

**Travail d'équivalence pour le cours  
de didactique de la biologie MASE 1**

**Etude comparative de  
l'utilisation de l'exercice  
en chimie et en biologie**

**par**

**Frédéric CHANSON & Monica PIERRECLOS**

**Chargés d'enseignement :**

**Rémy KOPP & François LOMBARD**

## I. Introduction

La biologie, science autrefois essentiellement descriptive, est à présent riche de domaines d'étude allant de la biologie « historique » à la génétique moléculaire. Elle dépend donc hautement d'« autres sciences », telles que la chimie, qui lui apporte la rigueur de ses modèles et de ses lois tout autant que des outils d'études dont elle ne pourrait plus se passer aujourd'hui (Develey, 1995). Chimie et biologie se confondent donc lorsque l'on cherche à distinguer la biologie moléculaire de sa sœur la biochimie, et ne peuvent être véritablement considérées séparément. C'est donc avec un certain étonnement que nous avons constaté que l'enseignement de ces deux disciplines ne présentait pas autant de similitudes qu'on aurait pu l'imaginer au premier abord. En tant que stagiaires en poste en biologie, mais habitués à l'enseignement de la chimie, nous avons constaté que les méthodes de transmission du savoir dans ces deux matières étaient très différentes.

La chimie, que nous avons pour habitude d'enseigner, est une discipline que l'on peut très facilement baser sur un recours presque systématique à l'exercice comme outil d'acquisition des savoirs et/ou des savoir-faire. En biologie, que nous enseignons cette année pour la première fois, nous nous heurtons à l'impossibilité de produire des séquences de cours basées sur les mêmes principes. La production d'exercices permettant aux élèves d'être actifs, de s'exercer aux théories et notions enseignées et de développer une réflexion générale se révèle laborieuse. Il résulte de ce fait que notre enseignement en biologie se résume trop souvent à un cours de type transmissif, c'est-à-dire à un format nous satisfaisant peu car ne permettant pas de tester la compréhension et l'acquisition de compétences réelles par les élèves.

Le constat que nous tirons de nos premiers mois en tant qu'enseignants de biologie ne nous apporte malheureusement aucune connaissance relative à l'origine du phénomène observé. Pour répondre à cette interrogation, nous proposons de développer une réflexion portant sur nos pratiques enseignantes en chimie et en biologie, en tentant de voir s'il serait possible d'adapter nos façons d'agir passées à notre nouvelle matière. Nous nous pencherons essentiellement sur la production d'exercices et notamment sur les angles d'approches pouvant être utilisés dans les sciences du vivant. Afin de nous aider à concevoir des activités plus pertinentes pour les apprenants, nous tâcherons, d'une part, de définir des catégories d'exercices-types pouvant ensuite être utilisées en vue d'une création systématique de problèmes en biologie et, d'autre part, de voir si un même sujet pourrait être facilement décliné sous la forme de plusieurs types d'exercices exploitables.

Nous travaillerons sur un chapitre commun à nos enseignements pour l'année 2010-2011, c'est-à-dire sur le thème de l'évolution pour des élèves du cours de Sciences naturelles (EC), et tâcherons de produire des exercices permettant autant que possible d'atteindre les buts décrits plus haut.

## II. Les exercices en chimie : l'exemple de l'équation chimique

### 1. Place de la chimie au sein des sciences

La chimie, comme la biologie, fait partie des sciences empirico-formelles que l'on nomme plus couramment sciences expérimentales. Ces sciences ont notamment pour point commun d'étudier des objets réels, ce qui les différencie des sciences formelles telles que les mathématiques, qui étudient des objets créés par l'homme (Develay, 1995). Elles se basent en outre sur une démarche scientifique rigoureuse qui implique la formulation d'hypothèse et la vérification de leur conformité avec le réel par l'expérience. Chimie et biologie, dans leurs pratiques actuelles, sont donc très difficiles à différencier, si ce n'est par leur objet d'étude lui-même.

Cependant, lorsque l'on se penche sur l'enseignement des sciences, chimistes et physiciens tentent essentiellement de construire des modèles décrivant au mieux le réel et sont amenés, à travers des méthodes hypothético-déductives, à tester avec leurs élèves la conformité de ces modèles avec la réalité. Il en résulte un lien très étroit entre théorie et expérience<sup>1</sup>, que l'on ne retrouve pas toujours en biologie. En effet, les phénomènes étudiés dans les sciences du vivant d'une part sont généralement sans équivalents (caractère unique de la vie) et d'autre part reposent souvent sur une observation descriptive. Ils sont donc moins facilement reproductibles en laboratoire, ce qui engendre une moindre dépendance à l'expérience dans l'enseignement de la biologie.

En outre, en chimie, tout comme en physique, l'étude de nombreux phénomènes s'appuie sur des lois mathématiques : équation de Nernst, vitesse de réaction, expression de la constante d'équilibre, etc. Mais la chimie possède une spécificité supplémentaire : son objet principal, l'atome, ne peut être « vu » et donc représenté fidèlement. Cette science fait donc appel, plus que toute autre, au modèle, représentation schématique ou symbolique simplifiée permettant à l'apprenant, tout comme au scientifique confirmé, de se représenter l'abstrait. En chimie, certains domaines se trouvent même à cheval entre le modèle et la loi mathématique : c'est le cas de l'équation chimique. Il s'agit d'un modèle symbolique (formules chimiques) et mathématique (proportionnalité) permettant de décrire n'importe quelle réaction chimique, et tout à fait adapté à l'élaboration d'exercices plus ou moins complexes visant à faire travailler les élèves.

### 2. Le rôle de l'exercice en chimie

Dans une structure classique d'enseignement sur l'équation chimique, les élèves sont amenés à effectuer des problèmes dont la complexité est croissante. Dans un premier temps, il pourrait s'agir d'effectuer de nombreux exercices (drill) d'équilibrage d'équations afin de

---

<sup>1</sup> Dans l'ouvrage de Develay, Jacques Toussain nuance cependant ce lien en montrant que si la chimie et la physique sont effectivement ainsi enseignées, il existe cependant un fort décalage entre la pratique scientifique actuelle et cette dialectique théorie-expérience.

leur permettre d'acquérir ce que Perrenoud nomme « savoir-faire de bas niveau » (Perrenoud, 1995). En effet, être capable d'équilibrer une équation chimique mobilise principalement un savoir de type procédural. Ce type d'exercice va permettre aux apprenants de s'appropriier le mode d'expression mathématique qu'est l'équation chimique, sans pour autant maîtriser la totalité des notions sous-jacentes.

Dans un deuxième temps, les apprenants pourraient être amenés à effectuer des exercices de chimie quantitative plus poussés, afin de décontextualiser et recontextualiser le savoir procédural acquis précédemment. Il s'agira alors pour eux d'établir le lien existant entre le niveau atomique de l'équation chimique et la réalité macroscopique. Les apprenants pourront alors développer de réelles compétences, puisque ce type d'exercices fait appel notamment aux capacités d'abstraction et de transfert<sup>2</sup> (Perrenoud, 1995).

La pratique de l'exercice vise donc à la fois une assimilation progressive des notions théoriques et une acquisition de compétences cognitives permettant à terme de comprendre et d'analyser correctement tout nouveau problème, qu'il soit théorique ou pratique. Au cours de cet apprentissage, un travail expérimental est généralement effectué afin que l'apprenant, à l'image du scientifique, valide le modèle théorique étudié en le confrontant au réel. Ce schéma pédagogique semble être utilisé dans la plupart des chapitres en chimie.

Malgré la richesse des notions et des compétences développées, nous avons pu constater qu'à tous niveaux, les exercices produits peuvent généralement être multipliés très simplement. En chimie, il ne semble donc pas y avoir de rapport étroit entre la difficulté de production d'un exercice et la complexité de l'apprentissage visé. Bien plus que de se limiter à élaborer des problèmes exerçant des notions théoriques, nous cherchons dans ce travail à comprendre les mécanismes précis de la création d'exercices développant chez les apprenants des savoir-faire réels ou compétences en biologie. La question est donc de savoir s'il serait possible de multiplier facilement de tels exercices et si oui par quelle(s) méthode(s).

### **III. L'origine des différences entre la biologie et la chimie**

Nous avons déjà évoqués que chimie et biologie, bien que nécessairement liées par un sujet d'étude partiellement commun, possèdent des caractéristiques propres rendant leur transmission peu semblable. Cependant, le constat portant sur les différences dans l'enseignement de ces deux disciplines permet de poser deux hypothèses alternatives : la divergence peut soit être intrinsèque et prendre par conséquent sa source dans l'épistémologie de ces deux disciplines, soit être de nature didactique, et découler des traditions enseignantes.

---

<sup>2</sup> On constate qu'en chimie beaucoup de modèles sont utilisés tout au long du parcours de l'élève, en étant progressivement complexifiés, soit en les affinant, soit en développant progressivement leurs domaines d'application.

Nous avons décrit la chimie comme une science assez « rigoureuse », se basant essentiellement sur le développement de modèles et de lois mathématiques permettant de représenter avec une précision croissante l'objet de son étude. Ce qui différencie principalement la chimie de la biologie, est que cette dernière est une science qui étudie des objets réels vivants, c'est-à-dire dont la complexité ne peut être représentée par aucun modèle complet ni aucune loi mathématique. De par son organisation qui « tend à s'opposer à la croissance naturelle de l'entropie » (Develay, 1995), la vie est un sujet d'étude remarquablement complexe. Ce que l'on oublie également trop souvent est que la vie possède une autre spécificité : elle est, dans l'état actuel des connaissances, unique. Au sein de la biologie, il n'existe donc que des cas particuliers, et rare sont les exemples interchangeables.

Mais revenons aux origines de la biologie afin de découvrir l'essence de son enseignement. D'Aristote au XVIII<sup>e</sup> siècle, les sciences de la vie se résument à de la biologie descriptive : les scientifiques naturalistes tentent de classer le vivant sur la base d'analogies ou de différences morphologiques. Ce n'est qu'au début du XIX<sup>e</sup> siècle que les préoccupations se renouvellent, notamment sous l'impulsion de la médecine, qui s'intéresse aux manifestations de la vie à travers la maladie. Le terme « biologie » est alors créé, et les scientifiques qui se penchent sur son étude tentent de construire leurs propres réponses à travers divers modèles empruntés autant aux mathématiques qu'à la chimie. Dans l'ouvrage de Develay (1995), Guy Rumelhard regroupe les thèmes biologiques en diverses théories : cellulaire, génétique, de l'évolution, de la physiologie et de l'écologie.

Tout modèle cherchant à caractériser le vivant en se basant sur des principes strictement physiques ou chimiques ne peut être que réductionniste. Les diverses théories en biologie sont non seulement d'une complexité proportionnelle à la diversité du vivant, mais décrivent en outre des ensembles fonctionnels nécessairement emboîtés et interdépendants (Develay, 1995). Ils se révèlent donc moins formels, moins clairement définis, que les modèles chimiques. Dans l'enseignement de la biologie, il semble, par conséquent, beaucoup moins aisé d'élaborer des séries d'exercices avec un degré de difficulté croissant.

Certains chapitres de la biologie se révèlent cependant mieux adaptés à la production d'exercices. Il s'agit de sujets dont les modèles se rapprochent de modèles formels mathématiques, par exemple la génétique, et plus particulièrement la génétique mendélienne. Ce modèle probabiliste basé sur des lois mathématiques se prête tout à fait à l'élaboration d'exercices dont la difficulté peut aisément être ajustée. Aussi, l'enseignant de biologie peut facilement « créer » des exercices de génétique mendélienne portant sur des « cas » n'existant pas forcément dans la nature, comme pourrait le faire un enseignant de chimie avec l'équilibrage d'équations chimiques qui ne seraient pas reproductibles en laboratoire. Dans une moindre mesure, la biologie moléculaire ou la biochimie peuvent également se prêter à une systématisation de l'exercice, ces deux sujets étant caractérisés par des modèles chimiques.

Il semble toutefois que dans l'enseignement traditionnel de la biologie, l'apprenant soit davantage confronté à l'apprentissage de savoirs livresques qu'en chimie et moins à l'étude des modèles faisant appel aux capacités d'abstraction ou à l'utilisation de méthodes hypothético-déductives. L'exercice est donc souvent utilisé comme outil développant chez l'élève des capacités d'observation et de comparaison ou de synthèse et de sélection d'informations, l'acquisition de connaissances théoriques étant généralement visée. Il est en effet moins coûteux et moins dangereux pour un enseignant d'évaluer des savoirs, dont la problématisation admet des réponses absolues, plutôt que des compétences (Perrenoud, 1995). Il est par contre très difficile d'élaborer des exercices variés, notamment en termes de difficulté, basés uniquement sur l'acquisition de savoirs.

L'ensemble de ces constatations indique que les différences observées sont probablement liées à la fois à la tradition enseignante et aux spécificités intrinsèques à ces deux sciences. Il semble que la culture de l'exercice dans l'apprentissage de la chimie soit fortement liée à l'épistémologie de cette discipline, la chimie étant une science caractérisée par de nombreux modèles formels qui s'adaptent bien à l'élaboration d'exercices de difficulté croissante. La biologie, de par son unicité et sa diversité, semble globalement moins bien s'y prêter, de même qu'elle ne permet que difficilement la conception de modèles simples permettant de la définir de manière satisfaisante.

Pour ce travail, nous avons choisi de traiter la théorie de l'évolution, un chapitre de la biologie qui peut être délicat, comme nous allons le montrer.

## **IV. L'évolution : un sujet clé en biologie à la frontière entre la biologie « historique » et la biologie moléculaire**

### **1. Place de l'évolution dans l'enseignement de la biologie**

Tout d'abord, il est nécessaire de rappeler que l'évolution est avant tout une théorie, c'est-à-dire un « groupe cohérent de propositions générales expliquant une classe de phénomènes, en agrément avec l'observation et utile à la prédiction »<sup>3</sup>.

Selon Christian Orange (2009), le concept d'évolution tient aujourd'hui une place centrale en biologie qui justifie d'ailleurs celle qu'elle occupe dans les programmes scolaires français des degrés primaires jusqu'à la terminale. Elle a surtout un rôle capital à jouer dans le domaine « historique » de la biologie, c'est-à-dire dans celui qui tente d'apporter des réponses aux « pourquoi et comment en est-on arrivé aux organismes actuels »<sup>4</sup>. C'est pourquoi les trois premières des quatre fonctions épistémologiques de l'évolution décrites par cet auteur ont trait à ce sujet.

---

<sup>3</sup> [biologie.univ-mrs.fr/upload/p210/theorie\\_scientifique.pdf](http://biologie.univ-mrs.fr/upload/p210/theorie_scientifique.pdf)

<sup>4</sup> La théorie de l'évolution est avant tout chose un modèle explicatif et prédictif. Il n'est donc pas nécessaire – et les scientifiques matérialistes s'y refusent totalement – d'attribuer un sens ou une finalité à l'évolution pour pouvoir répondre aux « comment » et aux « pourquoi ».

Premièrement, la théorie de l'évolution permet d'organiser et de donner un sens à un certain nombre d'observations et de faits qui permettent en retour de justifier de sa véracité : unicité et diversité du vivant, observation de fossiles, organes vestigiaux, etc. Il s'agit donc ni plus ni moins d'un cercle vicieux, la cause étant également justification de l'effet. L'évolution n'est donc pas une vérité au sens dogmatique du terme, bien qu'elle soit ainsi considérée par la plupart des apprenants et par la majorité de la population<sup>5</sup>, l'explicitation de son statut précis faisant rarement partie des objectifs de son enseignement.

Deuxièmement, l'évolution, en tant que « modèle explicatif », repose sur un certain nombre de mécanismes qui lui donnent une rigueur mathématique et scientifique. Les explications basées sur des événements extraordinaires ou sur le recours à un dessein sont par conséquent bannies.

Et troisièmement, le prolongement de cette organisation des faits et de cette explicitation des mécanismes en action est la construction d'un modèle prédictif permettant de construire de nouveaux problèmes et d'organiser de nouveaux faits. Bref, c'est l'étude du vivant (et des fossiles !) qui donne lieu à la mise en place d'une théorie permettant elle-même d'étudier sous un nouveau jour ce même vivant.

Outre ces trois fonctions épistémologiques, C. Orange (2009) en cite une quatrième, plus ambiguë, en biologie « fonctionnaliste ». Il s'agit d'une question latente, celle de la relation précise entre structure et fonction. Est-ce l'anatomie qui détermine la physiologie ? Pourquoi la structure est-elle si bien adaptée à la fonction ? L'évolution est alors une réponse en pointillé qui n'est jamais clairement formulée.

Ces diverses réflexions montrent que la théorie de l'évolution, à la fois au centre de la biologie actuelle et à la limite des explications qu'elle peut se permettre de donner, est un sujet d'étude complexe mais idéal pour mener notre réflexion sur la création d'exercices.

## 2. Le chapitre choisi

L'évolution est un vaste chapitre qui peut être abordé par de nombreux angles d'approches. Les principaux thèmes habituellement traités sont les suivants :

- **Emergence du concept d'évolution** : construction de la théorie par Lamarck, Malthus, Lyell, Wallace et Darwin, naturellement.
- **Mécanismes de l'évolution** : sélection naturelle et sexuelle, pression de sélection, variations et leurs origines (mutations, recombinaison, remaniement chromosomiques), spéciation, etc.
- **Origine et évolution du monde vivant** : histoire de l'évolution telle qu'on pense qu'elle s'est produite, de l'origine à son visage actuel, apparition des premiers

---

<sup>5</sup> Certains « croient » à l'évolution darwinienne comme d'autres au créationnisme.

organismes, grandes extinctions, etc. L'évolution humaine fait souvent l'objet d'une étude particulièrement attentive.

- **Phylogénèse et systématique** : relation entre l'évolution du vivant et sa classification.

Afin de nous permettre d'opérer une comparaison réelle entre chimie et biologie, nous nous proposons d'axer notre recherche d'exercices sur les mécanismes de l'évolution. Ce choix nous permet d'une part de traiter un chapitre hautement représentatif de la biologie puisque l'évolution, au même titre que le vivant, est unique, et d'autre part d'étudier un modèle dont les fondements sont mathématiques, tout comme cela est souvent le cas en chimie. Nous espérons ainsi pouvoir opérer une comparaison à la fois cohérente et objective.

## V. Production d'exercices en rapport avec l'évolution

Tout d'abord, il nous faut avouer que la production des exercices présentés en annexe (**Annexes 1 à 5**) a été plutôt laborieuse dans son ensemble. Il nous a fallu fournir un travail assidu sur le champ d'étude précis des mécanismes évolutifs et consulter de nombreux documents (livres, Internet, photocopiés, etc.) pour parvenir au résultat présenté. Notre travail portant sur l'acte de création d'exercices, nous avons eu à cœur de présenter un ensemble cohérent correspondant à une production personnelle et non à une collecte d'idées de diverses provenances. Cette difficulté ressentie nous a conduit à la conclusion qu'en biologie une connaissance étendue du sujet semble être un prérequis à la production d'activités variées.

Ensuite, il convient de préciser que nous avons travaillé à cette rédaction sans nous soucier de classement ou d'analyse, et que c'est donc dans un second temps, en portant un regard global sur le résultat obtenu, que nous avons choisi les deux angles d'analyse évoqués plus haut. Nous avons donc d'une part effectué un classement (difficulté croissante ou guidage décroissant) des exercices portant sur un sujet précis (**Annexe 1**) et d'autre part attribué la grande majorité de nos exercices à des catégories d'exercices-types (**Annexes 2 à 5**).

### 1. Déclinaisons d'un même problème

Nous avons choisi un exemple traditionnel et connu, celui de la phalène du bouleau, pour créer une série d'exercices portant sur un même concept (**Annexe 1**). On peut alors les classer par ordre de difficulté croissante, ce qui correspond généralement à l'ordre de guidage décroissant. Il serait logique de commencer, soit par une activité très ouverte permettant une réflexion générale et un partage d'idées au sein de la classe, soit par un problème comportant une suite de questions qui décomposent, à la place de l'élève, le raisonnement logique qui devrait être suivi. Une fois les concepts de base assimilés, il paraît approprié de passer à un exercice d'un niveau plus élevé.

Cependant, les divers exercices ainsi produits ne peuvent être proposés aux mêmes élèves, l'objectif étant de développer des compétences d'analyse et de réflexion et non de faire acquérir des savoirs purs concernant ce papillon. Le problème rencontré dans la création d'exercices en biologie n'est donc pas résolu par cette déclinaison d'un même problème. Pour offrir une solution, il faudrait que la rédaction d'un problème sur la phalène nous ouvre des perspectives d'autres exemples intéressants à traiter ; or, ce n'est malheureusement pas le cas.

## **2. Catégorisation des exercices produits**

Les différents exercices que nous avons produits peuvent être classés dans les quatre catégories non exhaustives énoncées ci-dessous.

### **a) Les exercices basés sur des schémas représentant des « modèles mathématiques »**

Dans le cadre des mécanismes évolutifs, il est question (**Annexe 2**) de courbes de Gauss classiques représentant les différents types de sélection (directionnelle, divergente et stabilisante). Il s'agira pour l'apprenant de donner un sens à ces courbes en les créant, les schématisant ou les interprétant.

Ces exercices vont tout d'abord permettre aux élèves de travailler des compétences purement mathématiques : construction d'un graphique et compréhension de son sens. Il leur faudra ensuite mobiliser un mode de pensée analytique tout en développant des compétences descriptives et d'inférence (interprétation de graphiques, comparaison, modélisation, ...). Il est enfin utile, de manière implicite, d'ancrer la biologie dans les sciences « dures » en obligeant les élèves à utiliser des notions acquises dans une science « formelle » (Develay, 1995).

### **b) Les exercices basés sur l'analyse de documents (textes et/ou images)**

Les exercices produits dans cette catégorie (**Annexe 3**) sont basés sur l'analyse de photographies, de dessins, de schémas ou de textes.

Le but de ces problèmes est d'encourager les élèves à mobiliser un mode de pensée analytique et synthétique tout en développant des compétences d'observation, de description, d'inférence (interprétation et comparaison des figures et des schémas) et créatives (formulation d'hypothèses).

### **c) Les exercices basés sur une analyse d'expérience**

Les exercices produits dans cette catégorie (**Annexe 4**) sont basés sur l'analyse des résultats d'une expérience.

Ces exercices vont permettre aux élèves de développer les mêmes modes de pensée et types de savoir-faire que lors de l'analyse de documents. Ils les pousseront, en outre, à travailler, de manière implicite ou explicite, sur la palette de compétences nécessaires

à la démarche scientifique : formuler des hypothèses, comprendre le lien entre hypothèse testée et protocole expérimental, énoncer les constatations faites, revenir sur l'hypothèse de départ en concluant et généraliser un phénomène. C'est la raison pour laquelle nous traitons ces exercices séparément.

#### **d) Les exercices basés sur des questions ouvertes.**

Les exercices produits dans cette catégorie (**Annexe 5**) sont basés sur des questions ouvertes de type situation-problème qui peuvent être traitées en groupe.

Ils permettent aux élèves de mobiliser un mode de pensée analytique et synthétique. Outre les compétences d'observation, de description et d'inférence qu'ils développent, ces exercices permettent surtout aux élèves de travailler leurs capacités de réflexion, de communication et d'argumentation (travail de groupe).

Les différents exercices créés sont caractérisés par des niveaux de difficulté variés. On peut néanmoins affirmer que ceux qui appartiennent aux trois premières catégories correspondent à des opérations se situant essentiellement au niveau 3 et 4 de la taxonomie de Bloom (Crowe et al., 2008), alors que les questions ouvertes se situent à un niveau légèrement plus élevé.

Dans les exercices proposés, certains correspondent à la déclinaison d'un même exemple sous diverses formes. Il est en effet relativement aisé de produire un exercice portant sur l'analyse réfléchie d'un document et, en diminuant le guidage, de transformer celui-ci en question ouverte : c'est ce qui a été fait pour l'exemple du lagopède, de la mante ou de la phalène du bouleau (**Annexes 3 et 5**). Dans ce dernier cas, des résultats expérimentaux permettent également aux élèves de mener une réflexion « guidée » (**Annexe 4**) et pourraient, tout aussi bien qu'un petit texte, être l'objet d'un problème ouvert. La démarche proposée aux apprenants est alors variable, mais on se heurte à nouveau à l'impossibilité de présenter ces divers exercices à une même classe.

Si l'on veut proposer différents exercices sur la sélection naturelle, chacun d'entre eux devra traiter d'un sujet différent, ce qui constitue naturellement une difficulté importante. On se trouve en effet triplement limités dans cette tâche.

On se heurte premièrement à notre culture générale forcément limitée : on a nous-mêmes étudié un nombre d'exemples limité, qu'on n'a en outre pas tous retenus. Cette difficulté ne peut être dépassée qu'en consultant toutes les sources d'informations qui nous sont accessibles : livres, Internet, collègues, etc. Il est donc impossible, sans aide extérieure, d'inventer des situations dignes d'intérêt à partir d'un nombre limité de documents. C'est là sans aucun doute la première différence notable entre chimie et biologie : en chimie, avec une culture générale modérée, un simple tableau périodique et un ordinateur relié à Internet, il est possible, sans éprouver de grandes difficultés, de créer quantité d'exercices, alors que le même travail en biologie nécessite de nombreuses heures de recherche et une bibliothèque bien fournie.

Deuxièmement, nous sommes dans l'obligation d'admettre que tout être vivant étant unique, il est très difficile de créer des exercices totalement interchangeables. Alors qu'il est possible de faire du copier-coller lorsqu'il est question de remplacer une réaction acide fort – base forte par une autre, cette même possibilité ne nous est que très rarement offerte en biologie. Le moindre phénomène, notamment évolutif, nécessite la compréhension et l'explicitation d'un contexte propre qui va, alors que l'on désire travailler un même concept, varier énormément.

La troisième, et dernière, limitation constatée porte sur le nombre d'exemples effectivement à disposition. Alors qu'en chimie on peut croiser à volonté tout acide avec toute base, dans notre rédaction d'exercices portant sur les mécanismes de l'évolution, nous avons été amené à comprendre que la recherche d'exemple plus « originaux » que la phalène du bouleau se heurte généralement à la complexité du vivant. Le nombre de cas simples, c'est-à-dire n'incluant pas la compréhension de notions dépassant largement le champ d'étude visé, n'est pas aussi grand que l'énorme richesse du vivant pourrait le laisser présager.

Cependant, les catégories d'exercices décrites peuvent être d'une certaine aide lors d'une phase de création ultérieure. Il s'agit de repères utiles permettant d'une part de structurer notre vision de l'exercice en biologie et d'autre part de nous engager à proposer un éventail varié d'activités aux élèves, ce qui peut être de grand secours pour maintenir leur intérêt et leur attention. En outre, cette catégorisation nous permettra à l'avenir de mieux cerner les compétences mises en jeu chez l'apprenant lorsque nous proposerons à nos élèves les exercices que nous produirons. Il nous sera alors plus aisé de cibler les compétences que nous désirons développer.

## **VI. Conclusion**

Si on se penche sur les diverses constatations liées aux limitations à la création d'exercices en série en biologie, on constate que les deux dernières portent sur la nature même de la biologie. Il s'agit bien d'un constat concernant l'épistémologie de cette science et non sur sa pratique. Ce serait donc bien la nature intrinsèque de cette discipline scientifique qui serait à l'origine des différences de pratiques observées.

Ainsi, ce constat confirme l'hypothèse que nous avons émise au début de ce travail, à savoir que la biologie s'adapte difficilement à un format pédagogique « théorie – exercices » tel qu'il est pratiqué en chimie. L'unicité de la vie et la limitation des exemples existants constituent une difficulté réelle lors de l'élaboration d'exercices, même lorsqu'il s'agit d'un sujet basé sur un modèle dont le fondement est en grande partie mathématique, comme c'est le cas pour les mécanismes évolutifs. Comme nous l'avons déjà mentionné, une des rares exceptions à ce constat concerne la génétique mendélienne<sup>6</sup>, sujet pour lequel il existe

---

<sup>6</sup> D'autres sujets plus poussés de biologie moléculaire s'y prêteraient sans doute également, mais ceux-ci n'ont pas une grande place dans les programmes d'étude du secondaire.

une profusion d'exercices qui peuvent être multipliés au gré des exemples d'expériences d'hybridation, en remplaçant facilement un gène dominant – ou récessif – par un autre.

Si Michel Develay (Develay, 1995) classe la biologie et la chimie dans une même catégorie - les sciences empirico-formelles - on peut néanmoins constater que même si leur pratique par les scientifiques est basée sur une méthodologie comparable, il existe une différence épistémologique notable entre ces disciplines en ce qui concerne leur enseignement.

## VII. Bibliographie

Crowe, A., Dirks, C., & Wenderoth, M. (2008), *Biology in bloom: implementing Bloom's taxonomy to enhance student learning in biology*, Life Sciences Education, 7(4), 368.

Develay, M. (1995), *Le sens d'une réflexion épistémologique*, In Develay M. (dir.), savoirs scolaires et didactiques des disciplines (pp. 17-31), Paris: ESF.

Orange, C. (2009), *Les fonctions épistémologiques de l'évolution dans les programmes français de sciences de la vie et de la Terre*, In M. Coquidé & S. Tirard (Eds.), l'évolution du vivant (pp. 35-43), Paris: Vuibert Adapt.

Perrenoud, P. (1995), *Enseigner des savoirs ou développer des compétences : l'école entre deux paradigmes*, In Bentolita, A. (dir.), savoirs et savoir faire (pp. 73-88), Paris: Nathan.

Rumelhard, G. (1995), *De la biologie contemporaine à son enseignement*, In Develay M. (dir.), savoirs scolaires et didactiques des disciplines (pp. 317-337), Paris: ESF.