux questions

1. Citer les différents états dans lesquels se trouve l'eau sur la figure ci-dessus.
2. Donner un nom au passage d'un état à l'autre puis définis-le.

CATÉGORIE D'ACTION : LECTURE ET EXPLOITATION DES INSCRIPTIONS SUR DES PRODUITS DE CONSOMMATION

SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT/APPRENTISSAGE N°1 :

LES TRANSFORMATIONS DE LA MATIÈRE



Fig. 1 : Eau congelée et tasse de lait

Marcel veut prendre une tasse de lait sucrée et bien fraîche. Il sort une bouteille d'eau congelée et la laisse à l'air libre. Après quelques minutes, il met une certaine quantité d'eau glacée dans sa tasse contenant du lait en poudre et du sucre. Après avoir mélangé, il consomme et s'aperçoit qu'elle est trop sucrée. Il se demande comment faire pour la rendre moins sucrée.

Comment différencier une transformation physique d'une transformation chimique ?

SÉANCE D'E/A N° 01 : LES DIFFÉRENTES TRANSFORMATIONS DE LA MATIÈRE

O P O : Identifier et définir les différentes transformations que peut subir la matière

1.1- Transformation physique – Transformation chimique

OPOI N° 1 : Différencier une transformation physique d'une transformation chimique

ACTIVITÉ : Considérons les transformations représentées ci-dessous



Fig 2



Fig 3



Fig 4



JE RETIENS LA NOTION CONSTRUITE

Un changement d'état est le phénomène physique qui fait passer un corps d'un état (solide, liquide ou gazeux) à un autre.

Les changements d'état sont généralement provoqués par un changement de température.

Les différents changements d'état de l'eau sont donnés par le schéma ci-dessous.

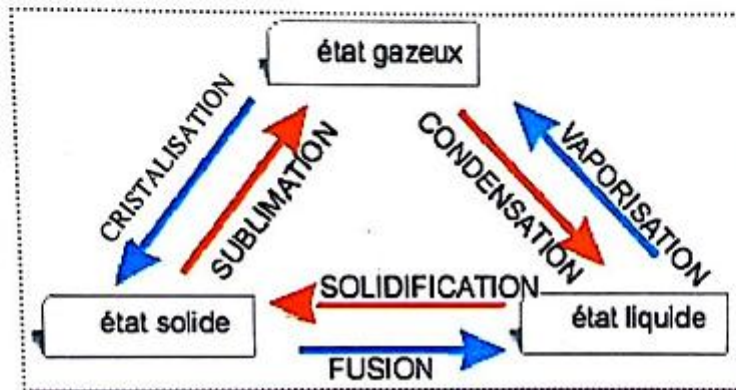


Fig 6 : Diagramme des changements d'état de l'eau

1.3- Les températures de changement d'état de l'eau

L'eau est inodore, incolore et insipide. A la température ambiante l'eau est à l'état liquide.

Elle se solidifie à 0°C et se vaporise à 100°C.

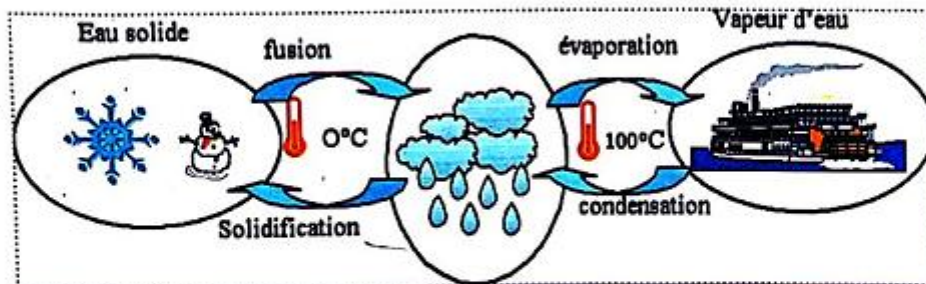


Fig 7 : Températures des changements d'état de l'eau

SÉANCE D'E/A N° 02 : MÉLANGES ET CORPS PURS

O P O : Différencier un mélange d'un corps pur

2. COURS

2.1 TRANSFORMATION CHIMIQUE

2.1.1 COMBUSTION D'UNE BOUGIE DANS L'AIR

Lorsque la bougie brûle dans l'air :

- Elle dégage beaucoup de chaleur
- Sa flamme présente trois zones distinctes :
 - une **zone bleue** située à sa base, où se produit la vaporisation de la cire;
 - une **zone sombre** constituée des vapeurs de cire;
 - une **zone éclairante** (carbone porté à l'incandescence).
- La **paraffine** fond, une partie brûle et l'autre coule et se solidifie sur les parois extérieures de la bougie : la masse de la bougie diminue parce que la paraffine est consommée. La flamme est entretenue par le **dioxygène** de l'air qui est un **comburant**. La paraffine est un **combustible**. Le fait que la bougie brûle dans l'air est une **combustion**. Ainsi, lors de la combustion de la bougie, la **mèche**, la **paraffine** et le **dioxygène** disparaissent et des corps nouveaux apparaissent:
 - le **carbone** qui **noircit** tout objet en contact avec la flamme;
 - le **dioxyde de carbone** qui **trouble l'eau de chaux**;
 - l'**eau** qui donne la couleur **bleue au sulfate de cuivre** initialement blanchâtre.

La combustion de la bougie est une **réaction chimique**. Les corps qui **disparaissent** sont appelés **réactifs** et ceux qui **apparaissent** sont appelés **produits**.

La combustion dans l'air s'accompagne d'un important **dégagement de chaleur** : c'est une **réaction exothermique**. La combustion de la bougie est **incomplète**. Elle peut être interprétée par l'équation littérale suivante :



Doc.6. Combustion d'une bougie

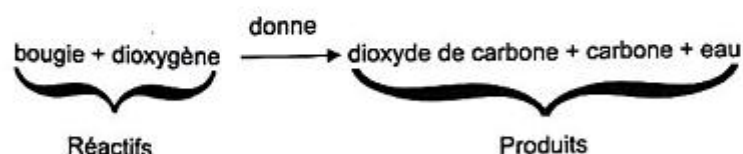
Le dioxyde de carbone trouble l'eau de chaux

Le carbone noircit

L'eau donne la couleur bleue au sulfate de cuivre

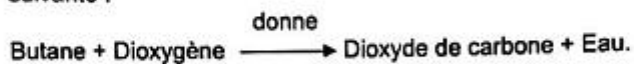
La combustion est une réaction chimique au cours de laquelle des réactifs (combustible et comburant) sont consommés alors que des produits sont formés. Elle s'accompagne d'un dégagement de chaleur.

L'équation littérale d'une réaction symbolise la réaction chimique. Elle s'écrit en utilisant les noms de chaque réactifs séparés par le signe plus (+) suivi de « donne » et les noms du ou des produits séparés par le plus (+)



2.1.2 COMBUSTION DU BUTANE DANS L'AIR

Le butane communément appelé « gaz domestique » brûle dans l'air. Sa flamme, bleue et plus chaude que celle de la bougie, ne noircit pas : c'est une combustion complète contrairement à celle de la bougie qui est incomplète. Lors de la combustion du butane, le dioxygène disparaît avec le butane tandis que le dioxyde de carbone et l'eau se forment. Ce phénomène est une réaction chimique. On peut interpréter la combustion du butane par l'équation littérale suivante :

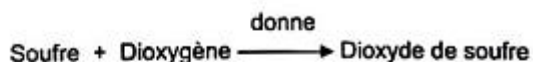


2.1.3 COMBUSTION DU SOUFRE DANS L'AIR

Lorsqu'on chauffe le soufre dans l'air avec une flamme, il brunit, passe à l'état liquide en surface, se vaporise puis s'enflamme. Sa flamme bleue, peu éclairante ne noircit pas.

La combustion du soufre consomme le soufre et le dioxygène et produit un gaz incolore, suffocant et toxique qui décolore la solution violette de permanganate de potassium : le dioxyde de soufre

L'équation littérale de combustion s'écrit :



Le dioxyde de soufre décolore la solution violette de permanganate de potassium

Remarque :

- À cause de sa toxicité, le soufre ne doit pas être utilisé comme combustible.
- Le dioxyde de soufre est utilisé comme agent de blanchiment (décolorant), antiseptique, antibactérien.....
- Le dioxyde de soufre est le conservateur des produits alimentaires notamment des fruits secs, des jus de fruits, des vins. Le code E220 inscrit sur l'emballage de ces produits renseigne les consommateurs sur la présence du dioxyde de soufre dans ce qu'ils vont consommer. L'ingestion de denrées traitées au dioxyde de soufre peut provoquer des troubles digestifs chez certains consommateurs.

2.1.4 AUTRES COMBUSTIONS DANS L'AIR

• LA COMBUSTION DU MÉTHANE

Le méthane est un gaz naturel comme le butane. Il brûle dans l'air en donnant du **dioxyde de carbone**, de l'**eau** et de la **chaleur**. C'est une **combustion complète**. Son équation littérale s'écrit :

méthane + dioxygène $\xrightarrow{\text{donne}}$ dioxyde de carbone + eau

• LA COMBUSTION DU CARBONE.

Le charbon de bois est constitué essentiellement de **carbone**. Sa **combustion complète** dans dioxygène est **exothermique** et produit du **dioxyde de carbone** qui est le principal gaz à effet de serre. Elle peut être interprétée par l'équation littérale suivante :

carbone + dioxygène $\xrightarrow{\text{donne}}$ dioxyde de carbone

Remarque: Dans certaines circonstances la combustion du carbone dans le dioxygène peut être **incomplète**. Il peut alors se former du **noir de fumée** constitué par des **atomes de carbone**, du **monoxyde de carbone**, gaz très toxique qu'il faut éviter d'inhaler.

2.1.5 GÉNÉRALISATION

Lors des **combustions**, la disparition des corps initiaux ou **réactifs** et la formation de nouveaux corps ou **produits** correspondent à un **réarrangement d'atomes** au sein de **nouvelles molécules**. Celles qui **libèrent de la chaleur** sont dites **exothermiques**.

Une combustion est un exemple de réaction chimique.

Une réaction chimique est une transformation au cours de laquelle des corps disparaissent et des corps nouveaux apparaissent

Un réactif est un corps qui disparaît au cours d'une réaction chimique

Un produit est un corps qui apparaît au cours d'une réaction chimique

Une réaction exothermique est celle qui dégage de la chaleur

Une réaction chimique se traduit par une **équation-bilan** dans laquelle n'interviennent que les espèces réellement mis en jeu. **Dans l'écriture de l'équation-bilan d'une réaction chimique**, les réactifs s'écrivent à gauche d'une flèche et les produits à sa droite : les réactifs entre eux d'une part et les produits entre eux d'autre part sont séparés par le signe plus (+). La flèche signifie « donne »

RÉACTIFS \longrightarrow PRODUITS

Activité 2 : Comment utiliser la loi de conservation des atomes des éléments pour équilibrer une équation-bilan ?

Tu as réalisé en classe de 4ème la combustion complète du méthane :

- Rappelle les produits de cette réaction et décris brièvement le test d'identification de chacun d'eux .
- Écris l'équation littérale résumant cette combustion.
Représente dans l'équation littérale chaque espèce chimique (réactifs et produits) par sa formule pour obtenir l'équation-bilan de la réaction ;
- Équilibre cette équation-bilan en plaçant devant la formule des réactifs et produits des coefficients appelés **coefficients stœchiométriques** afin de respecter la conservation du nombre d'atomes des différents éléments dans les réactifs et dans les produits. (Ne pas modifier la formule d'un corps pur dans cette opération).

2. COURS

2.1 DÉFINITIONS

Les définitions de la réaction chimique, du réactif, du produit ont été déjà vues dans les classes antérieures :

• RÉACTION CHIMIQUE

À l'exemple de la réaction entre le fer et le soufre réalisée dans l'activité 1, une réaction chimique est une transformation au cours de laquelle des corps purs sont consommés tandis que des nouveaux corps purs sont formés.

Ainsi, le fer et le soufre sont consommés et simultanément le sulfure de fer (FeS) est formé. Le sulfure de fer n'a ni l'aspect, ni les propriétés du fer ou du soufre. C'est un nouveau corps pur.

Une réaction chimique est une transformation au cours de laquelle des corps purs sont consommés tandis que de nouveaux corps purs sont formés.

• RÉACTIF

Dans l'activité 1, la limaille de fer et la fleur de soufre sont consommés et disparaissent au cours de la réaction : ce sont des réactifs.

Les corps purs qui sont consommés au cours de la réaction chimique sont appelés réactifs.

Un réactif est un corps pur qui est consommé au cours d'une réaction chimique.

• PRODUIT

La limaille de fer réagit sur la fleur de soufre pour donner un solide gris sombre qui est le sulfure de fer (FeS). Le sulfure de fer, nouveau corps formé est appelé produit.

Un produit est un nouveau corps pur qui est formé au cours d'une réaction chimique.

Annexe 5: questionnaire

Classe :

Age :

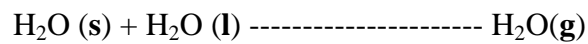
Sexe : masculin féminin redoublant : oui non code

Durée : 30minutes

Activité 1 : Les différents changements d'états de l'eau.

Dans la nature, l'eau se retrouver sous différentes formes : solide, liquide, gazeux.

Soit l'équation de la transformation physique de l'eau suivante :



Q1-a) Qu'est-ce qu'une transformation physique ?

Q1-b) Donner un exemple de transformation physique.

Q1-c) Que représente les lettres s, l, et g dans l'équation de la transformation physique de l'eau ci-dessus ?

Activité 3 : transformation chimique et combustion de la bougie dans le dioxygène/ dans l'air.

On réalise successivement les expériences suivantes :

- Une bougie allumée est coiffée d'un flacon contenant de dioxygène (**figure 1**).
- Une bougie allumée et coiffée d'un flacon contenant de l'air (**figure 2**).



Figure 1

Figure 2

Q2-a) Expliquer pourquoi la bougie de la figure 2 s'éteint.

Q2-b) Qu'est-ce qu'une transformation chimique ?

Q2-c) Donner deux exemples de transformation chimique.

Soit les différentes équations des transformations suivantes :

- $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;
- $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$;
- Paraffine + $\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{C}$;
- $\text{Na} + \text{Cl} \longrightarrow \text{NaCl}$;
- $\text{S} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{SO}_2$;
- $\text{CO} + 2\text{CO} \longrightarrow 3\text{CO}$.

Q2-d) Identifier celles qui sont des transformations chimiques.

Q2-e) Justifier ta réponse