

Etude de l'impact de l'enseignement de la respiration cellulaire sur l'évolution des conceptions des élèves du secondaire qualifiant relatives au concept de respiration

[Study of the impact of the teaching of cellular respiration on the evolution of conceptions of high school students relatively to the respiration concept]

NOUR EDDINE ZGHIDA, ZOUHAIRE LAMRANI, MOURAD MADRANE, and RACHID JANATI-IDRISSI

Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Ingénierie Pédagogique,
Ecole Normale Supérieure – Tétouan,
Université Abdelmalek ESSAADI, Tétouan, Maroc

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study aims to identify the Moroccan students' conceptions of high school scientific option on the concept of respiration. The analysis was made from a questionnaire provided to students before and after the teaching of cellular respiration. First, it was found that the impact of the teaching of cellular respiration on the evolution of representations of students is limited relatively to the respiration concept. Moreover, the physicochemical concepts of respiration represent obstacles that may hamper the teaching-learning process. Our study shows that students' conceptions concerning the concept of respiration, result from their first experiences, consolidated by the culture of the country, or by the type of education provided. The development of teaching-learning situations, according to a constructivist model, allows to use these conceptions for construction of scientific knowledge.

KEYWORDS: designs, obstacles, evolution, breathing, constructivism.

RESUME: Cette étude vise à identifier les conceptions des élèves marocains du lycée option scientifique concernant le concept de la respiration. L'analyse a été faite à partir de questionnaires proposés aux élèves avant et après l'enseignement de la respiration cellulaire. D'une part, on a constaté que l'impact de l'enseignement de la respiration cellulaire sur l'évolution des représentations des élèves est limité relativement au concept de respiration. D'autre part, les concepts physicochimiques de la respiration représentent des obstacles qui peuvent entraver le processus enseignement-apprentissage.

Notre étude montre que les conceptions des élèves, concernant le concept de respiration, provenant soit de leurs expériences premières, consolidées par la culture de la société, soit par le type d'enseignement dispensé. L'élaboration des situations d'enseignement-apprentissage, selon un modèle constructiviste, permet d'exploiter ces conceptions pour une construction du savoir scientifique.

MOTS-CLEFS: conceptions, obstacles, évolution, respiration, constructivisme.

1 INTRODUCTION

Lorsque les élèves arrivent à l'école, ils ne sont pas des pages blanches, mais au contraire les élèves viennent en classe avec un déjà-là conceptuel qui peut entraver l'apprentissage, et constitue de ce fait un véritable obstacle à l'acquisition du savoir scientifique [1]. L'élève n'est jamais neutre par rapport aux situations éducatives auxquelles il est confronté à l'école.

L'enseignant doit donc être vigilant au fait que l'apprentissage visé suppose, pour l'élève, de modifier en partie la vision du monde qu'il s'est donnée [2]. Il est donc indispensable, dans toutes les situations d'enseignement proposées, de veiller à articuler les nouvelles connaissances au savoir préexistant "représentations ou conceptions" chez les élèves pour l'ensemble des stratégies de construction du savoir (enseignement, vulgarisation etc.). Si l'on veut atteindre un minimum d'efficacité, le premier travail doit nécessairement consister à connaître et à analyser les conceptions des apprenants [3].

2 PROBLÉMATIQUE

En 1999, Le Maroc a adopté la nouvelle réforme « la charte nationale d'éducation et de la formation » afin d'améliorer notre enseignement qui ne donne pas les résultats attendus. Malgré les efforts déployés et en dépit des avancées constatées dans beaucoup de domaines, il reste encore du chemin à parcourir car le rendement didactique est très faible, voire parfois nul [4]. Un certain nombre d'erreurs, des raisonnements ou d'idées "erronées" reviennent avec une reproductibilité déconcertante chez les élèves, même après plusieurs séquences successives d'enseignement. Pourtant, quand on observe la classe, l'ensemble du cours semble « cohérent et logique » et les leçons sont globalement apprises. Comment interpréter cela ?

Les situations d'apprentissage sont toujours circonscrites entre les trois pôles constitutifs du triangle didactique: apprenants, enseignants et le savoir. Les difficultés qui empêchent la finalisation du processus d'enseignement/apprentissage s'expliquent généralement par l'interaction entre ces trois pôles. Il est ici impensable d'expliquer un processus didactique en se référant à un seul pôle du triangle didactique. L'erreur d'un élève, par exemple, s'explique, dans cette perspective, par l'interaction entre sa conduite, celle de l'enseignant et la nature de la connaissance scientifique. Il en est de même pour ses difficultés d'apprentissage [3].

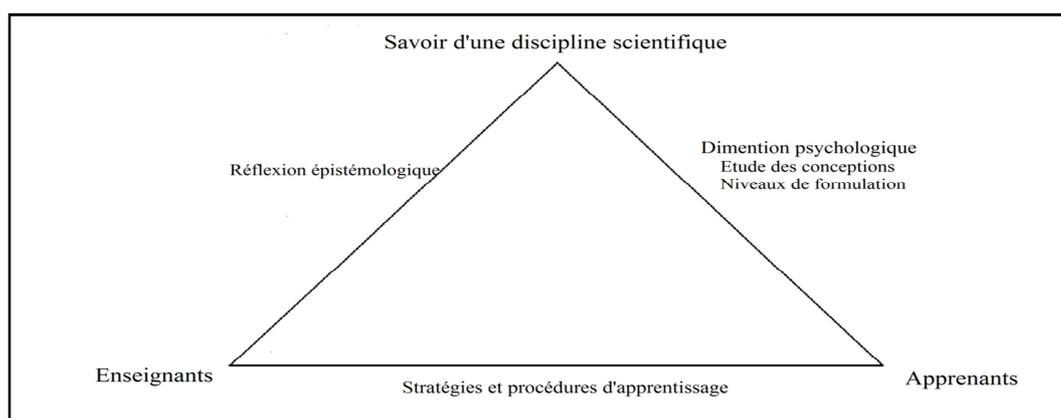


Figure 1 : Triangle didactique

L'idée de conceptions des élèves se positionne bien évidemment sur l'axe du triangle didactique, relatif à la relation Apprenants / Savoir. De là, elle entre parfaitement en interaction avec les deux autres axes :

- ✓ Avec l'axe "Enseignants / Savoir" : les conceptions, et surtout les obstacles qu'elles permettent d'identifier, appellent à interroger l'épistémologie de la matière dans sa relation aux aspects cognitifs des apprenants. En retour, les conceptions pourraient bien participer à l'élaboration des savoirs scolaires et à leur transposition didactique ;
- ✓ Avec l'axe "Enseignants / Apprenants" : la prise en compte des conceptions permet l'élaboration de la stratégie didactique qui pourrait garantir l'apprentissage.

D'après des entretiens réalisés avec des professeurs des sciences de la vie et de la terre et d'après mon expérience professionnelle autant que professeur de cette discipline, on a constaté que les concepts scientifiques étudiés (concept de respiration pris comme exemple) dans le programme scolaire marocain sont, dans la plus part des cas, de formulations et de formes complexes, et dont le parcours de construction était marqué par des obstacles épistémologiques. En vérité, les documents (cours, photos ou schémas, etc.) que l'enseignant présente aux élèves peuvent constituer des obstacles à la compréhension des phénomènes biologiques et ne permettent pas, souvent, aux élèves de développer des représentations correctes. En plus, une telle pratique ne favorise évidemment pas la motivation des élèves, qui se montrent peu intéressés par les matières scientifiques en général. Il en résulte une conceptualisation difficile et erronée, laquelle peut conduire à des

difficultés scolaires durables. Des représentations erronées peuvent, ainsi, persister dans le cursus d'enseignement comme dans la future vie des élèves.

Si on admet, comme l'ont proposé [2], qu'apprendre revient à faire évoluer les conceptions, alors il est important pour l'enseignant de s'appuyer sur les conceptions initiales des élèves. Elles constituent un point de départ pour l'apprentissage scolaire et elles vont orienter la façon d'interpréter le travail des élèves pour un meilleur encadrement et pilotage vers des apprentissages sensés et durables. Cependant, les enseignants ne prennent pas, souvent, en compte les représentations des élèves car ils n'ont pas conscience de l'existence de ces représentations chez leurs élèves. L'élève s'étant constitué un ensemble de représentations et les tenants pour vraies. Ces représentations s'avèrent extrêmement résistantes à l'enseignement et constitue un blocage pour construire un nouveau savoir et peuvent persister chez les étudiants, chez les adultes ou chez le citoyen [1]. Il est donc nécessaire que l'apprenant modifie ses représentations pour adopter de nouvelles conceptions scientifiques scolaires. Un perspectif constructiviste de l'apprentissage suppose, comme le soulignent [5], que les connaissances antérieures de l'apprenant jouent un rôle déterminant dans l'appropriation du savoir. La théorie du « changement conceptuel » propose de faire passer une conception d'un état primitif à un état plus évolué et plus abstrait [6]. Cette transformation ou changement conceptuel, pour [7], consiste au passage d'un savoir fragmenté à un savoir structuré et pour [8] ce changement consiste en une assimilation du nouveau savoir aux structures existantes.

3 MÉTHODOLOGIE

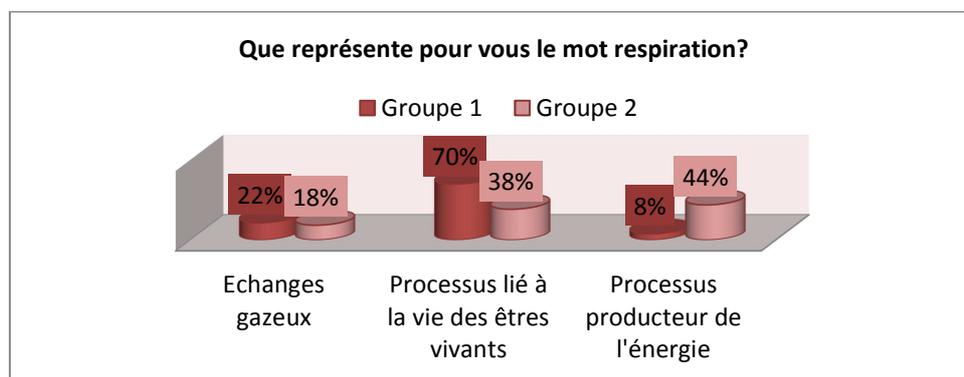
a - Instrument

Afin d'appréhender et d'analyser les représentations des élèves concernant le concept de la respiration, nous avons utilisé des techniques pour recueillir des données pour entamer une étape d'analyse et d'interprétation. La méthodologie adoptée s'appuie sur la technique du questionnaire. Le choix de cette technique nous paraît judicieux par rapport aux objectifs assignés à cette recherche, et permettrait de répondre, au moins partiellement, aux questions développées dans ce travail. Le questionnaire comporte cinq questions distinctes posées dans les programmes des cycles d'enseignement primaire, secondaire collégial et secondaire qualifiant afin de recueillir les représentations des élèves relatives au concept de respiration.

b- Groupes à l'étude

Notre étude a visé un groupe d'élèves de lycée de l'académie de Tanger-Tétouan et plus précisément sur ceux du tronc commun scientifique (groupe1) et de la deuxième année du baccalauréat option sciences de la vie et de la terre (groupe2). Notre échantillon était constitué d'un groupe de 130 élèves ; 65 d'entre eux appartiennent au groupe1 n'ayant pas suivi le cours de la respiration cellulaire, et 65 appartenant au groupe 2 qui ont étudié la respiration dans un cadre scolaire sous les différents aspects (mécanique, cellulaire et énergétique).

4 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS



Graph 1 : Résultats obtenus relatifs à la définition de la respiration

Pour cette question qui avait comme objectif de donner une définition à la respiration nous avons pu distinguer les catégories de réponses suivantes selon les deux niveaux scolaires :

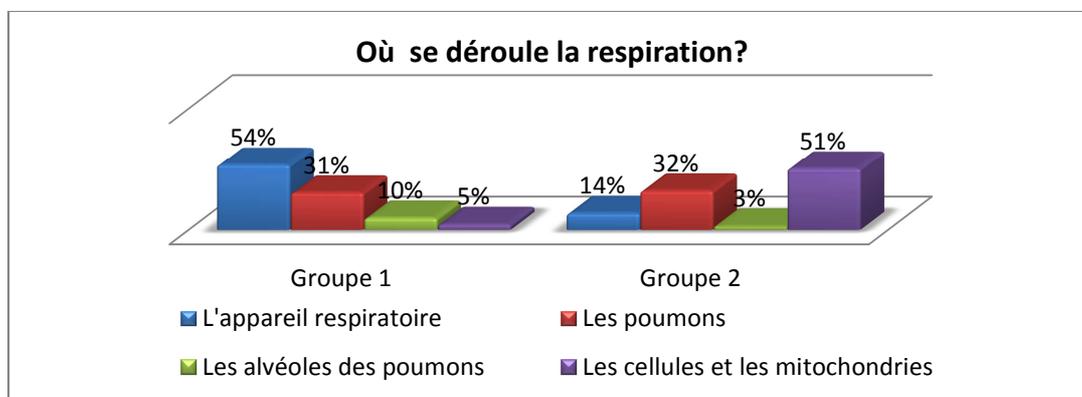
Groupe 1 : On remarque que 22 % des élèves du groupe 1 qui ont défini la respiration comme étant des échanges gazeux, autrement dit, ils se sont limités à l'aspect mécanique de ce processus. Ceci était, peut être, dû à l'obstacle de la connaissance première chez ces élèves. Cet obstacle gêne l'acquisition de nouvelles connaissances sur ce concept, et d'autant plus, il rend l'esprit de l'élève très sclérosé (qui n'évolue pas).

Il y a 70 % des élèves du groupe 1 ont lié la respiration à la vie, un effectif plus important, et malgré des séquences d'enseignement/apprentissage, ces élèves n'ont pas pu donner une définition précise à la respiration et ils la voient comme un processus vital, cette idée est vraisemblablement venue de la connaissance commune (s'il y a un dysfonctionnement de la respiration, la vie semble s'arrêter). Donc, ces élèves qui disent que la respiration est nécessaire pour la vie mais sans dire comment, utilisent probablement le terme vie sans le comprendre pour expliquer plusieurs phénomènes biologiques (obstacle unitaire et verbal).

Seulement 8 % ont mentionné que la respiration est un processus producteur de l'énergie bien qu'il n'y a pas d'une mise en évidence d'une relation respiration/énergie dans le programme du collège. En fait, ils ont anticipé ce qu'ils auront au lycée, ceci peut être expliqué par le fait que ces élèves font des efforts, soit via les médias ou soit via la lecture des livres, ou bien ils ont coché cette réponse au hasard.

Groupe 2 : D'après le graphe, on remarque que seulement 44 % des élèves ont répondu que la respiration était un processus producteur d'énergie, malgré des séquences d'enseignement - apprentissage traitant l'aspect cytologique et biochimique de la respiration pour synthétiser de l'énergie. Par contre, 56 % voient la respiration telle que des échanges gazeux ou un processus lié à la vie des êtres vivants. Donc, chez ces élèves ne fonctionnent que les représentations de la première connaissance ou de la connaissance commune, alors que les connaissances qu'ils ont apprises à la deuxième année du baccalauréat sont restées étrangères et ils ne pouvaient pas les accommoder avec ce qu'ils ont acquis auparavant (Jean Piaget).

Les représentations des deux niveaux scolaires sont différentes concernant la définition du mot respiration. En fait, la majorité des élèves du groupe 1 sont liés la respiration à la vie (Ils nous rappelaient en quelque sorte le souffle vital des savants des derniers siècles). Or, les élèves du groupe 2 qui ont appris l'aspect énergétique de la respiration, ont plus ou moins des représentations correctes à propos de la définition du mot « respiration ». On peut dire que cette notion reste malgré tout peu maîtrisée par l'ensemble des élèves.



Graphique 2 : Résultats obtenus relatifs à la localisation de la respiration

Les représentations des élèves concernant la localisation des phénomènes respiratoires sont liées pour une bonne part à leurs conceptions sur la fonction de la respiration.

N.B : Plusieurs élèves déterminent plus qu'un lieu de respiration (les savants anciens ont confronté le même obstacle).

Groupe 1 : La lecture du graphe montre que 54 % des élèves voient que la respiration s'effectue au niveau de l'appareil respiratoire bien qu'ils ont vu au collège que la respiration s'effectue au niveau du poumons et plus précisément dans les alvéoles pulmonaires. Il est probable que les réponses de ces élèves étaient dues à l'utilisation de la connaissance première enseignée en troisième année du primaire, là où l'enseignement est centré sur la structure de l'appareil respiratoire et les aspects externes (expiration et inspiration) de la respiration. Cette connaissance première reste gravée dans leur structure cognitive et l'empêche d'évoluer.

La deuxième catégorie de réponses était de 31 % des élèves qui ont précisé le rôle des poumons dans la respiration. Donc, nous pouvons dire que beaucoup de réponses sont justes au moins par rapport au niveau de formulation de ce concept dans le livre de la troisième année du collège.

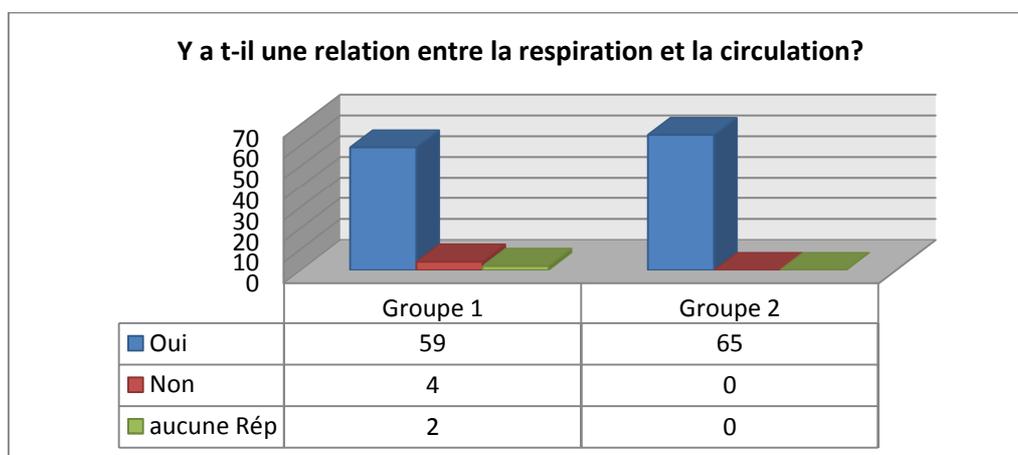
D'après le graphe, on remarque que 10 % des élèves qui sont allés plus profondément en indiquant que cette fonction vitale s'effectue au niveau des alvéoles des poumons, bien que les échanges gazeux respiratoires au niveau des alvéoles ne sont évoqués que secondairement dans la troisième année du collège. Ceci peut être expliqué par une grande curiosité que possède ces élèves qui veulent comprendre plus de détails sur ce concept biologique.

Il y a 5 % des élèves ont répondu que la respiration se déroule au niveau des cellules et des mitochondries. Ce niveau de formulation du concept de respiration ne correspond pas à leur niveau scolaire. Donc, Peut être, ces élèves sont anticipé le programme scolaire des années prochaines ou ils ont répondu au hasard.

Groupe 2 : La moitié des élèves (51 %) ont répondu que la respiration s'effectue au niveau des cellules et des mitochondries. Nous pouvons dire que les élèves du groupe 2 ont pu de mieux cerner la localisation de la respiration, on sait que ces élèves ont appris cette année la respiration cellulaire.

Les résultats obtenus concernant la localisation de la respiration au niveau de l'appareil respiratoire et au niveau des poumons était de 46 %. Ceci montre que ces élèves ont trouvés des difficultés à assimiler l'aspect moléculaire des phénomènes biologiques, alors qu'ils apprennent facilement tout ce qui est concret et perceptible, puisque on leur explique bien ce concept dans le primaire et le collège avec des images et des schémas qui expriment les différents aspects visibles de la respiration à savoir : l'expiration ,l'inspiration, la structure de l'appareil respiratoire, variation du volume de la cage thoracique et variation de l'intensité respiratoire au cours d'une activité physique.

Cependant, les élèves du groupe 2 ont pu de mieux cerner la localisation de la respiration par rapport au groupe 1. Autrement dit, on voit qu'il y a une évolution des représentations des élèves du groupe 2 concernant les lieux de la respiration.



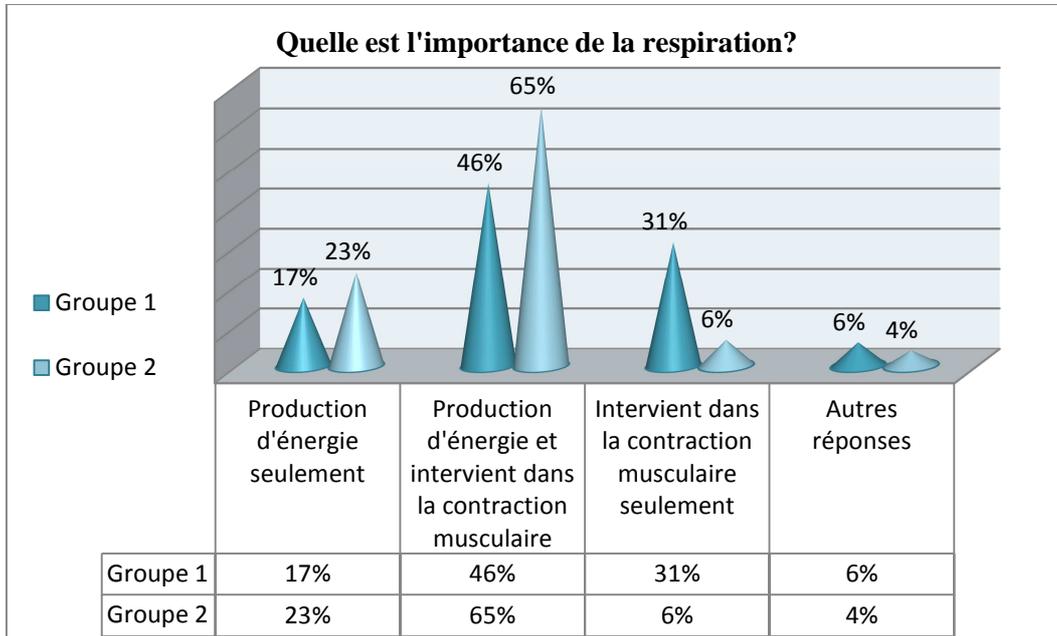
Graphe 3 : Les résultats obtenus relatifs à la relation respiration/circulation

Groupe 1 : Le graphe ci-dessus montre que 59 élèves parmi 65 ont répondu correctement à la question. Mais ceci ne veut pas dire automatiquement qu'ils ont compris la question peut être que la réponse de certains d'entre eux a été choisi au hasard. Il se peut aussi que certains de ces élèves ne comprennent pas le comment de cette relation, leurs réponses semblent être justifiées par l'existence de plusieurs termes dans le programme du collège qui prouvent que ces deux concepts sont liés, comme exemple de ces termes, nous pouvons citer : sang riche en O₂, sang riche en CO₂.

Seuls quelques élèves du groupe 1 possèdent des conceptions fausses à propos de la relation respiration/circulation ou ils n'ont pas répondu à la question. Peut être, ils n'ont pas compris la question ou ils ont oublié la relation respiration/circulation.

Groupe 2 : On remarque que 100% des élèves avaient une réponse juste. Nous pouvons dire qu'ils ont bien compris cette question. En plus, il est probable que quelques élèves ont répondu au hasard.

Cette question fermée était la plus simple dans le questionnaire, puisque presque tous les élèves y sont arrivés à répondre, à priori, nous pouvons dire que la liaison respiration- circulation ne posait pas problème aux élèves des deux groupes.

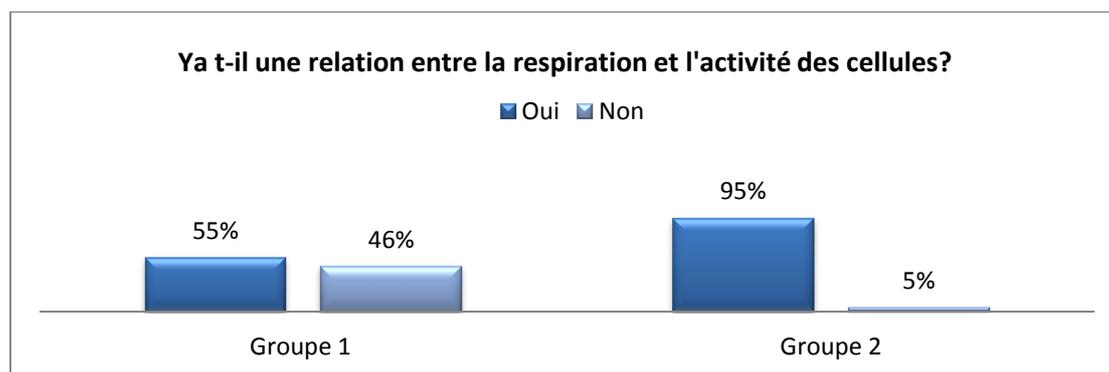


Graph 4 : Les résultats obtenus relatifs à l'importance de la respiration

Concernant cette question qui avait comme but de recueillir les représentations des élèves à propos du rôle de la respiration, nous avons obtenu les réponses suivantes selon les deux groupes.

Groupe 1 : Un effectif de 46 % des élèves ont mentionné que la respiration assure à la fois la production de l'énergie et intervient dans la contraction musculaire. On remarque aussi que 17 % des élèves ont attribué à la respiration un rôle limité à la production d'énergie (production d'énergie seulement). Le graphe montre que 31 % des élèves pensent que la respiration intervient dans la contraction musculaire seulement. Quand nous avons demandé aux élèves de proposer d'autres rôles de la respiration, nous avons constaté que la plus part d'entre ceux qui ont répondu, réaffirment les rôles cités précédemment en insistant sur la survie et l'activation de la circulation sanguine, un nombre restreint d'élèves qui soulevait la production d'énergie.

Groupe 2 : Un effectif des élèves questionnés de 23 % qui pour eux la respiration sert seulement à la production d'énergie. La deuxième catégorie comprend un effectif de 65 % qui ont répondu à la question en disant que la respiration sert à la production d'énergie et intervient dans la contraction musculaire. Seulement 6 % des élèves, ont attribué à la respiration un rôle limité à la contraction musculaire. Comme pour le groupe 1, lorsque nous avons demandé aux élèves de suggérer d'autres rôles de la respiration, nous avons constaté qu'ils mobilisent constamment leurs représentations initiales qu'ils n'ont pas pu oublier (activation de la circulation sanguine, survie de tous les êtres vivants). Un élève croit que la respiration permet de surmonter le trac, chose qui ne peut avoir comme origine que de notre culture, du fait qu'en cas de stress, de trac, de dépression, on a l'habitude de conseiller les gens de respirer doucement pour se soulager.



Grappe 5 : Les résultats obtenus relatifs à la relation entre la respiration et l'activité des cellules

Groupe 1 : Plus que la moitié des élèves ont répondu correctement malgré que la question dépasse le niveau de formulation de la respiration dans leur niveau scolaire. Il y a 46 % des élèves ont eu une réponse fautive. En fait, ils n'ont pas appris l'aspect cytologique de la respiration.

Groupe 2 : Les graphes montrent que presque tous les élèves (95%) ont eu une réponse juste. Ce pourcentage apparaît normal, puisque ces élèves ont étudié la respiration cellulaire. Par contre, seulement 5 % des élèves ont eu une réponse fautive bien qu'ils ont vu l'aspect cytologique de la respiration.

5 DISCUSSIONS

En général, les résultats de cette étude et l'analyse réalisée laisse transparaître l'idée que l'impact de l'enseignement de la respiration cellulaire est limité en se basant sur l'évolution des représentations des élèves du groupe 2 relatives au concept de respiration. En effet, seulement 42 % des cas des répondants manifestent une évolution des représentations du groupe 2 par rapport à celles du groupe 1. À la lumière d'une analyse des résultats, nous pouvons déduire que plusieurs conceptions manifestées par des répondants, relatives au concept de respiration, ne présentent pas de différences fondamentales entre le groupe 1 et le groupe 2. La complexité du concept de respiration à la 2^{ème} année du baccalauréat option science de la vie et de la terre est plus marquée grâce aux difficultés liées aux concepts physico-chimiques (énergie ; électron ; gradient ; etc.) Utilisés pour expliquer le mécanisme biologique de la respiration cellulaire [9].

Les conceptions des élèves chez les deux groupes dues principalement à un enseignement nommé « cloisonné » dans la mesure où elle ne permet pas aux élèves d'avoir une vision globale synthétique des phénomènes biologiques (respiration, régulation, circulation, etc.) [9]. En conséquence, l'élève ne peut jamais dégager le sens physiologique de ce concept. En fait, cette approche fragmentaire adoptée par notre enseignement peut véhiculer aux élèves des représentations spontanées, qui peuvent être soit erronées, soit incomplètes et qui risqueront d'être ancrées dans la structure cognitive de l'élève, et constituent de ce fait autant d'obstacles qui entravent le processus d'apprentissage. Ainsi, toute activité éducative visant une mise en évolution des conceptions des élèves implique au préalable un déploiement d'activités éducatives permettant une déconstruction des conceptions préalables des apprenants. Dans cette perspective, la tâche de l'enseignant ne sera ni facile ni évidente et impliquerait la mobilisation de compétences disciplinaires, didactiques et pédagogiques. Il n'en demeure pas moins que ces compétences ne sont pas toujours présentes chez l'enseignant. En conséquence, ce constat renvoie à la problématique de la qualité de la formation à l'enseignement et aux compétences des formateurs dans les centres de formation des enseignants.

Afin de dépasser ces obstacles d'apprentissage, d'abord, les responsables d'élaboration du programme des sciences de la vie et de la terre doivent proposer des nouvelles mises en relation du concept de la respiration avec la circulation, la régulation, etc. . Ensuite, ce concept doit avoir une logique interne et externe par rapport aux autres leçons afin de construire chez l'apprenant des concepts scientifiques ayant de sens dans sa vie. L'enseignant de ce carrefour concept doit avoir une formation à la biologie, la chimie et même la physique pour mieux enseigner les concepts physico-chimiques, les échanges gazeux respiratoires et le mécanisme de la mécanique ventilatoire.

Un nombre important de travaux didactiques permettent de conclure que les activités didactiques menées, dans le cadre de l'enseignement de certains concepts, auraient une portée limitée, en regard de compétences conceptuelles et

méthodologiques fixées [10]. Ceci est d'autant plus vrai pour des concepts jugés difficiles et complexes par des praticiens (enseignants) et des chercheurs (didacticiens). Dans ce sens, nous pouvons évoquer le concept de respiration.

En général, si on veut atteindre des résultats positifs dans l'enseignement du concept de respiration, cela exige :

- ✓ La nécessité de diversifier les exemples pour montrer l'importance de la fonction de respiration
- ✓ La nécessité de proposer des activités et des exercices qui permettent de mieux comprendre le concept de respiration
- ✓ La nécessité de donner des cas pathologiques liés au dysfonctionnement de la fonction de la respiration afin de sensibiliser les apprenants aux dangers de la pollution de l'air et de l'environnement
- ✓ Engager des recherches didactiques pour proposer de nouvelles structurations du contenu relatif au concept de respiration en procédant à de nouvelles manières de mener la transposition didactique
- ✓ Proposer des contenus scolaires fondés sur des analyses préalables de l'histoire de la construction du concept de respiration
- ✓ Réaliser des formations continues aux enseignants des sciences de la vie et de la terre afin d'améliorer leurs compétences disciplinaires, pédagogiques et didactiques

6 CONCLUSION

Notre travail sur les représentations des élèves, permet de démontrer que ces élèves ayant des représentations préalables relatives au concept de respiration. On a repéré dans les dissertations des élèves, que beaucoup d'entre eux sont embêtés par des représentations provenant soit de leurs expériences premières, consolidées par la culture de la société, soit par le type d'enseignement dispensé. Donc, nous pouvons dire que la plus part des élèves interrogés n'ont pas bien appris la respiration, ceci est prouvé par l'oubli excessif et la perte du sens scientifique de ce « carrefour » concept biologique.

Notre étude montre que l'impact de l'enseignement de la respiration cellulaire sur l'évolution des représentations des élèves est limité relativement au concept de respiration et les concepts physicochimiques de la respiration représentent des obstacles qui peuvent entraver le processus enseignement-apprentissage.

Nous signalons qu'il y a des limites de la notion de représentations dans une perspective scolaire qui sont :

- ✓ Difficultés pour cerner les représentations des élèves ;
- ✓ Difficultés à l'exploitation didactique des représentations des élèves ;
- ✓ Contraintes temporelles, surtout pour le secondaire où le volume horaire destiné au programme des sciences de la vie et de la terre est limité ;
- ✓ Exigence des compétences disciplinaires, pédagogiques et didactiques de l'enseignant pour tenir en compte les représentations des élèves pour enseigner les sciences de la vie et de la terre.

REFERENCES

- [1] A.GIORDAN & G.DE VECCHI (1987). Les origines du savoir. Neuchâtel-Paris, Delachaux & Niestlé.
- [2] Astolfi Jean-Pierre, Develay Michel. (1989). La didactique des sciences, P.U.F.
- [3] A. Giordan et J.L. Martinand (éd), Communication, Education, culture scientifiques et industrielles, Actes JIES 10, A. Giordan & J.-L. Martinand, 1988
- [4] Rapport du conseil supérieur de l'enseignement, Royaume du Maroc, 2008
- [5] DUIT R. & PFUNDT H. (1999). Bibliography: Students' alternative frameworks and science education. Kiel : IPN.
- [6] JOSHUA S. & DUPIN J.-J. (1999). Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques. Paris : Presses universitaires de France.
- [7] DI SESSA A. A. (2002). Why conceptual ecology is a good idea. In M. Limon & L. Mason (éd.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*, p. 29-60.
- [8] VOSNIADOU S. (2002). On the Nature of Naive Physics. In M. Limon and L. Mason (éd), *Reconsidering the Processes of Conceptual Change issues in theory and practice*, Springer, p. 61-76.
- [9] Madrane Mourad et al. (2006). Obstacles liés à une approche physico-chimique : cas des phénomènes énergétiques des plantes vertes. Bulletin n° 1-2006, Bulletin de l'APBG Association des professeurs de biologie et de géologie (France). Pages (111-121)
- [10] Gérard de Vecchi, Nicole Carmona-Magnaldi. (1996), Faire construire des savoirs, Hachette éducation.