

## Le débat scientifique

### Un moyen pour l'élève de prendre en charge des problèmes scientifiques

Académie de Nantes  
Mission de Valorisation de l'Innovation Pédagogique  
**miVIP**  
02 40 37 37 83

Lycée Albert Camus  
44 100 Nantes

Contributeur : Denise ORANGE, professeur de SVT au lycée Camus (1999-2000), Maître de conférences  
– IUFM des pays de la Loire - Nantes  
Date : juin 2002

#### Résumé

*En Sciences de la Vie et de la Terre, l'appropriation de **savoirs scientifiques** repose sur l'engagement de l'élève dans des **démarches scientifiques** telles qu'il prenne en charge de véritables **problèmes scientifiques**. Mais cela n'est ni simple, ni immédiat. La mise en oeuvre de **débats scientifiques** dans la classe est une façon de conduire l'élève à s'impliquer et à problématiser. Possible dans des domaines variés, elle articule nécessairement **oral et écrit** et change les rapports professeur-élèves.*

**Mots-clés** : Sciences et Vie de la Terre, démarche scientifique, savoir scientifique, débat, oral, écrit

#### I. DESCRIPTION DE L'ACTION INNOVANTE

##### 1. Les fondements de l'action innovante

###### 1.1. Le souci d'engager l'élève dans des démarches scientifiques

Cela peut sembler une banalité d'écrire qu'un des objectifs des Sciences de la vie et de la Terre est d'engager les élèves dans de véritables démarches scientifiques de façon qu'ils acquièrent des savoirs scientifiques. Et pourtant, cela ne va pas de soi car les notions de démarche scientifique et de savoir scientifique répondent à de réelles exigences. En nous référant à François Jacob, biologiste et prix Nobel, nous pointons leurs grandes caractéristiques. La démarche scientifique cherche à expliquer le monde visible, reconnaît la primauté de l'imagination sur l'observation, enfin s'expose sans relâche à la critique et à l'expérience. Les caractéristiques d'un savoir scientifique ressortent en conséquence: c'est un savoir explicatif, raisonné, et sans cesse discuté.

Dans ces conditions, nous concevons que faire des sciences au lycée c'est donner aux élèves les conditions d'une discussion de leurs idées explicatives et donc considérer la communauté classe comme une petite communauté scientifique. Le débat trouve une place naturelle dans ce point de vue. C'est la première motivation de notre action.

###### 1.2. La nécessité de la construction par l'élève de véritables problèmes

Selon nous, l'enseignement par problèmes ne peut se réduire à l'apport d'une question, par l'élève ou le professeur, avec recours immédiat à des documents ou à des expériences pour y répondre. Construire un problème (problématiser), c'est, à partir d'une situation qui fait problème, qui perturbe un système explicatif initial ou le met momentanément en défaut, mettre en tension des contraintes empiriques pertinentes et des idées explicatives possibles.

Tout ceci ne peut se satisfaire d'un mode d'enseignement purement transmissif. Les situations d'apprentissage doivent être l'occasion pour l'élève de prendre conscience de ses conceptions et de celles des autres, de les interroger et de les confronter pour en fin de compte maîtriser des connaissances raisonnées. Le débat scientifique est bien une façon de conduire l'élève à problématiser.

## 2. Le déroulement de l'action innovante

Au cours de l'année scolaire 1999-00, nous avons mis en oeuvre des situations permettant d'engager les élèves dans la construction et la mise à l'épreuve de modèles explicatifs. Ce sont des situations "ouvertes" puisque nous avons donné aux élèves les conditions d'un développement poussé de leurs conceptions grâce à l'existence d'une phase de recherche individuelle et/ou en groupe et d'une phase de confrontation des conceptions.

Le débat scientifique, que nous comprenions comme un questionnement critique entre pairs de ce qui est produit, devait selon nous prendre place tant dans les travaux de groupe (débat "privé") qu'en confrontation des travaux des groupes (débat "public"). Nous avons développé notre action dans toutes nos classes (seconde, première et terminale), sans souci d'une quelconque particularité de niveau des élèves ou d'effectif. Elle a concerné des domaines variés de biologie et de géologie, où nous savions, grâce à un recours à l'histoire des sciences et aux travaux de didactique, que certains problèmes pouvaient appeler des conceptions d'élèves différentes. Le tableau suivant récapitule nos essais et leur contexte:

N°	Domaine	Niveau
1	Une approche globale du fonctionnement d'un végétal chlorophyllien	Seconde (31 élèves)
2	L'approvisionnement en eau	Seconde (31)
3	L'explication de la répartition des volcans et des séismes	Première S (33)
4	L'explication de la zone d'ombre	Première S (33)
5	L'origine du magma d'une zone de subduction	Première S (33)
6	La signification et le déroulement de la méiose	Terminale S(22 )
7	Le réflexe myotatique	Terminale S(22)
8	Les mécanismes de l'évolution	Terminale S(22)

Nous nous proposons de relater deux de ces situations "ouvertes" sous les angles de leur faisabilité, de leur capacité à faire évoluer les conceptions des élèves, enfin des particularités du débat scientifique: la première concerne la recherche d'une explication à la répartition des volcans et des séismes (première S); la seconde porte sur la compréhension de la méiose (terminale S).

Ces deux exemples se situent au début de l'année scolaire (deuxième séance de Sciences de la vie et de la Terre pour les première S, quatrième séance pour les terminales S), alors que nous connaissons encore fort peu les élèves. La suite de l'année scolaire montrera des ressemblances entre ces deux classes: un petit nombre d'élèves s'impliquant spontanément à l'oral et une majorité d'élèves réservés mais enclins à s'exprimer lorsqu'on les sollicite.

### 2.1. Expliquer la répartition des volcans et des séismes (classe de première S)

En préambule de l'étude des dynamiques terrestres (dynamique des fonds océaniques, convergence et subduction, déplacement des continents et formation des chaînes de montagnes), nous avons conçu une situation visant à conduire les élèves à un changement de conception sur l'organisation du globe terrestre et l'origine du magma.

En effet, les lycéens s'en tiennent fréquemment à une représentation de la Terre dans laquelle la partie superficielle se découpe en plaques mobiles sur un plancher magmatique. Cette représentation les conduit à s'interroger sur la façon dont le magma vient en surface. Au contraire, la conception actuelle des scientifiques, dans laquelle nous souhaitons installer durablement les élèves, admet que le magma n'est pas un constituant banal de la Terre: les plaques se meuvent sur une enveloppe solide; quant au magma, il s'en forme en des lieux particuliers du manteau par fusion partielle de roches. Il n'y a plus seulement le problème de la remontée de ce magma, il s'y ajoute celui de sa formation.

Concrètement, après avoir relevé avec une classe de première S de 33 élèves les singularités de la répartition des volcans et des séismes, nous avons placé les élèves devant le problème de l'explication de cette répartition. Leur réflexion a d'abord été conduite en groupes de 3 ou 4 élèves, avec l'exigence de production de schéma(s) annoté(s) inscrit(s) sur une affiche; cette recherche a duré une heure. Elle s'est poursuivie par la confrontation des travaux des groupes; cette confrontation a duré une heure, et s'est tenue par demi-classe lors d'une séance de travaux pratiques.

### Plusieurs modèles explicatifs

L'étude des affiches montre que tous les groupes de lycéens de cette classe s'inscrivent dans un contexte de plaques superficielles, associent les séismes aux mouvements des plaques et raisonnent bien sur du magma tout fait: ce dernier est soit contenu dans des poches localisées, soit forme la totalité de la zone située sous les plaques. C'est le cas du groupe d'Alice et de celui de Marion que nous allons suivre.

Alice commence la présentation de l'affiche de son groupe en disant qu'*"on a remarqué que pour qu'il y ait la formation d'un volcan, il fallait que ça soit... que ça se passe soit dans la dorsale océanique, sur les côtes mais pas sur les continents. Alors... Sur la dorsale océanique, y-a un coulisement des plaques sous marines, donc le magma il remonte à la surface et cela crée un volcan."* Elle poursuit en envisageant un coulisement en bordure côtière et sous les continents. Pour elle, *"coulisement"* est synonyme de subduction, c'est-à-dire plongée d'une plaque sous une autre, ce que montrent parfaitement ses schémas tout comme ils indiquent l'existence d'une poche de magma sous les dorsales, sous les bordures côtières mais pas sous les continents.

Marion parle de plaques qui peuvent non seulement plonger sous d'autres mais aussi véritablement coulisser les unes par rapport aux autres. Reprenons ses propos: *"Alors nous, on s'est plutôt intéressé au mouvement des plaques. Et donc, on a dessiné les différents mouvements que peuvent faire les plaques soit à la surface de la Terre, soit dans les milieux marins. Disons que dans le premier modèle, on a présenté un phénomène de subduction ce qui veut dire qu'il y a une plaque qui glisse sous une autre plaque. Une plaque continentale qui glisse sous une autre plaque ce qui crée des séismes à la surface de la Terre. Dans le deuxième schéma, on a représenté deux plaques continentales qui coulisent grâce... à cause du mouvement du magma terrestre..."*. Les schémas de son groupe placent du magma partout sous les plaques.

Ces deux exemples donnent une idée des grands types de modèles de la classe. L'un comme l'autre sont erronés puisqu'ils mettent en jeu une réserve de magma, petite ou grande, et écartent donc le problème de la genèse de celui-ci.

### Un petit nombre d'élèves s'impliquent dans le débat

Nous pensions, par cette présentation des modèles, provoquer des échanges entre élèves, des demandes d'informations complémentaires, des oppositions argumentées aux propositions des autres. Cela n'a pas vraiment été le cas. Il y a eu un petit nombre d'interventions spontanées d'élèves. A titre d'exemple, voici celle de Patrick, à l'adresse du groupe d'Alice:

Patrick. *Tu as bien dit qu'il y avait pas de volcans sur les continents?*

Alice. *Oui.*

Patrick. *Ben, je sais pas, en Amérique du Sud?*

Alice. *Ben oui, c'est sur les côtes... Y-en a sur les côtes mais pas en plein milieu des continents.*

Ajoutons que les appels du professeur à des remarques ou à des questions ont conduit parfois à des silences. Cette réserve des élèves nous a étonnée et nous en avons cherché une explication: était-ce lié au rôle que s'attribuent implicitement les élèves (par exemple un rôle de récepteurs de connaissances) et à celui qu'ils attribuent au professeur (par exemple, un rôle d'émetteur)? Était-ce lié au fait que nous étions en début d'année scolaire et que les élèves ne se connaissaient pas encore très bien? Était-ce lié à la disposition ou au nombre d'élèves? Le débat que nous attendions était-il devenu obsolète parce que les élèves s'étaient préalablement sentis impliqués? N'y avait-il pas des traces plus discrètes de réaction des élèves aux modèles des autres? C'est à ces deux dernières interrogations que nous avons accordé de l'importance et obtenu des éléments de réponse que nous allons maintenant développer.

### Les élèves auditeurs se situent par rapport aux autres modèles

Nous en avons des traces par présentation interposée. C'est le cas de Marion, il est vrai sous la sollicitation du professeur:

Le professeur. *Je voudrais que tu pointes les ressemblances et les différences avec l'affiche d'avant.*

Marion. *Ben, les points communs, déjà, c'est les mouvements des plaques. Surtout... Ils ont représenté surtout le phénomène de subduction dans les deux premiers schémas.*

Le professeur. *Et alors les différences? Quelles différences vois-tu?*

Silence

### **Le professeur est un auxiliaire du débat**

En effet, en tenant un rôle d' "accoucheur de modèle", de "coupeur de cheveu en quatre" et non de juge en "vrai et faux", le professeur donne aux élèves à voir plus, dans leur propre production comme dans celle des autres, et à douter. En conséquence, les problèmes se précisent pour eux et deviennent leur propriété. D'un problème de départ proposé par le professeur, ici l'explication de la répartition des volcans et des séismes, la classe passe par la médiation de ce dernier, à des problèmes d'élèves, comme ceux de la localisation et de la formation du magma. Voici un extrait d'échanges entre le professeur et le groupe d'Alice où les silences des élèves traduisent un fort embarras à faire fonctionner leur modèle.

Le professeur. *Oui? Le magma, il est dans une poche. Elle est où cette poche?*

Un élève du groupe la montre sur le schéma.

Le professeur. *Oui! Mais au niveau de la Terre. Elle est loin, pas loin sous la dorsale?*

Un élève du groupe. *Non.*

Le professeur. *Non. Et quand la poche est vide?*

Silence.

Le professeur. *Quand il n'y a plus de magma dedans? Parce qu'elle a l'air petite quand même!*

Silence

Certes dans la classe d'autres modèles règlent ce problème de la quantité de magma disponible notamment quand ils représentent une enveloppe terrestre magmatique inépuisable tant elle est grande. Il reste que ce qui marchait pour le groupe d'Alice ne marche plus et que les autres groupes peuvent se demander s'il ne va pas en être de même de leur explication. Il est en train de se construire dans la classe un vrai problème de localisation et de fabrication du magma.

### **2.2. Fabriquer des gamètes avec moitié moins de chromosomes (classe de terminale S)**

Dans notre classe de terminale S (22 élèves), l'étude de la transmission héréditaire des groupes sanguins ABO a permis de dégager plusieurs attentes quant au comportement des chromosomes au cours de la reproduction sexuée: la nécessité d'une réduction de moitié du nombre de chromosomes lors de la formation des gamètes (spermatozoïdes et ovule), le rétablissement des paires chromosomiques lors de la fécondation. Une fois ces attentes bien établies, il reste alors à les tester en étudiant ce qui se passe au cours de la gamétogenèse et de la fécondation. La première partie de ce travail concerne la gamétogenèse. La reconnaissance de l'haploïdie des gamètes sur des caryotypes confirme l'existence d'une réduction chromatique et l'observation de coupes de testicules suggère des divisions cellulaires. Il reste à préciser le comportement des chromosomes permettant cette réduction chromatique.

Nous avons choisi de lancer les élèves sur ce problème, dans une réflexion individuelle d'un quart d'heure. Chacun est tenu de produire des schémas explicatifs simples. Deux aides (ou contraintes) sont données: la représentation d'un chromosome et celle d'une cellule.

Par notre passage auprès de tous, et donc la prise de connaissance des modèles en gestation, nous remarquons qu'il y a deux types de modèles: ceux qui sont opérationnels (modèle aboutissant à une réduction chromatique: on passe de  $2n$  à  $n$  chromosomes; cela concerne les 3/4 des élèves) et ceux qui ne le sont pas (on reste à  $2n$ ; 1/4 des élèves). Au bout du temps imparti, nous sélectionnons 3 modèles différents et demandons à leurs auteurs de les inscrire et de les présenter aux autres. Les modèles, notés dans leur ordre de présentation, sont les suivants: 1) un modèle "mitose", non opérationnel; 2) un modèle opérationnel à deux divisions dont la première est réductionnelle (c'est le modèle canonique, dénommé méiose), enfin un modèle opérationnel comprenant uniquement une division réductionnelle (majorité des élèves). La présentation de ces modèles est ponctuée de questions à l'auteur. Elle s'achève par un positionnement de chaque élève vis à vis de ces modèles.

Comme en Première S, cette situation est l'occasion de développer, de présenter aux pairs et de discuter des modèles explicatifs. Elle s'en distingue par le fait que la recherche initiale est individuelle et que tous les élèves ne sont pas sollicités pour présenter leur modèle. Le positionnement final demandé légitime cependant une implication de tous.

Une telle situation conduit bien certains élèves à évoluer dans leurs conceptions. Pour preuve, l'adhésion de tous à un modèle fonctionnel en fin de séance (souvenons-nous qu'un quart de la classe avait échoué dans la recherche individuelle). Pour ce qui est du débat scientifique, nous retrouvons des caractéristiques pointées dans la situation de géologie décrite précédemment: petit nombre d'interventions spontanées des élèves, rôle du professeur. Mais il nous semble qu'en plus, nous avons des traces d'une sorte de débat "intérieur" vécu lors de la recherche individuelle. Ces traces d'un débat "de soi avec soi" se repèrent par les ratures sur la fiche de travail mais aussi dans des propos d'élèves lors de la présentation de leurs modèles. C'est le cas de Roman:

Roman: *" Alors, je suis parti du même principe que la mitose. C'est-à-dire qu'on a deux cellules avec une paire de chromosomes à deux chromatides et avec les différentes étapes, on va obtenir deux cellules filles à une chromatide (son schéma montre deux cellules filles à 2 chromosomes faits d'une chromatide) et après ... ces deux cellules... une cellule fille du père et une de la mère vont se réunir pour former des chromosomes à 2 chromatides. Mais je suis pas d'accord avec ça."*

Le professeur: *"Tu n'es pas d'accord avec ça. Pourquoi?"*

Roman: *"Et bien parce que... normalement , ça devrait être un chromosome de chaque paire qui devrait se réunir pour former deux dans la même cellule."*

Ajoutons que le professeur a dû beaucoup insister pour que Roman aille exposer un modèle qu'il considérait faux mais pour lequel il n'avait pas trouvé encore d'alternative.

## **II. LES POINTS FORTS DE L'ACTION INNOVANTE**

Tout au long de la réalisation de notre action, nous avons rassemblé toutes les données susceptibles d'asseoir notre réflexion sur le débat scientifique et l'évolution des conceptions des élèves: des fiches de travail (fiche d'essais) correspondant à une recherche initiale individuelle ou en petits groupes, des affiches ou des reproductions de documents (exemple: la photographie du tableau) résultant des activités de groupes et ayant servi aux échanges, les enregistrements audio des échanges (complétés de leur transcription) , des devoirs portant sur les sujets étudiés. C'est en nous référant à elles que nous tentons de dégager les points forts de notre action.

### **1. Plusieurs types de débats scientifiques**

Il nous semble que la notion de débat scientifique revêt plusieurs aspects qui dépassent de simples échanges entre élèves.

#### **1.1. Des débats heuristiques**

Ce sont les échanges pour penser et avancer dans la réflexion. C'est ce qui se passe lorsque les élèves viennent de recevoir la consigne et qu'ils tentent d'y répondre en groupe ou lors d'une recherche individuelle. L'expression orale et/ou écrite sont l'occasion d'apporter des possibles, de les tester partiellement et ainsi de construire le problème. Ces débats échappent en partie au professeur (débat privé). Mais nous en recueillons quelques traces: questions non résolues et inscrites par les élèves sur les affiches, autocritique de ce que l'on fait lors d'une présentation orale.

#### **1.2. La discussion critique d'un point de vue**

C'est ce qui se passe après qu'un élève ou un groupe a présenté son modèle. Dans nos situations, ce rôle a principalement mis en jeu le professeur. Le but des interventions est de faire fonctionner le modèle dans tous ses aspects, avec le parti pris de s'appuyer sur la production affichée ou inscrite au tableau. Certes, ce questionnement peut conduire l'élève ou le groupe ou la classe à faire référence à des documents connus mais aucun document nouveau n'est injecté. Il s'agit de mettre à l'épreuve le modèle avec les ressources alors disponibles.

#### **1.3. Des oppositions de points de vue**

Elles peuvent se produire en phase de recherche d'un modèle explicatif ou lors de la confrontation de ceux-ci. Elles favorisent une explicitation plus poussée des modèles. Plusieurs suites sont possibles: soit un ou des modèles tombent, soit les points de vue tiennent la route mais restent inconciliables; dans ce dernier cas, les élèves sont devant un problème qui leur appartient. Ce type de débat a donc un double rôle: préciser les problèmes et filtrer des hypothèses explicatives destinées à la mise à l'épreuve.

Indépendamment de leur fonction, nous pouvons distinguer les débats scientifiques "privés", limités à soi ou à de petits groupes et des débats scientifiques publics, élargis aux groupes de TP ou à la classe entière. Le débat scientifique public est difficile en classe entière à fort effectif (ici en seconde et en première S), avant tout pour des questions de lisibilité par tous des productions écrites servant de support au débat (affichées ou reproduites au tableau) et de bonne réception auditive des interventions. La difficulté de transcription de certains débats enregistrés témoigne de cela.

## 2. Une articulation de l'oral et de l'écrit

Nous avons exigé, et le corpus disponible le montre, des productions écrites variées (textes/ schémas) qui ont alimenté les échanges oraux et ont été remodelées par eux. Ces interactions ont été comprises des élèves, puisque bien souvent rendues nécessaires par le questionnement. Cela nous paraît être un moyen de dépasser l'écrit "linéaire" au profit d'un écrit travaillé. Expliquons un peu.

### 2.1. L'écrit appelle l'oral

Le premier écrit, par exemple la production de chaque groupe en première S ou la production individuelle en terminale S, a servi de base à la confrontation des modèles. Il a permis à ses auteurs de fixer leur réflexion et de s'engager dans un modèle. Mais parce qu'il y a eu l'exigence d'une communicabilité de cet écrit, le professeur a installé le groupe ou l'élève dans un besoin de présentation et d'explicitation orales, et dans une dynamique d'écrit intermédiaire. En effet, cet écrit a peu de chance de contenir tous les éléments de la réflexion: ce qui n'a pas pu être écrit ou schématisé sera dit ou éventuellement rajouté. On le voit, ce premier écrit a préparé et même rendu nécessaire le débat.

### 2.2. L'oral fait bouger l'écrit

Des élèves ou des groupes ont noté leur modèle en l'état au tableau ou présenté leur affiche. La confrontation de ces modèles (supports écrits) a placé chaque élève devant la diversité des conceptions (3 types de conceptions dans l'exemple de la réduction chromatique): chaque élève s'est reconnu, de façon non isolée, dans un type de modèle et a pris connaissance d'autres modèles possibles. De là, une réflexion non plus sur des productions "personnalisées" et nombreuses mais sur quelques types de modèles regroupant chacun plusieurs élèves ou groupes. De là également une stimulation pour intervenir, parce qu'on est plusieurs à expliquer de la même manière, et avancer dans la construction d'un modèle acceptable.

### 2.3. L'écrit fixe et structure l'oral

Les débats publics ont permis aux élèves de se stabiliser dans un modèle et les ont conduits à mieux discerner les investigations complémentaires. Dans le cas de la réduction du nombre de chromosomes, deux modèles ont été retenus (l'un avec une division, l'autre avec deux divisions successives). Cela a donné aux élèves des clés de lecture de clichés rendant compte du phénomène. Leur réussite à ordonner de façon argumentée ces documents témoigne de l'utilité de cet oral dans l'appropriation du problème par les élèves. Cet écrit a alors d'autant plus d'importance qu'il est la trace d'un savoir scientifique partagé par la classe.

## 3. Le dépassement du cours dialogué

C'est selon nous le grand mérite des situations avec débats scientifiques. Dans celles que nous avons étudiées comme dans le cours dialogué, il y a un certain nombre d'échanges professeur-élèves. Mais là s'arrêtent les ressemblances: dans le cours dialogué, le professeur se satisfait volontiers de propositions d'élèves ponctuelles, qu'il choisit pour conduire la classe vers la bonne solution dont il est le détenteur; dans nos situations avec débats, le professeur contraint l'élève à aller au bout de son explication, sans se soucier de la conformité de celle-ci à la bonne solution. Ce qui lui importe, c'est l'activité intellectuelle de l'élève; et tout en représentant malgré tout pour la classe la "personne qui sait", il renonce momentanément à tenir ce rôle.

Pour terminer, nous dirons que la mise en oeuvre de débats scientifiques dans la classe et l'articulation raisonnée de l'écrit et de l'oral qui les accompagne sont des moyens, pour le professeur, de prendre en compte l'hétérogénéité initiale des points de vue des élèves pour aller vers un savoir construit, partagé et "provisoire". Il nous semble que les élèves ont pris en partie conscience de ces caractéristiques du savoir scientifique: pour preuve l'impact qu'ont eu sur eux des documents d'histoire des sciences d'à peine cinquante ans donnés à la fin de la recherche d'une explication de la répartition des volcans et des séismes (classe de première S). Ce travail sur le "vrai" et le "faux" en sciences mérite cependant d'être poursuivi avec eux, non seulement dans le cadre des sciences de la vie et de la Terre mais aussi en relation avec d'autres disciplines (les sciences physiques, la philosophie, l'histoire par exemple).