



## ANALYSE ECOLOGIQUE DES SAVOIRS DANS DES MANUELS DE CHIMIE DU FONDAMENTAL ET DU SECONDAIRE AU MALI<sup>i</sup>

Sidi M. Tounkara<sup>1iii</sup>,

Mamady Diawara<sup>2</sup>,

Mohamed Soudani<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Département de physique et chimie,  
Ecole Normale Supérieure,  
Bamako, Mali

<sup>2</sup>Département de chimie,  
Faculté des Sciences et des Techniques,  
Bamako, Mali

<sup>3</sup>Laboratoire S2HEP,  
Université Claude Bernard Lyon 1,  
Lyon, France

### Résumé :

L'objectif de ce travail est la mise en évidence des interrelations entre différents registres de la chimie à travers des manuels du fondamental et du secondaire général au Mali, en référence au savoir savant. Conformément au cadre théorique de la modélisation, nous avons fait recours à l'analyse écologique du savoir dans l'identification des occurrences et niches de différents concepts et la mise en évidence des trois registres de la chimie, au niveau des réactions acido-basiques et d'oxydoréduction. Au cours de la modélisation, il y a mise en parallèle des structures *praxéologiques* et théoriques, qui se traduit en chimie par la connexion des trois niveaux de signification : le macroscopique, le microscopique et le symbolique (Johnstone, 2000 ; Atkins et Jones, 2017). Un questionnaire à question ouverte a été adressé à 56 professeurs de lycée et à 102 professeurs du fondamental, portant respectivement sur les types de manuels qu'ils utilisent. Les résultats de l'analyse des manuels de chimie, utilisés par ces professeurs, montrent que le registre microscopique n'est pas mobilisé. De même, tous les modèles et toutes les théories relatives aux réactions acido-basiques et d'oxydoréduction, ne sont pas mobilisés non plus. La révision des manuels de chimie du secondaire et du fondamental, sur le plan national, s'avère donc nécessaire.

---

<sup>i</sup> ECOLOGICAL ANALYSIS OF KNOWLEDGE IN MANUALS OF FUNDAMENTAL AND SECONDARY CHEMISTRY IN MALI

<sup>ii</sup> Correspondence: email [siditounka@gmail.com](mailto:siditounka@gmail.com)

**Mots clés :** manuels scolaires, macroscopique, microscopique, symbolique, acide-base, oxydoréduction

## 1. Introduction

L'enseignement de la physique et de la chimie commence au Mali à partir de la 7<sup>e</sup> année fondamentale, soit trois ans avant le lycée. L'entrée du programme se fait par le macroscopique, comme recommandée par certains auteurs (Carretto et Viovy, 1994). Cet article tout en présentant les structures éducatives maliennes, les recommandations de la didactique des sciences, de l'épistémologie de la discipline de référence et des prescriptions officielles, analyse la position des manuels de chimie face à ces recommandations à travers les réactions d'oxydoréduction et acide-base.

### 1.1 Structures éducatives maliennes

De la réforme de 1962, qui a marqué le système éducatif malien par une volonté d'enseignement de masse et de qualité, à celle de 2011, plusieurs innovations pédagogiques ont été initiées. Les structures éducatives actuelles se présentent comme suit : l'éducation de base (le préscolaire (3 ans), l'enseignement fondamental (1<sup>er</sup> cycle de 6 ans et second cycle de 3 ans) et les Instituts de Formation des Maîtres (IFM) ; l'enseignement secondaire général, technique et professionnel (lycées d'enseignement général (3 ans), lycées techniques (3ans) et écoles de formation professionnelle et technique (3 à 4 ans)) et l'enseignement supérieur (système LMD), assuré par les grandes écoles, les universités et les instituts supérieurs. L'éducation de base n'a pas subi de transformation après la réforme. Quant au secondaire général, les différentes séries avant et après la réforme, sont présentées ci-dessous.

- Avant la réforme : 10<sup>e</sup> séries Sciences (S) et Lettres (L) ; 11<sup>e</sup> séries Sciences Exactes (SE), Sciences Biologiques (SB), Sciences Humaines (SH) et Langues et Littérature (LL) ; 12<sup>e</sup> (avec les mêmes séries et donnant accès au Baccalauréat) ;
- Après la réforme : 10<sup>e</sup> Commune Générale (CG) ; 11<sup>e</sup> : Lettres (L), Sciences Economique et Sociales (SES), Sciences (S) ; Terminales : Arts et Lettres (TAL), Langues-Lettres (TLL), Sciences Sociales (TSS) ; Sciences Economiques (TSECO), Sciences Expérimentales (TSEXP), Sciences Exactes (TSE).

### 1.2 Formation initiale des enseignants

Les IFM et l'ENSup constituent les deux principales institutions de formation des enseignants, à côté desquelles, on peut citer l'Ecole Normale d'Enseignement Professionnel et Technique (ENEPT).

#### A. Instituts de formation des Maîtres

Les IFM ont été créés en 2000, en remplacement des Instituts Pédagogiques d'Enseignement Général (IPEG) et des Ecoles Normales secondaires (ENSec). Ils ont pour mission la formation initiale des enseignants généralistes devant exercer au premier cycle de l'enseignement fondamental et des enseignants spécialistes pour le second cycle

fondamental. Les sciences physiques sont enseignées durant les trois premières années au niveau des généralistes. Au niveau des spécialistes, les différentes disciplines enseignées à savoir, Lettres, Histoire et Géographie (LHG) ; Langues (Anglais et Français) ; Mathématiques, Physique et Chimie (MPC) ; Sciences naturelles, Physique et Chimie (SNPC) ; montrent deux types de section impliquant les sciences physiques : MPC et SNPC. Cependant, la didactique des sciences physiques et chimiques ne figure pas parmi les disciplines enseignées dans les IFM.

### **B. Ecole Normale Supérieure**

L'École Normale Supérieure forme des professeurs d'enseignement secondaire (secondaire général, normal, technique et professionnel) et d'enseignement fondamental. Les Professeurs d'Enseignement Secondaire (PES), sont recrutés sur concours parmi les titulaires d'une Licence pour une formation de deux ans en master (M1 et M2). L'école comptait dix départements regroupés de nos jours en six départements : Lettres ; Histoire et Géographie ; Philosophie, Psychopédagogie et Sociologie ; Mathématiques ; Physique et Chimie ; Science de la Vie et de la Terre ; Langues (Russe, Anglais, Allemand et Arabe). Une unité d'enseignement de la didactique des sciences est prévue en master 1, options physique et chimie.

Pour la filière Licence Professionnelle, le recrutement se fait sur concours parmi les maîtres principaux de l'enseignement fondamental. La durée de la formation est de trois ans. Une unité d'enseignement en didactique des sciences, est prévue en L2.

### **1.3 Nouvelle réforme éducative**

La nouvelle réforme éducative, suivant l'approche par compétences, préconise entre autres, de partir d'une situation-problème axée sur des conceptions d'élèves, de mettre en œuvre la démarche scientifique, de centrer les apprentissages sur les apprenants, etc. Il y a donc une correspondance entre recommandations du curriculum prescrit et celles de la didactique des sciences quant à la problématisation du savoir (Bachelard, 1967 ; Fabre, 2005 ; Orange, 2005 ; Fabre et Musquer, 2009). Camara et Na (2019) recommandent d'ailleurs la mise en place de séminaires à l'intention des enseignants, pour l'appropriation de cette approche. Cependant, la spécificité de la chimie doit également être prise en charge : c'est une science à trois niveaux, à savoir le macroscopique, le microscopique et le symbolique (Johnstone, 2000 ; Atkins et Jones, 2017). Or, le modèle et la modélisation restent implicites dans les programmes nationaux.

### **1.4 L'analyse de manuels comme complémentaire de celle des programmes**

Jonnaert (2009) préconise un rapport d'inclusion entre curriculum et programme, le premier incluant nécessairement le second. Perrenoud (1993), distingue alors trois niveaux dans une relation éducative, même hors de toute organisation scolaire : - celui de la " programmation " d'un parcours éducatif, notamment dans l'esprit de l'éducateur ; c'est le niveau du curriculum rêvé, *prescrit* ou *formel* ; - celui des expériences que *vit* l'apprenant et qui le transforment ; c'est le niveau du curriculum *réel* ou *réalisé* ; - celui des apprentissages qui en résultent.

Ce dernier niveau est celui du curriculum maîtrisé (Jonnaert, 2011). L'adéquation entre ces différents niveaux, dépend en partie de la compréhension que les enseignants ont du curriculum prescrit (Jonnaert, 2011), du fait qu'ils peuvent professer une idéologie éloignée de leurs pratiques (Perrenoud, 2000). Ainsi, Perrenoud (1993), énumère six facteurs comme influant sur la réalisation du curriculum prescrit, dont les manuels et cahiers d'exercices utilisés chaque jour et qui selon l'auteur constituent le vrai programme. En effet, les enseignants s'appuient beaucoup plus sur des manuels que sur le programme (Soudani, 2014). De plus, les programmes et les observations de séances ne permettent pas de définir complètement le rapport institutionnel à un objet ; pour accéder à ce rapport, l'analyse des manuels est nécessaire, et complémentaire de l'analyse des programmes (Chaachoua, 2014). Or, les manuels peuvent ne pas évoluer parallèlement au curriculum lors de nouvelles réformes. Un autre aspect est celui de la transposition didactique externe, où des auteurs de manuels peuvent simplifier le savoir savant, de telle manière à occasionner des difficultés de conceptualisation de phénomènes physiques et chimiques (Bächtold et al., 2014). C'est le cas des trois niveaux de la chimie, dont l'appréhension (Johnstone, 2000) permet une meilleure circulation entre les structures *praxéologique* et théorique (Halbwachs, 1974).

C'est ainsi que dans l'analyse de manuels et de programmes, de nombreux auteurs se sont basés sur les trois registres de la chimie. Les thèmes traités sont, entre autres, le modèle et la modélisation (Kermen, 2018), les forces intermoléculaires (Rantih, 2019) ou les réactions d'oxydoréduction (Chen et al., 2019). L'analyse de manuels de chimie peut également s'articuler autour de variables didactiques pour une meilleure conceptualisation. En effet, il faut plusieurs situations pour appréhender un même concept et plusieurs concepts sont également nécessaires à la conceptualisation d'une même situation (Vergnaud, 2013 ; Soudani, 2014). C'est le cas par exemple des concepts d'oxydoréduction et d'acido-basicité. L'établissement des différents modèles et théories relatifs aux réactions acido-basiques et d'oxydoréduction, a nécessité des siècles de travaux de recherche et le franchissement d'obstacles épistémologiques (Ouertatani et Dumon, 2007 ; Soudani, 2014). Toutes choses qui ont nécessité la mise en connexion des trois niveaux de la chimie et la mobilisation de différents modèles d'un même concept. Ainsi, les théories relatives aux réactions acido-basiques (Arrhenius, Bronsted-Lowry et Lewis) et les quatre modèles d'oxydoréduction (Soudani, 2014), sont nécessaires à la conceptualisation des phénomènes chimiques d'acido-basicité et d'oxydoréduction, respectivement.

Les différents registres de la chimie apparaissent-ils dans les manuels analysés ? Quels liens les auteurs de manuels font-ils alors entre les trois niveaux de la chimie ? Tous les modèles et théories, relatifs aux réactions acido-basiques et d'oxydoréduction, sont-ils mobilisés dans les manuels du fondamental et du secondaire ?

Nous avons donc comme objectifs, la mise en évidence à travers des manuels utilisés par les enseignants du fondamental et du secondaire général : - des interrelations des trois niveaux de la chimie ; - des modèles et théories relatifs aux réactions acido-basique et d'oxydoréduction.

## 2. Revue de la littérature

Dans l'analyse de manuels et de programmes, de nombreux auteurs se sont intéressés à l'adéquation entre prescriptions et savoir à enseigner dans des manuels et d'autres à la conceptualisation aussi bien en sciences chimiques, qu'en sciences physiques.

Négrier et Kermen (2011), ont analysé huit manuels scolaires français sur les transformations et réactions chimiques, l'interprétation cinétique de l'état d'équilibre chimique et le critère d'évolution thermodynamique. L'objectif étant de déterminer à partir d'une analyse épistémologique, si certaines intentions didactiques manifestées dans le programme de chimie de terminale S, ont été pleinement perçues par les rédacteurs de manuels scolaires. Selon les auteurs, la distinction introduite par ce programme entre ce qui relève du registre empirique, une transformation chimique non totale, et ce qui ressort du registre du modèle, le couple de réactions chimiques inverses qui l'interprètent, n'est pas permanente tout au long de l'ouvrage dans la plupart des manuels. Ils ont montré que certains des manuels mêlent des concepts macroscopiques et microscopiques dans l'interprétation cinétique de l'état d'équilibre chimique.

Ce travail est à placer dans la catégorie de l'étude des objets de savoir à un moment donné et dans une institution donnée.

Face aux enjeux éducatifs liés à l'énergie, Bächtold et *al.* (2014) ont analysé le positionnement des programmes (2006-2011) et de 21 manuels français du primaire et du secondaire ainsi que les choix de transposition didactique opérés. Après avoir souligné la polysémie du terme et ses différentes formes et transformations, nécessitant un enseignement progressif du concept qui passerait par le qualitatif ; ils ont montré, entre autres, que dans ces manuels, le recours au qualitatif comme analogie, s'érigait en obstacle du fait que les limites de ces analogies n'étaient pas discutées. Ils ont notamment analysé les réponses aux questions suivantes : *Est-il préférable de privilégier une entrée par les transformations ou par les transferts ? La conception substantialiste de l'énergie est-elle à exploiter ou à éviter ?* Leur analyse montre que ces deux questions semblent être ignorées par les auteurs des programmes et des manuels.

Cette étude porte également sur celle d'un objet de savoir dans une institution donnée à des moments différents, suite aux recommandations d'ouverture sur la société, nécessitant l'utilisation de vocabulaires quotidiens (production ou stockage d'énergie) qui en même temps s'opposent à la conceptualisation.

Nguessan (2016) analyse les catégories et les types de questions que les auteurs du manuel intitulé Physique Chimie (Collection AREX, Les classiques africains) utilisent pour évaluer les savoirs, les savoir-faire, les savoir-être des élèves de seconde scientifique après chaque chapitre du cours de Mécanique. Quatre groupes (10 élèves et 02 enseignants par groupe), ont été mis à contribution pour identifier les catégories de questions (conceptuelles, empiriques, pédagogiques, de valeurs et de transfert) et les types de questions (ouvertes et fermées). La classification a été faite sur la base des fréquences cumulatives des questions. Les résultats montrent que sur les 190 questions

des 81 exercices, les questions empiriques (faits et résultats expérimentaux) représentent 71%, les questions de transfert, 16% et les questions conceptuelles, 13% ; mais aussi l'inexistence des questions de valeur qui donnent du sens au savoir. Les résultats révèlent également une prépondérance au niveau des questions ouvertes (89,48%) sur les deux autres types de questions (10,52%). L'auteur conclue que le style pédagogique utilisé est informatif et que le mode d'évaluation des connaissances de l'élève dans ce manuel, ne favorise pas l'initiative personnelle de ce dernier dans le développement des démarches expérimentales, la mobilisation de ses connaissances et la formulation des hypothèses. Il recommande le recours aux questions à choix multiples (QCM).

De même que les premières études, celle-ci relève également de la catégorie de l'étude des objets de savoir à un moment donné et dans une institution donnée. Cependant, elle aurait pu porter sur l'évolution du curriculum à travers les points soulevés, car la version du manuel analysé date de 1999, époque durant laquelle la méthode inductiviste avait encore cours (Robardet et Guillaud, 1997).

Salone (2017) conduit une analyse lexicométrique sur deux extraits de textes officiels du programme des mathématiques au collège en classe de quatrième avec le logiciel libre IRaMuTeQ, permettant : la Classification Descendante Hiérarchique, CDH, qui identifie des classes statistiquement indépendantes de mots ; l'Analyse Factorielle de Correspondances, AFC, qui fait davantage apparaître les oppositions ou rapprochement des mots et l'Analyse Des Similitudes, ADS, qui renforce les relations de voisinage entre les formes. Les résultats montrent qu'au-delà des ouvertures aux autres disciplines scientifiques (Sciences physiques, Sciences de la Vie et de la Terre, Technologie) ou non scientifiques (Arts, langues), que les thèmes de convergence, entre autres, proposant aux professeurs, des références externes plus générales au monde et au vivant sont suggérées. Il s'agit de laisser une place aux praxéologies personnelles des élèves dans la construction des savoirs en classe, en se référant à des problèmes et à des situations de leur vie quotidienne.

Du fait que des enseignants s'appuient beaucoup plus sur des manuels que sur les programmes, ces ouvertures sont-elles effectives en situation ordinaire ? L'analyse de manuels, renseignerait mieux sur cette effectivité de l'ouverture écologique, en l'absence de pratique constatée ; elle sera donc complémentaire de celle des programmes (Chaachoua, 2014).

Kermen (2015 ; 2018), fait une analyse épistémologique et didactique de manuels français, ainsi que les modifications et aménagements dont les programmes de collège et du secondaire, en France, ont fait l'objet de 1992 à 2017 par rapport au modèle et à la modélisation en sciences chimiques, à travers différents registres. Selon l'auteure, la notion de modèle a évolué à travers ces programmes pour donner lieu au modèle macroscopique en plus du microscopique. Cette étude est à placer dans la catégorie de l'évolution du curriculum.

Les études menées par Rantih et *al.* (2019) et par Chen et *al.* (2019), relèvent du rapport institutionnel à un objet de savoir à un moment donné. Rantih et *al.* (2019), ont montré à travers cinq manuels indonésiens que certains des concepts n'étaient pas

couverts par les trois registres. Cependant, ces auteurs, tout en montrant l'avantage de la représentation des forces intermoléculaires dans les trois registres en vue de la déstabilisation de conceptions d'élèves, n'ont donné que des exemples d'illustration relevant du microscopique et dans une moindre mesure du symbolique. De même, les résultats de l'analyse de 14 manuels (346 représentations) de la République Populaire de Chine, par Chen et *al.*, (2019), ont montré la présence des trois registres, isolés ou groupés suivants différentes combinaisons.

Cependant, leur présence de façon isolée ou leur combinaison deux à deux ne permettent pas la connexion des trois registres, donc la compréhension de la chimie.

D'où notre hypothèse : *Les phénomènes chimiques ne sont pas conceptualisés dans des manuels de chimie par la connexion des trois registres et par la mobilisation de l'ensemble des modèles et théories relatifs à un même concept.* Cette hypothèse peut se décliner en deux sous-hypothèses.

**H1.** *Dans la conceptualisation d'un phénomène chimique, le registre microscopique n'est pas schématisé dans les manuels analysés.* Dans de nombreux cas, une simple causalité linéaire, d'effet à cause ou de cause à effet, est établie entre le microscopique et le symbolique et elle reste implicite.

**H2.** *L'ensemble des modèles et théories des réactions acido-basique et d'oxydoréduction n'est pas mobilisé dans les manuels analysés.* Des réactions acido-basiques peuvent se passer, par exemple, en dehors des solutions aqueuses. Bien qu'il soit didactiquement intenable de ne plus enseigner les modèles dits primitifs (Halbwachs, 1974), ceux-ci à eux seuls ne permettent pas une meilleure conceptualisation.

### 3. Matériel et méthode

Contrairement à l'analyse *praxéologique* du didactique (tâches, techniques, technologies, théories), les études ci-dessus ont recours à la notion d'occurrence, même si celle-ci reste implicite. Cette dernière relève de l'analyse écologique des savoirs. L'analyse écologique d'un objet de savoir s'organise autour de deux notions : *l'habitat* qui désigne les lieux de vie et l'environnement conceptuel de cet objet de savoir et *la niche* qui désigne la fonction de cet objet dans le système des objets avec lesquels il interagit (Chaachoua, 2014).

Les manuels ont été choisis sur la base des résultats de l'enquête menée auprès des professeurs du secondaire général, au nombre de 56 et du fondamental, au nombre de 102. Un questionnaire papier/crayon a été adressé à ces professeurs, et qui porte sur les manuels de chimie qu'ils utilisent :

**Q1.** Quels sont les manuels de chimie que vous utilisez au niveau du second cycle de l'enseignement fondamental ?

**Q2.** Quels sont les manuels de chimie que vous utilisez en classe de 10<sup>e</sup> et de 11<sup>e</sup> sciences de lycée ?

L'élément analysé peut être une page, une demi-page, un paragraphe ou même une phrase. Dans l'analyse écologique de ces manuels à propos des différents registres et des différents modèles et théories des réactions d'oxydoréduction et d'acido-basicité,

nous avons identifié leurs occurrences et leurs interrelations (modélisation), au niveau de chaque page, comparativement à l'ouvrage du supérieur « Principes de chimie » de Atkins et Jones (2017).

## 4. Résultats et discussion

### 4.1 Résultats

#### 4.1.1 Manuels analysés

Les résultats de l'enquête menée auprès des professeurs du secondaire et du fondamental sont récapitulés dans le Tableau 1. Parmi les manuels utilisés, cinq ont été analysés. Ces manuels traitent des réactions acido-basique et d'oxydoréduction. Il s'agit des manuels Jekafo 9<sup>e</sup> année et EDIM SA 8<sup>e</sup> année, qui sont utilisés par l'ensemble des professeurs (enquêtés) du fondamental, ainsi que EDIM SA 10<sup>e</sup> année et Eurin Gié 2<sup>e</sup> et 1<sup>ère</sup>, qui sont également utilisés par l'ensemble des professeurs (enquêtés) du secondaire général.

**Tableau 1 :** Manuels utilisés par des professeurs du secondaire et du fondamental

Classe	Manuels
7 <sup>e</sup> fondamentale	Amecon ; Pieron ; IPN
8 <sup>e</sup> fondamentale	EDIM SA ; OCIDIM ; Jekafo cours ; Jekafo exercices et rappel de cours
9 <sup>e</sup> fondamentale	Jekafo cours ; Jekafo exercices et rappel de cours
10 <sup>e</sup> CG	GGE Magnard (2 <sup>e</sup> ) ; Eurin gié (2 <sup>e</sup> ) ; EDIM SA 10 <sup>e</sup>
11 <sup>e</sup> année	Eurin gié (1 <sup>ère</sup> )

#### 4.1.2 Occurrences et niches

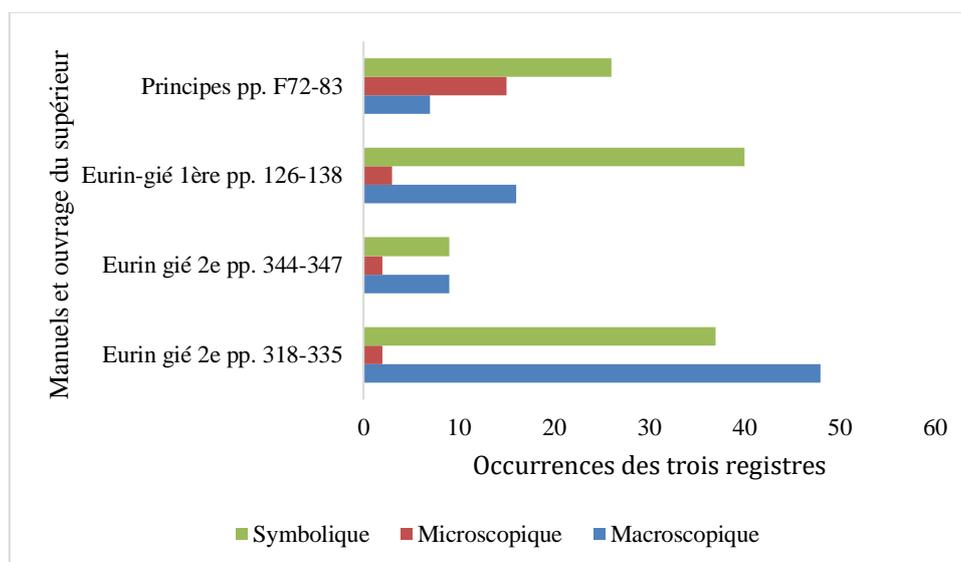
Pour l'oxydoréduction, seul le modèle de transfert d'oxygène (TO) est mentionné comme modèle d'oxydoréduction dans la description des expériences dans le manuel Jekafo 9<sup>e</sup> année (Tableau 2). Par contre dans le manuel Eurin-Gié 1<sup>ère</sup>, c'est plutôt le transfert d'électron (TE) et la variation du nombre d'oxydation (VNO) qui sont utilisés comme modèles d'oxydoréduction (Tableau 2). Pour les propriétés acides, seules les théories d'Arrhenius et de Bronsted-Lowry sont utilisées : présence d'hydrogène (PH) ou donneur de proton (DP), apparaissent respectivement dans les deux manuels du fondamental et du secondaire (Tableau 3). La théorie de Lewis n'est pas mentionnée. Quant aux registres macroscopique, microscopique et symbolique relatifs aux réactions acido-basique et d'oxydoréduction, nous avons pris l'ouvrage « Principes de chimie » comme référence, en nous limitant aux premières pages de l'ouvrage, consacrées à l'initiation. Les Figures 2 et 3, montrent que contrairement à l'ouvrage du supérieur, le registre microscopique n'est pas schématisé dans les manuels du fondamental et du secondaire sauf pour représenter une ou deux molécules.

**Tableau 2 :** Occurrences et niches des termes « transfert d'oxygène (TO) », « transfert d'électrons (TE) » et variation du « nombre d'oxydation (VNO) » dans deux manuels

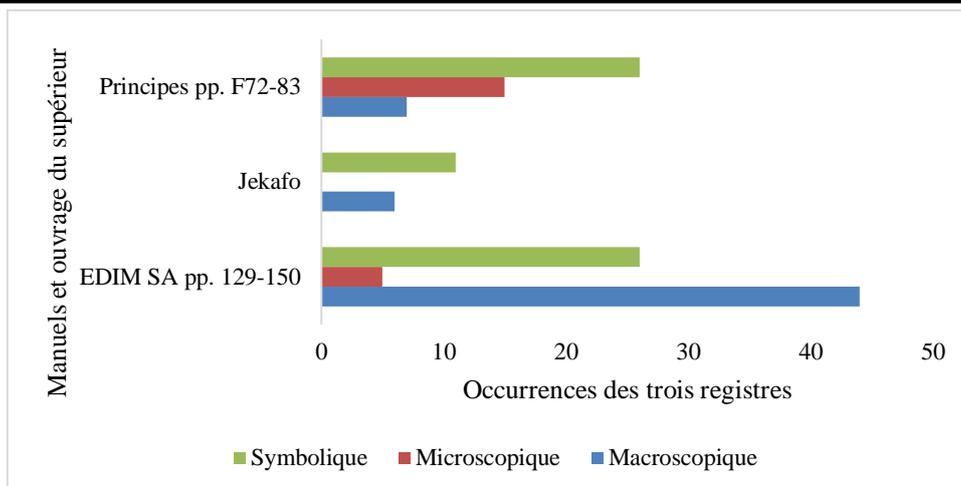
N° de page	TO	TE	N° de page	TO	TE	N° de page	NO
134	1	0	128	0	18	204	2
135	7	0	129	0	8	205	4
136	6	0	130	0	14	206	4
137	8	0	131	0	1	207	0
138	12	0	132	0	1	208	0

**Tableau 3 :** Occurrences et niches des termes « présence de H (PH) ou donneur de protons (DP) » et « accepteur de doublet d'électrons (ADE) » dans deux manuels

Pages	PH-DP	ADE	Pages	PH-DP	ADE
140	1	0	153	1	0
141	0	0	154	2	0
142	4	0	155	0	0
143	1	0	156	2	0
-	-	-	157	4	0
-	-	-	158	1	0
-	-	-	159	0	0



**Figure 1 :** Les trois registres (oxydoréduction et acide-base) à travers deux manuels du secondaire et un ouvrage du supérieur



**Figure 2 :** Les trois registres (acide-base et oxydoréduction) à travers deux manuels du fondamental et un ouvrage du supérieur

## 4.2 Discussion

Nous avons procédé à l'analyse de manuels, du fait qu'elle est complémentaire de celle des programmes et du fait également que les enseignants s'appuient beaucoup plus sur les manuels (Mzoughi-Khadhraoui et *al.*, 2011 ; Soudani, 2014).

L'analyse du manuel étant intimement liée au champ théorique dans lequel s'inscrivent les auteurs qui analysent les manuels ; nous nous sommes inscrits dans le cadre de la modélisation (Halbwachs, 1974 ; Peirce, 1978, cité par Soudani et *al.*, 2009). L'analyse écologique d'un objet de savoir s'organise autour de deux notions : *l'habitat* qui désigne les lieux de vie et l'environnement conceptuel de cet objet de savoir et *la niche* qui désigne la fonction de cet objet dans le système des objets avec lesquels il interagit (Chaachoua, 2014). Nous avons d'abord adressé un questionnaire, aux professeurs du fondamental et du secondaire, portant sur les types de manuels de chimie qu'ils utilisent. Les manuels analysés ont donc été choisis sur la base des résultats de cette enquête. Nous avons ensuite fait recours à l'analyse écologique des savoirs comme méthode d'investigation pour la mise en évidence, d'une part, des trois registres de la chimie et, d'autre part, des quatre modèles d'oxydoréduction et des trois théories relatives aux réactions acido-basiques. Plusieurs raisons justifient cette approche. Premièrement, au cours de la modélisation par problématisation du savoir, il y a mise en relation des registres macroscopique, microscopique et symbolique (Johnstone, 2000 ; Orange, 2005 ; Laugier et Dumon, 2000 ; Dehon, 2018 ; Kermen, 2018 ; Atkins et Jones, 2017). Deuxièmement, plusieurs concepts sont nécessaires pour appréhender une situation (Vergnaud, 2013 ; Soudani, 2014). Or, les trois registres et l'ensemble des modèles et théories d'un même concept peuvent ne pas apparaître suite à la transposition didactique.

Les résultats montrent que, dans ces manuels, la théorie de Lewis n'est pas mobilisée (Tableaux 2 et 3), contrairement à l'ouvrage « Principe de chimie » et ce dès les premières pages consacrées à l'initiation dans cet ouvrage. De même, l'analyse montre que le modèle de transfert d'hydrogène n'apparaît pas dans l'interprétation des

phénomènes d'oxydoréduction. Ces résultats confirment notre hypothèse, selon laquelle, l'ensemble des modèles et théories nécessaires à la compréhension des réactions acido-basique et d'oxydoréduction, n'est pas mobilisé dans les manuels utilisés par les professeurs du fondamental et du secondaire général.

Ces résultats montrent également, que le registre microscopique n'apparaît pas dans les schématisations à travers les mêmes manuels, sauf pour représenter quelques molécules (Fig. 2 et 3). Le microscopique n'est donc pas mobilisé dans l'interprétation des phénomènes chimiques à travers ces manuels. Ce qui confirme l'autre hypothèse, selon laquelle, le microscopique est omis dans les manuels analysés. Par contre, dans « Principes de chimie », les occurrences du registre microscopique, l'emportent sur celles du macroscopique, tout en restant inférieures à celles du symbolique (Fig. 2 et 3). Ce qui s'interprète par le fait que le registre symbolique renvoie aux deux registres macroscopique et microscopique, à la fois. Une des conséquences de la non mobilisation du microscopique, est l'utilisation de la méthode inductiviste par des enseignants. Dans cette démarche, les lois sont induites à partir des faits expérimentaux. Celle-ci met en relation le macroscopique et le symbolique qui à son tour a pour conséquence, la confusion faite par des élèves, entre modèle et réalité.

## 5. Recommandation

Les auteurs de manuels au plan national, semblent s'inspirer de manuels étrangers relatifs à des programmes qui étaient en vigueur dans les différents pays de provenance, notamment la France, dans les années 90. A cette époque la méthode inductiviste avait cours (Robardet et Guillaud, 1997). De plus, dans les manuels de cette époque, la réaction chimique est définie comme une transformation chimique (Solomonidou et Stavridou, 1994). Or, la transformation chimique relève du macroscopique, alors que la réaction chimique, elle, relève du modèle, d'où la confusion entre modèle et réalité. Une relecture des manuels de chimie sur le plan national s'avère donc indispensable.

## 6. Conclusion

A travers les cinq manuels de chimie du secondaire et du fondamental, seuls deux registres apparaissent en termes d'occurrences (habitats) dans les interprétations chimiques et d'interrelations (niches), à savoir le macroscopique et le symbolique. Contrairement à l'ouvrage « Principes de chimie », où le microscopique vient en deuxième position en termes d'occurrences après le macroscopique, et ceci dans les toutes premières pages de cet ouvrage ; dans les manuels du secondaire et du fondamental, seuls quelques modèles moléculaires sont présentés. Les résultats montrent aussi que les quatre modèles d'oxydoréduction (Soudani, 2014) ne sont pas tous mobilisés. De même pour les réactions acido-basiques, la théorie de Lewis n'est pas mobilisée non plus, contrairement à l'ouvrage du supérieur. Ces résultats confirment nos hypothèses de base : le registre microscopique n'est pas mobilisé dans les manuels

analysés ; de même que l'ensemble des modèles et théories relatifs aux réactions acido-basique et d'oxydoréduction. Ces résultats expliqueraient aussi la méthode inductiviste utilisée dans les manuels nationaux. Les auteurs de manuels doivent introduire la schématisation du microscopique (modèle-image), tout en veillant à ce que cette introduction ne soit source de confusion entre modèle et réalité (Halbwachs, 1974).

### **A propos des auteurs**

Sidi M. Tounkara est présentement Enseignant-Chercheur au département de physique et chimie de l'Ecole Normale Supérieure de Bamako au Mali. Ses thèmes de recherche sont : (1) Chimie appliquée à l'Eau et l'Environnement, (2) Problématisation et Modélisation en Didactique des Sciences Chimiques, Ingénierie de Formation. Mohamed Soudani est enseignant-chercheur à l'université Claude Bernard Lyon 1 (France) en didactique des sciences chimiques et physiques, formateur d'enseignants à l'INSPE de Lyon. Ses thèmes de recherche portent sur : problématisation, conceptualisation, modélisation, fiction réaliste, sémiotique, mondes possibles. Pour plus de détail : <https://univ-lyon1.academia.edu/MohamedSoudani>.

### **Remerciements**

Mes remerciements vont au Professeur Soudani ; grâce à lui, le travail de thèse (non publiée) dont est issu cet article, a pu s'accomplir.

### **Références**

- Atkins P, Jones L, 2016. Principes de chimie, De Boeck Université, Bruxelles, Belgique.
- Bachelard G, 1967. La formation de l'esprit scientifique : Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective, J. VRIN, 5<sup>e</sup> édition, Paris, France.
- Bächtold M, Munier V, Guedj M, Lerouge A, Ranquet A. 2014. « Quelle progression dans l'enseignement de l'énergie de l'école au lycée ? Une analyse des programmes et des manuels », RDST [En ligne], consulté le 23 mars 2017. URL : <http://rdst.revues.org/932>
- Camara F, Na L, 2019. Mali's education system: an overview of mathematics curriculum in Mali, from kindergarten to secondary school. *European Journal of Education Studies*, 6(6), 208-230. doi: 10.5281/zenodo.3463643
- Carretto J, Viovy R, 1994. Relevé de quelques obstacles épistémologiques dans l'apprentissage du concept de réaction chimique. *Aster, La réaction chimique*, 18, 11-26.
- Chaachoua H, 2008. Le rôle de l'analyse des manuels dans la théorie anthropologique du didactique. <https://hal.archives-ouvertes.fr>. Accès Août 2019
- Chen X, & al., 2019. An Analysis of the Visual Representation of Redox Reactions in Secondary Chemistry Textbooks from Different Chinese Communities. *Education sciences*, 9(42), 1-16. doi:10.3390/educsci9010042

- Collection eurin-gié, 1994. Chimie seconde. Edition Hachette, Paris, France.
- Dehon J, 2018. L'équation chimique, un sujet d'étude pour diagnostiquer les difficultés d'apprentissage de la langue symbolique des chimistes dans l'enseignement secondaire belge. Développement d'une séquence de leçons en s'appuyant sur un modèle des niveaux de signification. Thèse de doctorat, Université de Namur.
- Durupthy A, Durupthy O, Jaubert A, Bautrand R, 1988. Collection eurin-gié, chimie 1<sup>ère</sup> S et E, Edition Hachette, Paris, France.
- EDIM S.A, 2002. Sciences physiques 8<sup>e</sup> année fondamentale, Edition Edicéf/Edim, Bamako, Mali.
- Fabre M, 2005. Deux sources de l'épistémologie des problèmes : Dewey et Bachelard. Les sciences de l'éducation-Pour l'Ère nouvelle, 38(13), 53-67.
- Fabre M, Musquer A, 2009. Les inducteurs de problématisation. Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle, 3, 111-129. DOI 10.3917/lse.423.0111
- Halbwachs F, 1974. La pensée physique chez l'enfant et le savant. Editions Delachaux & Niestlé, France.
- Johnstone A, H, 2000. Teaching of chemistry – Logical or psychological? The practice of chemistry education (invited contribution). Chemistry education: research and practice in Europe, 1(1), 9-15.
- Jonnaert P, 2009. Curriculum et compétences : un cadre opérationnel, De Boeck, Bruxelles, Belgique.
- Jonnaert P, 2001. « Curriculum, entre modèle rationnel et irrationalité des sociétés ». Revue internationale d'éducation de Sèvres, 135-145. <https://journals.openedition.org/ries/1073>
- Keita B, Traoré O. M, Touré I, Berthé O. J-Y, 2005. Chimie seconde, Edition EDIM-SA, Bamako, Mali.
- Kermen I, 2015. Modéliser, représenter des transformations chimiques. In T. Evrard & B. Amory, Les modèles Des incontournables pour enseigner les sciences : apprendre les sciences de 2 ans 1/2 à 18 ans, De Boeck, Bruxelles, Belgique.
- Kermen I, 2018. Comment le caractère dual, macroscopique-microscopique, de la chimie s'incarne-t-il dans son enseignement ? Réflexions autour des modèles et du langage. Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique Chimie, 112 (1000), 95-108. hal-01742672
- Laugier A, Dumon A, 2000. Histoire des sciences et modélisation de la transformation chimique en classe de seconde. BUP, 94 (826), 1261-1284.
- Mzoughi-Khadhraoui I, Dumon A, A-Trabelsi M, 2011. Le savoir à enseigner relatif à la transformation chimique en première année de lycée en Tunisie et sa perception par les enseignants. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 10(1), 153-177.
- Négrier M, Kermen I, 2011. « Quelle adéquation entre intentions didactiques d'un programme de chimie et des manuels scolaires ? » RDST, [En ligne], consulté le 03 mai 2019. <https://journals.openedition.org/rdst/527>

- Nguessan K, 2016. Contribution à L'Analyse du Mode D'Évaluation des Connaissances des Elèves Dans le Manuel Intitule Physique Chimie (Collection Arex, les Classiques Africains) : Exemple de la Mécanique en Classe de Seconde Scientifique. Canadian Social Science, 12 (9), 79-84. <http://www.cscanada.net/index.php/css/article/view/8765>
- Orange C, 2005. Problématisation dans l'enseignement scientifique. ASTER, Problème et problématisation, 40, 3-11.
- Ouertatani L, Dumon A, 2007. Évolution historique des concepts d'acide et de base. L'actualité chimique, 306, 1-9.
- Perou A, Mariko, C, Traoré M, Sanogo R, Bah S, Camara S, 2007. Collection Jekafo, physique et chimie 9<sup>e</sup> année, Edition Pierron-Sarreguemines, Bamako, Mali.
- Perrenoud Ph, 1993. Curriculum : le formel, le réel, le caché. In Houssaye, J. (dir.) *La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui*, Paris, ESF, 2<sup>e</sup> éd., 61-76.
- Perrenoud, Ph, 2000. Du curriculum aux pratiques : question d'adhésion, d'énergie ou de compétence ? Texte d'une conférence présentée à Québec. [http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php\\_main/php\\_2000/2000\\_2\\_8.html](http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_2000/2000_2_8.html)
- Rantih N. K, & al., 2019. An analyses of multiple representation about intermolecular forces. Journal of Physics: Conference Series; doi:10.1088/1742-6596/1157/4/042029
- Robardet G, Guillaud J-C, 1997. Éléments de Didactiques des Sciences physiques, Presses universitaires, Paris, France.
- Salone, J-J, (2017). Analyse textuelle avec IRaMuTeQ et interprétations référentielles des programmes officiels de mathématiques en quatrième. Sciences-Croisées, 2013. hal-01671161
- Solomonidou C, Stavridou H, 1994. Les transformations des substances, enjeu de l'enseignement de la réaction chimique. ASTER, (18), 75-95.
- Soudani M, Héraud J-L, Soudani O, 2009. De la sémiotique à l'épistémologie de la schématisation. L'exemple. Aster, 48, 111-132.
- Soudani M, 2014. Le concept d'oxydoréduction : Analyse épistémologique et didactique, Editions universitaires européennes, Paris, France.
- Vergnaud G, 2013. Pourquoi la théorie des champs conceptuels ? Infancia y Aprendizaje, 36(2), 131-161. [doi.org/10.1174/021037013806196283](https://doi.org/10.1174/021037013806196283)

Creative Commons licensing terms

Author(s) will retain the copyright of their published articles agreeing that a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) terms will be applied to their work. Under the terms of this license, no permission is required from the author(s) or publisher for members of the community to copy, distribute, transmit or adapt the article content, providing a proper, prominent and unambiguous attribution to the authors in a manner that makes clear that the materials are being reused under permission of a Creative Commons License. Views, opinions and conclusions expressed in this research article are views, opinions and conclusions of the author(s). Open Access Publishing Group and European Journal of Education Studies shall not be responsible or answerable for any loss, damage or liability caused in relation to/arising out of conflicts of interest, copyright violations and inappropriate or inaccurate use of any kind content related or integrated into the research work. All the published works are meeting the Open Access Publishing requirements and can be freely accessed, shared, modified, distributed and used in educational, commercial and non-commercial purposes under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).