

# Débat scientifique et interaction pédagogique pour l'apprentissage en sciences.

## Résumé

La mise en œuvre de l'enseignement expérimental dans les disciplines scientifiques est handicapée par des contraintes multiples. Se pose alors le défi de faire réaliser aux élèves l'apprentissage scientifique. Un dispositif pédagogique a été expérimenté pour l'étude de la respiration ; il vise la construction des connaissances à travers les interactions des élèves au cours de débats en situation de classe. Les résultats montrent la capacité des élèves à traiter et à mobiliser l'information scientifique pour apprendre. Les enseignants ont bien apprécié le dispositif étudié malgré des difficultés de régulation des échanges pour respecter leur fiche de préparation pédagogique. Une formation adéquate des enseignants et une nouvelle approche de la programmation des apprentissages s'avèrent nécessaires.

**Mots clés :** *interactions, débat scientifique, erreur, co-construction*

## Abstract

The experimental teaching in science is handicapped by multiple constraints. This raises the challenge of achieving scientific learning. An educational device was tested for the study of respiration; it involves the construction of knowledge through interaction of students in debates in the classroom. The results show the ability of students to deal with and mobilize scientific information to learn. Teachers appreciated the studied device despite regulatory of exchanges difficulties in meeting their educational preparation sheet. Proper training for teachers and a new approach to programming of learning are needed.

## INTRODUCTION

En s'engageant dans une activité pédagogique avec ses élèves, l'enseignant a le projet de leur faire apprendre, projet qu'il formule à travers une préparation pédagogique et le choix de moyens didactiques qu'il estime être les mieux indiqués pour l'atteinte de ses objectifs, en tenant compte des contraintes spécifiques de mise en œuvre de son enseignement. Les indications du curriculum imposent le contenu et aident au choix des méthodes mais l'essentiel des actions qui seront conduites au cours de la séquence relève des décisions et des compétences de l'enseignant à accompagner les élèves dans la réalisation de leurs apprentissages. L'idée que tout enseignant a pour intention de faire réussir les apprentissages de ses élèves est un a priori (et en même temps, un postulat) et cette intention entraîne l'adoption de postures et d'attitudes, parfois même susceptibles de compromettre l'atteinte des objectifs pour lesquels se conduit l'activité pédagogique. L'élève quant à lui est dans la situation paradoxale de celui pour lequel tout se prévoit et se fait, mais dont la participation à l'élaboration de l'intention éducative n'est pas requise. « Le métier d'élève est assigné aux enfants et aux adolescents comme un métier statuaire, à la manière dont un adulte est mobilisé par l'État dans un jury ou une armée. Juridiquement, le travail scolaire est plus proche des travaux forcés que de la profession librement choisie » (Perrenoud, 1994).

Bien souvent – trop souvent ! – même la contribution de l'apprenant à la mise en œuvre de la séance d'enseignement-apprentissage reste marginale en dépit d'approches déclarées socioconstructivistes selon lesquelles, pourtant, les restructurations conceptuelles de l'élève par l'élève lui-même est la clé de voute de la construction progressive de ses connaissances, construction se faisant au travers des interactions sociales. Pour offrir des opportunités de réussite à l'action éducative, les stratégies en classe doivent donc comprendre celles de l'adhésion de l'élève aux enjeux de la séance d'enseignement.

Au-delà de l'étape de motivation de l'apprenant pour la leçon telle qu'indiquée dans les modèles de fiches de préparation pédagogique, l'enseignant est amené à penser son activité en termes de qualité d'interactions (contenus, fréquences, styles) entre lui et ses élèves (interactions verticales) et entre les élèves eux-mêmes (interactions horizontales) afin que la relation de ceux-ci avec le savoir proposé puisse être porteuse de sens et favorable à l'apprentissage. C'est en cela que l'enseignement est « un processus interactif, interpersonnel, intentionnel, finalisé par l'apprentissage des élèves » (Altet, 1994, p. 125) ; la pertinence d'une approche pédagogique s'apprécie à ses capacités de réaliser un tel processus.

L'adoption officielle d'approches relevant des pédagogies « actives » à la suite de la pédagogie par objectifs (PPO) procède de la volonté des acteurs de l'éducation du Burkina Faso de mettre vraiment « l'élève au cœur de ses apprentissages » ; cependant, sur le terrain, les enseignants peinent à mettre en œuvre ce choix et la PPO reste généralement en œuvre en sciences de la vie et de Terre dans un contexte où l'insuffisance des ressources didactiques et l'importance des effectifs de classe handicapent presque partout la mise en œuvre de l'enseignement expérimental.

L'examen de quelques indicateurs de l'éducation montre que l'efficacité interne du système éducatif burkinabè est insatisfaisante au regard des objectifs et de l'agenda de l'éducation pour tous. En effet, l'annuaire statistique 2013 de l'Institut national de la statistique et de la démographie (INSD) indique que pour l'année 2010-2011, le taux d'admission dans l'enseignement post-primaire était de 32,6 % (29,5 % pour les filles et 35,6 % pour les garçons) et le taux brut de scolarisation pour le post-primaire et le secondaire de 23,9 % (20,4 % pour les filles et 27,5 % pour les garçons). S'agissant des résultats des élèves aux examens de l'enseignement secondaire général (ordre concerné par le présent travail), en 2012, le taux de succès au BEPC était de 52,3 % et celui au Baccalauréat de 40,9 %.

L'importance de l'action enseignante et l'existence de l'effet-enseignant sont largement reconnus par la communauté scientifique avec la remise en cause des conceptions selon lesquelles l'enseignement consisterait « en une application directe de modèles théoriquement préconstruits » et qu'il existerait « un lien immédiat, direct et exclusif entre l'enseignement et les apprentissages » (Lenoir, 2009, p. 11). Et même si « l'effet enseignant » reste difficile à évaluer de manière précise du fait de l'intégration complexe des

variables intervenant dans l'analyse de la réussite d'un élève, son importance peut se reconnaître à travers l'impact de l'agir enseignant en situation de classe que ce soit en termes de planification, d'interaction avec les élèves et de retour sur l'action. (Martineau et Gauthier, 1999, p. 492).

La recherche de dispositifs d'enseignement-apprentissage efficaces, au cœur du présent travail, participe au traitement de la problématique d'amélioration des performances du système éducatif. Dans des classes de première D, a été expérimenté un dispositif pédagogique prenant appui sur le statut de l'erreur dans la dynamique des apprentissages et utilisant le débat sociocognitif dans des cours portant sur la respiration.

## CADRE THEORIQUE

L'apprentissage consiste en l'acquisition des connaissances par déconstruction des représentations (Giordan, 1996) et de compétences d'utilisation des connaissances construites pour la résolution de problèmes de la vie. Les méthodes pédagogiques traditionnelles ont fait la preuve que même avec un corpus de connaissances parfaitement élaborées et découpées en leçons, les objectifs d'apprentissage ne peuvent être atteints lorsque l'élève reste confiné au rôle de récepteur passif. Dans la perspective « d'identifier et de promouvoir les pratiques [...] qui aident les élèves à réaliser le plus efficacement possible les apprentissages souhaités, [...] tous (chercheurs, décideurs, formateurs d'enseignants, encadreurs pédagogiques, parents, praticiens de la classe) s'accordent à rejeter l'enseignement dit «traditionnel». (Gauthier et Dembélé, 2004, p. 1).

Selon Morf (1994, p. 31), « l'effet majeur du constructivisme sur la pédagogie est un effet d'ouverture: il justifie l'entrée en scène de pédagogies et de didactiques qui fondent l'acquisition du savoir sur l'élaboration des connaissances par l'élève lui-même ». Dans une perspective socioconstructiviste, il se réalise donc à travers la résolution collective des problèmes proposés au regard des objectifs de la leçon. La pertinence du problème proposé par l'enseignant et l'autonomie des apprenants dans l'exploration des solutions possibles sont des conditions essentielles pour que les élèves acquièrent les compétences de mobilisation des apprentissages réalisés en classe pour la résolution des problèmes réels (Yager et McCormack, 1989). C'est pourquoi le problème est formulé sous forme de situation-problème et la qualité des interactions entre enseignant et élèves et des élèves entre eux est un facteur essentiel pour les apprentissages.

La modélisation de la pratique enseignante de Altet (2002) fait ressortir que cette pratique « se déroule dans un système de contraintes et de choix, dans un jeu de tensions » et le processus d'enseignement-apprentissage se réalise grâce au type de médiation et de compromis que [l'enseignant] met en œuvre avec ses élèves ». Comme l'écrit Lerbet-Sereni (2006, p. 15), cet entre-deux « définit un état de tensions, un inter-monde par lequel chacun passe et trouve l'autre pour revenir à lui-même » et c'est cet espace, lieu d'expression et d'accueil des différences, qui « contribue à la dynamique du système relationnel. » Et selon Cusset (2011, p. 1), « c'est dans l'interaction avec les élèves que se joue l'essentiel des différences » d'efficacité des enseignants.

Une interaction sociale donnant l'occasion aux élèves de prendre conscience de la différence de leurs points de vue est source de conflit sociocognitif qui, « porté jusqu'aux limites supportables » pour eux (Doise et Mugny, 1981), favorise une forme de décentration et une réorganisation des connaissances initiales. Selon Altet (1994, p. 124), « le concept d'interaction pédagogique recouvre l'action et les échanges réciproques entre enseignant et élèves, action mutuelle, stratégies en réciprocité se déroulant en classe ». La confrontation des représentations des élèves en classe provoque « une perturbation interne de la pensée » (Giordan, 1998, p. 134) sur des connaissances établies et non réfutables pour l'élève, favorise ainsi la motivation et le questionnement et permet, par « investigations et structurations progressives » (intégration de sa position dans une nouvelle régulation), la mise en place de savoirs nouveaux, élaborés à travers la résolution collective des problèmes.

Le dispositif préconisé pour le traitement pédagogique des conflits cognitifs suscités par la situation-problème est le débat sociocognitif : à partir d'un problème donnant lieu à une expression de positions divergentes de la part des participants, l'enseignant conduit le « débat avec trois règles pour catalyser l'évolution des représentations » (Reynaud et Favre, 1997, p. 125). Ces trois règles sont ainsi formulées :

- chacun a de bonnes raisons de penser ce qu'il pense (postulat de cohérence) ;
- ses arguments méritent d'être exposés à l'assistance ;
- une personne ayant un avis différent est incitée à reformuler le développement de la thèse adverse.

Cependant, le dispositif préconisé ne peut rendre possible « la construction du sens, de la signification [...] d'un objet en situation d'apprentissage » (Vinatier, 2007, p. 35) que si certaines conditions sont respectées. Ainsi, aux trois règles précédemment énoncées, s'ajoute l'interdiction des comportements tendant à dévaloriser l'interlocuteur ou à lui manquer de respect ainsi que les moqueries, les jugements et toute autre attitude susceptible de compromettre la sécurité affective des participants aux débats. Il s'agit là de mettre en place un cadre favorable à l'expression sans censure des représentations et l'adhésion des élèves à la mise en œuvre des débats.

Un enseignement fondé sur la construction des compétences des élèves à résoudre des problèmes s'appuie sur leur autonomie et leur engagement personnel dans la réalisation de leurs apprentissages. Il définit le rôle de l'enseignant qui est celui de facilitateur, de guide, pour stimuler la participation du groupe, aider les élèves en mettant l'accent sur leur aptitude à la réflexion et leur autonomie dans la recherche de l'information à travers un questionnement pertinent (Barron et Darling-Hammond, 2008; Chamberlin et Moon, 2013). Le débat scientifique doit remplir trois fonctions essentielles : une fonction didactique épistémique, une fonction didactique et une fonction pédagogique (Orange, 1999). Ainsi, l'essentiel de l'activité pédagogique devant conduire à la construction de ces connaissances ne consiste pas à laisser les élèves débattre entre eux et ne peut échapper à l'autorité pédagogique de l'enseignant, dont l'avis « apparaît à un moment nécessaire pour apporter, notamment, l'information nécessaire à la résolution du problème ». (Brunet, 1998, p. 156). De la pertinence et de la fréquence des interventions de l'enseignant dans les débats conduits entre les élèves dépend la réalisation des objectifs qu'il s'était fixés.

La relation que l'enseignant entretient avec ses élèves entre dans le cadre d'un contrat didactique, concept introduit en mathématiques par Brousseau, qui désigne l'ensemble des comportements de l'enseignant attendus par l'élève et l'ensemble des comportements de l'élève attendus par l'enseignant dans la mise en œuvre d'une activité d'apprentissage (Brousseau, 1980, p. 181). Il fait donc référence à ce que chacun des deux partenaires aura à gérer dans la relation didactique mais pour être efficace, il est en grande partie implicite afin que le problème proposé à l'élève par l'enseignant ne soit pas vidé de l'obstacle didactique vecteur de l'apprentissage attendu de l'élève par l'enseignant. Les interventions de l'enseignant dans les échanges des élèves seront d'autant plus importantes que ceux-ci le solliciteront beaucoup ou qu'il estimera trop souvent devoir les aider, en particulier, s'il estime que la conduite de la leçon est susceptible de compromettre l'atteinte de ses objectifs.

## METHODOLOGIE

Le dispositif proposé à l'étude met en interaction le statut de l'erreur, le débat sociocognitif et l'apprentissage par résolution de problèmes. Une représentation de l'erreur comprise comme une composante intrinsèque à la dynamique des apprentissages est nécessaire à la conduite de débats sociocognitifs, dans le respect de chacun et de ses idées, permettant ainsi une expression vraiment ouverte et un traitement des conflits cognitifs (Kyélem, 2014).

Trois phases ont marqué la conduite de l'étude :

- la formation d'enseignants en vue de l'appropriation et à la mise en œuvre du dispositif pédagogique ;

- la conduite des leçons et l'observation des classes ;
- l'entretien avec les enseignants et les élèves.

### 1. La formation des enseignants

La formation des enseignants a eu trois contenus :

- le statut de l'erreur dans les apprentissages et l'importance d'une représentation de l'erreur lui donnant un statut d'information dont la prise de conscience est nécessaire pour apprendre (donc distincte de la faute). Les participants ont été invités à exprimer leurs représentations de l'erreur et, confrontés à leurs propres erreurs à travers le test dit du lézard (Favre, 1995, Kyélem, 2013), ils ont été amenés à exprimer leurs ressentis. Cette formation était un préalable jugé indispensable pour la réussite d'un vrai débat scientifique ;
- le concept de situation-problème et sa pédagogie ;
- la mise en œuvre de débats sociocognitifs avec ses règles, ses interdits et l'utilisation de ces débats comme activité en vue de la réalisation des objectifs du cours.

Les enseignants devaient à leur tour, avant les séances de cours, entraîner les élèves au dispositif notamment en ce qui concerne une représentation positive de l'erreur en tant qu'élément du processus d'apprentissage distinct de la faute et sur les règles du débat sociocognitif.

### 2. La conduite des leçons et les observations de classe

Les élèves ont été au préalable répartis en groupe de cinq élèves pour la recherche de l'information et le traitement des situations-problèmes.

L'option a été faite pour des problèmes scientifiques, avec l'intention de rester dans le cadre des buts énoncés des programmes officiels qui visent une maîtrise des concepts scientifiques et une capacité de transfert des connaissances acquises vers la résolution de problèmes.

Dans toutes les classes, chacune des deux séances de cours a duré 55 mn. L'observation des activités menées, faite à l'aide d'une grille d'observation élaborée à cet effet, a consisté à suivre les interactions entre l'enseignant et les élèves et les élèves entre eux et à apprécier la gestion de la classe par l'enseignant au fil des débats. Quatre groupes d'indicateurs ont été utilisés pour apprécier la qualité des interactions dans la classe :

- la tendance des élèves à s'exprimer librement,
- l'importance et la qualité des échanges entre les élèves,
- l'importance et la qualité des échanges avec l'enseignant,
- la qualité des régulations de l'enseignant (sa capacité à faire respecter les règles du débat et ses interventions auprès des élèves).

Les interactions sont attendues à deux moments :

- le temps des travaux de groupes qui comprend une part d'activité de recherches documentaires et une part de travail en commun pour l'exploitation des documents rapportés, le partage de l'information et son traitement en vue des réponses à apporter aux situations-problèmes ;
- le temps de la séance d'enseignement-apprentissage pendant lequel les interactions se font entre les élèves appartenant à des groupes différents, entre les élèves d'un même groupe quand les représentations figurant dans les propositions commencent à changer et entre l'ensemble des élèves et l'enseignant.

### 3. Les entretiens post-cours

Les entretiens avec les enseignants ont consisté à leur demander leurs appréciations sur trois points : les difficultés/facilités à conduire la leçon (gestion de la classe notamment), la qualité de la participation des élèves, la pertinence du dispositif proposé pour les apprentissages.

Les élèves et enseignants de quatre classes de première D de la ville de Ouagadougou (deux du privé et deux du public) ont participé entre janvier 2013 et mars 2014 à l'étude dont une partie des résultats est présentée dans le présent document. Les classes étaient mixtes et avaient un total de deux cent trente élèves, le plus faible effectif étant de 36 et le plus grand de 82.

## RESULTATS

### 1. Appréciation de la formation et du dispositif pédagogique par les enseignants

Au cours des entretiens post-expérimentations que nous avons eus, les enseignants ont exprimé les appréciations suivantes :

- la confrontation à l'erreur leur a été très vive et ils ont mieux compris l'insécurité affective que peuvent avoir les élèves lorsque les pratiques d'enseignement occultent la prise en compte du traitement de l'erreur et de l'émotion,
- la mise en œuvre du débat sociocognitif a été facilitée par l'évolution de leur relation à l'erreur,
- les cours étaient beaucoup plus animés que leurs séances habituelles et en écoutant les hypothèses et les arguments des élèves, ils avaient le sentiment de suivre le cheminement de la construction de leurs connaissances. Mais le dynamisme de la classe pose aussi un problème de gestion de classe dans la mesure où la mise en œuvre du curriculum suit une progression décidée par l'autorité scolaire,
- les enseignants ont estimé que l'approche leur a donné de mieux comprendre leurs motivations dans les situations où ils ont jugé bon d'introduire une régulation dans les interactions entre les élèves, voire de réorienter le sens des débats,
- la durée de la formation a été jugée trop courte et pour un public restreint ; de ce fait, les enseignants ont exprimé la crainte que les acquis ne restent que très peu de temps.

### 2. Observations sur la conduite des activités de classe par les enseignants

#### 2.1. Appréciation d'ensemble de la mise en œuvre des cours

La première séance de mise en œuvre a été très approximative dans une classe, plus laborieuse dans une autre tandis que dans les trois autres, les élèves et les enseignants sont immédiatement entrés dans le processus sans difficultés apparentes. Mais les séances se sont bien déroulées par la suite.

Les élèves eux aussi ont fait preuve d'une relative réserve au début de la première leçon, un peu comme s'ils ne croyaient pas encore aux principes de travail annoncés par l'enseignant. Puis, le sentiment de liberté est allé se renforçant en même temps que la diversité des propositions et la richesse des échanges.

Le changement d'attitude des enseignants s'est traduit par une très bonne qualité de participation des élèves aux séances de cours. Bien souvent, la gestion de la classe a été difficile et la tendance à revenir sur les pratiques habituelles n'était pas loin chez certains enseignants lorsque les débats leur donnaient la conviction de perdre le contrôle des événements.

#### 2.2. Les différentes situations observées dans la conduite des apprentissages

Quatre types de situations ont été observés dans les classes qui permettent d'apprécier la qualité des interactions entre les élèves et entre élèves et enseignant.

##### 2.2.1 Situation de régulation des interactions réussie

Les élèves bénéficient d'une large autonomie dans les échanges, d'une régulation efficace des prises de parole et de bonnes reformulations jusqu'à la construction d'un consensus ou d'une réponse servant de base à la synthèse du professeur et à la poursuite du cours.

### 2.2.2 Situation de perte de contrôle des débats

Les élèves, mettant à profit leur liberté de parole, proposent des arguments et contre arguments si abondants que le professeur ne sait plus à quel moment il doit intervenir pour faire une synthèse sur les réponses proposées. Mais il n'interrompt pas les élèves et la leçon se termine sans que l'ensemble des objectifs du cours aient été atteints ; ce qui met le professeur dans une forme de désarroi concernant l'exécution de la suite de ses planifications pédagogiques.

### 2.2.3 Situation de reprise en main de la classe

Ces situations surviennent dans des circonstances diverses :

- il y a d'abord celles où le professeur suit scrupuleusement son découpage horaire et au moment où il estime qu'il est temps de passer à l'activité suivante, interrompt les débats, parfois en plein échange. Il fait une synthèse correspondant davantage à ce qui figure dans ses préparations qu'aux contenus des échanges des élèves.

- il y a ensuite celles où le professeur se sent perdu dans le fil des débats, estimant alors que les échanges ne sont pas strictement circonscrits aux objets du cours ; il interrompt les débats avec sa synthèse et décide soit de passer à l'activité suivante, soit de poursuivre le cours par un exposé magistral de la leçon du jour.

- il y a celles où le professeur estime que le contenu des débats ne va pas dans le sens de ses attentes ; les élèves choisissent des hypothèses ou des réponses qui ne sont pas celles figurant dans ses réponses attendues. Il veut que la réponse ou l'hypothèse figurant dans sa préparation fasse partie des propositions des élèves aussi textuellement que possible, ce qui lui permettrait de poursuivre aisément son enseignement. Il fait des intrusions intempestives dans les échanges des élèves, les interrompt parfois, suggère des réponses ou réfute de façon péremptoire celles proposées et finit par livrer un exposé magistral de la leçon.

### 2.2.4 Situation où l'activité est compromise

La relation entre l'enseignant avec les élèves ne se construit pas et les interactions se passent mal ; l'enseignant donne des consignes que les élèves ne suivent pas notamment en ce qui concerne les travaux de groupe. La conduite des débats sociocognitifs est compromise non seulement du fait de l'insuffisance du volume des échanges et des arguments développés par les élèves mais aussi parce que l'enseignant exprime ouvertement sa contrariété, notamment par des remontrances et des menaces verbales. L'enseignant décide de changer d'activité et annonce les sanctions prévues pour les élèves qui ne feront pas le travail pour la séance suivante. A la séance suivante, plus du tiers des élèves de la classe est absent, mais en revanche, ceux qui sont présents sont beaucoup plus participatifs et les interactions sont de bonne qualité.

## 3. Co-constructions des connaissances en situation de classe par le débat

La situation-problème proposée prend appui sur l'expérience de Paul Bert et engage les élèves dans les apprentissages portant sur la respiration dans le cadre de la thématique du curriculum intitulée « utilisation des aliments ». Elle était ainsi formulée :

Des élèves n'arrivent pas à se mettre d'accord sur ce qu'est la respiration. Afin de les y aider, on vous propose les activités suivantes basées sur quelques observations :

- un fragment de muscle frais placé dans un tube à essais dégage du dioxyde de carbone qui trouble l'eau de chaux. Paul Bert en conclut que le muscle respire ;

I

- a teneur en oxygène du sang entrant et sortant d'un muscle au repos sont respectivement de 20 ml et de 12 ml. Au vu de ces valeurs, on s'attendrait à ce que le muscle augmente sans cesse de volume puisque la quantité d'oxygène qui entre est plus grande que celle qui sort ;
- la teneur en oxygène du sang entrant et sortant d'un muscle au repos sont respectivement de 20 ml et de 3 ml.

**Activité** 1: répondez aux questions suivantes en justifiant toujours votre réponse par une argumentation scientifique :

1. Est-ce possible que le muscle respire?
2. Si ce sont nos organes qui respirent, alors à quoi servent nos poumons?
3. Le dégagement de dioxyde de carbone suffit-elle pour montrer que le muscle frais respire ?

Dans toutes les cinq classes, les échanges entre les élèves ont été très animés à tel point que dans une des classes (Cl.3), l'enseignant s'est laissé déborder au point de se retrouver dans l'incapacité de réaliser toutes les activités prévues pour la séance. Voici quelques extraits de classe :

### Question 1 : Est-ce possible que le muscle respire?

#### Classe 1 (Cl.1)

- E1.1 : *Oui l'expérience montre que le muscle respire puisqu'il y a dégagement de dioxyde de carbone.*
- E1.2 : *Non un organisme qui respire absorbe du dioxygène ; or ici il n'est pas dit qu'il en absorbe.*
- E1.3 : *Oui le muscle frais contient du sang et le sang du dioxygène ; si le muscle dégage du dioxyde de carbone donc il respire.*
- E1.4 : *Non, l'absorption du dioxygène est essentielle pour la définition de la respiration ; ici ce n'est pas clair.*
- E1.5 : *Oui, on dit aux athlètes de ne pas porter d'habits serrés car le dioxyde de carbone rejeté reste comprimé si les habits sont serrés, ce qui entraîne des difficultés respiratoires. Donc les muscles respirent.*
- E1.6 : *Non, c'est vrai le muscle respire, mais un muscle disséqué ne peut pas absorber soi-même le dioxygène ; or la respiration suppose absorption d'O<sub>2</sub>.*
- E1.7 : *Non le muscle ne respire pas ; si on parle de respiration, on parle de voies respiratoires ; s'il n'y a pas de voies respiratoires, on n'a qu'à me démontrer qu'il y a respiration.*
- E1.8 : *Oui, ici l'absorption de O<sub>2</sub>, c'est par le sang ; le dioxyde de carbone vient du muscle. L'O<sub>2</sub> est contenu dans le sang du muscle frais.*

Le professeur intervient sur la question des voies respiratoires en demandant à l'élève si son observation pourrait s'appliquer aux plantes. La réponse de l'élève est « non ». Il remarque que si la respiration existe aussi chez les végétaux, l'élève devrait alors envisager « le fait que les voies respiratoires ne sont pas essentielles dans la définition de la respiration ». Il invite ensuite tous les élèves à faire une synthèse en partant de la dernière proposition étant donné que c'est la question de la présence ou non du dioxygène qui les divise.

### Question 2 : Si ce sont nos organes qui respirent, alors à quoi servent nos poumons?

#### Classe 2 (Cl.2)

Dans cette classe, l'enseignant a eu beaucoup de mal à assurer la régulation des débats quand les échanges sont devenus très fournis, bien que les élèves soient restés très respectueux des consignes relatives à la prise de parole et au respect de l'autre dans les propos. Il a omis alors de demander des reformulations des propositions en particulier lorsque des élèves apportaient une contradiction à la réponse de leurs condisciples. L'enseignant reconnaîtra au cours de l'entretien qu'il y eut des moments où il se

demandait si les échanges cadraient toujours avec l'objet de la leçon et comment « reprendre la main ». Voici quelques extraits des débats :

- E2.1 : *Les poumons sont un carrefour des voies respiratoires : les poumons sont présentés comme un rond-point pour le dioxygène et le dioxyde de carbone, rond-point car chaque gaz vient d'un sens pour en emprunter un autre.*
- E2.2 : *Les poumons servent au ravitaillement des tissus en dioxygène.*
- E2.3 : *Les poumons servent à l'extraction du dioxygène des gaz pour le remettre au sang à travers des canaux très ramifiés.*
- E2.4 : *Les poumons sont des organes respiratoires : extraction du dioxygène et rejet de dioxyde de carbone. Les poumons sont chargés de prélever O<sub>2</sub> de l'air atmosphérique et de le mettre à la disposition des autres organes et de restituer à l'air atmosphérique le dioxyde de carbone venant de ces organes.*

Le professeur fait l'observation que les réponses de E2.1 et E2.2 se rapprochent, celle de E2.2 étant plus élaborée. Il invite le groupe auquel appartient E2.1 à prendre note de cette formulation et de dire par la suite ce qu'il en pense. Il redonne ensuite la parole aux élèves pour d'autres propositions.

- E2.5 : *L'O<sub>2</sub> sert à détruire l'acide lactique pour empêcher l'acidification du sang.*
- E2.6 : *Les poumons servent à enrichir le sang en O<sub>2</sub> et à la purification du sang.*
- E2.7 : *Une proposition de reformulation est proposée à l'interne du groupe : les poumons servent à charger le sang du dioxygène et à le débarrasser de dioxyde de carbone.*
- E2.8 : *Les poumons sont des réservoirs, contribuant à la purification de l'air respiratoire. La respiration de l'organisme reste insuffisante sans les poumons.*

E2.5, E2.6 et E2.7 font partie du même groupe. A la suite de la proposition de E2.8, E2.7 pose une question et E2.6 fait une observation :

E2.7 : *Est-ce que nous pouvons respirer en dehors des poumons ?*

E2.6 : *si E2.8 dit que la respiration de l'organisme reste insuffisante sans les poumons, c'est qu'il y a une autre voie respiratoire qui ne donne pas assez de gaz.*

Une discussion s'engage entre les élèves sur cette formulation de E2.8 et les élèves finissent par tomber d'accord que s'il s'agit d'une respiration pulmonaire, il n'y a que les poumons. Le professeur invite alors le groupe à reformuler sa phrase avant de demander d'autres propositions.

E2.10 : *Les poumons sont aussi des organes ; si on dit que les organes respirent, donc les poumons comme les muscles respirent. Seulement les poumons servent aussi à véhiculer l'air (...) en inspiration et en expiration.*

Certains élèves relèvent que dans leurs recherches l'acide lactique vient des processus chimiques qui ne déroulent pas dans les poumons. D'autres élèves contestent la localisation de ces processus chimiques et indiquent que selon leurs informations, il s'agit plutôt des cellules. Le professeur intervient en appréciant positivement cette dernière proposition. Puis il indique que les processus chimiques feront l'objet de la suite du cours. Il relance ensuite les échanges :

PCI.2 : *vous avez des propositions intéressantes mais je voudrais une précision : certains parlent de carrefour, de rond-point, d'autres de prélèvement, d'extraction, de mise à disposition et de restitution de O<sub>2</sub> ou de dioxyde de carbone ; d'autres encore de canaux très fins à travers lesquels se fait l'extraction ou la remise. A partir de ces éléments, vous devrez être en mesure de mieux reformuler le rôle des poumons.*

Les élèves proposent en fin de séance de mettre en commun les éléments de réponse de E2.1, E2.2, E2.3 et E2.4 pour formuler une réponse: il ressort de cette proposition que « les poumons sont au centre des

échanges de gaz entre l'organisme et l'environnement et dont entre le sang et le milieu extérieur ». Le professeur fait alors un exposé sur la notion de poumon en tant que surface d'échanges.

Question 3. Le dégagement de dioxyde de carbone suffit-elle pour montrer que le muscle frais respire ?

Voici deux extraits des échanges entre les élèves dans deux classes.

### Classe 3 (Cl. 3)

E3.1 : *Non car les échanges gazeux consistent en l'absorption d'O<sub>2</sub> et dégagement de dioxyde de carbone. (...) Or ici, l'absorption du dioxygène n'est pas montrée.*

E3.2 : *Oui, ça suffit car s'il y a dégagement de dioxyde de carbone, c'est qu'il y a absorption du dioxygène.*

E3.3 : *Non car dans l'expérience de Paul Bert, l'absorption d'O<sub>2</sub> n'a pas été montrée.*

E3.4 : *Non, un muscle frais soumis à une forte température dégage du dioxyde de carbone qui n'est pas due à une consommation du dioxygène.*

E3.5 : *Non un corps pourri dégage du dioxyde de carbone ; cela ne signifie pas qu'il absorbe du dioxygène.*

E3.6 : *On peut faire une combustion sans que ce soit un phénomène respiratoire ; et il y a dégagement de dioxyde de carbone.*

Le professeur a tenu particulièrement à faire faire pour chacune des propositions une ou deux reformulations. A la fin, il propose une synthèse de l'ensemble des propositions et vérifie l'évolution des positions des uns et des autres. Il rappelle une consigne :

PCI.3 : *Notez dans le cahier votre nouvelle réponse si votre position a évolué et aussi si possible les arguments qui vous ont poussés à changer votre proposition.*

Il revient sur les conclusions auxquelles les élèves ont abouti :

- Le muscle respire parce qu'il absorbe du dioxygène et rejette le dioxyde de carbone.
- Les poumons servent à la ventilation qui permet le renouvellement de l'air de l'organisme.
- Le rejet de dioxyde de carbone ne suffit pas car il y a lieu de démontrer l'absorption du dioxygène en plus de la preuve du rejet de dioxyde de carbone.

A la suite de ce récapitulatif, un élève (E3.9) revient sur la comparaison faite par son camarade (E3.6) entre la combustion et la respiration en indiquant que l'une concerne le non vivant et l'autre le vivant. Le professeur lui demande alors de clarifier sa position ; il est d'accord avec les conclusions mais relève seulement que la comparaison ne constitue pas pour lui un argument convaincant. Le professeur complète alors avec ceci :

PCI.3 : *L'expérience de Paul Bert a été complétée par un dispositif permettant de constater que le muscle frais absorbe du dioxygène. Il faut donc montrer à la fois l'absorption du dioxygène et le rejet du dioxyde de carbone.*

### Cl. 2.

A cette question aussi les élèves de la classe Cl.2 ont eu une participation très active. Certes, le professeur a encore éprouvé quelques difficultés à réguler les échanges, mais ses interactions avec les élèves ont été plus régulières. En particulier, elles ont permis de faire des reformulations et à des élèves de proposer des réponses permettant de corriger certaines représentations de leurs camarades. Voici quelques extraits des échanges :

:

- E2.11 *Oui le dégagement de dioxyde de carbone suffit parce que la respiration permet de dégager du dioxyde de carbone à partir de l'approvisionnement en O<sub>2</sub>.*
- E2.12 : *Non Il faut monter qu'il y a entrée de O<sub>2</sub> et dégagement de dioxyde de carbone pour conclure que le muscle respire.*
- E2.13 : *Non sans explication et des détails, ça ne suffit pas. La respiration ne peut être définie que s'il y a entrée d'O<sub>2</sub> et sortie de dioxyde de carbone et l'expérience ne le dit pas explicitement.*
- E2.14 : *Oui le dégagement de dioxyde de carbone par le muscle suffit ; on peut comparer la respiration avec un moteur à combustion : il est impossible pour le moteur de dégager de la fumée sans combustion de carburant. Donc s'il y a dégagement de dioxyde de carbone, il y a consommation du dioxygène*
- E2.15 : *Non, la comparaison n'est pas évidente : la fermentation dégage du dioxyde de carbone mais il n'y a pas consommation du dioxygène ; ce n'est pas pourtant une respiration.*

Une discussion s'engage alors entre les élèves sur la possibilité ou non d'avoir du dioxyde de carbone sans présence du dioxygène. Les élèves finissent par tomber d'accord qu'ils disent la même chose à savoir que la respiration suppose absorption d'O<sub>2</sub> et dégagement de dioxyde de carbone mais que la conclusion ne peut être donnée que si le protocole expérimental indique clairement qu'il y a eu consommation d'O<sub>2</sub>. Les propositions des élèves échappent souvent aux attendus du professeur qui a souvent de la peine à suivre toutes les pistes explorées par les élèves.

A l'issue des débats, le professeur fait une synthèse de l'ensemble des réponses et conclut que les réponses des élèves font ressortir que les poumons sont une surface d'échange et que le protocole expérimental devrait être plus explicite sur l'approvisionnement du muscle en O<sub>2</sub>.

Le professeur poursuit directement avec la lecture d'un résumé sur l'anatomie (rappels de 3<sup>ème</sup>) et la physiologie des poumons.

**Activité 2 : Emettez quelques hypothèses pour expliquer pourquoi le muscle n'augmente pas de volume.**

#### **Classe 4 (Cl.4)**

H1 : le muscle ne grossit pas parce que le dioxygène qui reste dans le muscle est utilisé dans la respiration. Il intervient dans les différentes réactions.

H2 : Si le muscle n'augmente pas de volume, cela signifie que l'oxygène ne reste pas dans le muscle.

H3 : le dioxygène a été utilisé et rejeté.

Le professeur décide de se limiter à trois propositions et demande aux autres élèves de les apprécier à la lumière de leurs propres hypothèses. Un élève fait tout de suite une remarque :

- E4.1 : *Si l'oxygène ne reste pas dans le muscle et n'est pas compris dans le volume sortant mesuré, où va-t-il ?*
- E4.2 : *Nous voulons dire qu'il ne reste pas en l'état dans le muscle mais utilisé et transformé.*
- E4.3 : *Dans ce cas, H2 et H3 pourraient être rassemblées.*
- E4.4 : *Concernant H3, le muscle ne peut pas rejeter le dioxygène et l'expérience ne le dit pas aussi.*
- E4.5 : *Si, l'expérience dit que le muscle rejette du dioxygène, mais H3 précise que O<sub>2</sub> est utilisé et rejeté. Comment est-ce possible ? Est-ce que c'est du dioxygène alors ?*
- E4.6 : *L'O<sub>2</sub> est rejeté sous forme d'eau.*
- E4.7 : *Le muscle n'augmente pas de volume car le dioxygène a été utilisé pour la formation de l'eau.*

Sur cette dernière proposition, le professeur invite les élèves à utiliser H1 comme hypothèse de base et de la compléter avec la proposition de E4.7.

### CI.1

Une seule hypothèse est donnée par un groupe. Malgré la demande insistante du professeur, aucun groupe ne réagit et le constat qu'il fait c'est que les autres groupes n'en ont pas élaborée. Voici la seule hypothèse proposée : Une partie du dioxygène inspirée se combine à l'hydrogène pour donner de l'eau et une partie du dioxygène inspirée se combine au carbone pour donner le dioxyde de carbone. On se réfère à l'équation équilibrée :  $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ .

Le professeur observe alors :

**PCI.1** : *Je félicite le groupe pour avoir fait une proposition. Mais est-ce que votre hypothèse correspond vraiment au travail demandé ? Ceux qui n'ont pas travaillé là, qu'est-ce que vous en pensez ?*

Après un silence, trois doigts se lèvent :

E1.9 : *L'O<sub>2</sub> inspiré se retrouve dans l'eau formée ; or dans l'équation il y a apparition de dioxyde de carbone, donc ce dioxyde de carbone provient de la décarboxylation.*

E1.10 : *Pourquoi H<sub>2</sub>O a un seul O alors que l'on respire de l'O<sub>2</sub> ?*

E1.11 : *Le dioxyde de carbone est toujours présent dans toute expérience avec le glucose par exemple la fermentation. Ce qui veut dire que le dioxyde de carbone provient de la molécule de glucose. Ex : dans la fermentation, à côté de l'alcool produit, il y a du dioxyde de carbone.*

Le professeur ne cache pas un certain agacement face à ces observations qui manifestement ne vont pas dans le sens de ses attentes. D'une manière générale, aucun des groupes n'a véritablement travaillé selon les consignes données et les élèves font preuve d'un refus manifeste d'entrer dans le cours avec des signes de désintérêt adressés de façon visible au professeur. Celui-ci se montre vraiment irrité face à des élèves qui ne répondent pas à ses questions, ne donnent pas d'explications à l'insuffisance du travail de recherches documentaires qui leur avait été demandé. Il les invite alors à travailler de nouveau en menaçant de retrait de point et d'expulsion de la classe ceux qui ne feraient pas le nécessaire demandé.

Par la suite, il poursuit la séance avec un exposé quelque peu haché et sans entrain portant sur l'intensité respiratoire et le quotient respiratoire sans qu'on ne sache vraiment le lien entre ces concepts et ce qui était prévu dans sa préparation pédagogique.

**Activité 3 : Ecrire un texte permettant de comprendre pourquoi le muscle n'augmente pas de volume malgré cette consommation d'oxygène.**

### CI.3

Le professeur décide de se limiter à la proposition de texte d'un groupe choisi au hasard et demande aux autres élèves de l'apprécier en se servant de leurs propres textes. Voici le texte proposé :

Les muscles utilisent du dioxygène et du glucose pour leur fonctionnement ; en effet un muscle en activité utilise beaucoup du dioxygène qui permettra l'oxydation du glucose. L'oxydation du glucose permettra la libération d'énergie nécessaire au fonctionnement du muscle et ensuite le muscle rejette des déchets tels que le dioxyde de carbone et de l'acide lactique. Donc en conclusion, le dioxygène permet la combustion du glucose qui à son tour libère l'énergie nécessaire au fonctionnement du muscle ; il n'y a donc pas d'augmentation de volume du muscle.

Ce texte est recopié au tableau. Des élèves lisent les propositions de texte de leurs groupes respectifs. Par exemples, un des textes s'appuie davantage sur les volumes entrant et sortant d'O<sub>2</sub> et fait des comparaisons

entre le muscle en activité et au repos. Un autre propose une décomposition de l'eau pour donner du dioxygène : cette dernière proposition est tout de suite rejetée au cours des débats par les élèves des autres groupes.

Le professeur organise ensuite l'activité sur le texte recopié au tableau et demande aux élèves de se prononcer sur les informations contenues dans le texte. Les mécanismes réactionnels d'oxydation du glucose sont alors proposés en appui par les élèves pour expliquer la non augmentation du volume du muscle.

A l'issue de cela, les élèves sont invités à reformuler leurs textes.

Le professeur fait dans la suite une synthèse en partant des processus d'oxydoréduction. Il aborde la notion d'accepteur final de protons et montre que le dioxygène intervient en fin de processus. L'O<sub>2</sub> du dioxyde de carbone ne provient donc pas d'une combinaison entre le carbone du glucose et l'oxygène entrant. L'eau n'est pas le premier composé formé mais le dioxyde de carbone qui provient du processus de décarboxylation.

## DISCUSSION

L'importance des interactions dans la construction des connaissances est largement développée dans les apprentissages des langues, où la perspective interactionniste est très sollicitée (Pekarek Doehler, S., 2000 ; Arditty, J., 2004 ; Vinatier, 2007).

Selon Kerbrat-Orecchioni, (2001, p. 53), « la perspective interactionniste confirme et même renforce l'idée selon laquelle parler c'est agir – ou interagir, en ce sens que tout au long du déroulement d'un échange communicatif quelconque, les différents participants exercent, les uns sur les autres, des influences de natures diverses ». Il s'agit pour cet auteur de « langage en action ».

Dans le domaine des sciences « exactes », l'importance du débat scientifique et la contribution du conflit cognitif sont reconnus essentiels pour la déconstruction des représentations. Une « véritable déconstruction de ses conceptions » est indispensable pour qu'un apprenant s'approprie un morceau de savoir (Giordan, 1998, p. 125) et « le conflit cognitif reste le présupposé théorique le plus propice à la production de savoirs quand la corroboration expérimentale est impraticable » (*Ibidem*, p. 134). Giordan (*Ibidem*, p. 134) ajoute : « mieux que le cours magistral, [la confrontation des points de vue] provoque une perturbation interne de la pensée sur des points que l'élève pensait maîtriser, sur des idées qu'il supposait établies et conduit à une transformation des idées par la production, toujours à l'aide du groupe, de nouveaux savoirs ». Ainsi, « c'est dans la confrontation avec autrui, avec le monde, que l'apprentissage peut se faire » (Gremmo et Riley, 1995, p. 84).

Les observations de classe ont montré que les élèves étaient capables de traiter les informations recueillies mais aussi de les mettre au service d'une construction collective de leurs connaissances. On ne saurait oublier dans cette perspective Bachelard (2004, p. 239) : « l'esprit scientifique se constitue sur un ensemble d'erreurs rectifiées ».

Toutefois, une difficulté essentielle de la mise en œuvre du débat en situation de classe est celle relative à la régulation des interactions et leur mise au service de l'atteinte des objectifs de la séquence d'enseignement-apprentissage tels que définis dans le curriculum. Le principal souci de l'institution scolaire est « la programmation des apprentissages et des contrôles suivant des séquences raisonnées, [qui] permet une acquisition progressive des expertises » (Chevallard, 1985, p. 57). Et les enseignants, au cours des entretiens conduits à l'issue des cours, n'ont pas manqué d'exprimer leurs inquiétudes quant à la possibilité de réaliser les apprentissages selon les progressions prévues.

Il convient cependant de remarquer, comme ils l'ont aussi relevé, que les débats d'une séance débordent généralement l'objet du cours et que les recherches documentaires effectuées par les élèves pour le traitement d'une situation-problème les amènent le plus souvent à des échanges couvrant largement les objectifs d'autres séances de cours prévues sur la même thématique. Une formation renforcée des enseignants sur la mise en œuvre du dispositif pédagogique devrait permettre de mieux exploiter les interactions des élèves en vue d'une couverture entière des contenus d'enseignement.

Cette formation devrait aussi viser la maîtrise des contenus disciplinaires afin que l'enseignant ait toujours un avis « d'expert représentant de ce savoir constitué [pour], à un moment nécessaire, (...) apporter, notamment, l'information nécessaire à la résolution du problème »<sup>172</sup>, mais aussi avoir suffisamment d'assurance pour inviter « les élèves à s'exprimer, à justifier, à rechercher de nouveaux points de vue, à prendre en compte les propositions des autres » (Schneeberger *et al.*, 2007, p. 2). Il faut éviter que le débat soit fermé par la solution unique attendue à l'issue des confrontations des propositions des élèves » (Schneeberger *et al.*, *op. cit.*, p. 4).

## CONCLUSION

Au regard des défis que pose l'enseignement expérimental et des difficultés régulièrement rapportées de sa mise en œuvre, l'enseignement des sciences au Burkina Faso nécessite l'exploration de dispositifs didactiques prenant appui sur des confrontations intra et intersubjectives dans le cadre de débats entre les élèves. Le dispositif préconisé ne peut couvrir à lui seul tous les objectifs d'un enseignement conduit avec des travaux pratiques. Il est même un atout pour l'apprentissage des concepts s'il est associé à l'expérimentation. Cependant, à travers la recherche et le traitement de l'information, la mobilisation des réponses aux problèmes, élaborées en groupe pour argumenter et confronter les points de vue, l'élève fait appel aux processus en œuvre dans la construction des savoirs par les chercheurs et notamment en son étape de validation. En classe, l'enseignant est au cœur de ce processus de validation en tant qu'expert du contenu déterminé pour être enseigné ; ses compétences à valoriser et à mettre à contribution l'autonomie des élèves, à réguler les échanges et à les relancer pour la réalisation des objectifs d'apprentissage sont essentielles pour la réussite du dispositif étudié. Une nouvelle perspective s'ouvre probablement ainsi: une forme de transposition didactique interne, celle réalisée par l'élève et son groupe de travail pour participer aux débats conformément aux consignes de l'enseignant.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Altet, M. (1994). Comment interagissent enseignant et élèves en classe? *Revue Française de Pédagogie*, n° 107, 123-139.
- Altet, M. (2002). Une démarche de recherche sur la pratique enseignante : l'analyse plurielle. *Revue française de pédagogie*. Vol. 138, 85-93.
- Arditty, J. (2004). Spécificité et diversité des approches interactionnistes. Acquisition et interaction en langue étrangère, n°21, 167-201. [En ligne], consulté le 21 mars 2015. URL : <http://aile.revues.org/1733>
- Bachelard, G. (2004). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin, 306 p.
- Barron, B et Darling-Hammond, L (2008). Teaching for meaningful learning. *Edutopia*, John Wiley & Sons. 15 p.
- Brousseau, G. (1980). L'échec et le contrat. *Recherches*, 41, 177-182.
- Brunet, P. (1998). Enseigner et apprendre par problèmes scientifiques dans les sciences de la vie. État de la question, *Aster*, n°27, 145-181.

---

<sup>172</sup> Op. cit. 1996

è

- Chamberlin, S. C. et Moon, S. M. (2013). How does the problem based learning approach compare to the model-eliciting activity approach in Mathematics? [En ligne], consulté le 20 septembre 2013. URL : <<http://www.cimt.plymouth.ac.uk/journal/chamberlin.pdf>>.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique*. Grenoble : La pensée sauvage. 126 p.
- Cusset, P.-Y. (2011). Que disent les recherches sur l'"effet enseignant" ? *Note d'analyse*, n° 232,1-12. [En ligne] Consulté le 19 mars 2015. URL : <http://archives.strategie.gouv.fr/system/files/na-qsociales-232.pdf>.
- Doise, W. et Mugny, G. (1981). *Le développement social de l'intelligence*. Paris : InterEditions. 196 p.
- Gauthier C. et Dembélé, M. (2004). *Qualité de l'enseignement et qualité de l'éducation: revue des résultats de recherche*. UNESCO, EFA Global Monitoring Report. [En ligne], consulté le 14 avril 2015. URL <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001466/146641f.pdf>
- Giordan, A. (1996). Les conceptions de l'apprenant : Un tremplin pour l'apprentissage. *Sciences humaines Hors-série n°12*, p. 48-50.
- Giordan, A. (1998). *Apprendre !* Paris : Bélin. 254 p.
- Gremmo, M-J et Riley, P. (1995). Autonomie et apprentissage autodirigé : l'histoire d'une idée. *Mélanges pédagogiques*, 23, p. 81-107.
- Kerbrat-Orecchioni C., (2001). *Les Actes de langage dans le discours*. Paris : Nathan.
- Kyélem, M. (2013). *Le statut de l'erreur dans la dynamique des apprentissages en sciences*. Thèse de doctorat. Montpellier : Université Montpellier 2.
- Kyélem, M. (2014). Etude d'un dispositif pédagogique pour l'éducation à la santé au Burkina Faso. *Education, santé et sociétés*, vol. 1, n°1, 73-94. <http://unires-edusante.fr/education-sante-societes-numero-1/>
- Lenoir, Yves (2009). L'intervention éducative, un construit théorique pour analyser les pratiques d'enseignement. *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, vol. 12, N°1, 9-29
- Lerbet-Sereni, F (2006). La relation pédagogique : éclairage systémique et travail de paradoxes. [En ligne], consulté le 20 septembre 2014. URL: [http://www.mcxapc.org/fileadmin/docs/ateliers/6\\_doc1.pdf](http://www.mcxapc.org/fileadmin/docs/ateliers/6_doc1.pdf)
- Martineau, S. et Gauthier, C. (1999). La gestion de classe au cœur de l'effet enseignant. *Revue des sciences de l'éducation*, vol. 25, n°3, p. 467-496.
- Morf, A. (1994). Une épistémologie pour la didactique : spéculations autour d'un aménagement conceptuel. *Revue des sciences de l'éducation*, vol. 20, n° 1, p. 29-40.
- Orange, C. (2009). Organiser et mener un débat scientifique en classe. In. Schneeberger P. et Verin A. (dir). *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences : quels enjeux pour les apprentissages à l'école ?* Lyon : INRP.
- Pekarek Doehler, S. (2000). Approches interactionnistes de l'acquisition des langues étrangères : concepts, recherches, perspectives. *Acquisition et interaction en langue étrangère* . . [En ligne], consulté le 19 mars 2015. URL : <http://aile.revues.org/934>;
- Perrenoud, Philippe (1994). *Métier d'élève et sens du travail scolaire*. Paris : ESF.
- Reynaud, C. et Favre, D. (1997). *Un dispositif didactique utilisant une approche conceptuelle en écologie, l'apprentissage par résolution de problème et le débat socio-cognitif à l'université*. *Didaskalia* n°10, p. 113-135.
- Schneeberger, P., Robisson, P., Liger-Martin, J. et Darley B. (2007). Conduire un débat pour faire construire des connaissances en sciences. *Aster*, n°45, 39-64.
- Vinatier, I. (2007). La notion d'organisateur dans une perspective interactionniste. Définitions et enjeux. *Recherche et formation*, n° 56, 33-46
- Yager, R. E., et McCormack, A. J. (1989). Assessing teaching/learning successes in multiple domains of science and science education. *Science Education*, 73, 45 – 58.