

## Erreurs commises dans l'équilibration des réactions d'oxydo-réduction par les élèves de 2<sup>ème</sup> année des humanités scientifiques de Bunia en République Démocratique du Congo

### [ Redox reactions errors made by Bunia 2<sup>nd</sup> form scientific pupils in the Democratic Republic of Congo ]

KAMUHANDA BUGASAKI Jacob<sup>1</sup> and MIMILYABO SEZABO Pascal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Chef de Travaux, Institut Supérieur Pédagogique de Bunia, Province de l'Ituri, RD Congo

<sup>2</sup>Assistant, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bunia, Province de l'Ituri, RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** A questionnaire composed of two chemical equations has been administered to 203 second form scientific pupils from 15 Bunia schools in the Democratic Republic of the Congo in order to point out the errors they make in the equilibration of the redox reactions and identify the frequent errors. The obtained results, after the present study have revealed that the committed errors in the redox oxidation equilibration by these pupils are: the calculation of the stage oxidation, the oxidant identification and the reducer, the writing of redox couples, the half-equation redox writing, the reactionary area identification, the calculation of the least common multiple, the addition of the redox half-equation and the stoichiometric coefficient writing. By submitting these results to the Chi-Squared test, it has been found that the observed difference between the revealed error frequencies is very significant because  $X^2_{cal} = 327,40 > X^2_{tab 5\%} = 14,07$ . Thus, the most frequent errors are the oxidation numbers bad calculation (47, 78%), the confusion between the oxidant and the reducer (16, 26%) and the bad writing of the half-equation reduction oxidations (26, 11%). Teachers should, therefore exploit correctly the school books and the necessary procedures for the equilibrium of a redox reaction, but also find new methods to teach well the equilibration steps of an oxidation reaction and the reducer.

**KEYWORDS:** Error, balance, redox reactions, 2<sup>nd</sup> form, Scientific.

**RESUME:** Un questionnaire composé de deux équations chimiques a été administré à 203 élèves de 2<sup>e</sup> année des humanités scientifiques de 15 écoles de Bunia en République Démocratique du Congo en vue de relever les erreurs qu'ils commettent dans l'équilibration des réactions d'oxydoréduction et d'identifier les erreurs les plus fréquentes. Les résultats obtenus à l'issue de cette étude ont révélé que les erreurs commises dans l'équilibration des réactions d'oxydoréduction par ces élèves sont: le calcul d'étage d'oxydation, l'identification d'oxydant et de réducteur, l'écriture des couples redox, l'écriture des demi-équations redox, l'identification du milieu réactionnel, le calcul du plus petit commun multiple, l'addition des demi-équations redox et l'écriture des coefficients stœchiométriques. En soumettant ces résultats au test Chi-carré, il s'est dégagé que la différence observée entre les fréquences des erreurs relevées est très significative car  $X^2_{cal} = 327,40 > X^2_{tab 5\%} = 14,07$ . Ainsi, les erreurs les plus fréquentes sont le mauvais calcul des nombres d'oxydation (47,78%), la confusion entre l'oxydant et le réducteur (16,26%) et la mauvaise écriture des demi-équations d'oxydation de la réduction (26,11%). Les enseignants doivent donc bien exploiter les manuels scolaires ainsi que les procédures nécessaires pour l'équilibrage d'une réaction redox, mais aussi trouver de nouvelles méthodes pour arriver à bien enseigner les étapes d'équilibration d'une réaction d'oxydation et de réduction.

**MOTS-CLEFS:** Erreur, Equilibration, Réactions d'oxydo-réduction, 2<sup>e</sup> année, Humanités scientifiques.

## 1 INTRODUCTION

Les années 1970 marquent la création de la didactique des sciences expérimentales et l'évolution des disciplines technologiques en discipline de recherche universitaire [1].

L'erreur des élèves est souvent perçue comme un élément perturbateur dans le processus enseignement-apprentissage. Trop souvent ces erreurs sont encore perçues comme un manque d'intelligence ou de travail [2]. Contrairement à la faute, l'erreur est quelque chose de normal, d'inévitable, qui témoigne des difficultés que l'apprenant doit résoudre pour produire une connaissance nouvelle. Si l'apprenant commet une erreur et que l'enseignant la lui signale, il va alors essayer de se corriger et émettre de nouvelles hypothèses de réponses; et l'apprenant devient ainsi acteur de son apprentissage. Par conséquent une erreur ne provoque pas la frustration chez l'apprenant mais elle l'aide à s'améliorer [3].

Pour l'élève, le retour réflexif sur l'erreur est une voie propice pour accéder à une meilleure compréhension de la notion étudiée, et là l'apprenant découvre aussi son propre fonctionnement intellectuel et gagne en autonomie. Tandis que pour l'enseignant, l'exploitation de l'erreur est un instrument de régulation pédagogique qui lui permet de découvrir les démarches d'apprentissage des élèves, d'identifier leurs besoins, de différencier les approches pédagogiques et de les évaluer avec pertinence [4].

Le programme national de chimie en vigueur en République Démocratique du Congo, prévoit le cours de chimie à partir de la 1<sup>ère</sup> année des humanités Scientifiques, Littéraires, Techniques et Pédagogiques vue son importance considérable dans la formation du citoyen congolais. En effet, le cours de chimie, plus précisément la chimie générale, constitue la base de la formation des élèves en sciences chimiques étant une branche que l'élève retrouve sur son parcours scolaire à partir de 7<sup>e</sup> année de l'enseignement de base. A cet effet, il doit être dispensé avec beaucoup plus de considérations et de sérieux dans des conditions optimales pour réussir son assimilation et son apprentissage par les élèves.

Mais rare sont les recherches concernant les erreurs commises par les apprenants en chimie, spécialement dans l'équilibrage des réactions d'oxydoréduction. Et portant nous remarquons que beaucoup d'élèves n'arrivent toujours pas à résoudre correctement les exercices de chimie. Les quelques recherches rencontrées sont plus réalisées dans le domaine des mathématiques et physiques.

Cependant, en Ituri plus précisément à Bunia, quelques recherches ont été réalisées en didactique de chimie soit pour évaluer le niveau d'acquis de certaines notions de chimie, soit pour évaluer l'adéquation entre les objectifs pédagogiques et les questions d'évaluations des leçons de chimie ou soit pour évaluer la fréquentation de laboratoire par les élèves.

Ces travaux révèlent déjà que bon nombre de notions étudiées ne sont pas bien assimilées par les élèves et que cela serait probablement dues, entre autres, à la négligence de la part des enseignants et de leurs élèves, soit que les enseignants eux-mêmes éprouvent des difficultés dans l'enseignement desdites notions car l'équilibrage des réactions redox fait partie de la réflexion à plusieurs étapes. Et l'apprenant qui a appris correctement le processus de l'équilibrage de ces réactions, peut réussir à chaque étape en utilisant les compétences acquises lors de sa formation [5,6].

Etant donné que dans le milieu, rare sont les recherches menées dans le but d'identifier les erreurs commises par les élèves la résolution des exercices de chimie se rapportant aux notions de base de chimie prévues dans le programme national, et qui apporteraient de solutions aux problèmes constatés, nous nous sommes lancés sur cette piste en vue de compléter les recherches déjà réalisées auprès des élèves en relevant les erreurs commises par les élèves de Bunia en République Démocratique du Congo dans l'équilibrage des réactions d'oxydo-réduction en 2<sup>e</sup> année des humanités scientifiques.

L'oxydo-réduction intervient dans la photosynthèse à cause de ses effets bénéfiques. Elle est également très importante pour ses innombrables applications aussi bien dans la vie quotidienne sous forme de piles et accumulateurs, que dans l'industrie chimique et électrochimique [7].

La bonne maîtrise de cette notion d'oxydo-réduction impacte positivement l'enseignement-apprentissage de l'électrochimie où l'on traite des pouvoirs réducteurs des métaux, des piles électrochimiques, du potentiel redox et de la constante d'équilibre des réactions redox; mais aussi de la chimie appliquée où des synthèses minérales et organiques doivent être réalisées [8].

Lors d'une pré-enquête réalisée auprès de 17 élèves de 3<sup>e</sup> année des humanités scientifiques de quatre écoles de la ville de Bunia: 6 de l'IDAP-ISP/BUNIA, 5 de l'Institut SUKISA, 3 de l'institut Yambi-Yaya et 3 du Complexe Scolaire Aigle de Dieu, 64,7% d'élèves (soit 11/17) nous ont renseigné qu'ils équilibrent facilement les réactions ioniques. Tandis que 88,2% (soit 15/17) disent qu'ils ont du mal à s'en sortir lorsqu'il s'agit des réactions moléculaires où on doit écrire séparément la demi-équation d'oxydation et la demi-équation de réduction. Quatre élèves sur 17 (soit 23,5%) ont déclaré qu'ils confondent souvent l'oxydant du réducteur et ne savent pas comment les distinguer dans une équation d'oxydo-réduction.

La présente étude est construite autour de la question: Quelles sont les erreurs commises par les élèves de 2<sup>e</sup> année des humanités scientifiques de la ville de Bunia dans l'équilibrage des réactions d'oxydo-réduction? De cette question découlent deux autres: Lesquelles des erreurs commises sont les plus fréquentes? Que doit-on faire pour remédier à ses erreurs?

Partant des réponses fournies par les élèves pendant la pré-enquête réalisée auprès de 17 élèves de 3<sup>e</sup> année des humanités scientifiques de la ville de Bunia, nous estimons que les erreurs commises par les élèves de 2<sup>e</sup> année des humanités scientifiques de Bunia sont: le mauvais calcul des nombres d'oxydation, la confusion entre l'oxydant et le réducteur, la mauvaise écriture des demi-équations d'oxydation et de réduction, la mauvaise équilibrage des atomes d'hydrogène et d'oxygène et la mauvaise transposition des coefficients

stœchiométriques de l'équation ionique à l'équation moléculaire. Les plus fréquentes des erreurs sont le mauvais calcul des nombres d'oxydation, la confusion entre l'oxydant et le réducteur et la mauvaise écriture des demi-équations d'oxydation de la réduction.

L'objectif de la présente étude est de déceler les erreurs commises dans l'équilibrage des réactions d'oxydo-réduction par les élèves de 2<sup>e</sup> année des humanités scientifiques des écoles de la ville de Bunia. De façon spécifique, il sera question d'identifier étape par étape les erreurs commises par les élèves de 2<sup>e</sup> année des humanités scientifiques des écoles de la ville de Bunia lorsqu'ils sont appelés à équilibrer une réaction en suivant les différentes étapes enseignées pour arriver à bien équilibrer une réaction chimique d'oxydo-réduction; de situer les origines des erreurs décelées chez les apprenants concernés par l'étude et de proposer quelques pistes de solution pour remédier aux erreurs identifiées.

## 2 METHODOLOGIE

### 2.1 POPULATION ET ECHANTILLON D'ETUDE

La présente étude a été réalisée dans les écoles organisant les humanités scientifiques en ville de Bunia. Bunia est le Chef-lieu de la province de l'Ituri en République Démocratique du Congo. Elle est située, selon Alphonse Allias, entre 1°33'33" de Latitude Nord et 30°15'08" de Longitude Est, à 1265 m du niveau de la mer [9].

La ville de Bunia regorge des écoles réparties en deux régimes de gestion: régime public prises en charge par le Trésor Public et le régime privé sous la gestion des promoteurs d'écoles. Les données recueillies au bureau de la Sous-Division Urbaine de Bunia révèle que 31 écoles ont organisé les classes de 2<sup>e</sup> année des humanités scientifiques répartis comme suit: 2 écoles publiques, 4 écoles conventionnées protestantes, 2 écoles conventionnées catholiques et 23 écoles privées agréées [10].

Ainsi, la population d'étude était constituée de 858 élèves de 2<sup>ème</sup> année des humanités scientifiques inscrits dans 31 écoles de la ville de Bunia, au cours de l'année scolaire 2021-2022. Le calcul de La taille de l'échantillon a donné 203 élèves par la formule  $n = \frac{t_p^2 \cdot P(1-P) \cdot N}{t_p^2 \cdot P(1-P) + (N-1) \cdot y^2}$  et  $nc = \frac{n \cdot N}{n + N - 1}$  [9], Avec: n = taille de l'échantillon; N = taille de la population cible réelle ou estimée; P = proportion attendue d'une réponse de la population ou proportion réelle (0,5);  $t_p$  = valeur de l'intervalle de confiance d'échantillonnage (1,96 pour 95%); y = marge d'erreur d'échantillonnage (0,05) et  $n_c$  = l'effectif correctif de l'échantillon lorsque  $n \geq 10\%$  de N.

Pour prélever les 203 échantillons, c'est l'échantillonnage aléatoire simple qui a été utilisé. Ainsi, les 203 élèves échantillonnés ont été répartis dans 15 écoles tel que repris dans le tableau 1 ci-dessous.

**Tableau 1. Répartition des élèves échantillonnés par école organisant la 2<sup>e</sup> année des humanités scientifiques**

N°	Ecoles	Régime de gestion	Effectif
1	CS. Bon Berger	Ecole privée agréée	5
2	Collège Elikya	Ecole privée agréée	6
3	CS. De Bunia	Ecole publique	17
4	CS. Jean-Marie de la Mennais	Ecole privée agréée	24
5	CS. Maendeleo/Bankoko	Ecole privée agréée	9
6	CS. Maendeleo/Ndibakodu	Ecole privée agréée	7
7	CS. Nelson Mandela	Ecole privée agréée	13
8	CS. Rehoboth	Ecole privée agréée	8
9	CS. Shalom	Ecole privée agréée	18
10	IDAP/ISP-BUNIA	Ecole privée agréée	39
11	Institut BANKOKO	Ecole conventionnée protestante	4
12	Institut Nyakasanza	Ecole conventionnée catholique	15
13	Institut TCHANDA	Ecole privée agréée	12
14	Institut Ujio Wa Heri	Ecole conventionnée catholique	20
15	ITP/Camp Ndolomo	Ecole publique	6
<b>TOTAL</b>			<b>203</b>

Il se dégage du tableau 1 que l'IDAP-ISP/BUNIA, le CS. Nelson Mandela et l'Institut Ujio Wa Heri enregistrent respectivement 39, 24 et 20 échantillons sur les 203 élèves.

### 2.2 METHODE

La détermination des erreurs commises dans l'équilibrage des réactions d'oxydoréduction par les élèves de 2<sup>e</sup> année des humanités scientifiques demande une étude du terrain. Ainsi, la méthode transversale a été mise à contribution. Tandis que la vérification de l'hypothèse de départ a été possible grâce à la méthode statistique a été utilisée pour le traitement des données recueillies auprès des enquêtés.

### 2.3 RECOLTE DES DONNEES

Pour arriver à déceler les erreurs commises par les élèves échantillonnés, nous sommes partis d'un questionnaire d'enquête. Ce dernier comportait deux équations chimiques (l'une évoluant en milieu acide et l'autre en milieu basique) à équilibrer par les élèves échantillonnés en se servant des différentes étapes d'équilibrage des réactions redox apprises à l'école par les enseignants de chimie. Pour ce faire, chaque élève était appelé à répondre à ce questionnaire en montrant toutes les étapes et cela du calcul d'étape d'oxydation des éléments jusqu'à l'écriture des coefficients stœchiométriques des équations équilibrées.

Comme exigé par les Autorités provinciales de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Technique en Ituri, nous avons fait approuver par le Chef de la Sous-division Urbaine de Bunia notre attestation de recherche avant d'aller dans les écoles. Ensuite, nous étions immédiatement passés dans les écoles concernées par l'étude pour administrer le test durant 13 jours soit du 1<sup>er</sup> septembre au 15 septembre 2022 vue la disponibilité des écoles ainsi que les distances qui les séparent les unes des autres.

En corrigeant le test, seules les réponses incorrectes des élèves nous intéressaient car elles nous permettaient de relever directement l'erreur commise par chacun d'eux et de situer cette erreur par rapport aux étapes à suivre pour équilibrer l'équation d'une réaction d'oxydoréduction. Ces étapes successives telles que données par la référence [11] sont: Ecrire l'équation non équilibrée; Séparer l'équation en deux réactions partielles en calculant l'étages d'oxydation pour chaque atome, identifier et écrire tous les couples redox en réaction et combiner ces couples redox en deux réactions partielles; Équilibrer les atomes dans chaque équation partielle sauf H et O, équilibrer les charges en ajoutant H<sup>+</sup> ou OH<sup>-</sup> et équilibrer l'oxygène en ajoutant des molécules H<sub>2</sub>O; Égaliser le nombre d'électrons perdus et reçus dans des réactions partielles; Additionner les équations partielles et simplifier si possible pour obtenir l'équation globale équilibrée; Et enfin, écrire les coefficients stœchiométriques de l'équation globale.

### 2.4 TECHNIQUE DE TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNEES

Le calcul de pourcentage et le test statistique de Chi-deux ont été utilisés dans cette étude pour la comparaison d'une fréquence observée à une fréquence théorique uniforme à un échantillon. Ils ont été calculés grâce au logiciel Excel.

## 3 RESULTATS

Les résultats de la présente étude sont inscrits dans les tableaux 2 et 3 suivantes.

Tableau 2. Répartition des erreurs commises par les élèves échantillonnés par école

ERREURS	CS. B-B	C. ELIK	CS. BIA	CS. JMM	CS. MAE	CS. M.ND	CS. NEL.M	CS. REH	CS. SHAL	IDAP-ISP	I. BANK	I. NYAK	I. TCH	I. UH	ITP-CN	SOMME
E1	3	2	11	11	5	5	7	3	7	11	3	9	8	8	4	97
E2	1	3	3	4	2	0	2	3	7	5	0	0	0	3	0	33
E3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	7	0	0	0	2	0	11
E4	1	0	3	4	2	1	4	2	4	12	1	6	4	7	2	53
E5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
E6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
E7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
E8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	5
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>17</b>	<b>24</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>39</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>203</b>

Légende: CS. B-B = Complexe scolaire Bon Berger; C. ELIK = Collège Elikya; CS. BIA = Complexe scolaire de Bunia; CS. JMM = Complexe scolaire Jean Marie de la Mennais; CS. MAE = Complexe scolaire Maendeleo/Bankoko; CS. M.ND = Complexe scolaire Maendeleo/Ndibakodu; CS. NEL.M = Complexe scolaire Nelson Mandela; CS. REH = Complexe scolaire Rehoboth; CS. SHAL = Complexe scolaire Shalom; IDAP-ISP = Institut d'application de l'Institut Supérieur Pédagogique de Bunia; I. BANK = Institut Bankoko; I. NYAK = Institut Nyakasanza; I. TCH = Institut Tchanda; I. UH = Institut Ujjo wa Heri; ITP-CN = Institut Technique Professionnel du Camp Ndolomo; E1 = Calcul d'étape d'oxydation; E2 = Identification d'oxydant et de réducteur; E3 = Ecrire des couples redox; E4 = Ecrire des demi-équations redox; E5 = Identification du milieu réactionnel; E6 = Calcul du plus petit commun multiple; E7 = Addition des demi-équations redox et E8 = Ecrire des coefficients stœchiométriques.

Le tableau 2 révèle que les 5 rares enquêtés qui ont réussi à équilibrer l'équation des réactions redox jusqu'à additionner les demi-équations mais dépassés par l'écriture des coefficients stœchiométriques se retrouvent à l>IDAP-ISP (3 élèves) et au CS. JMM (2 élèves).

Par ailleurs, c'est à l'IDAP-ISPB que beaucoup d'enquêtés ont été bloqués par l'écriture des demi-équations redox (12/39 élèves, soit 30,7%) par rapport à ceux qui n'ont pas été capables de calculer l'étape d'oxydation.

**Tableau 3. Erreurs commises par les élèves échantillonnés dans l'équilibrage des équations redox**

N°	Erreurs commises par les élèves	fo	fe	X <sup>2</sup> (cal)	L	χ <sup>2</sup> (5%)	SS
1.	Calcul d'étape d'oxydation	97 (47,78%)	25,38	202,17			
2.	Identification d'oxydant et de réducteur	33 (16,26%)	25,38	2,29			
3.	Ecriture des couples redox	11 (5,42%)	25,38	8,14			
4.	Ecriture des demi-équations redox	53 (26,11%)	25,38	30,07			
5.	Identification du milieu réactionnel	2 (0,99%)	25,38	21,53			
6.	Calcul du plus petit commun multiple	1 (0,49%)	25,38	23,41			
7.	Addition des demi-équations redox	1 (0,49%)	25,38	23,41			
8.	Ecriture des coefficients stœchiométriques	5 (2,46%)	25,38	16,36			
<b>Total</b>		<b>203 (100%)</b>	<b>203</b>	<b>327,40</b>	<b>7</b>	<b>14,07</b>	<b>S</b>

Avec:

- X<sup>2</sup> (cal) = le chi-deux ou le chi-carré calculé;
- χ<sup>2</sup> (5%) = le chi-deux ou le chi-carré tabulaire;
- fo = la fréquence observée;
- fe = la fréquence théorique ou attendu;
- L = le nombre des degrés de liberté égal à K-1;
- SS = la signification statistique et
- S = significative

De ce tableau, il ressort que les erreurs commises par les élèves échantillonnés dans l'équilibrage des équations redox sont: le calcul d'étape d'oxydation (47,78%); l'identification d'oxydant et de réducteur (16,26%); l'écriture des couples redox (5,42%); l'écriture des demi-équations redox (26,11%); l'identification du milieu réactionnel (0,99%); le calcul du plus petit commun multiple (0,49%); l'addition des demi-équations redox (0,49%) et l'écriture des coefficients stœchiométriques (2,46%).

En calculant le test Chi-deux en vue de comparer les fréquences observées entre les erreurs commises par les élèves de 2<sup>e</sup> année des humanités scientifiques de Bunia dans l'équilibrage des réactions redox, le constat est que la valeur de chi-carré calculé (327,40) est de loin supérieure à la valeur de chi-carré tabulaire (14,07) au sein de signification de 5% avec le degré de liberté égal à 7. La différence observée est donc très significative entre les fréquences observées des erreurs relevées chez les élèves échantillonnés.

#### 4 DISCUSSION DES RESULTATS

Au regard des résultats d'enquête, les 5 rares enquêtés qui ont réussi à équilibrer l'équation des réactions redox jusqu'à additionner les demi-équations mais dépassés par l'écriture des coefficients stœchiométriques se retrouvent à l'IDAP-ISPB (3 élèves) et au CS. JMM (2 élèves). Par ailleurs, c'est à l'IDAP-ISPB que beaucoup d'enquêtés ont été bloqués par l'écriture des demi-équations redox (12/39 élèves, soit 30,7%) par rapport à ceux qui n'ont pas été capables de calculer l'étape d'oxydation.

Par ailleurs, l'auteur [12] pense que la plupart des erreurs commises dans les calculs d'étape d'oxydation s'explique par le fait que le concept étape d'oxydation et les questions connexes ont toujours été difficiles pour les apprenants. Et en plus, il existe des malentendus et des obscurités qui entraînent un mauvais équilibrage des équations chimiques.

Pour [13], la non maîtrise des formules chimiques, de conservation des atomes et leur arrangement au cours de la transformation chimique sont les principaux facteurs qui expliquent les erreurs commises par les élèves lors de l'équilibrage des réactions chimiques.

Nos résultats se rapprochent avec ceux de l'auteur [13] qui, selon ses recherches a découvert que la moitié des élèves marocains de 2<sup>e</sup> année secondaire collégial ont des difficultés à comprendre la loi de la conservation de masse ce qui les amène à commettre les erreurs dans l'écriture et l'équilibrage des équations chimiques.

Ces résultats viennent confirmer la faible maîtrise de la théorie d'oxydo-réduction chez les élèves des 4<sup>èmes</sup> secondaires de quelques écoles de Bunia et ses environs relevée déjà en 2008 par la référence [5].

L'erreur dans le domaine de l'éducation et des apprentissages, longtemps considérée comme une faute appelant une sanction ou une punition, elle était perçue comme un obstacle dans les processus d'apprentissage. Actuellement l'erreur est considérée comme une étape nécessaire et une alliée devant être mise à profit dans une stratégie d'apprentissage [14].

C'est pourquoi, La référence [15] donne deux conseils pour résoudre les problèmes liés à la détermination du nombre d'oxydation des composés, à savoir: suivre la règle donnée pour attribuer un indice d'oxydation à chaque élément d'une molécule ou d'un ion si deux règles semblent se contredire et déterminer d'abord les étages d'oxydation faciles, puis résoudre pour les autres atomes inconnus dans le cas d'une espèce à plusieurs atomes.

A titre de rappel, les erreurs commises par les élèves échantillonnés dans l'équilibrage des équations redox sont: le calcul d'étage d'oxydation (47,78%); l'identification d'oxydant et de réducteur (16,26%); l'écriture des couples redox (5,42%); l'écriture des demi-équations redox (26,11%); l'identification du milieu réactionnel (0,99%); le calcul du plus petit commun multiple (0,49%); l'addition des demi-équations redox (0,49%) et l'écriture des coefficients stœchiométriques (2,46%).

L'application du test Chi-deux atteste que la valeur de chi-carré calculé (327,40) est de loin supérieure à la valeur de chi-carré tabulaire (14,07) au sein de signification de 5% avec le degré de liberté égal à 7. La différence observée est très significative entre les fréquences observées des erreurs relevées chez les élèves échantillonnés. Cela montre que la majorité d'enquêtés plus les erreurs liées au calcul d'étage d'oxydation, à l'identification d'oxydant et de réducteur et à l'écriture des demi-équations redox.

Il convient de noter que l'erreur dans le calcul d'étage d'oxydation serait due à la mauvaise mise en œuvre d'une opération selon la catégorie de Menchinskaya [16]. En effet, l'élève doit résoudre une équation du premier degré à un inconnu pour déterminer l'étage d'oxydation de chaque atome dans une molécule ou ion poly atomique.

## 5 CONCLUSION

Cette recherche a porté sur les erreurs commises dans l'équilibrage des réactions d'oxydoréduction par les élèves de deuxième année des humanités scientifiques des écoles de la ville de Bunia.

Les données recueillies à l'aide d'un questionnaire auprès de 203 élèves retenus lors de l'échantillonnage, tous répartis dans 15 écoles secondaires de la ville de Bunia ont été traitées statistiquement au moyen du test statistique Chi-deux, et nous ont donné les résultats suivants:

- Les erreurs commises dans l'équilibrage des réactions d'oxydoréduction par les élèves de deuxième année des humanités scientifiques des écoles de la ville de Bunia sont: le calcul d'étage d'oxydation, l'identification d'oxydant et de réducteur, l'écriture des couples redox, l'écriture des demi-équations redox, l'identification du milieu réactionnel, le calcul du plus petit commun multiple, l'addition des demi-équations redox et l'écriture des coefficients stœchiométriques
- En calculant le test Chi-deux en vue de comparer les fréquences observées entre les erreurs commises par les élèves de 2<sup>e</sup> année des humanités scientifiques de Bunia dans l'équilibrage des réactions redox, le constat est que la valeur de chi-carré calculé (327,40) est de loin supérieure à la valeur de chi-carré tabulaire (14,07) au sein de signification de 5% avec le degré de liberté égal à 7. La différence observée est très significative entre les fréquences observées des erreurs relevées chez les élèves échantillonnés

Au regard de ces résultats, est confirmée l'hypothèse de départ selon laquelle les erreurs commises par les élèves de 2<sup>e</sup> année des humanités scientifiques de Bunia seraient le mauvais calcul des nombres d'oxydation, la confusion entre l'oxydant et le réducteur, la mauvaise écriture des demi-équations d'oxydation et de réduction, la mauvaise équilibrage des atomes d'hydrogène et d'oxygène et la mauvaise transposition des coefficients stœchiométriques de l'équation ionique à l'équation moléculaire. Les erreurs les plus fréquentes sont le mauvais calcul des nombres d'oxydation, la confusion entre l'oxydant et le réducteur et la mauvaise écriture des demi-équations d'oxydation de la réduction.

Par conséquent, l'élimination de ces erreurs chez les apprenants passe l'utilisation de nouvelle méthodologie d'enseignement des réactions d'oxydo-réduction pouvant permettre aux élèves d'appréhender de manière intelligible les différentes étapes de l'équilibrage d'une réaction d'oxydoréduction. Nous suggérons donc aux enseignants de bien exploiter les manuels scolaires disponibles à l'école ainsi que les procédures nécessaires pour l'équilibrage d'une réaction redox. Grâce à la lecture, ces enseignants doivent trouver de nouvelles méthodes pour arriver à bien enseigner les étapes d'équilibrage d'une réaction d'oxydation et de réduction.

## REFERENCES

- [1] CATHERINE R., *Les recherches en didactique pour l'éducation scientifique et technologique, dossier de veille de l'IFE*, 2018. [Online] Available: <http://veille-et-analyses.ens-lyon.fr/DA-Veille/122-fevrier-2018.pdf> (Consulté le 20 juillet 2022).
- [2] ELKOURIA C., ELSA I. et MARIA L., « Le traitement de l'erreur et la notion de progression dans l'enseignement/apprentissage des langues », *Cahiers de l'APLIUT* [En ligne] Vol. XXVIII N° 3 | 2009, mis en ligne le 24 août 2011, DOI: <https://doi.org/10.4000/apliut.105> (Consulté le 24 juillet 2022).
- [3] DOROTA P., *Comment utiliser l'erreur pour apprendre ?* (2019). [Online] Available: <https://lesexpertsfle.com/ressources-fle/comment-utiliser-lerreur-pour-apprendre/> (Consulté le 20 juillet 2022).
- [4] CANAPE, *L'erreur, une étape nécessaire de l'apprentissage*, EDUCATION PRIORITAIRE, 2022.

- [Online] Available: <https://www.reseau-canope.fr/education-prioritaire/agir/item/ressources/lerreur-une-etape-necessaire-de-lapprentissage.html> (Consulté le 20 juillet 2022).
- [5] ADIRODU A. et al., « Niveau d'acquis de la théorie d'oxydo-réduction chez les élèves des 4<sup>èmes</sup> secondaires de quelques écoles de Bunia et ses environs », *UJUVI*, n° 18, 124-137, 2008.
- [6] FULYA O. A., SAFAK U.S. et AYSE Y.C., « Les effets des compétences de résolution des problèmes des élèves sur leur compréhension de la vitesse chimique et leur réussite sur cette question », *Procedia-Sciences sociales et comportementales*, vol.1, n° 1, Sciencedirect.com, pp.2678-2684, 2009.
- [7] LAROUSSE, *Oxydoréduction*, 2022. [Online] Available: <https://www.larousse.fr/encyclopédie/divers/oxyd>. (Consulté le 26 juin 2022).
- [8] DIPROMAD/MEPSP, Programme Educatif du DAS 2<sup>e</sup> année des Humanités Scientifique, sous-domaine: Sciences Physiques, Technologie de l'Information et de la Communication, 1<sup>ère</sup> édition, Kinshasa, 116p, 2019.
- [9] KAMUHANDA B. et KAMARA K., « Niveau d'acquis des réactions ioniques totales par les élèves de 4<sup>e</sup> année chimie-biologie des écoles de la ville de Bunia en République Démocratique du Congo », *International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324*, vol. 26, n° 1, pp. 286-294, 2019. [Online] Available: <http://www.ijias.issr-journals.org/> (Consulté le 08 décembre 2022).
- [10] Rapport annuel 2021-2022 de la Sous-Division Urbaine de Bunia (Consulté le 05 juin 2022).
- [11] ENI G., *Équilibrage des équations redox par la méthode du nombre d'oxydation*, 2022. [Online] Available: [https://www.periodni.com/fr/equilibrage\\_des\\_equations\\_redox.php](https://www.periodni.com/fr/equilibrage_des_equations_redox.php) (Consulté le 25 juin 2022).
- [12] KAMIL J., MALGORZATA K., KRZECZKOWSKA et ANNA J., « Approches pour déterminer l'état d'oxydation des atomes d'azote et de carbone dans les composés organiques pour les élèves du secondaire », ACP Publications, *Journal de l'éducation chimique*, vol. 92, n° 10, pp.1645-1652, 2015.
- [13] BOUCHA B., HAJAR A.A., ALI O. et MOHAMMED A., « Identification des difficultés des apprenants du secondaire collégial Marocain dans l'apprentissage des concepts de transformation chimique-transformation physique », *European Journal of Education Studies*, Volume 8, issue 11, 2021.
- [14] STEPHANE P., BEATRICE R. et JEAN-YVES W., *ChimieL1: Je me trompe, donc j'apprends!*, Paris, Dunod, 480 p, 2020. [Online] Available: [www.dunod.com](http://www.dunod.com) (Consulté le 18 septembre 2022).
- [15] KEVIN R., MAHDI Z., JESSICA M., THOMAS et KATHY-SARAH F., *La Chimie Générale pour les Gee-Gees*, cours de chimie CHM1711 à l'Université de Ottawa, OPEN LIBRARY, 2022. [Online] Available: <https://ecampusontario.pressbooks.pub/genchempourlesgeegees/> (Consulté le 30 juin 2022).
- [16] MOHAMED A., *Le traitement des erreurs des élèves dans la formation des enseignants des mathématiques du second degré*, Thèse de Doctorat, Université de Nantes, 2019. [Online] Available: [https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02307662/file/Th%C3%A8se\\_ALMAHMOUD\\_VF.pdf](https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02307662/file/Th%C3%A8se_ALMAHMOUD_VF.pdf). [PDF] (Consulté le 05 juillet 2022).