

L'atome Dans Le Manuel Scolaire De L'enseignement Secondaire Au Maroc

Ben mesaoud, M.

Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche
en Ingénierie Pédagogique (LIRIP), ENS de Tétouan, Maroc
Centre Régional des Métiers de l'Éducation
et la Formation (CRMEF), Tanger, Maroc

Belfazga, M.

Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche
en Ingénierie Pédagogique (LIRIP), ENS de Tétouan, Maroc

Radid, M.

Faculté des Sciences Ben M'sik- Université Hassan II, Casablanca, Maroc

Dakkach, M.

Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche
en Ingénierie Pédagogique (LIRIP), ENS de Tétouan, Maroc
Institut Supérieur des professions infirmières
et techniques de santé (ISPITS), Tanger, Tétouan, Maroc

Janati-Idrissi, R.

Madrane, M.

Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche
en Ingénierie Pédagogique (LIRIP), ENS de Tétouan, Maroc

Doi:10.19044/esj.2018.v14n28p154 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n28p154](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n28p154)

Abstract

Textbooks play a significant role in the teaching-learning process as a result of didactic transposition, and as a vehicle employed for institutional learning. This descriptive study is devoted to conducting a thematic didactic analysis of textbooks of physics and chemistry of the common core of science and technology of secondary education in Morocco on the subject of atom. This paper focuses on contributing to the treatment of one of the problems that deals with the didactic transposition of the scientific concepts related to the "atom", in order to detect the different problems that can hinder their teaching-learning process. At the methodological level, we used a specific prior grid applied to the same theme. This allowed us to draw a hypothesis on the possible effect of the didactic presentation of concepts related to the atom in understanding the students. It also aim to propose recommendations to remedy the imbalances observed; such as: the dissymmetry between textual and

figurative aspects, the absence of analogy, the problem of modeling, and the upgrading between objectives, contents, and proposed activities, etc.

Keywords: Didactic of Chemistry, School textbook, Didactic transposition, Atom, Pedagogical innovation

Résumé

Vu le rôle crucial que joue le manuel scolaire dans le processus d'enseignement-apprentissage en tant que fruit de la transposition didactique, et support qui véhicule le savoir scolaire institutionnel, la présente étude descriptive est consacrée à effectuer une analyse didactique thématique de contenus de manuels scolaires de physique-chimie du tronc commun scientifique et technique de l'enseignement secondaire au Maroc, sur le thème de l'atome. L'objectif de ce travail est de contribuer au traitement de l'une des problématiques traitant de la transposition didactique des concepts scientifiques liés à «l'atome», afin de détecter les différents problèmes pouvant entraver leur enseignement-apprentissage. Au niveau méthodologique, nous avons eu recours à une grille spécifique préalable appliquée sur le même thème. Ceci nous a permis d'émettre des hypothèses sur l'effet possible de la présentation didactique des concepts liés à l'atome sur la compréhension des élèves concernés, et de proposer des recommandations pour remédier aux déséquilibres observés ; tels que : la dissymétrie entre l'aspect textuel et celui figuré, l'absence de l'analogie, le problème de modélisation, et la mise à niveau entre les objectifs, les contenus, et les activités proposés, etc.

Mots-clés: Didactique de la chimie, Manuel scolaire, Transposition didactique, Atome, Innovation pédagogique

1- Introduction

L'objectif de ce travail est de contribuer au traitement de l'une des problématiques de la transposition didactique des concepts scientifiques relatifs à «l'atome», qui occupe une position centrale dans le tissu conceptuel de la chimie, en particulier dans les programmes scolaires de l'enseignement des sciences expérimentales au secondaire.

A cet égard, nous avons proposé de faire une analyse de la transposition didactique de cette thématique dans les manuels scolaires de physique- chimie du tronc commun de l'enseignement secondaire qualifiant (lycée) au Maroc, car c'est le niveau scolaire où les élèves apprennent les notions et les concepts relatifs à l'atome de façon détaillée, tels que la structure atomique, la modélisation, la classification périodique des éléments, la géométrie moléculaire, l'ionisation, etc.

Dans le but de révéler les différents éléments de la transposition didactique, et d'analyser leur efficacité, et la qualité sémantique et la pertinence scientifique des contenus des manuels scolaires adoptés, nous avons choisi de faire recours à une grille d'analyse composée d'un nombre d'indicateurs, qui nous permettra de décrire les manuels tant au niveau générique et esthétique qu'au niveau spécifique.

2- **Problématique et contexte**

La problématique principale de cette étude est : « Comment le manuel scolaire de physique-chimie influence-t-il la compréhension de concepts relatifs à l'atome chez les apprenants du tronc commun scientifique de l'enseignement secondaire ? ». Nous sommes partis du fait que la plupart des enseignants de physique-chimie trouvent des difficultés majeures qui entravent l'apprentissage des concepts liés à l'atome, tels que la structure de l'atome ; la répartition d'électrons autour du noyau, la géométrie moléculaire, etc. (Dubosq, 2017, pp. 19-41).

Plusieurs études précédentes attribuent ces handicaps au haut degré d'abstraction qui caractérise le concept de l'atome, car ce dernier est une entité microscopique invisible, qui n'a ni exemples ni attribues perceptibles. Par conséquent, on ne peut le comprendre qu'à l'aide des modèles (Nguessan, 2016, pp. 242-243).

Compte tenu de la position capitale qu'occupe le manuel scolaire dans le processus d'enseignement-apprentissage, en tant que support didactique qui véhicule « l'objet de savoir à enseigner », et un produit de transposition didactique, qui subit un ensemble de transformations adaptatives pour être approprié (Chevallard, 1991, pp. 40-41), nous avons décidé de mettre en question les manuels scolaires de physique-chimie du tronc commun scientifique de l'enseignement secondaire, par le biais d'une analyse de la transposition didactique du concept de l'atome, à fin de répondre aux questions de recherche suivantes :

- Quels sont les approches et les styles pédagogiques adoptés lors de l'élaboration de ces manuels ?
- Le contenu scientifique est-il convenable aux compétences et objectifs ciblés ?
- Comment les auteurs ont-ils choisi les modalités de la présentation ? et comment le rapport entre les modalités iconiques et textuelles influence-t-il l'apprentissage de ce concept ?
- Quels sont les paradigmes abordés ? et quel type de discours à énoncer ?
- Quelles sont les interrelations effectuées entre les différents éléments de *la niche écologique* de ce concept ? et *la structure praxéologique* est-elle respectée ?

- Bref, comment la structure du “savoir à enseigner” et sa présentation didactique dans le manuel scolaire influencent-elles l’apprentissage de ce concept ?

3- Méthodologie et instrument d’analyse

La méthodologie adoptée lors de cette étude est descriptive et analytique. Pour mener à bien l’analyse de la transposition didactique du concept de l’atome dans les manuels scolaires de physique-chimie, nous avons adopté une grille d’analyse à usage didactique capable de démanteler les principaux éléments de la structure du manuel, et peut révéler différentes informations tant au niveau générique que spécifique ; tels que les approches pédagogiques et didactiques adoptées, les compétences et les objectifs ciblés, les paradigmes épistémologiques, les contenus scientifiques, les modalités de présentation, la niche écologique et l’organisation praxéologique du thème d’analyse. A cet égard, nous avons eu recours à une grille d’analyse établie par Grivopoulos et Matheron (2013) ; eux-mêmes s’étant inspirés des travaux de Pierre Clément et de ses collaborateurs (Bernard, Scolaire et Carvalho, 2007). Ces derniers l’avaient appliquée avec succès au thème de l’atome. La grille est composée de douze indicateurs regroupés en deux parties :

- Partie générique comprend sept premiers indicateurs servant à révéler des informations non spécifiques au thème d’étude, car elle est applicable à divers types de manuels quelque soit la discipline ou le thème concernés. A savoir : le code, les éléments d’identification, la position et les titre de la section concernée, la reformulation, la typologie iconique et le style pédagogique.

- Partie spécifique comprend cinq indicateurs relatifs au thème abordé lors de cette étude (l’atome). A savoir : le paradigme épistémologique, la schématisation privilégiée, le contexte, la niche écologique et l’organisation praxéologique.

L’ensemble des indicateurs et des critères sont illustrés dans le Tableau 1.

Compte tenu du grand espace nécessaire pour présenter tous les résultats de l’analyse, ce qui n’est pas permis pour cet article, nous nous sommes limités à présenter les résultats de la plupart des indicateurs, sans influencer l’objectif attendu.

Tableau 1. La grille d'analyse adoptée d'après les travaux de Grivopoulos et Matheron (2013)

N	Indicateurs	
Indicateurs génériques		
1	Code	Codage alphanumérique du manuel, la discipline concernée, le niveau de classe, le pays d'origine ...
2	Éléments d'identification	La discipline concernée, le niveau de classe, le titre et le sous-titre, le(s) auteur(s), l'éditeur de la collection, l'année d'édition et l'année du programme d'enseignement correspondant.
3	Position et titres de la section concernée	Repérage de la place exacte du chapitre visé, et citation des titres des paragraphes, sous paragraphes, etc. l'articulant.
4	Part occupée	Rapport : Nombre d'unités imagées/ nombre de pages.
5	Reformulés	Repérage des termes-pivots, tout des mécanismes des définissants et reformulant mis en œuvre : définitions, synonymes, métaphores ...
6	Typologie iconique	Simple dénombrement des différents modules de schématisation
7	Style pédagogique	Extraits explicites du programme et d'autres circulaires fixant les compétences et les objectifs globaux ou spécifiques à atteindre.
		Rappel de connaissances antérieures et récapitulation du savoir acquis
		Fonction heuristique.
		Types d'activités et problèmes ou exercices privilégiés dans le manuel
		Approche déductive ou inductive dans le développement du thème
		Annexes (bibliographique, sites Web, index ...), guides.
		Des liens entre le savoir épistémique et la société (valeurs- pratiques sociales)
		Style d'écriture adopté dans les sections dépouillées : Educatif, informatif, esthétique, participatif, injonctif, persuasif, dogmatique, propagateur, scepticiste.
Indicateurs spécifiques		
8	Paradigme épistémologique	Renseignement sur les paradigmes mentionnés- surtout ceux de Dalton, Thomson et leurs succès, insuffisances, si expressément commentés dans le manuel.
9	Schématisation privilégiée	Modèles de la structure atomique, de la configuration électronique, de la couche de valence, modèles d'atome historique ... Simulation de molécules par des maquettes compactes ou éclatés ...

		Tableaux (propriétés des constituants d'atome, symboles ...)
		Photos/ portraits des savants/ agrégats d'atomes
		Analogies imaginées.
		Figures et schémas linéaires et arborescents ...
		Accroches et encadrés autour d'activités expérimentales, d'obstacles épistémologiques ...
		Animations des couches, des transitions électroniques ...
		Diagrammes.
10	Contexte	Informations biographiques, socio-historique, épistémologique et culturels engendrant des conversations à propos de la perception du concept d'atome par la communauté scientifique dont il est issu.
11	Niche écologique	Inventaire d'interrelations entre la théorie atomique et d'autres thèmes ou sujets de savoir transmis à travers le manuel, relatifs à des exégèses de divers phénomènes, modélisations, applications technologique, tels que la liaison chimique, périodicité des propriétés des éléments chimiques ... (Chevallard, 1988 ; 1994 ; 1997).
12	Organisation <i>praxéologique</i> τ , T , τ , θ , Θ .	Analyse des <i>praxéologies</i> structurées en termes de « praxis » (types de tâches, technique) et de « logos » (technologie, théorie) selon l'approche anthropologique en didactique, initiée par Chevallard (1992 ; 2002).

4- Résultats et discussion

4-1 Code et éléments d'identification

Le Maroc, depuis 2005, a adopté une multiplicité de manuels scolaires afin d'élargir l'offre didactique. Désormais, le ministère d'Education Nationale a développé des cahiers de charges spécifiques, et a approuvé la méthodologie d'accréditation légale par de juges nationaux, afin d'accroître la qualité de la production et d'assurer l'égalité de chances entre les apprenants.

Notre présente analyse vise deux manuels scolaires de physique-chimie correspondant au niveau du tronc commun scientifique et technique de l'enseignement secondaire au Maroc, intitulés *Morchidi en physique et chimie* et *Almassar - la physique et la chimie*. Ils sont conformes aux programmes officiels marocains de 2005, édités, respectivement, par Afrique-Est et Nadia Edition. Ces deux manuels sont toujours d'usage durant l'année scolaire 2017-2018.

A préciser que le choix d'examiner didactiquement les manuels du tronc commun, est dicté par le fait qu'à ce niveau, les élèves apprennent les notions et les concepts relatifs à l'atome, tels que la structure atomique, la modélisation, la classification périodique des éléments, les caractéristiques de

quelques groupes chimiques, la liaison covalente, la géométrie moléculaire, l'ionisation, etc. En outre, le choix de ces deux manuels, parmi les trois officiellement adoptés, est fondé sur le fait qu'ils sont les plus retenus et utilisés par les enseignants.

4-2 Position et titres de la sélection concernée

En général, le manuel scolaire du tronc commun scientifique et technique de l'enseignement secondaire se compose de trois parties : la mécanique, l'électricité et la chimie. Cette dernière partie se compose à son tour de trois axes, à savoir : "La chimie qui nous entoure", "Les constituants de la matière" et "Les transformations de la matière". Notre étude vise les trois chapitres qui constituent le troisième axe.

Pour recueillir les informations relatives au contenu scientifique des manuels retenus, nous citons l'ensemble des titres et sous-titres développés dans les trois chapitres consacrés à l'atomistique, à savoir : "Modèles de l'atome", "Géométrie de quelques molécules" et "Classification périodique des éléments chimiques".

- Le manuel *Morchidi*
Chapitre 1 "Modèles de l'atome" : Modèles de l'atome ; Structure de l'atome (Electrons ; Noyau ; Représentation symbolique du noyau d'un atome ; Nombre atomique et nombre de nucléons) ; Atome électriquement neutre ; Masses des constituants subatomiques ; Dimensions de l'atome, Structure lacunaire de l'atome ; Isotopes ; Ions monoatomiques ; Élément chimique ; Conservation d'un élément chimique lors d'une transformation chimique ; Répartition électronique (Couches électroniques ; Règles de répartition des électrons sur les couches ; Structure électronique).
Chapitre 2 "Géométrie de quelques molécules" : Deux règles du duet et de l'octet ; Applications sur des ions monoatomiques stables ; Liaison covalente, définition de la liaison covalente ; Géométrie de quelques molécules simples (Représentation des molécules selon le modèle de Lewis ; Concept d'isomérie ; Géométrie de quelques molécules ; Représentation de Cram).
Chapitre 3 "Classification périodique des éléments chimiques" : Classification périodique des éléments chimiques (Classification selon D. Mendeleïev ; Classification actuelle) ; Exploitation de la classification périodique des éléments chimiques (Groupes chimiques ; Propriétés chimiques communes (les alcalins, les halogènes et les gaz rares)) ; Formules de quelques molécules fréquentes.

- Le manuel *Almassar*
Chapitre 1 "Modèle de l'atome" : Structure de l'atome (Noyau, Electrons, Masse de l'atome, Dimensions de l'atome) ; Élément chimique

(Isotopes ; Ions monoatomiques ; Concept de l'élément chimique ; Conservation d'un élément chimique) ; Répartition électronique.

Chapitre 2 “Géométrie de quelques molécules” : Deux règles du duet et de l'octet (Stabilité des gaz rares, Textes de deux règles, Applications sur des ions monoatomiques stables ; Représentation des molécules selon le modèle de Lewis (Molécules, Liaison covalente, Représentation de Lewis)) ; Géométrie de quelques molécules simples, (Répulsion de doublets électroniques et la géométrie spatiale des molécules ; Représentation de Cram).

Chapitre 3 “Classification périodique des éléments chimiques” : Classification périodique des éléments chimiques (Classification de D. Mendeleïev, Critères actuels de la classification périodique) ; Usage du tableau périodique des éléments chimiques (Groupes chimiques ; Exploitation de la classification périodique (Prévision du comportement chimique de quelques éléments, Détermination des formules de quelques ions monoatomiques, Détermination des formules moléculaires).

En terme de comparaison, il a fallu signaler que les titres des chapitres sont inspirés du discours disciplinaire classique et peu innové, en revanche, en France par exemple, les nouveaux programmes de seconde consistent à organiser la matière par des thèmes qui ne relèvent pas de la discipline mais d'un champ d'application (santé, sport, univers ...) favorisant le passage d'une question et/ou interprétation du point de vue de la discipline à une question et/ou interprétation qui vient de la vie quotidienne ou professionnelle et inversement) (Tiberghien, 2011, p. 197). En outre, ce type de “vulgarisation à vocation instructive et didactique” redynamise l'activité d'apprentissage qui est encadrée par un programme accompagné des compétences attendues et des objectifs globaux ou spécifiques élaborés par le curriculum et qui subissent finalement une forme d'évaluation. (Jacobi, 1978, p. 84).

4-3 Part occupée

On remarque que la valeur du rapport “nombre d'unités imagées/nombre de pages concernées” semble être faible, en comparaison avec celles des manuels français et grecs, voir le Tableau 2 (Grivopolous, 2016, pp. 84- 100). Cette valeur indique le manque d'éléments figurés (figures, modèles, photos, etc.) en faveur de la présentation textuelle, surtout, si l'on tient compte du fait qu'il y a treize petites images réunies en une seule page dans le cas de *Morchidi*. Ainsi, on trouve que certaines images semblent être incarcérées sans aucune interprétation ou indication dans le texte. Alors que, les deux modalités textuelles et iconiques, selon Pétroff (1984), devraient être porteuses de signification à part entière constituant un système de reformulation cohérent.

De façon générale, une telle dissymétrie entre l'aspect textuel et celui figuré d'un manuel scolaire diminue la motivation des élèves, et le rend moins

attractif, voire ennuyeux, ce qui influence négativement sa fonction didactique (Grivopolous, 2016, pp. 84- 100).

Tableau 2. Résultats de l'indicateur « Part occupée »

	<i>Morchidi</i>	<i>Almassar</i>	<i>FR</i>	<i>GR</i>
Nb de pages consacrées	28	25	25	34
Nb d'Unités imagées/Nb de pages	2,96	2,96	3,44	3,56
Nb d'éléments figurés	83	74	86	121

En termes de comparaison, *FR* et *GR* dans le tableau indiquent les deux manuels scolaires français et grecque retenus, qui sont cités à la fin de l'article.

4-4 Typologie iconique

L'objectif de cet indicateur générique est d'avoir un aperçu quantitatif global sur les différents modules de schématisation. Le Tableau 3 présente le dénombrement de chaque module. Il a fallu signaler que l'analogie est absente, et que les auteurs de *Morchidi* ont négligé les accrochés malgré leur importance didactique.

Tableau 3. Dénombrement de chaque module iconique

Manuel	Modèles	Tableaux	Photos/portraits	Analogies	Figures	Encadrés	Accrochés
<i>Morchidi</i>	23	06	33	0	05	15	01
<i>Almassar</i>	16	04	26	0	02	10	16

4-5 Style pédagogique

Conformément aux programmes et aux instructions officiels, les manuels retenus ont été élaborés suivant l'approche par compétences (APC). A cet égard, ces manuels retenus commencent par l'explicitation de compétences spécifiques et transversales ciblées. Ainsi, ils font rappeler au début de chaque partie, les apprentissages fondamentaux de niveaux antérieurs, les tendances prévues dans les niveaux subséquents et les intersections avec d'autres matières. En plus, chaque unité/leçon s'ouvre avec une liste d'objectifs attendus, et de propositions de situations problèmes de découverte pour déclencher l'apprentissage. Tous ces éléments contribuent à rendre le manuel, un livre de référence qui facilite le travail de préparation et un outil de communication entre l'enseignant, l'élève et sa famille, ce qui permet l'échange sur les progressions effectués par les apprenants. Encore, le manuel semble être un support didactique approprié qui comporte de différentes activités et situations d'apprentissage et d'évaluation, permettant à l'élève la maîtrise globale du processus d'apprentissage, et la possibilité de gérer l'autonomie, l'auto-évaluation et la remédiation.

Les compétences visées par le corpus des manuels s'articulent autour de :

- Exécution du protocole de synthèse d'un produit chimique, en respectant les précautions de la sécurité et les instructions liées à la préservation de l'environnement;
- Préparation d'une solution aqueuse à concentration déterminée à l'aide d'un dispositif expérimental et de produits chimiques appropriés.

Il semble clair que la formulation des compétences a négligé les ressources cognitives liées à la description microscopique de la matière, ce qui nécessite une reformulation tenant compte de cette particularité.

D'autre part, les manuels se forment de deux parties distinctes : une partie consacrée aux connaissances qui comportent différentes activités (documentaires, expérimentaux) et qui se termine par une synthèse et un résumé de cours, et une partie d'évaluation qui comporte des exercices gradués commençant par des exercices pour tester les connaissances, puis ceux d'application et finalement des exercices de combinaison sous forme de situations problèmes. Ceci fournit donc un dispositif d'évaluation formative important pour les apprenants.

A signaler que la problématique qui s'impose est liée à la particularité du concept de l'*atome*, puisqu'il a un degré d'abstraction très élevé et peu lié à l'expérience, ce qui nécessite des efforts d'imagination et de conceptualisation importants. Dans l'état actuel, les élèves le trouvent compliqué et difficile à appréhender. La solution didactique proposée de cette problématique se situe au-delà des traces écrites, elle exige l'adoption des méthodes didactiques actives et innovantes, et une intégration rationnelle des Technologies de l'Information et de la Communication (*TIC*).

Il faut marquer que les manuels retenus englobent quelques annexes complémentaires ; tels que la bibliographique, la liste de sites Web, un index, des tableaux de symboles et des unités de quelques grandeurs physiques et chimiques, les valeurs des constantes utilisées, les étiquettes de sécurité, les figures de quelques verreries ; et pour *Almassar*, on trouve en plus la méthode d'exploitation du logiciel (ACD/ 3D Viewer), ce qui donne une valeur ajoutée importante aux manuels.

Finalement, à propos du traitement de liens entre le savoir épistémique et la société (valeurs, pratiques sociales) présenté dans les chapitres analysés, on remarque globalement une absence, sauf :

Le manuel *Morchidi* : Dans le contexte de présentation du concept de la conservation de l'élément chimique, les auteurs ont intégré une activité documentaire importante qui illustre le cycle naturel de l'élément de carbone, en insistant sur la formation du gaz CO₂ et son impact sur l'écosystème.

Le manuel *Almassar* : Lors de la présentation de la notion des isotopes, les auteurs ont évoqué l'utilisation du ¹⁴C dans la datation des momies comme exemple d'applications de la chimie.

Il est déduit de ce qui précède, qu'une grande attention devrait être accordée au rôle des sciences physiques et chimiques dans l'éducation des valeurs et dans la socialisation, et la consolidation de la culture scientifique.

4-6 Paradigme épistémologique

Les auteurs des manuels analysés ont introduit un aperçu historique très sommairement, commençant par l'hypothèse de la discontinuité de la matière de Démocrite et l'idée des quatre éléments (le feu, l'eau, l'air et la terre) présentée par Aristote, puis la théorie atomique de Dalton, ainsi que l'expérience de Thomson, qui lui a permis de découvrir l'électron et de construire son modèle de l'atome. Ensuite les expériences de Rutherford qui lui ont permis de démontrer la structure lacunaire de l'atome et de proposer son modèle planétaire, lequel était encore développé par les travaux de Niels Bohr. Les auteurs ont aussi passé à l'autre paradigme, en introduisant la théorie de probabilisme, qui parle de la "probabilité de présence de l'électron" dans un "nuage électronique" proposé par Louis Broglie et Ernest Schrödinger, au lieu d'orbitales hybridées de Niels Bohr. Par ailleurs, le concept de la "stabilité" de la structure électronique qui sert à introduire plusieurs notions - tels que les règles du duet et de l'octet, les électrons de valence, la grande stabilité des gaz rares, l'ionisation et la liaison covalente - se base sur le modèle de Lewis, et prend en considération les doublets non liants pour élaborer la forme géométrique moléculaire convenable.

Dans ce contexte, la notion d'isomérisation est présentée, tout en clôturant par la représentation de Cram accompagnée de deux exemples de CH_4 (Méthane) et NH_3 (Ammoniac). Finalement, les auteurs ont abordé la classification périodique des éléments chimiques, ce qui leur permet de présenter le concept de "groupe chimique" et les propriétés chimiques distinctives.

A ce propos, il y a plusieurs remarques à faire, et pour des raisons méthodologiques, on se borne aux plus importantes :

- Lors du passage d'un modèle à l'autre, les auteurs n'évoquent plus les limites de chaque modèle qui justifient la recherche d'alternatives, ce qui nous prive d'opportunités, d'une part de mettre en exergue l'évolution historique de concepts scientifiques par des ruptures épistémologiques, et d'autre part, de la consolidation de la relativité du savoir scientifique dans l'esprit de l'apprenant. Dans le même contexte, le manuel n'évoque pas que les règles du duet et de l'octet qui ne sont applicables que pour les éléments chimiques dont le nombre atomique Z se situe entre 1 et 18.

- Il n'y a aucune indication sur le fait que l'atome est invisible et impalpable aux yeux, que les modèles atomiques ne sont pas réels, et que ces derniers ne sont que des représentations visibles de la réalité invisible, et qu'ils

ne sont que des instruments imaginaires de la réalité. Cette absence puisse entraîner une compréhension erronée chez les élèves. (Nguessam, 2016).

- Il est bien clair que le modèle de Bohr forme la base fondatrice de concepts des “orbites électroniques circulaires et discontinues”, et qui sert à introduire le concept de la couche électronique K, L, M. Or la présentation du concept du “nuage électronique” très brièvement, en tant qu’une alternative de l’interprétation classique, sans le relier au concept d’orbite de Bohr et à la notion “des couches électroniques” privilégiées peut provoquer des difficultés majeures au niveau de la compréhension chez les élèves.

- L’intégration du concept de la “conservation de l’élément chimique”, qui fait partie du registre macroscopique dans un contexte purement microscopique, avec l’absence de toute confirmation que les réactions chimiques n’affectent pas le noyau de l’atome, puissent engendrer des obstacles didactiques notables.

- Bien que le vide soit un constituant très important dans la structure de l’atome, les manuels ne l’évoquent qu’une seule fois dans le contexte de décrire l’aspect lacunaire de l’atome, et pour empirer les choses, les figures n’indiquent plus cette particularité.

- Le corpus des manuels scolaires ignore la définition unifiée des entités atomiques décrites. Ainsi, il utilise les mêmes termes pour décrire des constituants différents ; par exemple, il décrit l’atome comme étant “une particule”, et de même pour les constituants subatomiques (les nucléons et les électrons) sont aussi nommés “des particules”. Cela peut constituer une source de confusions possibles chez les élèves dans l’acquisition et la compréhension du vocabulaire (Astofli, 2008).

- Les auteurs ont introduit le concept de la “liaison covalente” dans le texte, en tant qu’un *résultat de la mise en commun de deux électrons de valence de chacun des atomes liés*. Cependant, aucune figure ne présente sa modélisation, et cela peut influencer la compréhension des apprenants (Cokelez & Dumon, 2005). On pense que même l’utilisation de modèles moléculaires éclatés ne peut pas combler cette pénurie.

4-7 Schématisation privilégiée

Vu le rôle didactique principal que tiennent les modalités iconiques (images, figures, tableaux, encadrés, etc.) dans le corpus du manuel scolaire (Pétroff, 1984), l’analyse de cet indicateur est considérée comme l’un des indicateurs analytiques les plus importants. A ce propos, nous avons extrait tous les éléments de cet indicateur.

a- Modèles

Le manuel *Morchidi* : Modèle de Rutherford et de Bohr ; Forme des atomes selon Démocrite ; Symboles de quelques atomes comme ils sont

présentés par Dalton (nomenclature anglaise) ; Modèle de Thomson ; Modèles simplifiés de l'atome de Lithium et d'Uranium indiquant la présence de protons et de neutrons dans le noyau entouré par des orbites électroniques ; Modèle de l'atome qui présente le noyau entouré d'un nuage électronique ; Maquettes des molécules de Saccharose, Glucose et d'Aspirine formées par le biais d'un logiciel ; Maquettes compactes des molécules Cl₂, H₂, HCl ; Sphères atomiques colorés (H, C, N, O, S et Cl) ; Maquettes éclatées de deux isomères des molécules C₂H₇N ; Maquettes éclatées et compactes des molécules de CH₄, NH₃, H₂O, CO₂ ; Représentation de Cram des molécules de NH₃ et CH₄.

Le manuel *Almassar* : Modèle de Bohr et de Thomson ; Symboles de quelques atomes comme ils sont présentés par Dalton ; Modèle actuel de l'atome qui présente le noyau entouré d'un nuage électronique ; Modèles simplifiés du noyau de l'atome de Lithium indiquant la présence de protons et de neutrons ; Maquette de la molécule de Younan C₁₃H₂₀O ; Maquettes compactes des molécules simples Cl₂, HCl, CH₄, CO₂, C₂H₆ et NH₃ ; Maquette de la molécule ADN ; Maquettes éclatées et compactes des molécules de CH₄ ; NH₃ et H₂O ; Représentation de Cram des molécules NH₃ et CH₄ ; Maquette de la molécule de méthanol C₂H₆O.

b- Tableaux

Le manuel *Morchidi* : Noms, symboles et charges de certains cations et anions monoatomiques ; Symboles et structures électroniques des atomes de Be, F, et Na et de leurs ions ; Etapes suivies pour former la représentation de Lewis (Exp. : H₂O, CH₄, NH₃, CO₂) ; Géométrie moléculaire de CH₄, NH₃, H₂O et CO₂ (molécule, forme géométrique et modèle moléculaire) ; Classification périodique des éléments chimiques selon Mendeleïev (63 éléments) ; Extrait du tableau périodique (les trois premières périodes avec les structures électroniques des éléments).

Le manuel *Almassar* : Symbole, nombre atomique Z et structure électronique des atomes de He, Ne, et Ar ; Extrait de la classification périodique des éléments chimiques selon Mendeleïev (42 éléments) ; Extrait du tableau périodique (les trois premières périodes avec leurs structures électroniques) ; Nombre de liaisons possibles pour le groupe des halogènes, d'oxygène, d'azote et de carbone.

c- Photos / Portraits

Le manuel *Morchidi* : La forme microscopique de l'emplacement des atomes de graphite ; Buste de Démocrite ; Photos de Dalton, Rutherford, Mendeleïev et Moseley ; Photos des quatre réactions chimiques du cycle de conservation de l'élément de Cuivre ; Trois tubes à essai (tests de révélation des ions Cl⁻, Br⁻ et I⁻) ; Trois flacons contiennent du gaz de Cl₂ (vert claire) et de Br₂ (orange) ; Deux verres à montre contiennent des quantités liquides de

Br₂ (orange) et de cristaux I₂ (move) ; Résultats de la réaction de l'Aluminium avec du Cl₂, Br₂ et de I₂ ; Photo du tableau périodique publié par Mendeleïev en 1869, accompagné d'une petite photo de Mendeleïev et entouré de douze petites photos indiquant l'utilité de quelques éléments chimiques (un avion avec le symbole Li ; Une roue avec C ; Un CD-ROM avec Cr ; Un cristal de diamant avec C ; Une lampe avec W ; Un morceau de soufre avec S ; Un ballon volant avec He ; Un dentifrice avec F ; Une Clé avec Fe ; Un composant électronique avec Si ; Un camion avec N ; Une figure d'un corps humain avec O₂).

Le manuel *Almassar* : La forme microscopique de l'emplacement des atomes de graphite ; Photos de Rutherford, Mendeleïev et Gilbert ; Photos des quatre réactions chimiques du cycle de conservation de l'élément de Cuivre ; Les quatre formes de l'élément de Cuivre ; Photo d'une momie pharaonique ; Photo de framboise avec la maquette de la molécule responsable de son arôme ; Lampe à gaz de Krypton ; Le Sodium métallique non stable immergé dans de l'huile de paraffine pour l'empêcher d'interagir avec l'air ; Cristaux de chlorure de sodium dont l'élément de sodium est sous forme d'ion Na⁺ stable ; Résultats de la réaction de l'Aluminium avec du Cl₂, Br₂ et de I₂ ; Photo du tableau périodique publié par Mendeleïev en 1869 ; Un flacon contient du gaz de Cl₂ ; Tube contient une quantité de Br₂ ; Verre à montre contient des cristaux I₂.

d- **Analogies** : Il n'y a aucune analogie à signaler dans les manuels retenus, ce qui présente l'un des points faibles qui exigent la réforme.

e- **Figures/ schémas**

Le manuel *Morchidi* : Le cycle naturel de l'élément de carbone ; Protocole expérimental des tests de révélation des ions Cl⁻, Br⁻ et I⁻ ; Le principe du tube de Crookes ; Interprétation de l'expérience de Rutherford ; Conservation de l'élément de Cu.

Le manuel *Almassar* : Conservation de l'élément de Cu ; Protocole expérimental de l'expérience de Rutherford.

f- **Accroches**

Le manuel *Morchidi* : Symbole de l'atome.

Le manuel *Almassar* : Les masses de neutron, de proton et d'électron ; La charge élémentaire ; Symbole de l'atome ; Symbole de l'atome de Fer ; $A = N + Z$; La masse de l'atome égale à peu près la masse de noyau ; Le symbole de l'atome ; Les couleurs des quelques modèles atomiques par convention ; Représentation de Lewis des molécules de H₂O et NH₃ ; Les formules développées et semi-développées de la molécule d'éthane C₂H₆ ; Les termes utilisés pour la représentation de Cram.

Encadrés

Le manuel *Morchidi* : Rubrique “ Activité documentaire ” : 1) “ Aperçu historique d’évolution d’inventaire de l’atome ” ; 2) “ L’inventaire des électrons ” ; 3) “ Le modèle de Rutherford ” ; “ La stabilité des ions monoatomiques ” ; “ Les deux règles de duet et de l’octet ” ; “ Les molécules simples biatomiques ” ; “ La classification périodique des éléments ” ; “ Les normes actuelles de la classification périodique ” ; “ Formules de quelques molécules fréquentes ” ; Rubrique “ Activité expérimentale ” : 1) “ Conservation de l’élément chimique ” ; “ La géométrie de quelques molécules ” ; “ Les propriétés chimiques des halogènes ”, et chaque cours est clôturé par un résumé encadré.

Le manuel *Almassar* : Rubrique “ Activité documentaire ” : 1) “ L’évolution historique du modèle de l’atome ” ; 2) “ La stabilité des ions monoatomiques ” ; “ Classification de Mendeleïev ” ; Rubrique “ Activité expérimentale ” : 1) “ Conservation de l’élément chimique ” ; “ Structure atomique des molécules ” ; “ Groupes chimiques ” ; Rubrique “ Lecture supplémentaire ” : “ Expérience de Rutherford ” ; et chaque cours est clôturé par un résumé encadré.

Sur la base de ce qui précède, on note la présence d’une dissymétrie entre les deux modalités en faveur de celle textuelle, bien que les manuels retenus semblent avoir une diversité des modalités iconiques à l’exception de l’absence d’analogies, et la pénurie de figures et schémas. En outre, la répartition sur les pages, et la qualité de photos utilisées devraient être mieux pour qu’elles suscitent l’intérêt des apprenants pour les traités.

Suite aux remarques mentionnées ci-dessus, il doit y avoir une reconsidération de la distribution des deux modalités, en accordant une attention à la qualité des icônes utilisées et à leur bon investissement didactique. Encore, il faut développer l’enseignement par l’analogie, et les schémas conceptuels, qui semblent être clairement absents.

4-8 Niche écologique

La notion de *la niche écologique* englobe l’ensemble des fonctions descriptives, explicatives, apodictiques, etc. que le savoir transposé remplit dans le système des objets avec lesquels il interagit. (Chevallard, 1988, 1994, 1997 ; Rajoson, 1988 ; Assude, 1992 ; Grivopoulos, 2014).

Compte tenu de sa centralité dans le tissu conceptuel de *l’écosystème* didactique de l’enseignement des sciences expérimentales au secondaire, le concept de *l’atome* établit un grand réseau d’interrelations d’ordre descriptives, explicatives et même apodictiques avec plusieurs concepts et phénomènes physiques et chimiques.

A titre d’exemple : la théorie atomique et ses modélisations, la liaison chimique, la périodicité des propriétés des éléments chimiques, l’ionisation, la

transformation chimique, la géométrie moléculaire, le mole-gramme, la conductivité électrique, le courant électrique, la pression de gaz, les états physiques de la matière, etc.

4-9 Organisation praxéologique

Le corpus des manuels retenus comporte plusieurs activités et exercices respectant l'organisation du modèle praxéologique, comme elle est décrite par Chevallard (1992 ; 2006, p. 4), qui l'a résumée dans la formule quaternaire [$T / \tau / \theta / \Theta$] ; dont T désigne le *type de tâches* et τ les techniques adoptées pour les accomplir [partie praxis]. Ainsi, Le symbole θ désigne la technologie qui justifie la technique τ , et Θ la *théorie* qui justifie et éclaire la technologie θ [partie logos].

A ce propos, On se limite à un seul exemple, même s'il en existe beaucoup. Et nous prenons le cas de la tâche T : "Déterminer et établir la géométrie d'une molécule AX_n ".

- Θ : la théorie atomique quantique, plus précisément, la théorie de l'hybridation ;
- θ : les règles du duet et de l'octet et les règles de Gillespie, qui permettent la prédiction de la géométrie d'une molécule AX_n , et les règles de la perspective simplifiées ;
- τ : le dénombrement et l'arrangement des paires d'électrons (liantes et non liantes) dans la couche de valence de chaque atome composant la molécule AX_n , puis la détermination de nombres des liaisons covalentes possibles et de paires libres E pour l'atome central et ses ligands X , ensuite la déduction de type de la molécule AX_nE_m . Finalement, la proposition de la géométrie moléculaire appropriée (Tétraèdre ; Pyramide ; Trigonale ; Forme V ; Linéaire).

5- Conclusion

L'analyse de la transposition didactique réalisée sur les deux manuels scolaires de physique-chimie retenus, nous a permis de conclure plusieurs conclusions tant au niveau d'élaboration du contenu scientifique qu'au niveau de sa présentation didactique dans les différentes modalités.

Le corpus des manuels examinés a abordé le concept de l'atome dans un contexte historique révélant les différents modèles. Cependant, il a négligé l'évocation de la problématique de limites de la modélisation, ce qui peut influencer négativement la compréhension chez les apprenants. D'autre part, la référence au paradigme épistémologique de probabilisme mérite sa mention malgré l'adoption du modèle de Bohr hybridé qui reste insuffisant. Ainsi, nous avons remarqué que le discours déroulé dans les manuels est disciplinaire, classique et peu innové, car il traite les concepts sans les lier aux pratiques sociétales et professionnelles. Il est préconisé d'enrichir les corpus par des

activités documentaires complémentaires, et pourquoi pas de réorganiser les unités autrement.

En outre, le degré d'abstraction élevé qui caractérise le concept de l'atome semble être la problématique des problématiques, car son enseignement n'est abordé que par des modèles, alors que les images, les figures 2D et les sphères colorées disponibles dans les laboratoires scolaires demeurent incapables de le bien présenter. Ce qui nécessite l'investissement rationnel d'opportunités offertes par la Technologie de l'Information et de la Communication (TIC).

Pour clore, la présente analyse nous a menés à poser plusieurs hypothèses concernant les obstacles qui entravent la bonne construction des concepts liés à l'atome (la répartition des électrons au tour du noyau, le vide, la géométrie moléculaire, l'isométrie, etc.) chez les élèves du tronc commun scientifique de secondaire. Cependant, la vérification de leur validité nécessite d'entreprendre d'autres recherches, telles que l'étude des représentations des enseignants et des apprenants vis-à-vis de ces concepts, l'analyse des pratiques en classe à partir des planifications des enseignants, de contrat didactique, de situations proposées et de supports didactiques mobilisés, ainsi que, l'étude d'obstacles didactiques et épistémologiques envisagés par les enseignants et leurs élèves.

References:

1. Assude, T. (1992). *Un phénomène d'arrêt de la transposition didactique : écologie de l'objet « racine carrée » et analyse du curriculum*. Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier, Grenoble.
2. Astofli, J.P. (2008). *La saveur des savoirs*. Paris, France : ESF. 23 p.
3. Bernard, S., Clément, P., & Carvalho, G. (2007). Méthodologie pour une analyse didactique des manuels scolaires, et sa mise en œuvre sur un exemple. Dans M. Lebrun (Ed.), *Le manuel scolaire d'ici et d'ailleurs, d'hier à demain*. Montréal, Québec : Presses de l'Université du Québec, p.p. 24-45.
4. Chevallard, Y. (1988). Esquisses d'une théorie formelle de didactique. Récupéré le 8 Février 2017, sur : http://yves.chevallard.free.fr/spip/article.php3?id_article=101.
5. Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 19, p.p. 77-124.
6. Chevallard, Y. (1994). Les processus de transposition didactique et leur théorisation. Dans G. Arsac, Y., Chevallard, J.-L. Martinand & A. Tiberghien. (Éds.), *La transposition didactique à l'épreuve*. Grenoble, France : La Pensée sauvage, p.p. 135- 180.

7. Chevallard, Y. (1997). Les savoirs enseignés et leur forme scolaire de transmission : un point de vue didactique. *Skholê*, 7, p.p. 45-46.
8. Chevallard, Y. (2002). Organiser l'étude : 3. *Écologie et régulation*. Récupéré le 8 Février 2017, de : http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=53
9. Chevallard, Y. (2006). *La théorie anthropologique des faits didactiques devant l'enseignement de l'altérité culturelle et linguistique. Le point de vue d'un outsider*. Récupéré le 8 Février 2017, de : http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=70
10. Cokeler, A. & Dumon, A. (2005). La liaison chimique : du savoir de référence au savoir appris au lycée. In *Didactique*, 99, p.p. 1011- 1023.
11. Dubosq, M. (2017). *L'impact des contenus d'enseignement sur les adolescents : l'enseignement de l'atome en collège et lycée. Vers une didactique instrumentale*. Thèse de doctorat de l'université. Université de Lyon, France, p.p. 19- 41.
12. Grivopoulos, K. & Matheron, Y. (2013). L'enseignement de l'atome vu par la physique-chimie en France et, par la physique et la chimie en Grèce. In *Congrès AREF 2013*. Récupéré le 8 Octobre 2016, de: <http://www.aref2013.univ-montp2.fr/cod6/?q=content/390-1%E2%80%99enseignement-de-1%E2%80%99atome-vu-par-la-physique-chimie-en-france-et-par-la-physique-et-la-0>
13. Grivopoulos, K. (2014). *Etude comparative des représentations sociales de l'atome en milieu scolaire, en France et en Grèce, en corrélation avec sa transposition didactique de 1945- 2014*. Thèse de Doctorat de l'université, France, Université d'Aix-Marseille.
14. Grivopoulos, K. (2016). L'atome au travers de manuels scolaires, en France et en Grèce. In *Educational Journal of University of Patras UNESCO Chair*, 3(1), p.p. 84- 100.
15. Jacobit, D. (1987). *Textes et images de la vulgarisation scientifique*. Berne : Peter Lang.
16. Nguessam, S.K. (2016). Les futurs enseignants de physique-chimie et le concept d'atome. Quelques représentations, difficultés et obstacles identifiés lors de leur formation professionnelle. In *International Journal Of Contemporary Applied Sciences*, 3 (2), p.p. 214- 259.
17. Pétrouff, A. J. (1984). Sémiologie de la reformulation dans le discours scientifique et technique. *Langue française*, 64, p.p. 53-67.
18. Rajoson, L. (1988). *L'analyse écologique des conditions et des contraintes dans l'étude des phénomènes de transposition didactique : trois études de cas*. Thèse de Doctorat. Université d'Aix-Marseille.
19. Tiberghien, A. (2011). Conception et analyse de ressources d'enseignement : Le cas des démarches d'investigation. In M.

Grangeat, (Ed.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique, Pratiques de classe, travail collectif enseignant et acquisitions des élèves*. Lyon, France : Ecole Normale Supérieure, p.p. 185- 212.

Les manuels scolaires retenus

20. Merzouk, F., Elkouardi, A., Oulhibib, A., Elyazidi, A., Derkaoui, M., & Meni, E. (2005). *Morchidi en physique et chimie*, Tronc commun – Sciences et Technique, Casablanca : Afrique – Est.
21. Benseddik, A., Lemsouab, M., & Chouidra, A. (2013). *Almassar - la physique et la chimie*, Tronc commun – Sciences et Technique, Casablanca : Nadia Edition.

Les manuels scolaires français (FR) et grecque (GR) utilisés pour la comparaison

22. Bataille, X., Bazot, C., Beauvineau, E., Berthelot, S., Dormieux, J.-L., Gentilhomme, S., Hoarau, C., Lambert, D., Le Floc'h, M., Minc, F., Parisi, J.-M., Ray, C., Simon, R., & Wilm, A. (2010). *Physique-Chimie*. Paris : Belin.
23. Liodakis, S., Gakis, D., Theodoropoulos, D., Theodoropoulos, P., & Kallis, A. (2001). *Chimie*. Athènes. OEDB.