

ANALYSE DIDACTIQUE DES PRATIQUES D'ENSEIGNEMENT DE LA VITESSE DE REACTION CHIMIQUE EN CLASSE DE TERMINALE SCIENTIFIQUE : UNE ETUDE EXPLORATOIRE AU BENIN

¹Ahodegnon Zéphyrin Magloire DOGNON

²Raoul Gervais DANDJINO

³Kouakou Innocent KOFFI

^{1,2}Laboratoire de didactique des disciplines (LDD)

Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin.

³École Normale Supérieure d'Abidjan

Résumé

Cette recherche décrit et analyse les pratiques d'enseignement de la cinétique chimique en terminale scientifique à l'ère du recours à l'approche par compétences, la proposition à la classe de situations-problèmes et la construction sociales des savoirs scientifiques et technologiques. La théorie de la transposition didactique et du concept d'objectif-obstacle ont servi de cadre pour cette étude. La méthodologie adoptée est basée sur la technique de l'entretien semi-directif pour recueillir les données analysées sur les pratiques de classe déclarées d'un panel de dix enseignants. Les résultats montrent que les enseignants entretiennent des conceptions et des définitions très diverses et variées en ce qui concerne les caractéristiques de la démarche d'étude en chimie, celle-ci s'accompagnant d'une diversité de modalités de mise en œuvre de la vitesse de réaction chimique en classe. Ceci pose le problème de la prise en compte de l'épistémologie propre à la chimie dans l'apprentissage de concepts scientifiques.

Mots Clés : Vitesse de réaction chimique, pratique d'enseignement déclaré, transposition didactique, objectif-obstacle

Abstract

This research describes how physics, chemistry and technology teachers approach teaching chemical reaction rates in final-year science classes in Benin. The aim is to describe and analyze teaching practices in the era of

skills-based learning, problem-based learning and the social construction of scientific and technological knowledge. The concepts of scientific and technological knowledge and the study approach specific to physics, chemistry and technology are described and analyses in the light of the theory of didactic transposition and the concept of objective-obstacle. The methodology adopted is based on the semi-structured interview technique to collect data analyzed on the reported classroom practices of a panel of ten teachers. The results show that teachers have very diverse and varied conceptions and definitions of the characteristics of the study approach in chemistry, which is accompanied by a diversity of methods for implementing chemical reaction speed in the classroom. These results raise questions about teachers' practices when dealing with scientific and technological content in general and the design of classroom activities.

Keywords: *Chemical reaction speed, declared teaching practice, didactic transposition, objective-obstacle*

1. Introduction

Depuis 1960 à nos jours, le système d'enseignement-apprentissage au Bénin a connu une profonde reconfiguration. Les récents programmes de sciences physiques au secondaire s'appuient sur de nouvelles orientations parmi lesquelles notamment l'adoption de l'approche par compétences, l'intégration des de la technologie aux sciences physiques en une seule discipline dénommée « *Physique Chimie et Technologie (PCT)* », ainsi que la construction sociale des savoirs. Au niveau pédagogique, les enseignants sont désormais appelés à mettre en œuvre des situations-problèmes, contextualisées et permettant de mobiliser des connaissances issues des différents univers du contenu de formation. Dans la foulée de ces changements, l'enseignement des contenus scientifiques relatifs à la cinétique chimique est particulièrement considéré. Notre recherche s'inscrit dans ces changements curriculaires et vise à apporter un éclairage sur la manière avec laquelle des enseignants de PCT abordent l'enseignement de la vitesse de réaction chimique (VRC) au niveau secondaire.

Dans ce travail nous présentons le cadre théorique qui a servi à nos analyses, ensuite nous passons en revue quelques recherches portant sur l'enseignement-apprentissage de la VRC avant de déployer la problématique et l'approche méthodologique adoptée. Enfin nous présentons les résultats discutés et la conclusion

2. Cadre théorique

Le cadre théorique de cette recherche est constitué d'une combinaison de la théorie de la transposition didactique (Chevallard, 1991) et l'approche conceptuel d'objectif-obstacle (Martinand, 1986) pour décrire les savoirs scientifiques et technologiques et la démarche d'étude propre à la physique chimie et technologie pour mettre en lumière les pratiques d'enseignement déclarées de l'enseignant à propos de la VRC.

2.1. La transposition didactique dans la pratique enseignante

2.1.1. Construction du savoir enseigné à partir du savoir savant.

Le savoir est l'ensemble des connaissances que les hommes ont construit, vérifié et accumulé au cours des siècles. Chacun puise dans cet immense corpus ce qui lui permet de mieux s'adapter à son œuvre et aux autres. Acquérir de nouveaux savoirs, c'est être en mesure d'adopter de nouveaux comportements professionnels et personnels. Le savoir s'acquiert par soi-même ou se transmet par une tierce personne. Il s'acquiert soit dans un lien direct entre le concept et l'apprenant, soit par la médiation d'un enseignant qui dispose de trois catégories de méthodes pédagogiques (affirmatives, démonstratives et actives). Toute transmission du savoir a sa logique qui s'explique dans la définition des objectifs pédagogiques. Si pendant un cours de cinétique chimique à des apprenants, le savoir théorique est

donné de façon déductive et mathématique en ignorant les expériences ou les déterminations graphiques, les apprenants peuvent avoir l'impression que la théorie est mieux démontrée que les connaissances expérimentales.

Une première observation presque immédiate a été de constater que différents cours de Sciences Physiques, relatifs au même objet, peuvent très bien ne pas se ressembler à tout point de vue. Le fait que ces cours donnés par des enseignants différents dans des classes différentes, soient marqués des différences, ne suscitent pas un grand étonnement. Il est intéressant de remarquer que ces différences peuvent impliquer que le savoir lui-même est différent. Quand la même matière change de "visage" au gré de ces enseignants, certaines questions se posent :

- A quoi ces modifications du savoir tiennent-elles ?
- Ces modifications du savoir sont-elles des problèmes auxquels il faut remédier ?

Lorsque dans un établissement, le cours de cinétique chimique devant se dérouler en 12 heures de temps selon le programme officiel est achevé en 7 heures de temps, c'est que le professeur prend du temps pour réorganiser le savoir.

Au vu de ce qui précède, on peut déduire qu'il est impossible d'envisager le savoir comme un objet unifié et uniforme. Par conséquent, pour déterminer le sens du savoir et sa mise en place, nous exploiterons la théorie de la transposition didactique de Chevallard (1991).

2.1.2. La transposition didactique.

La transposition didactique renvoie à la sélection du savoir à enseigner à l'école et la manière dont le savoir s'impose dans le programme officiel. L'idée première de la transposition

didactique est la suivante : pour que l'enseignement d'une discipline soit légitime, il faut qu'il y ait une « ressemblance » minimale entre le savoir savant et le savoir enseigné. Le savoir enseigné doit être remodelé en fonction des exigences didactiques mais il doit continuer à ressembler au savoir savant sous peine de traiter l'enseignement d'obsolescent. Il y a une faible marge de manœuvre entre *savoir enseigné* et *savoir savant*. La cause fondamentale de cette affirmation est la conceptualisation du savoir-enseigné. Les forces présidant à ce processus de sélection des savoirs à enseigner sont conceptualisées en une noosphère.

La définition du « savoir savant » et du « savoir-enseigné » sont les points de départ et d'arrivée de la « transposition didactique ». Cette transposition est très bien résumée par Brousseau (1998) comme suit : « *Pour enseigner une notion paraissant complexe, on est amené à développer ce qui au départ figurait par allusions, et en même temps à faire des choix entre ce qui sera conservé ou abandonné du discours initial* ». Tout est moins clair lorsqu'on parle du « savoir savant », qui serait l'ensemble du savoir produit par la science. En fait, la référence qui est la plus souvent prise dans les exercices traités par les didacticiens n'est pas celle de ce savoir, mais celle d'un certain « savoir institutionnel », qui est déjà un savoir plus ou moins enseigné. C'est en gros le corpus de l'enseignement universitaire, qui s'est montré assez stable récemment comme d'un pays à l'autre, mais qui n'est guère plus légitime que le savoir enseigné et déjà considéré.

Le « savoir savant » est un concept très difficile à cerner. Il comprend diverses acceptions dont la plupart sont des notions et, certaines peuvent être contradictoires. Le savoir comprend le standard et le non standard, ce qui découle de l'axiome du choix

comme ce que l'on peut admettre en y renonçant ; la théorie des ensembles comme les paradoxes qui l'ont précédée. Il comprend aussi l'histoire de toutes ces notions, les conditions de leur genèse étant aussi importantes que leur utilisation courante. Le savoir dépasse le cadre des mathématiques, en s'étendant déjà très largement vers la chimie. Il est fait de rigueur et d'intuitions. Pour le définir intégralement, on devrait pouvoir interroger tous les mathématiciens ou autres scientifiques actuels et ressusciter ceux des générations précédentes. Il faut beaucoup d'expérience et du recul pour parler du « savoir savant », et à ce jeu, certains sont mieux placés que d'autres. La richesse de ce savoir se perd beaucoup dans l'écriture des ouvrages, où, pour des raisons évidentes, on doit toujours privilégier un point de vue parmi d'autres. A ce sujet le contact direct avec des mathématiciens expérimentés apporte beaucoup plus que la lecture de leurs écrits. On s'aperçoit souvent que la classification entre « *savoir savant* » et « *savoir enseigné* » s'inverse quand on veut bien considérer la richesse du premier.

Les différentes étapes de la transposition didactiques sont : la transposition didactique externe et la transposition didactique interne. La transposition didactique interne analyse comment et pourquoi les programmes sont renouvelés dans chaque contexte social, en fonction de quelles références (nouvelles connaissances, pratiques sociales, valeurs) et de quelles influences (conceptions des acteurs qui effectuent ces choix pour le système éducatif). La transposition didactique externe est effectuée par ce que Chevallard (1991) appelle la noosphère qui regroupe les universitaires, les auteurs des manuels, les inspecteurs, les innovateurs et les didacticiens. Ces derniers choisissent les contenus qui doivent être enseignés ou médiatisés ; ils définissent les programmes et analysent les stratégies de tous les acteurs de la transposition didactique. La transposition

didactique est dite externe puisqu'elle se fait en dehors du système didactique. Ainsi, comme l'a suggéré Chevallard (*Ibid*), l'étape cruciale de la transposition didactique se fait en dehors de l'enseignement « lorsque l'enseignant intervient pour écrire cette variante locale du texte du savoir qu'il appelle son cours, il y a longtemps déjà que la transposition didactique a commencé ». La transposition didactique externe analyse comment les programmes sont mis en œuvre dans les manuels scolaires et dans les enseignements eux-mêmes. C'est pendant cette étape que se produisent les adaptations particulières à chaque enseignement. La transposition didactique interne analyse la façon dont les savoirs de référence (objet à enseigner) sont transportés en objet d'enseignement dans les manuels scolaires et par l'enseignant en classe. Le produit de la transposition didactique est différencié en objet, tâche, connaissances déclaratives et procédurales.

L'intérêt de la transposition didactique est de situer le savoir dans son contexte social et historique. Ainsi, d'après Develay (1992) émane une double vigilance : une vigilance épistémologique quant à la distance entre les *savoirs enseignés* et leur origine du côté des *savoirs savants* ; une vigilance sociologique quant à la distance entre les savoirs enseignés et leur origine du côté des pratiques sociales de référence ou des conditions historiques de constitution des savoirs savants. D'après Chevallard (*Ibid*), le savoir enseigné doit avoir une certaine distance à mi-chemin qui éloigne d'une part du « savoir savant » et du « savoir socio familial ». Il ne doit être ni trop proche ni trop éloigné des autres savoirs. Si le « *savoir-enseigné* » n'est pas très différent du savoir savant », il demeure incompréhensible par les partenaires de l'école. S'il est très simplifié, trop éloigné, il devient archaïque, non actualisé et dépassé. De même, si le « savoir-enseigné » est trop proche du savoir familial, l'école devient inutile et se heurte à l'obstacle du

sens commun ; et s'il en est trop éloigné, l'enseignement n'est pas bien accepté par les parents.

La transposition consiste à extraire un savoir de son contexte (universitaire, social...) pour le recontextualiser dans le contexte de la classe. Il y a donc un écart entre le « savoir savant » et le « savoir à enseigner ». L'école n'a jamais enseigné des savoirs (purs) mais des contenus d'enseignement, quelque chose qui n'a d'existence qu'à l'intérieur de l'école, et qui n'a de correspondant immédiat, ni dans la sphère de la production ni dans la sphère de la culture. Le concept, tel qu'il est intégré dans un programme scolaire subit une simplification, une transformation et même parfois une « dénaturation » qui sont parfois inévitables.

2.2. Les objectifs-obstacles

Si un objectif est un but à atteindre, comment un obstacle pourrait-il constituer un objectif ? En fait, ce concept est né en réaction à la trop célèbre P.P.O dont les pédagogues avertis connaissent bien les fréquentes dérives et les effets pervers, notamment l'atomisation des intentions éducatives, la ritualisation formelle des énoncés et l'occultation des autres aspects de l'acte d'enseigner.

Toute précise qu'elle soit, cette formulation esquivait les représentations des élèves et pièges qui jalonnent le passage de la représentation au concept. Le mérite de Martinand (1986) est de réintroduire le point de vue de l'apprenant (quelles représentations ? quels obstacles ?) dans la problématique des objectifs pédagogiques. L'objectif-obstacle peut donc être défini comme un objectif formulé a posteriori après une observation attentive des apprenants et une analyse de leurs représentations

et difficultés. En pratique, le formateur s'inspirera utilement des démarches suivantes :

- Repérages des obstacles (épistémologiques ou didactiques) les plus fréquents ;
- Identification des obstacles surmontables ;
- Traduction en termes d'objectifs opérationnels.

Ainsi compris, les objectifs-obstacles ne sont pas des murs à abattre ou des montagnes à gravir. Ils peuvent être comparés à des pierres glissantes au milieu du gué. Ils restent des obstacles, certes, mais aussi des jalons pour mieux progresser. La science, dans son besoin d'achèvement comme dans son principe, s'oppose absolument à l'opinion. S'il lui arrive, sur un point particulier, de légitimer l'opinion, c'est pour d'autres raisons que celles qui fondent l'opinion ; de sorte que l'opinion a, en droit, toujours tort. L'opinion pense mal ; elle ne pense pas : elle traduit des besoins en connaissances ! En désignant les objets par leur utilité, elle s'interdit de les connaître. On ne peut rien fonder sur l'opinion : il faut d'abord la détruire. C'est ainsi que la chimie multiplie et complète ses séries homologues, jusqu'à sortir de la nature pour matérialiser les corps plus ou moins hypothétiques suggérés par la pensée inventive. C'est ainsi que dans toutes les sciences rigoureuses, une pensée anxieuse se méfie des identités plus ou moins apparentes, et réclame sans cesse plus de précision. Préciser, rectifier, diversifier, ce sont là des types de pensées dynamiques qui s'évadent de la certitude et de l'unité et qui trouvent dans les systèmes homogènes plus d'obstacles que d'impulsions. Ainsi, l'homme animé par l'esprit scientifique désire sans doute savoir, mais c'est aussitôt pour mieux interroger.

Ces deux cadres théoriques permettent de rendre compte des pratiques d'enseignement de la vitesse de réaction chimique

suivant les points de vue suivants : le déroulement de la séance (les étapes de l'étude de la vitesse de réaction chimique (VRC) ainsi que les principales tâches que les sujets institutionnels sont appelés à réaliser) ; les objets enseignés réellement ; la démarche de construction de la VRC ; les finalités de l'enseignement de la VRC et les caractéristiques sociodémographiques de l'enseignant.

3. Des travaux didactiques sur l'enseignement et l'apprentissage de la vitesse de réaction

Dans le Bulletin de l'Union des Physiciens, Demong et Coll (1972) ont essayé de mettre en évidence dans leurs recherches sur la réaction chimique, au niveau des élèves, certaines lacunes qui ne favorisent pas convenablement la compréhension de la vitesse de réaction, particulièrement la stœchiométrie et les bilans de réaction. Saltiel (1979) a révélé, le 21 juin 1978 à l'Université de Paris 7, que chaque année les enseignants de Sciences Physiques constatent que les élèves et étudiants butent toujours sur les mêmes types de problèmes et reproduisent très souvent les mêmes erreurs. Dans cet ordre d'idée, les recherches entreprises par Barlet et Plouin (1994) montrent que dans une réaction chimique, l'équation-bilan, outil de base pour tout travail quantitatif en Chimie, multiplie beaucoup de difficultés dans sa compréhension. Dans ce constat, on peut avoir deux attitudes très différentes : faire porter la responsabilité de ces échecs aux enseignants, aux élèves, aux changements de programmes, aux manuels...ou bien supposer qu'il existe une manière "habituelle" ou "spontanée" de raisonner qui n'est pas quelconque et qui ne reflète pas obligatoirement une absence ou une déformation des connaissances scolaires.

Les premiers contacts avec la chimie étudiés par Meheut (1982) sont très révélateurs de ce que pensent les élèves et du décalage

entre leur savoir commun et le savoir enseigné. La prise en compte de leurs conceptions nécessite une prise en compte d'une approche très spécifique de la réaction chimique concernant des conceptions « construction-appropriation » de concepts fondamentaux des élèves tels que corps purs, éléments, réaction chimique et vitesse de réaction. Les liens étroits entre ces concepts ont donné lieu à une analyse épistémologique par Martinand (1986). Les propriétés relatives aux particules, les moins bien assimilées, sont celles qui sont le plus éloignées des propriétés perceptives de la matière et ceci peut être rapproché de la remarque suivante :

Partons de l'idée selon laquelle il est évident qu'un nombre substantiel d'étudiants lors de leur entrée au collège, environ 50 % parmi les diplômés, est incapable de fonctionner au niveau intellectuel décrit par Piaget comme formel opérationnel. Mais le contenu de la chimie et la démarche faite normalement pour l'enseigner nécessitent que l'étudiant opère à ce niveau formel opérationnel, s'il veut comprendre les concepts présentés.

Viennot (1996) dans l'une de ses études révèle, sur un domaine restreint de la Physique, les raisonnements les plus fréquents des élèves. Une connaissance approfondie de ces raisonnements nous semble être un préalable nécessaire à toute recherche de méthodes d'enseignement susceptibles d'aider les élèves à surmonter leurs difficultés. Pour connaître ces raisonnements, il ne faut pas chercher, dans un premier temps, à obtenir d'un élève, face à une question relative aux Sciences Physiques, une bonne réponse mais essayer de comprendre comment il interprète le problème posé, de connaître les éléments qui lui servent de point d'appui dans son raisonnement et de voir enfin

comment ces éléments sont utilisés dans la solution proposée. Il poursuit en écrivant que si le raisonnement usuel met volontiers en jeu des histoires d'objets et des caractéristiques des objets, les théories en Sciences Physiques ont dû élaborer des concepts ou définir des grandeurs physiques ou chimiques. Certaines sont relatives à une particule ou à un objet, par exemple la masse et la vitesse, la concentration et le nombre de moles, la vitesse et la concentration. Par ailleurs, le temps n'est pas négligé car il joue un grand rôle dans la théorie entre ces grandeurs qui concernent des valeurs prises au même instant. La vitesse apparaît alors comme une grandeur instantanée ce qui montre déjà les difficultés qui lui sont liées.

Arnaud (1990) a démontré l'importance de la vitesse des réactions chimiques car sa maîtrise est fondamentale pour un bon usage des substances chimiques et pour éviter des catastrophes. De cette façon, les apprenants doivent être capables de la calculer afin de mieux connaître son importance dans toutes les applications de Chimie. Toutefois, la vitesse de réaction dépend de la probabilité de rencontre des réactifs donc de la fréquence des chocs ; cette fréquence étant proportionnelle à leur concentration. Expérimentalement, on peut déterminer les vitesses de réaction de diverses façons. On doit principalement considérer l'état des différentes substances impliquées ainsi que les méthodes expérimentales utilisées. Aussi, étant donné que la vitesse n'est pas constante tout au long du déroulement de la réaction, peut-on s'intéresser à un moment précis de l'évolution de la réaction et en déterminer la vitesse instantanée qui peut être faite graphiquement.

Sauvageot-Skibine (1997), de par sa recherche, a montré que si on analyse les productions des élèves correspondant à une séquence de classe, on découvre des parcours différents de celui qui était prévu par le professeur. Ce qu'il prévoit, n'est-ce pas ce

qui se passe réellement ? De plus, les élèves n'atteignent pas tous le niveau où on souhaiterait les trouver après la leçon. On a donc tendance à conclure à l'échec des élèves et de l'enseignement alors que si on regarde plus précisément d'où ils partent et où ils arrivent et qu'on se donne les moyens d'analyser leurs parcours, on trouve des progrès là où on concluait trop vite à des non réussites ; peut-être parce qu'on ne s'attendait qu'à une seule façon de construire la notion visée et à une seule ligne d'arrivée. La cinétique chimique est l'étude du déroulement des réactions chimiques dans le temps. Son but premier est de mesurer la vitesse instantanée des réactions mais son intérêt majeur est de fournir des renseignements irremplaçables sur leur mécanisme, à l'échelle microscopique. Le rapport entre la vitesse de réaction et la quantité de réactif a été proposé par deux scientifiques norvégiens en 1867. En effet, Gulberg (1879) et Waage (1879) ont établi que l'action chimique d'un composé est proportionnelle à sa concentration (nombre de moles par unité de volume). Cette relation est appelée le *principe d'action de masse*. Par exemple, en phase gazeuse, on sait maintenant que plus la concentration d'un réactif est grande et plus le nombre de collisions de ce réactif est grand. La possibilité de réaction chimique s'accroît donc avec la concentration.

Le modèle cinétique est *a priori* simple à utiliser à condition que l'on se plie à ses règles. Une familiarisation précoce avec le concept de réaction chimique se justifie à la fois par l'effet de motivation, l'initiation aux dangers et l'explication des phénomènes de la vie courante. Mais les obstacles à l'apprentissage sont nombreux et les études concernant le cas des débutants, rares.

Rebaud (1994) présente la réaction chimique comme un concept central dans l'étude des différentes transformations de la

matière. Elle est au cœur de la compréhension des phénomènes biophysiques, géologiques et écologiques. En réalité, il est essentiel d'en donner une vision dynamique. Une réaction doit généralement être initiée ; elle se produit avec une certaine vitesse. Le champ des vitesses observées dans diverses réactions chimiques est beaucoup plus étendu que celui des vitesses observées dans le domaine de la mécanique, plus familier aux élèves. De ce fait, Carretto, Viovy et al.(1984), ont affirmé que la vitesse est un des aspects fondamentaux de la réaction chimique qui est pourtant traité très tardivement dans l'enseignement et c'est la première chose que l'on supprime quand on décide d'alléger le programme! Est-ce peut être lié, comme les équilibres, à notre esprit cartésien ? La théorisation de la cinétique est en effet difficile. Ceci est d'autant plus dommageable que le sujet permet des expérimentations intéressantes et qu'il est constamment pris en compte dans l'enseignement de la biologie.

Lorsque les réactions sont instantanées, le problème ne se pose pas. Par contre si les réactions sont lentes l'avancement de la réaction sera différent à chaque instant. L'équation-bilan n'est pas en mesure de le préciser sauf si l'avancement de la réaction est explicité. Quand on veut définir la vitesse de réaction, il est évidemment nécessaire de recourir à ce facteur temps. La variable chimique avancement de réaction, est alors utilisable à condition que sa définition, comme le font remarquer Rouquerol et Scacchi (1993), soit valable quel que soit le réacteur utilisé, qu'il soit fermé, sans échange de matière avec l'extérieur et à volume de phase réactionnelle constant, ou ouvert et fonctionnant en régime permanent.

Certains auteurs ont trouvé quelques analogies entre la chimie et la physique. En effet, une transformation chimique et une action mécanique ont une certaine parenté épistémologique et didactique ; toutes deux correspondent à une conceptualisation

du monde sensible et donnent lieu à une représentation sémiotique codifiée tout en étant le préalable à l'accès à un élément du modèle de l'évolution des systèmes chimiques (la réaction chimique pour l'une) et un élément du modèle du modèle de l'évolution des systèmes mécaniques (la force pour l'autre). Toutes deux peuvent être considérées comme des créations didactiques facilitant l'accès aux modèles pour les élèves (Tiberghien et al., (2009) ; cité par Kermen (2018, p.63). Au collège, lors des premières confrontations à des transformations chimiques, le point crucial et à construire est le passage de la réalité perçue à la réalité idéalisée. Mais cela se fait aussi en conjonction avec le niveau du modèle en utilisant le modèle microscopique pour donner corps au concept d'espèce chimique. Les concepts d'espèces chimiques et de transformations chimiques sont alors des abstractions dont le caractère empirique n'est pas encore établi, il le sera par l'habitude comme l'indique Martinand (1992), lorsqu'ils seront utilisés de façon routinière pour décrire chimiquement les changements observés, ce qui constitue la construction du référent empirique (ou niveau expérimental) (Chomat et al.,1988).

4. La problématique de la recherche

L'essor économique durable d'un pays provient d'une bonne maîtrise de son développement scientifique et technologique. La science est une activité humaine tendant à modéliser les phénomènes dans le but de les expliquer et de les prédire. Elle se construit en classe, en référence aux pratiques sociales de références (Martinand, 1986) en jeu dans la sphère savante. Cette référence d'ordre épistémologique impose des contraintes dans l'élaboration des programmes d'enseignement en sciences, mais également dans la pratique de classe. L'enseignement des

sciences se construit en référence à la science qui se fait (Koffi, 2021). Ainsi, la démarche expérimentale dans l'enseignement des sciences devient indispensable dans les pratiques de classes en sciences. La construction du savoir par les apprenants est l'enjeu final de toutes les réformes, cependant les réformes restent sur les dimensions sociologiques et psychologiques pédagogiques, certes importantes, mais à la périphérie de l'apprentissage des apprenants. L'apprentissage est étroitement dépendant des pratiques de classes et essentiellement des pratiques médiatives (Koffi, Abbi, Golly, Aya, Yao, 2021). Or les réformes affectent très peu les pratiques médiatives qui constituent le nœud des pratiques de classes. Aux contraintes de la mise en œuvre de l'APC en classe s'ajoutent les contraintes épistémologiques (Koffi, 2021¹ ; 2017²). En chimie, la construction de la notion de vitesse de réaction mérite d'être analysée pour relever les difficultés liées au rapport de l'enseignant avec le savoir d'une part, et la pratique de l'enseignement du savoir d'autre part. Dans le contexte de l'APC, en plus des contraintes épistémologiques de la discipline expérimentale, Koffi (2017 ; 2021) montre que la pratique de classe doit favoriser l'autonomie des apprenants, parce que l'APC est fondé sur le constructivisme piagetien et le socioconstructivisme de Vygostky. Les contraintes d'ordre didactique sont relatives aux contextes de production du savoir, au milieu didactique en jeu dans la classe qui développe le conflit sociocognitif, un des leviers susceptibles de faire avancer la construction des connaissances comme l'a souligné Astolfi (1985).

Beaucoup de mots du langage courant ont été utilisés pour construire le langage scientifique en leur donnant parfois des sens différents. On peut ainsi créer des confusions qui seront ensuite très difficiles à éliminer ; c'est le cas par exemple des mots comme corps, matière, etc. Dans le même ordre d'idée, on

peut se demander pourquoi on parle de réaction chimique ou d'action chimique ? Et pourquoi on ne déterminerait pas la vitesse de réaction en utilisant la dérivée par rapport au temps de la concentration ? Il est certain que l'existence du couple action-réaction en Physique risque de perturber l'assimilation de ce concept de réaction et, par conséquent, celui de la vitesse puisqu'elle est la grandeur qui renseigne sur l'évolution de la réaction. L'absence ou le peu d'expériences constitue un obstacle car tout le monde est convaincu de la nécessité de donner, en Chimie, un enseignement appuyé sur une base expérimentale. Il paraît a priori inconcevable d'enseigner la réaction chimique rien qu'avec la craie et le tableau, ou seulement avec le papier et le crayon. Pourtant, c'est bien souvent le cas lors des initiations à la chimie.

L'enseignement expérimental en chimie est primordial dans la construction d'un concept mais on constate qu'il apparaît souvent comme un appendice de l'enseignement théorique. Les difficultés sont méconnues par les enseignants et leur connaissance sur la vitesse de réaction se résume à lui donner un sens mathématique. L'étude de la vitesse de réaction chimique est difficilement comprise par les élèves qui estiment, à travers leurs productions, que ce concept est analogue à celui étudié en mécanique (cinématique du point matériel). La confusion s'installe au niveau de la définition et de l'unité de la vitesse de réaction chimique. Aussi, cette confusion est perceptible au cours de l'exploitation des résultats d'expérimentation pour le tracé, d'abord de la courbe de formation d'un produit ou de disparition d'un réactif puis de l'obtention de la tangente à la courbe et on est en mesure de se demander : En quoi les confusions des élèves sur la notion de vitesse de réaction chimique et sur celle de la vitesse d'un mobile découlent-elles des connaissances qu'ils ont mobilisées au cours des apprentissages ou de leur représentation? Que révèlent les

productions des élèves sur les propriétés en acte et les théorèmes-en-acte mobilisés lors de la résolution d'un problème sur le concept de vitesse de réaction chimique ? Les obstacles rencontrés chez la plupart des élèves des classes de Terminale Scientifique relatifs aux confusions entre les situations chimique et physique constituent des freins à l'obtention de résultats quantitatifs fiables. Ainsi, notre recherche se veut contribuer à une meilleure acquisition de la notion de vitesse de réaction chimique par les élèves en caractérisant les pratiques enseignantes relatives à la vitesse de réaction chimique à travers la question de recherche : Quelles sont les pratiques enseignantes relatives à la notion de vitesse de réaction chimique ?

5. Approche méthodologique

5.1. Le recueil des données

Notre objectif de recherche est de décrire la compréhension que les enseignants ont de la démarche d'étude de la chimie en classe de terminale et sa mise en œuvre pour l'enseignement-apprentissage de la VRC par le biais des pratiques déclarées. Il s'agit donc d'étudier le sens que les enseignants accordent à leur enseignement. Asunda et Hill (2007), Gattie et Wicklein (2007) et Kelley (2008) ont montré que l'entretien semi-dirigé est un excellent outil de recueil de données pour ce type de recherche. Ainsi pour la collecte des données, nous avons opté pour l'entretien semi-dirigé. Le terrain de notre est constitué de trois Collèges d'Enseignement Secondaire (CEG) à savoir le Cours Secondaire Notre Dame des Apôtres (CSNDA), le CEG Agblangandan et le CEG Houetô. La population cible est constitué d'un panel d'une dizaine d'enseignants de physique chimie et technologie provenant des trois CEG et ayant à leur actif plus cinq années d'expérience dans l'enseignement des classes de terminale scientifique. Ils sont tous titulaire d'un

Certificat d'Aptitude au professorat de l'Enseignement Secondaire. Ils ont été approchés et ont accepté de participer à l'enquête sans exiger d'être informés sur ses finalités. Le recueil des données a été réalisé un entretien semi-directif avec les dix enseignants au sujet de leur pratiques déclarées pour l'enseignement de la vitesse de réaction chimique (VRC). Les pratiques de classe sur lesquelles portent les déclarations des enseignants sont des séances passées de mise en œuvre en classe du concept de la vitesse de réaction. Le guide d'entretien comporte des questions regroupant les cinq dimensions suivantes :

- *le déroulement de la séance de classe portant sur la VRC*. Dans un premier temps il a été demandé à l'enseignant de préciser les étapes de l'étude de la VRC ainsi que les principales tâches que lui-même enseignant et ses élèves étaient appelés à réaliser lors de l'enseignement-apprentissage de la VRC. Dans un deuxième temps, l'enseignant est interrogé sur les principales difficultés rencontrées par les élèves au regard du processus et des visées ;
- *les objets enseignés* (le « quoi ? »). Il a été demandé à l'enseignant de décrire ce qui a fait l'objet d'enseignement lors de la séance d'étude de la VRC pour mettre en évidence les apprentissages ciblés par l'activité planifiée et les éléments évalués si une évaluation était prévue ;
- *la compréhension de la démarche de construction de la VRC* (le « comment ? »). Dans cette section, les questions posées à l'enseignant portent sur sa compréhension de la démarche d'étude, sa relation avec la démarche scientifique et sur les finalités aussi bien en ce qui concerne la réalisation en classe de la VRC, mais aussi de l'éducation scientifique en général ;
- *les finalités de l'enseignement de la VRC* (le « pourquoi ? »). Ici les questions posées sur le concernent ce que les enseignants considèrent comme les principaux objectifs et finalités de

l'éducation scientifique en général et de celle relative à la VRC en particulier.

- *les caractéristiques sociodémographiques de l'enseignant.* les questions posées à l'enseignant pour s'informer sur sa personne portent entre autres sur le genre, la formation de base, la formation continue et/ou le perfectionnement, le nombre d'années d'expérience et les niveaux couverts par son enseignement.

5.2. La méthodologie de traitement des données

Le verbatim des entretiens réalisés avec les dix enseignants a été transcrit puis catégoriser suivant les cinq dimensions du cadre conceptuel. Une seconde catégorisation est faite en tenant compte du contexte de l'enseignement-apprentissage de la VRC. La technique de traitement et d'analyse des données se fonde sur l'analyse du discours explicite de Bardin (2007) qui considère les énoncés d'un discours comme une manifestation portant des indices que l'analyse sera éloquente et elle s'actualise par la préanalyse, l'exploitation du matériel, et le traitement des résultats, l'inférence et l'interprétation.

6. Résultats de l'analyse des pratiques enseignantes relatives au concept de vitesse de réaction chimique

6.1. Posture de l'enseignant

La posture de l'enseignant est nécessairement liée à ses croyances diverses sur la science, l'apprentissage, le processus du transfert des apprentissages. Parmi elle, on y distingue plusieurs dont la posture épistémologique et sur celle socioaffective de l'enseignant.

6.1.1. Posture épistémologique de l'enseignant.

Au cours de l'enseignement des sciences, les enseignants croient que :

La connaissance scientifique se construit par la recherche de solutions aux questions que nous nous posons sur la science ; le rôle de l'apprenant n'est pas de recevoir seulement ce que l'enseignant lui donne ; il est nécessaire pour l'apprenant de rechercher un lien de ce qu'il savait et le nouveau savoir à construire.

Il apparaît clairement une logique entre ces croyances sur le mode de développement des connaissances scientifiques qui aborde la résolution de problème ou le cognitivisme et le processus de l'apprentissage décrivant le rôle de l'apprenant et les dispositions pédagogiques devant donner du sens au savoir à construire. À travers leurs réponses, ils ne sont pas unanimes avec des propositions tendant à faire croire que : les vérités scientifiques sont découvertes par observation des phénomènes et par expérimentation ; mon rôle dans le système éducatif est de donner le savoir aux apprenants. Il est évident que ces deux dernières propositions s'opposent aux trois autres par la vision empiriste de la science qu'elles véhiculent en association avec une répartition des tâches dans l'enseignement des sciences présentant l'enseignant comme le détenteur et le dispensateur du savoir. Entre les deux groupes de propositions le contraste est évident. Il existe donc une logique interne dans ces appréciations qui se complètent et se justifient.

Lorsque nous référençons ces propositions choisies aux travaux existants, nous constatons que les enseignants sont unanimes à s'opposer à la croyance d' « un savoir ontologique, un savoir qui se dit ce qui est en soi, et qui vient en quelque sorte de nulle part...En fait, tout semble se passer comme si les concepts en

cause correspondaient terme à terme à des entités réelles pouvant être pointées du doigt et que les scientifiques les auraient simplement découvertes et nommées : voici une onde, voici un électron (Sutton, 1998) » Désautel J. et Larochelle M, chapitre D3, (p.2) ; et pour contextualiser Sutton, voici la définition de la vitesse de réaction.

Ils pensent qu'il n'est pas possible de faire simplement « abstraction du contexte théorique qui donne relief et sens aux concepts (...) et, surtout, aux activités de délibération par lesquelles les scientifiques en sont venus à s'entendre quant à la pertinence de ces concepts pour résoudre les questions et les problèmes qu'ils et/ou qu'elles se posent » Désautel J et Larochelle M, (p.2). Leur choix du rôle de l'apprenant indique qu'ils s'opposent aux postures « des enseignants qui croient que ce qu'ils disent dans leur classe est alors su par chacun des élèves de la classe sous une forme identique à celle de leur présentation. Il faut ainsi imaginer des enseignants dont les seules idées et croyances sur l'apprentissage et l'enseignement sont que l'enseignant donne et que l'apprenant reçoit ; et que l'apprenant reçoit seulement ce que l'enseignant lui donne » Désautel J. et Larochelle M, (p.3). Ainsi, pour les enseignants enquêtés, il apparaît clairement à travers les propositions choisies que la création de sens pour les apprentissages est un facteur d'amélioration des performances car chacun d'eux va selon sa compréhension pour aborder le concept de la vitesse de réaction.

6.1.2. Posture socioaffective de l'enseignant.

Une partie de la société qui apprécie l'enseignant à sa juste valeur. Ils savent que sans l'enseignant leurs enfants ne pourraient pas avoir la formation qu'il faut. Cet état de chose se remarque dans la réponse que chacun d'eux a donné aussi bien dans la production du questionnaire papier crayon et au cours de l'entretien. Il faut noter que certaines conditions

d'épanouissement social interviennent dans l'enseignement/apprentissage qui sont sources de démotivation. Dans l'opinion publique, entre temps, la croyance sociale estimait que l'enseignement est un métier noble ; ce qui était en partie vrai dans les premières années de l'enseignement mais qui ne se justifie plus tellement dans un monde d'économie de marché dans lequel la noblesse se mesure à l'aune des avoirs en bourse. C'est peut-être ce qui explique que certains enseignants ne veulent plus se donner au travail ; sinon, on conçoit mal qu'un enseignant de science qui plus est la chimie qui est beaucoup axée sur l'expérimentation, l'on ne soit pas capable de faire des expériences simples pour introduire la notion de vitesse de réaction chimique. Tout simplement parce qu'on n'aurait pas le temps ; par contre, ils sont unanimes à penser que si les heures de cours se réalisaient sans manipulation étaient séparées de celles de manipulation, ce qui est contraire à leur situation professionnelle actuelle qui est telle que : dans l'école A tous les enseignants des classes de terminales C et D sont des vacataires tandis que dans les écoles B et C, ils sont tous permanents. Cependant, autant qu'ils sont, ils vont chercher des heures de cours payantes dans d'autres collèges. Cette quête effrénée d'heures payantes par les enseignants pourrait créer une insécurité psychique au niveau des apprenants ; car, globalement sécurisé, un enfant va disposer d'une énergie physique et psychique qui va lui permettre de grandir et de découvrir le monde dans des conditions satisfaisantes. Peut-on imaginer qu'un enfant puisse apprendre dans un climat d'insécurité et de défiance ? C'est en cela, et à travers cette approche très précise, que l'on peut dire que l'enseignant a un rôle affectif. Est affectivement saine la relation qui induit un sentiment de sécurité global, sentiment nécessaire à une appréhension du monde satisfaisante. Le rôle affectif de l'enseignant n'est pas autre que celui-là mais son incidence est essentielle. Si

l'enseignant peut, en classe, induire ce sentiment de sécurité, de confiance, il va permettre à l'enfant de mobiliser un maximum d'énergie psychique pour ces apprentissages. La relation pédagogique passe donc par une relation affective « obligée ». Insécurisé, l'enfant utilise son énergie psychique (et physique) pour se protéger, se défendre et/ou s'adapter ; celle-ci n'est plus disponible aux apprentissages. Le savoir ne peut se transmettre efficacement qu'à cette condition essentielle.

6.2. Synthèse sur la posture de l'enseignant

Les résultats de l'étude montrent que les enseignants entretiennent des conceptions et des définitions très variées à l'égard des caractéristiques de la démarche d'étude en physique chimie et technologie. Ils ont différentes manières pour introduire le concept de la vitesse de réaction. Cela s'accompagne par une diversité de modalités de mise en œuvre de la démarche en classe. Pour certains d'entre eux, la situation d'enseignement-apprentissage de la VRC présente, pour l'élève, un problème mathématique à résoudre et ceci nécessite une démarche rigoureuse qui finira par la détermination graphique, puis par calcul de la vitesse d'une réaction chimique. Pour d'autres, bien que leur situation d'apprentissage présente un problème, la démarche de résolution est laissée au tâtonnement et, dans ce cas, l'élève peut ou pas arriver à un produit final répondant au problème. Dans d'autres cas, la situation d'enseignement-apprentissage proposée pour l'élève présente non seulement un problème technique à résoudre, mais également sa solution. Pour déterminer la vitesse d'une réaction chimique, l'élève devra se contenter de suivre la démarche fournie par l'expert, l'enseignant. Par ailleurs, les objectifs du recours à la démarche d'étude propre à l'enseignement de la physique, chimie et technologie montrent une centration sur les finalités de divers ordres : les finalités d'ordre

psychopédagogique qui s'actualise par la différenciation pédagogique, la motivation et l'engagement des élèves, bonne méthode de travail, etc.), les finalités d'ordre sociologique telles que le travail en groupe, collaboration, construction sociale des connaissances, etc.). Les résultats montrent que, sur les dix enseignants de notre panel, seulement trois ont évoqué les finalités d'ordre épistémologique telles que la compréhension des problèmes complexes (exploitation de tracés de courbes pour déterminer des vitesses instantanées de réaction chimiques, exploitation d'une série de réactions rédox pour déterminer des concentrations molaires afin de calculer des vitesses de réaction chimique, proposition de différentes solutions aux problèmes relatives à la cinétique chimique, la compréhension et l'attribution du sens aux concepts chimiques, etc. La plupart des enseignants interviewés ont souligné les difficultés d'ordre psychosocial des élèves, des difficultés d'ordre didactique et de formation (formation technique et technologique, réponses à donner à toutes les questions posées par les élèves).

7. Discussion et conclusion

Le monde de l'enseignement des sciences est depuis quelques années attiré par ce que d'aucuns présentent comme une manière nouvelle d'améliorer la motivation et les performances des élèves. Des auteurs empruntent en effet des outils théoriques du champ de l'ergonomie cognitive pour le travail de l'enseignant. Ces travaux visent à mettre en particulier en évidence les écarts entre les activités potentielles proposées aux élèves par les enseignants et les activités effectivement réalisées, par le jeu des adaptations que les enseignants sont amenés à mettre en place dans la gestion didactique. Cet état de chose nous amène à faire le constat de ce que, les enseignants des classes de terminales

scientifiques interrogés, n'abordent le concept de la vitesse de réaction en chimie de la même manière.

Chacun d'eux essaie d'utiliser le système d'enseignement qu'il adopte pour faire passer son message.

Lorsque l'un d'eux dit qu'« il exploite les prescriptions du programme relatives à la notion de vitesse de réaction » c'est qu'il utilise le système par investigation qui consiste à s'interroger à partir de la réalité quotidienne et à mettre en œuvre toutes les recherches nécessaires pour répondre à des questions. L'apprentissage dans ce cas consiste à une appropriation progressive du monde environnant. Le professeur amène l'apprenant à découvrir de nouvelles connaissances.

Un autre dit : « j'introduis la notion de vitesse de réaction chimique en utilisant les unités $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$ ou $\text{mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$ et m.s^{-1} ou km.h^{-1} ». Cette catégorie d'enseignants estime que chaque élève possède de connaissances préalables. Dans le cas où notre structure cognitive initiale nous permet de résoudre un problème auquel nous sommes confrontés, nous consolidons ce que nous savons, mais nous n'apprenons pas, nos connaissances n'évoluent pas. Face à des situations pour lesquelles doivent être mis en œuvre de nouveaux savoirs ou savoir-faire, nous apprenons quelque chose en classe. Des exercices proposés permettront aux élèves de mémoriser ces nouveautés. Ce système que nous nommons constructiviste fait évoluer les connaissances à l'élève. Enseigner c'est permettre à l'élève de passer d'un état initial de connaissances à un état final de connaissances. La différence entre les deux états correspond à ce que l'élève a appris. L'enseignement nécessite de tenir compte de l'environnement, lequel peut être un frein ou un moteur à l'apprentissage. Les élèves n'ont pas forcément envie d'apprendre, le contenu des programmes n'est pas toujours convivial. Ce qui corrobore ce que les enseignants ont suggéré

en disant qu'il serait mieux de passer l'enseignement de la cinétique chimique avant le cours sur la cinématique du point. Le meilleur enseignement, à notre avis, est celui auquel l'enseignant croît, qui correspond au mieux à leur personnalité et qui permet à un maximum d'élèves d'apprendre. Comme l'enseignant ne peut obliger ses élèves à apprendre et ne peut choisir le programme à enseigner, il ne peut qu'influencer sur les conditions dans lesquelles l'enseignement va se dérouler pour faire passer le maximum d'élèves d'un état initial à un état final supérieur.

Bibliographie

ARNAUD Pierre 1989, « Contribution à une histoire des disciplines d'enseignement : La mise en forme scolaire de l'éducation physique », in *Revue française de pédagogie*, N° 89, pp. 29-34.

ASUNDA Paul and Hill Roger, 2007, « Critical features of engineering design in technology education » in *Journal of Industrial Teacher Education*, Volume 44 (1), p. 25-48

BARDIN Laurence, 2007. *L'analyse de contenu*, Paris : Presses universitaires de France.

BARLET Roger et PLOUIN Dominique, 1993, « Rapport Théorie-expérimentation, la prégnance du modèle inductiviste chez les futurs professeurs de sciences physiques », in *Actes Xes JIREC de la Société Française de Chimie*, St Hugues de Biviers, pp.12-14 mai 1993

BARLET Roger et PLOUIN Dominique, 1994, « L'équation-bilan en chimie un concept intégrateur source de difficultés persistantes », in *Aster*, n°18, pp. 24-53.

CARRETO Josette et VIOVY Roger, 1994, « Relevé de quelques obstacles épistémologiques dans l'apprentissage du concept de la réaction chimique » in *Aster*, n°18, p.11-26

CHEVALLARD Yves, 1991. *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Deuxième édition. Grenoble : La Pensée Sauvage, 240 p.

CHOMAT Alain, LARCHER Claudine et MEHEUT Martine, 1988, « Modèle particulière et activités de modélisation en classe de quatrième », in *Aster : Recherches en didactique des sciences expérimentales*. N°7, pp. 143-184

DEVELAY Michel, 1992. *De l'apprentissage à l'enseignement*, Paris : ESF

GATTIE David et WICKLEIN Robert, 2007. « Curricular value and instructional needs for infusing engineering design into K-12 technology education » in *Journal of Technology Education*, Volume 19(1), pp. 6-18.

KELLEY Todd Richard, 2008. *Examination of engineering design in curriculum content and assessment practices of secondary technology education*, Thèse de doctorat, University of Georgia

KERMEN Isabelle, 2018. *Enseigner l'évolution des systèmes chimiques au lycée*, Collection « Paideia » 170 p

KOFFI Kouakou Innocent, 2017, « Les contraintes didactiques et épistémologiques de la mise en œuvre de l'approche par les compétences dans l'enseignement des sciences » in *Revue ivoirienne des sciences de l'éducation*, pp.83-104, ENS Abidjan.

KOFFI Kouakou Innocent, 2021, « Contribution à la définition du concept de situation dans l'approche par les compétences », in *Liens*, N° 31, pp.31-47.

MARTINAND Jean-Louis, 1987 « Quelques remarques sur les didactiques des disciplines. Les sciences de l'éducation pour l'ère nouvelle », *CERSE Caen*, n°1, pp.13-35.

MARTINAND Jean-Louis, 1996, « Introduction à la modélisation », *Actes du séminaire de didactique des disciplines technologiques*, ENS de Cachan, pp. 1-22.

MEHEUT Martine, 1982. *Combustions et réaction chimique dans un enseignement destiné aux élèves de sixième*, Thèse de troisième cycle, Université Paris VII

REBAUD Dominique, 1994, « Enseignement et réaction chimique : une délicate alchimie », in Aster, n°18, pp. 1-7

ROUQUEROL Françoise et SCACCHI Gérard, 1993, « Présentation unifiée de la vitesse de réaction indépendamment du type de réacteur utilisé (fermé, ouvert) », in Bulletin de l'Union des Physiciens, n°87, pp.383-400.

SALTIEL Edith, 1978. *Concepts cinématiques et raisonnement naturels*, Thèse de doctorat, Université Paris VII.

SAUVAGEOT-SKIBINE Marie, 1991, « La digestion au collège : transformation physique ou chimique », in Aster, n°13 ; pp. 92-110.

VIENNOT Laurence, 1996. *Raisonner en physique*. Bruxelles-Paris : De Boeck Université