

DYSFONCTIONNEMENT CAUSE PAR L'ENSEIGNANT LORS DE LA MANIPULATION DU CONCEPT DE CONCENTRATION CHIMIQUE

Antoine GUIAMI NYAMEN

*Université de Yaoundé 1,
Faculté des sciences de l'éducation,
Département de didactique des disciplines,
antoineguiami@gmail.com*

Renée Solange NKECK BIDIAS

*Université de Yaoundé 1,
Faculté des sciences de l'éducation,
Département de didactique des disciplines,*

Justin NENWA

*Université de Yaoundé 1,
Faculté des Sciences,
Département de Chimie Inorganique.*

Résumé

Le chimiste manipule les solutions notamment en dissolvant un soluté dans un solvant. La grandeur chimique la plus utilisée pour caractériser qualitativement ou quantitativement ces solutions est la concentration chimique. La concentration en Chimie vue sous le prisme d'une proportion d'un soluté ionique dans une solution aqueuse est un concept introduit dans l'enseignement de la chimie dans les curricula scolaires camerounais chez les élèves de troisième (13-15 ans). Ce concept fondamental en Chimie est aussi présent dans les programmes scolaires de nombreux pays. Faute de connaissances de modélisation et d'une transposition didactique pertinente du dit concept dans les manuels scolaires, les enseignants ne disposent pas des facilités nécessaires pour que leur enseignement soit aussi efficace. Ainsi, transposer ce concept en situation réelle par les enseignants leur est alors très laborieux et par ricochet ne permet pas une bonne compréhension conceptuelle chez les élèves. Cette recherche se situe dans le cadre théorique de la transposition didactique. Une enquête a été menée auprès des enseignants du sous-système francophones de l'enseignement secondaire général au Cameroun afin de révéler leurs conceptions face au concept de concentration en Chimie. L'analyse des résultats met en évidence les dysfonctionnements les plus habituellement commis par les enseignants. Le plus récurrent est lié à la confusion entre le volume du solvant et celui de la solution. Un dispositif didactique a été conçu afin que les enseignants se réfèrent et s'orientent vers une remédiation appropriée.

Mots-clés : *Obstacle didactique, concentration chimique, transposition didactique, dispositif didactique.*

Abstract

The chemist handles the solutions in particular by dissolving a solute in a solvent. The chemical quantity most used to qualitatively or quantitatively characterize these solutions is the chemical concentration. The concentration in Chemistry seen through the prism of a proportion of an ionic solute in an aqueous solution is a concept introduced into the teaching of chemistry in Cameroonian school curricula among third-year students (13-15 years old). This fundamental concept in Chemistry is also present in the school curricula of many countries. In the absence of modelling knowledge and relevant didactic transposition of the concept in textbooks, teachers do not have the necessary facilities to make their teaching as effective. Thus, transposing this concept into a real situation by teachers is then very laborious for them and in turn does not allow a good conceptual understanding in students. This research is situated within the theoretical didactic transposition. A survey was conducted among teachers in the French-speaking subsystem of general secondary education in Cameroon to reveal their views on the concept of concentration in Chemistry. The analysis of the results highlights the dysfunctions most commonly committed by teachers. The most recurrent is related to the confusion between the volume of the solvent and that of the solution. A didactic device has been designed so that teachers refer and move towards appropriate remediation.

Keywords : *Didactic obstacle, chemical concentration, didactic transposition, didactic device.*

Introduction

Notre manière d'enseigner la Chimie peut constituer un « frein » aux apprentissages des élèves, par l'usage de vocabulaire ou d'expressions inappropriés, pouvant avoir un double sens ou renforcer leurs préconceptions. Par ailleurs, la transposition didactique (Chevallard, 1985) des concepts chimiques à traiter, c'est-à-dire la transformation de l'objet de savoir en objet à enseigner, passe par une simplification des notions savantes et la modélisation de phénomènes réels qui mérite notre attention.

L'un des buts de notre recherche est de proposer un dispositif didactique qui permette d'améliorer l'enseignement-apprentissage d'un concept central en chimie à savoir la concentration chimique.

La concentration en tant que « la mesure d'une masse de soluté rapportée au volume de solution » est un concept introduit dès l'enseignement de la chimie au niveau du premier cycle du sous-système francophone de l'enseignement secondaire générale camerounais (élèves de la classe de 6^{ème}, de 10-12 ans). En ce qui concerne les (élèves de la classe de 3^{ème}, de 13-15 ans), c'est plutôt la concentration comme « la mesure d'une quantité de matière de soluté ionique rapportée au volume de solution » qui leur ait enseigné.

Ce présent article vise à mettre sur pied un outil didactique permettant de révéler le plus rapidement possible les difficultés qu'ont les enseignants lorsqu'ils sont amenés à transposer le concept de concentration chimique afin de les orienter vers une remédiation convenable.

Après avoir défini le concept scientifique de « concentration en chimie » et analysé la transposition didactique de ce « savoir savant » en « savoir enseigné » à l'école, nous développerons différents cadres didactiques qui s'intéressent aux origines des conceptions des enseignants et aux processus de transposition didactique qui permettraient de remplacer une conception inappropriée par une conception experte.

Pour rechercher les conceptions que se font les enseignants du concept de concentration chimique, la méthodologie d'enquête par questionnaires a été choisie. L'analyse des réponses sera développée afin de mettre en évidence les dysfonctionnements les plus fréquemment commises par les enseignants amenés à enseigner ce concept.

Sur base de ces résultats, des entretiens d'explicitation ont été menés. Leur exploitation permettra une discussion dont l'objectif est de mieux comprendre les dysfonctionnements. Finalement, la dernière partie proposera un dispositif didactique qui servira de document ressource aux enseignants et ouvrira les perspectives de cette recherche.

La concentration en chimie (concentration chimique)

Dans le langage ordinaire le mot concentration signifie « rassemblement, réunion en un point, ramené au centre », du latin : « cum » et « centrum » (Larousse, 2008). C'est un concept nomadique car plusieurs exemples de la vie quotidienne illustrent cette idée : concentration de capitaux en économie, concentration des pouvoirs en politique, concentration des groupes dans l'armée, concentration de motards lors des festivals, les camps de concentration de prisonniers en histoire et bien d'autres encore.

En chimie, le mot concentration peut prendre deux significations bien distinctes : un procédé chimique ou une grandeur pourvue d'une unité. La concentration est un procédé chimique qui consiste, soit à éliminer du solvant et ainsi augmenter la quantité de soluté par rapport au volume de solution, soit à ajouter directement le soluté dans un volume donné de solution (action de concentrer). Dans ce cas, le langage courant reste

pertinent : les molécules (ou les ions, s'il s'agit d'un électrolyte) de soluté se rapprochent effectivement. La concentration est également une grandeur chimique permettant au chimiste de quantifier la composition d'une solution.

Les chimistes utilisent plusieurs expressions pour exprimer la concentration en soluté d'une solution (Arnaud, 1989 : 44-45 ; Nivaldo, 2011 : 527-534) :

- La concentration molaire C ou molarité M (unités : mol/L ou mol/ dm³) : rapport entre la quantité de matière de soluté et le volume de solution, son expression mathématique est : $C = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV}$ avec $n = \frac{m}{M}$.

La quantité de matière n , peut avoir autres expressions à savoir : $n = \frac{PV}{RT}$; $n = \frac{V}{Vm}$; $n = \frac{AV}{\epsilon l}$; $n = \frac{\rho V}{M}$; Etc. Ainsi, en fonction de l'expression mathématique de n , l'expression de la concentration molaire change également ;

-La concentration massique C_m (unités : g/L ou kg/m³) qui rapporte la masse de soluté au volume de solution, son expression mathématique est : $C_m = \frac{m}{V}$;

- Le pourcentage massique (ou volumique) qui est le résultat exprimé en pourcent du rapport entre la masse de soluté (ou le volume de soluté) et la masse de solution (ou le volume de solution). Notons que ce rapport peut être multiplié par d'autres facteurs qui sont d'autant plus grands que la solution est diluée : les parts par million (ppm) ou par billion (ppb) sont des exemples connus, utilisés lorsque la solution est fortement diluée.

Il en ressort de ces différentes expressions de la concentration en Chimie les constats suivants :

1) Le rapport se fait entre la quantité de soluté (le soluté pouvant être solide ou liquide) et la quantité totale de solution (et non de solvant). C'est pour cette raison que la préparation d'une solution de concentration déterminée se réalise en plaçant le soluté dans une fiole jaugée et en complétant le récipient avec le solvant jusqu'au volume voulu de solution.

2) Quelle que soit l'expression de la concentration, elle correspond à un quotient, à un rapport, une proportion de soluté dans la solution.

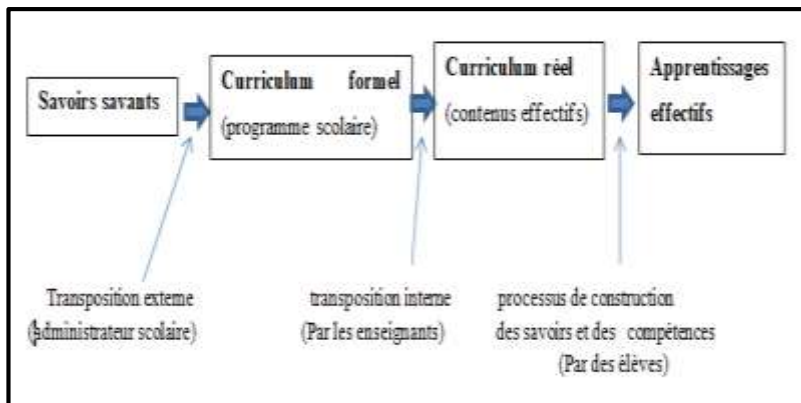
3) La concentration est une grandeur intensive : la concentration en soluté d'un mélange de deux solutions n'est pas égale à la somme des concentrations des deux solutions isolées. Prenons l'exemple de deux solutions salées de concentration molaire respectivement 0,2 mol/L et 0,4 mol/L. La concentration en sel du mélange de ces deux solutions n'est pas égale à 0,6 mol/L mais dépendra du volume initial de chacune des solutions. La pression ou la température sont d'autres exemples de grandeurs intensives. À l'inverse, les grandeurs telles que la quantité de matière ou la masse sont des grandeurs extensives : 0,2 mol de sel et 0,4 mol de ce même sel présentent un nombre de mole totale de 0,6 mol.

4) Lorsque le concept scientifique de concentration en Chimie est utilisé en tant que grandeur, le langage courant n'est plus du tout congru. La mesure d'une concentration ne peut se faire que si la solution est homogène autrement dit si le soluté est totalement dissout dans le solvant. On ne peut calculer la concentration molaire d'un soluté, que si le soluté est totalement dissout dans le solvant. Cela va à l'encontre de la signification commune de « rassemblement ».

La concentration chimique transposée en milieu scolaire

Les concepts scientifiques ou « savoirs savants » (Chevallard, 1985) sont mis en forme pour les rendre accessibles aux apprenants au prix d'une transformation en rapport avec l'âge et les acquis préalables des élèves. Cette contrainte de transmission a inévitablement des incidences sur les savoirs enseignés (Perrenoud, 1998). Michel Verret nomme « transposition didactique » ce processus de transformation du savoir : « Toute pratique d'enseignement d'un objet présuppose en effet la transformation préalable de son objet en objet d'enseignement » (Verret, 1975 : 140). La transposition didactique chez Perrenoud reprend la théorie élaborée par le didacticien des mathématiques Chevallard en ajoutant une étape supplémentaire à la fin du processus. Pour lui, il est possible d'établir trois moments dans la « chaîne de transposition » (figure 1).

Fig1. La chaîne de transposition didactique selon P. Perrenoud, (1998)



Dans le cas de l'enseignement scientifique, une distinction doit donc être faite entre la chimie du chimiste, la chimie à enseigner, la chimie enseignée, la chimie apprise par les élèves et la chimie évaluée par le système didactique ou à l'extérieur dans le système d'enseignement et dans la société en général (Boilevin, 2013). Ajoutons que les paradigmes du scientifique sont différents de ceux qui organisent une discipline scolaire tout comme l'épistémologie des savoirs de référence est différente de celle des savoirs enseignés à l'école (Develay, 2014).

Ainsi, la concentration chimique comme tout concept scientifique est soumis à ce processus de transposition didactique. Nous nous intéressons dans notre recherche à sa transposition interne par l'enseignant camerounais de l'enseignement secondaire général, en l'occurrence ceux qui enseignent les élèves de la classe de troisième, de 13-15 ans. En sixième de l'enseignement secondaire camerounais, seule la concentration massique : $C_m = \frac{m}{V}$ est introduite. Et deux ans après, en classe de troisième, suite à la découverte de la grandeur « quantité de matière, $n = \frac{m}{M}$ » et son unité « la mole », et autres notions telles que : les ions, équations chimiques, coefficient stœchiométrique, masses molaires, c'est la concentration molaire d'un ion en solution aqueuse, $C = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV}$ avec $n = \frac{m}{M}$ qui est alors mise en enseignement.

Les pourcentages massiques, molaires ou volumiques ne sont pas officiellement (curriculum formel) étudiés pour ces niveaux d'étude. Le choix réalisé par les auteurs des programmes au cours de la transposition externe est donc lié à l'âge des élèves et au nombre d'expressions de la concentration chimique. Les concentrations massiques et molaires sont, en effet, suffisantes pour aborder les concepts qui seront vus ultérieurement dans les classes de premières et de terminales scientifiques voir même au niveau de l'enseignement supérieur, comme les réactions acido-basiques (calculs de pH), les équilibres dynamiques (calculs de constantes d'équilibre), les réactions de précipitations (calculs de produits de solubilité), etc.

La notion importante que l'enseignant doit faire construire à l'élève lorsqu'il découvre cette grandeur est de faire établir une différence nette entre « volume de solvant » et « volume de solution ». Dans le cadre de notre étude, nous considérons le volume de solution comme l'élément clé pour l'enseignement du concept de concentration chimique.

Un choix transpositif maladroit ou par ignorance est quelquefois réalisés par l'enseignant : le volume de solution est confondu avec le volume de solvant ; le volume occupé par le soluté dans la solution est donc négligé. Car elle dépend ici d'une transposition interne (curriculum réel). Certains manuels scolaires et enseignants réalisent cette transposition interne. Les extraits d'un exercice d'application du cours d'un enseignant, d'un exercice de l'épreuve officielle de Physique-Chimie-Technologie (P.C.T.) à l'examen du BEPC camerounais session 2005 et du manuel scolaire en vigueur proposé ci-après en sont des exemples parmi tant d'autres encore. Il s'agit de la partie qui institutionnalise la notion de concentration molaire d'un ion en solution pour des élèves de la classe de troisième au Cameroun. Le volume considéré est celui du solvant et non de la solution (« 100 ml = 0,1L d'eau distillée »), (« 1L d'eau »), (« 100 ml = 0,1L d'eau distillée ») respectivement.

◆ Exercice : concentration massique, molaire et dilution

On dissout 1,17 g de chlorure de sodium (NaCl) dans 100 mL d'eau distillée, on obtient une solution S_1 .

1. Dire quelles substances représentent le soluté et le solvant.
2. Calculer la concentration massique en chlorure de sodium de la solution (S_1).
3. Déduire la concentration molaire de la même solution.

Exercice 2 : 4 points

1. La solution du sulfate de potassium (K_2SO_4) contient des ions potassium (K^+) et des ions sulfates (SO_4^{2-})
Ecrire l'équation bilan de l'ionisation en solution du sulfate de potassium. 1 pt
2. On dissout 435 g de sulfate de potassium dans un litre d'eau. Calculer :
 - 2.1) la masse molaire du sulfate de potassium 0,5 pt
 - 2.2) la quantité de matière dissoute dans l'eau ; 1 pt
 - 2.3) la concentration molaire des ions potassium. 1 pt
3. Proposer, en deux lignes maximum, un test d'identification des ions sulfate en solution. 0,5 pt



Extrait d'une épreuve de (P.C.T) examen officiel de BEPC- session 2005

Activité 2 : Qu'est-ce que la dissolution des solides ioniques? L'électroneutralité ? La concentration molaire d'un ion?

• Étude de la dissolution du chlorure de sodium dans l'eau
Au laboratoire on dispose d'un flacon de sel blanc anhydre de chlorure de sodium (NaCl). On désire le dissoudre dans l'eau. Pour cela à l'aide d'une microbalance on pèse 585 mg de sel que l'on dissout dans 100 mL d'eau distillée.

- a) Écris l'équation-bilan de la mise en solution du sel.
- b) Nomme les espèces chimiques obtenues.
- c) Calcule la concentration molaire du sel dans l'eau.
- d) Déduis la concentration de chaque espèce en solution.
- e) Écris une relation entre les concentrations des deux espèces en solution ?
- f) Que traduit cette relation ?

Données : $M(Na) = 23 \text{ g/mol}$; $M(Cl) = 35,5 \text{ g/mol}$.

Extrait d'un manuel scolaire-Éditions TINCYD Collection DEWATEK
(2014 : 41)

L'enseignant est l'acteur principal de la transposition didactique interne. Il partage avec ses collègues des représentations sociales communes, mais son enseignement reflète sa personnalité, son expertise et son environnement (Favignot, 1995), ce que Paun (2006, p. 8) nomme son « habitus professionnel ». En d'autres termes, son « histoire personnelle » et son insertion dans le métier résultent de la « socialisation d'une expérience très singulière » (Altet et al., 2002). Cette expérience personnelle détermine la transposition didactique interne, soit la façon dont chaque enseignant transforme et adapte le savoir à enseigner (Karwera, 2012).

Ainsi, les enseignements effectifs des enseignants sont le résultat d'un processus de construction des savoirs et compétences suivi à l'école de formation professionnelle et dans leur vie quotidienne. Dans le cas de la concentration, ce terme est couramment utilisé dans le langage quotidien des enseignants mais il n'a pas le sens attribué à celui du savoir savant du chimiste en tant que grandeur chimique.

Des conceptions des enseignants – faible marge de manœuvre

Une conception est une construction intellectuelle du sujet qui est mobilisée spontanément face à une question ou un problème. Le sujet se réfère à des systèmes de connaissances pour résoudre une thématique qui a fait ou non l'objet d'un apprentissage (Reuter et al., 2013). La conception a une fonction de modèle dans le sens qu'elle permet de rendre compte de certains phénomènes.

Les conceptions des enseignants peuvent être compatibles avec les connaissances scientifiques que l'école cherche à enseigner mais elles peuvent aussi les contredire partiellement ou totalement ; c'est dans ce cas que la didactique prend tout son sens étymologique : « indiquer » le chemin (deikno, en grec).

La formation initiale d'un enseignant ne lui permet pas toujours de définir sa propre stratégie d'identité professionnelle. En effet, il arrive souvent qu'un enseignant novice s'identifie à un enseignant aux méthodes traditionnelles rencontré durant son parcours académique, relègue à l'arrière-plan les principes acquis durant sa formation initiale et se contente d'un enseignement transmissif (Hattie et al., 2009). De se faire les enseignants se livrent à la paresse et ne veulent plus surmonter un certain nombre de problèmes ponctuels, c'est ce Nkeck (2004), appelle « *problèmes liés aux pratiques de terrain* ». Pour se justifier, l'enseignant évoque parfois un manque de maturité des élèves qui les rend, selon lui, incapables de s'investir dans la construction du savoir (Karwera, 2012). Des contraintes font obstacle à l'évolution de l'enseignement d'après Loumouamou (1998). Cet auteur mentionne notamment l'existence d'une forme de « *contrat didactique institutionnel* » Seraient hors contrat les enseignements intégrant les modèles schématiques pour enseigner la notion de volume en chimie. En outre les enseignants et les auteurs de livres devraient enseigner les arguments largement répandus et acceptés jusqu'à ce jour par les évaluateurs externes (jury de concours par

exemple) mais de leur côté les évaluateurs externes pourraient difficilement modifier brutalement leurs attentes au risque de pénaliser les élèves.

Il est intéressant de signaler que de nombreux enseignants, autant des enseignants expérimentés que des enseignants novices, préfèrent encore les paradigmes les plus simples, comme celui du processus-produit, selon lequel l'enseignant joue un rôle technique qui consiste à exécuter des tâches définies par d'autres, ou celui du processus-médiateur, selon lequel l'enseignant joue un rôle assez vague de « guide » et délaisse parfois la complexité des savoirs (Altet et al., 2002).

De ce fait, nous constatons que les enseignants ne disposeraient pas non plus des ressources suffisantes pour parvenir à transformer leur enseignement. Il n'existerait que peu de livres de chimie alternatifs abordant différemment cet enseignement (Johnson, 1990) les modifications du contenu ne seraient pérennes que si des ouvrages de référence intégraient de telles modifications.

En outre les enseignants ne disposeraient pas de ressources propres suffisantes. En effet ils semblent désemparés pour choisir ce qui doit être conservé en priorité dans le contenu disciplinaire et ce qui peut subir des coupes ; ils ne sauraient pas non plus comment intégrer dans ce contenu des thèmes plus contemporains (dispositif didactique, modélisation informatique, modèle, etc.) (Johnson, 1990). Les enseignants auraient aussi certaines habitudes pédagogiques difficiles à changer (Ellis, 1994) et plus spécifiquement des connaissances pédagogiques liées à la chimie qu'il faudrait améliorer (Bucat et al., 2004). Les enseignants tâcheraient donc de trouver un équilibre entre les contraintes fixées et les ressources disponibles.

Question de recherche

Cette recherche s'est particulièrement intéressée aux conceptions des enseignants concernant le concept de concentration chimique et son enseignement afin de mettre à découvert les différents dysfonctionnements qu'Astolfi (1997) dénomme "erreurs" commis par l'enseignant.

Astolfi propose les erreurs comme des indicateurs de processus : « *En effet, dans ces modèles, les erreurs commises ne sont plus des fautes condamnables ni des bogues regrettables : elles deviennent les symptômes intéressants d'obstacles*

auxquels la pensée de l'enseignant est affrontée. "Vos erreurs m'intéressent"», Semble penser ici le didacticien chercheur puisqu'elles sont au cœur même du processus d'enseignement-apprentissage à réussir, et puisqu'elles indiquent les progrès conceptuels à obtenir. » (Astolfi, 1997 : 15). Ainsi, les erreurs ont une valeur heuristique dans le sens où elles sont les témoins des écarts entre la conception de l'enseignant et la conception à enseigner. Reuter (1998) préfère le terme de « dysfonctionnement » qui pour lui est moins réducteur car ce terme associe un lien plus étroit avec le terme de « fonctionnement » alors que le terme « erreur » est davantage lié à la production de l'élève (Reuter et al., 2013).

Cet article vise à remédier aux difficultés d'enseignement du concept de concentration en chimie afin de favoriser la bonne compréhension conceptuelle chez les élèves. Il est question ici de montrer l'importance de répondre à la question : Quel(s) dispositif(s) didactique(s) concevoir pour identifier rapidement les dysfonctionnements commis par l'enseignant ? Afin de l'orienter vers une remédiation adéquate lorsqu'il est amené à utiliser le concept de concentration chimique.

Méthodologie

Nous avons entrepris de réaliser une évaluation diagnostique des connaissances des enseignants sur le concept de concentration chimique. En septembre 2021, un groupe d'enseignant camerounais en l'occurrence ceux qui enseignent les élèves de la classe de troisième de 13-15 ans a été soumis à deux questionnaires dont l'un à propositions multiples et choix unique portant sur les informations générales de l'enseignant, sur les curricula en vigueur et l'autre portait sur une série de questions ouvertes sur différents concepts de chimie dont le principal est le concept de concentration chimique.

Les objectifs de cette première étape étaient de repérer afin de révéler les dysfonctionnements communément commis par les curricula et par les enseignants lorsqu'ils sont amenés à utiliser le concept de concentration chimique.

Une évaluation aux questions ouvertes entraîne certaines similitudes dans la formulation des réponses d'un enseignant à l'autre. Des critères tels que le choix du vocabulaire, la similitude de certaines expressions ont donc été définis pour classer les différentes réponses des enseignants.

Un paramètre important dans la réalisation du questionnaire à réponse ouverte, était que chaque exercice erroné résolu par l'enseignant permet d'identifier le dysfonctionnement que commet l'enseignant qui le résout. En octobre 2021, les questionnaires ont été proposés à 64 enseignants de sciences physiques d'établissement différents. Ils disposaient de la durée nécessaire de 20 minutes pour répondre à la totalité des questions. Parmi les enseignants ayant répondu au questionnaire, 23 enseignants nous ont donnés une copie de leurs productions (leçons) portant sur l'enseignement des solutions aqueuses intégrant le concept de « concentration molaire d'un ion en solution » ceci afin de préciser nos analyses.

Résultats et discussion

Dans le présent article, nous nous bornerons à présenter une question dont les réponses sont représentatives des dysfonctionnements les plus fréquemment commis par les enseignants au sujet de la concentration chimique.

À la question ouverte « Lors d'une séance expérimentale, un élève de la classe de 3^{ème} du lycée de Mbalmayo, dissout 0,2 mol de chlorure de sodium dans 50 ml (0,05 L) d'eau distillée. **Quelle concentration en chlorure de sodium obtient-il ?** », 94 % des enseignants interrogés répondent de façon inexacte. L'erreur communément rencontrée est la confusion entre volume de solvant et volume de la solution : « $C = 0,2 / 0,05 = 4 \text{ g/mol}$, car $C = n/V$ ». Dans l'exercice le volume n'est pas explicitement donné, il s'agit d'un exercice erroné. Ainsi tout enseignant qui s'investit dans la résolution de ce problème sans se rendre compte que le volume de la solution n'a pas été fourni est en train de commettre une erreur c'est ce que Astolfi (1997) appelle « dysfonctionnement ».

Répondre correctement à cette question revient tout simplement à dire « *il manque une donnée à savoir le volume de la solution ou alors le volume total de la solution* ». Une hypothèse qui pourrait expliquer le taux élevé de réponse erroné serait que les enseignants auraient certaines habitudes pédagogiques difficiles à changer (Ellis, 1994) et plus spécifiquement des connaissances pédagogiques et didactique liées à la chimie qu'il faudrait améliorer (Bucat et al., 2004).

L'analyse des 23 leçons portant sur l'enseignement des solutions aqueuses intégrant le concept de « concentration molaire d'un ion en

solution » produit par des enseignants révèle cette habitude car, 17 leçons sur 23, soit (74%) sont quasiment identiques, l'activité portant sur la concentration chimique traitée dans leurs productions est une copie de l'activité proposée et résolue dans le manuel scolaire (livre de l'élève) en vigueur. Il est important de rappeler ici que l'activité portant sur la concentration chimique proposée dans le manuel scolaire en vigueur est erroné comme nous l'avons mentionné plus haut. De même l'analyse du questionnaire à proposition multiple à choix unique vient renforcer cette hypothèse dans la mesure où 48 enseignants sur 64 soit (75 %) affirment s'inspirer des leçons de leurs collègues afin de préparer les leurs.

Ainsi cette mauvaise habitude des enseignants, favorise la « *propagation* » de l'erreur autrement dit à une reproduction du dysfonctionnement dans la manipulation du concept de concentration chimique. Cette reproduction du dysfonctionnement pourrait se répercuter jusqu'au niveau des élèves.

Ajoutons ici que très peu d'enseignants soit environ 6% (4/64) ont pu répondre de manière exacte : « *si on néglige le volume occupé par le soluté alors, $C = 0,2 / 0,05 = 4 \text{ g/mol}$* ». Précisons que les enseignants qui ont répondu de façon exacte ne se sont pas également rendu compte que l'exercice était erroné. Ils ont choisi délibérément que le volume du soluté était négligeable ce qui les a permis de contourner le "piège" qui est celui de la résolution d'un problème absurde.

Nous pensons également que l'hypothèse faisant mention d'habitude des enseignants (Ellis, 1994) est toujours d'actualité ici, dans la mesure où généralement dans les exercices en sciences physique certains paramètres ou grandeurs sont souvent négligés en fonction du niveau scolaire des élèves (transposition didactique externe) afin de faciliter la résolution du problème par les élèves. À titre d'exemple : tout exercice portant sur les forces appliquées à un solide en équilibre ou en mouvement sur un plan incliné (lasse de 3^{ème} et 2^{nde} C ou E), la force de frottement est quasiment « négligée ».

En conséquence, cette mauvaise habitude qui expliquerait le dysfonctionnement chez les enseignants lorsqu'ils sont amenés à manipuler le concept de concentration en Chimie n'est pas l'anodin. L'hypothèse énoncée est loin d'être la plus pertinente. Ainsi le fort taux élevé des réponses erronées des enseignants à la question portant sur le calcul de la concentration chimique pourrait également être dû au fait que la question a été mal posée car il s'agissait d'"une question piège". Nous

aurons pu poser la question autrement comme par exemple : qu'elle est l'information manquante dans cet exercice ? Ou alors en quoi cet exercice est-il incorrect ? Ceci dans l'optique de créer effectivement un conflit cognitif chez l'enseignant afin de révéler effectivement ses conceptions.

Proposition d'un dispositif didactique

Si le premier objectif du questionnaire à proposition multiple et à choix unique était de quantifier les fréquences des réponses exactes et non correctes en fonction de la question, le second objectif de ce questionnaire était de construire un dispositif didactique afin que les enseignants se réfèrent et s'orientent vers une remédiation appropriée.

<p>Concept : Concentration chimique Concentration chimique spécifique: concentration molaire d'un ion en solution aqueuse</p>	
<p>Prérequis: soluté, solvant, volume d'un corps, états de la matière, dissolution, concentration massique (Cm)</p>	
<p>Objectifs:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Définir concentration molaire d'un ion en solution; - Établir la relation mathématique entre C, n, V et M; 	<p>Concepts liés au concept de concentration molaire: nombre de mole ou quantité de matière (n), masse molaire atomique, masse molaire moléculaire(M), volume de la solution (V), masse du composé (m), ions, équation bilan.</p>
<p>Écriture mathématique: $C = n/V = m/MN$, avec $n = m/M$.</p>	<p>Relation mathématique entre C et Cm: $C = Mx Cm$.</p>
<p>Verrerie et réactifs: fiole jaugée, pissette, balance à mole ou à masse, spatule, eau, sel et sucre...</p>	<p>Erreurs à éviter: Ne pas confondre volume de solvant et volume de solution, toujours se rassurer que le volume de la solution a été donné dans le problème. Dans le cas où le volume occupé par le soluté est négligé il faut préciser : éviter d'écrire: solution = soluté + solvant car le soluté pouvant être insoluble dans le solvant par conséquent nous n'obtenons pas une solution .</p>
<p>Unités: V en litre (L), N en mole (mol), M en gramme par mole (g/mol), m en gramme (g) et C en mole par litre (mol/L).</p>	<p>Bon à savoir: la concentration chimique est aussi une technique en chimie qui consiste soit à ajouter directement le soluté dans la solution, soit diminuer la quantité de solvant par des procédés connus</p>
<p>La concentration molaire d'un ion en solution est la mesure d'une quantité de matière de soluté ionique rapportée au volume de solution.</p>	
<p>La concentration molaire d'un ion en solution aqueuse est aussi une technique chimique qui consiste à ajouter directement un solide ionique dans la solution à préparer afin d'augmenter sa concentration.</p>	

Fiche1. Proposition d'un dispositif didactique à destination des enseignants afin d'éviter le dysfonctionnement lié à la manipulation du concept de concentration chimique chez les élèves de la classe de troisième de 13 – 15 ans.

A cette fin, l'enseignant reçoit cette fiche qui est un document parmi tant d'autres pour la préparation de son cours portant sur le concept de concentration chimique. Cette fiche à vocation éducative de renseigner l'enseignant directement sur la nature de la concentration à enseigner en fonction du programme scolaire et du niveau de l'élève en lui fournissant une partie du contenu de sa leçon, mais surtout lui fournir une information sur le dysfonctionnement que commet la plupart des enseignants amenés à utiliser ce concept.

Conclusion et perspectives

L'une des applications de la concentration chimique au quotidien est la détermination du degré de pollution des eaux par certains produits chimiques via le travail du chimiste. La concentration chimique lui permet d'évaluer la proportion de chaque constituant dans la solution. L'enseignement de ce concept pilier en chimie n'est pas facile puisqu'il demande d'avoir des acquis experts sur les notions telles que la quantité de matière, la masse molaire, le volume de solvant, le volume de la solution final et bien d'autres encore.

Dans cet article, nous avons pu mettre en lumière le principal dysfonctionnement commis par les enseignants lorsqu'ils sont amenés à manipuler le concept de concentration en chimie. Ce dysfonctionnement est en rapport avec le volume de la solution, car les enseignants et certains manuels scolaires confondent volume de solvant et volume de solution en négligeant systématiquement ou inconsciemment le volume qu'occupe le soluté dans la solution.

Une analyse de l'origine de ce dysfonctionnement commis par les enseignants serait due au fait que les enseignants adoptent certaines mauvaises habitudes pédagogiques et didactique dans la mesure où, les enseignants au lieu de préparer leurs leçons préfèrent copier les manuels scolaires ou alors s'approprier des productions (leçons) de leurs collègues.

Un dispositif didactique a été conçu afin que les enseignants se réfèrent lorsqu'il manipule le concept de concentration afin d'éviter certains dysfonctionnements et par ricochet permettre aux élèves d'accéder à une bonne compréhension conceptuelle.

La suite de notre étude vise à vérifier si la remédiation créée a permis de provoquer une cognition positive chez les enseignants majoritairement en difficultés.

Références bibliographiques

Altet Marguerite, Paquay Léopold et Perrenoud Philippe (2002), *Formateurs d'enseignants : quelle professionnalisation ?* De Boeck Supérieur.

Arnaud Paul (1989), *Cours de chimie physique*. Paris : Bordas

Astolfi Jean-Pierre (1997), *L'erreur, un outil pour enseigner*. Issy-les-Moulineaux : ESF.

Boilevin Jean-Marie (2013), *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants. Regards didactiques*. Bruxelles : de Boeck.

Bucat Robert (2004), "Pedagogical Content Knowledge as a way forward: applied research in chemistry education." *Chemistry Education : Research and Practice* 5(3): 215-228.

Chevallard Yves (1985), *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : la Pensée sauvage.

Develay Michel (1995), *scolaires et didactique des disciplines. Une encyclopédie pour aujourd'hui*. Paris : ESF.

Develay Michel (2014), *Donner du sens aux savoirs. Communication personnelle, Journée d'étude du Cripedis et du Cecafof*, Université catholique de Louvain, Louvain-La-Neuve.

Ellis, Jerry (1994), "The forum : how are we going to teach organic if the task force has its away? Some observations of an organic professor." *Journal of Chemical Education* 71(5): 399-403.

Hattie John (2009), *Visible Learning : A synthesis of over 800 metaanalyses relating to achievement* New York : Routledge.

Johnson Arlen (1990), "The year-long first course in organic chemistry." *Journal of Chemical Education* 67(4): 299-303.

Karwera Viateur (2012), *La transposition didactique du concept de citoyenneté à travers des pratiques d'enseignement de l'histoire au secondaire*. Université de Québec à Chicoutimi.

Loumouamou Aubin Nestor (1998), *Contribution à la transposition didactique en chimie organique. Thèse de doctorat*. Université Joseph Fourier, Grenoble.

Nivaldo Tro (2011), *Chemistry : a molecular approach* (2d ed.). Upper Saddle River, New Jersey : Pearson Prentice Hall.

Perrenoud Philippe (1998), « La transposition didactique à partir des pratiques : des savoirs aux compétences » – *Revue des Sciences de l'Éducation* 24, 3 (487-514).

Nkeck Bidias Rénée Solange (2013), *Problématiques sur la didactique professionnelle dans la formation à l'enseignement au Cameroun*. Syllabus Review4 (1).

Perrenoud Philippe (2011), *Construire des compétences dès l'école* (6è éd.). Paris : ESF.

Paun Emil (2006), *Transposition didactique: un processus de construction du savoir scolaire*. *Carrefours de l'éducation*, 2(22), 3-13.

Reuter Yves (2013), Cohen-Azria, C., Daunay, B., Delcambre, I., et

Lahanier-Reuter, D. (2013). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*. Paris, Bruxelles : De Boeck

Tavignot Patricia (1995), *A propos de la transposition didactique en didactique des mathématiques*. *Revue de Recherches en Education*, (15), 31-60.

Verret Michel (1975), *Le temps des études*. Paris : Honoré Champion.