

**Interview de Monsieur Bernard Calvino,  
neurophysiologiste, président du groupe d'experts des Sciences de la Vie et de la Terre**

Réalisé le        par Liliane Cotton et Joël Besnard, responsables du groupe SNES-SVT

***Monsieur Calvino en tant que neurophysiologiste, quelles sont les grandes évolutions de la recherche en biologie?***

L'évolution fondamentale de ces trente dernières années est celle d'une physiologie descriptive qui s'attelait à décrire des processus et à les mettre en évidence dans les conditions expérimentales données vers une physiologie explicative où il faut aussi aller rechercher les mécanismes, qui se situent presque uniquement à l'échelon de la molécule.

La physiologie française qui a été une des premières dans le monde de l'après guerre dans la continuité de l'école de Claude Bernard et de tous ses élèves qu'il a formés par la suite, s'est complètement effondrée dans les années 60 parce qu'elle n'a pas pris ce virage du moléculaire et qu'elle est restée complètement enfermée sur elle-même dans une physiologie descriptive. De fait, la physiologie a pratiquement disparu de l'horizon de la recherche en France. Du coup, il a fallu qu'on repense complètement les formations universitaires de base: il y a quinze ans, a été créée la filière biologie cellulaire et physiologie qui se veut justement interface entre la vieille physiologie animale et la biologie cellulaire et moléculaire. C'est une filière qui a beaucoup de succès, que j'ai dirigé pendant quatre ans à Créteil, où j'enseigne encore et qui est actuellement une filière qui pourvoit le plus d'étudiants pour les grands DEA de la région Ile de France, l'endocrino, la neurophysio, l'immuno, cellules normales et pathologiques, etc.

Aujourd'hui on assiste à un rebond d'intérêt pour la physiologie car il faudra replacer les trente mille gènes du génome humain dans le fonctionnement global de l'individu et la physiologie retrouve tout son intérêt. Je crois que, comme toujours, l'histoire des sciences est faite de balanciers qui vont d'un pôle à l'autre.

***Quel est votre rôle dans ce laboratoire?***

Le directeur m'a fait venir pour amener des thématiques physiologiques dans ce laboratoire de biologie cellulaire et moléculaire. Alors c'est merveilleux parce qu'on a tous les outils d'analyses extraordinairement performants, de l'analyse en biochimie, en spectrométrie de masse, en biologie moléculaire avec les puces ADN qui sont en cours de développement dans le laboratoire, avec les techniques d'enregistrement d'activités cellulaires avec possibilité de pouvoir étudier l'activation du génome sur une cellule en pouvant identifier les molécules d'ARN qui ont été exprimées dans l'heure qui a précédé et de corrélérer l'activité de la cellule avec l'expression du génome. Ce sont des outils très extraordinaires mais ça ce n'est pas dans beaucoup de laboratoires qu'on peut le faire parce que c'est une recherche qui coûte très très cher. J'ai la chance d'être dans ce laboratoire et j'en suis ravi.

***Dans ce domaine, comme dans d'autres, est-ce que la modélisation ne risque pas d'évacuer parfois certains facteurs et de limiter la connaissance du phénomène voire d'induire des erreurs?***

C'est un débat qui est loin d'être fermé, au contraire qui évolue considérablement surtout depuis le développement des sciences cognitives, dans le domaine des neuro sciences.

Il y a deux manières d'user du mot modèle, il y a le modèle animal. Pour la recherche fondamentale, élaborer un modèle animal c'est déjà en quelque sorte faire de l'antropomorphisme en plaquant sur l'animal une approche clinique qui a été élaboré chez l'homme. C'est un problème majeur que je rencontre dans ma discipline en travaillant sur la douleur. La douleur c'est d'abord et avant tout

quelque chose que l'on va essayer de décrire, de mettre en forme chez l'homme et après de se poser la question "comment est-ce que je peux traduire cela chez l'animal ?" et élaborer un modèle animal.

Mais il faut être extrêmement prudent quand on extrapole le résultat obtenu chez l'animal à l'homme. Prenons l'exemple de l'été 2001 avec les molécules anti-cholestérol que Bayer a dû retirer du marché parce qu'il y avait 52 morts. Bayer avait fait tous les dossiers qu'il fallait, avait travaillé proprement; cette molécule était le fer de lance de leur politique commerciale pour les années à venir. L'échec est dû au fait que, une fois de plus, on est allé trop vite dans l'extrapolation des modèles animaux à l'homme.

Vous avez aussi sans doute en mémoire l'histoire de la thalidomide qui a fait parler d'elle il y a trente ans. Le problème de fond était le même, les essais avaient été faits chez sur des espèces animales où elle ne passait pas la barrière fœto-placentaire. Cela a été une catastrophe chez l'homme.....

C'est un problème majeur sur lequel on ne réfléchit pas assez aujourd'hui dans la recherche biologique: la physiologie comparée, les barrières d'espèces, les différences anatomiques et physiologiques entre l'homme et l'animal.

L'autre manière d'aborder le problème du modèle est cette fois ci en rapport avec une formalisation, au sens où le langage mathématique est un langage formel, au sens où la physique formalise par des modèles les grandes lois de la nature. La notion de modèle est importante, extrêmement productive dans le domaine de la recherche fondamentale et aujourd'hui c'est vrai que la plupart des objets qu'on cherche à décrire sont sur des boucles de régulation tellement complexes qu'on ne peut plus se passer de l'étape de la modélisation. C'est une approche qui a beaucoup tenté les biologistes depuis longtemps que de vouloir décrire le monde biologique avec des équations.

Cela a un intérêt pour peu que l'on ne fasse pas dire au modèle quelque chose qu'il n'est pas capable de dire. Un modèle a toute sa pertinence dans son domaine de validité. Généralement, celui qui a élaboré le modèle connaît son domaine de validité. Mais ceux qui l'utilisent par la suite ne font pas toujours l'effort de se reporter aux publications ou aux travaux originaux pour savoir quel est le domaine de validité : c'est le danger qui guette tout problème de modélisation.

Dans le domaine des sciences cognitives, on voit les progrès fantastiques qui se font avec la robotique, le développement des puces, de l'électronique. Certains neurophysiciens en rapport avec des électroniciens implantent des puces dans le système nerveux pour faire voir des aveugles et faire marcher des handicapés. Mais si je reste d'un point de vue théorique, le problème du modèle surgit du fait qu'on n'a pas assez respecté la distance qui existe entre le réel et la représentation du réel. Si je prends par exemple un chapitre des mathématiques qui s'est considérablement développé depuis 20 ans autour de ce qu'on a appelé les neurones formels: ce n'est pas de la neuro-physiologie, c'est de la mathématique inspirée au départ de la neurobiologie puisque c'est en modélisant les neurones qu'on est arrivé à ce concept de neurone formel. Beaucoup de gens oublient cette distinction et alors on va élaborer des grandes théories à partir de cette modélisation du neurone formel puis ce qu'on appelle maintenant la connectique, les réseaux neuronaux. C'est un très bel outil intellectuel et qui fait certainement progresser des choses de manière fondamentale dans le domaine mathématique mais qui s'éloigne de plus en plus de la représentation neuro-biologique.

### ***Le modèle est donc indispensable ?***

C'est vrai qu'on est obligé de passer de plus en plus par la modélisation Mais il faut qu'il y ait une démarche dialectique continue entre l'expérimentation et la modélisation. Mais modéliser c'est aussi être capable d'organiser les processus de régulation par des relations entre les niveaux d'organisation qui peut se traduire par un robot. Par exemple, la régulation de la glycémie abordée

en première est extrêmement simple, parce qu'on s'intéresse à la régulation à court terme. Mais si on rentre dans la pathologie des diabétiques, il y a tellement de causes possibles et c'est tellement compliqué d'arriver à maintenir une glycémie constante chez les diabétiques que l'élaboration de ces petits robots qui permettent aux diabétiques d'avoir leur insuline délivrée à vitesse et en quantité appropriées nécessite forcément une modélisation. Voilà un exemple très concret où l'on a un cercle très productif qui se ferme sur lui-même entre physiologie, physiopathologie, modélisation et robotisation.

***Où est la place de la démarche expérimentale dans cette abondance de modèles ?***

Il faut garder le rôle premier de la démarche expérimentale dans ce sens où le modèle n'est qu'une étape de la démarche. C'est une étape qui permet de formaliser, de simplifier donc la démarche expérimentale mais la démarche expérimentale est déterminante parce que c'est elle qui va permettre le modèle. Le modèle est validé sur ordinateur parce qu'il a sa cohérence interne mais la réalité, la pertinence physiologique est donnée par la démarche expérimentale.

***Est-ce que la démarche expérimentale n'est pas finalement une simple façon de prouver que la modèle est vrai et là d'aller dans le sens des sciences physiques qui ont toujours eu cette démarche de modéliser un fait et de vérifier alors qu'en biologie le modèle arrive assez souvent après une démarche expérimentale.***

Oui je suis d'accord avec votre remarque. Je pense que c'est lié au fait que les objets biologiques sont des systèmes hyper complexes et que la physiologie, si on se réfère au père fondateur de la physiologie C. Bernard, a d'abord été descriptive. C'est après, devant la complexité des problèmes posés que l'on a tenté d'élaborer une modélisation pour rendre la recherche plus pertinente. C'est à partir de la constatation qui a été faite des résultats expérimentaux, que va pouvoir s'élaborer une tentative de modélisation.

Une fois le modèle réalisé, on va vérifier sa pertinence par la méthode expérimentale. Vous allez me dire: "quel est l'intérêt du modèle"? L'intérêt du modèle est de pouvoir rendre efficace l'action, c'est la définition donnée par la cybernétique. C'est à dire qu'une fois la question posée modélisée au travers d'un système simplifié, on va pouvoir, à un degré d'explication donné, rendre l'action plus pertinente. Mais il faut savoir que dans bien des cas l'échelle de précision à laquelle on travaille est très nettement insuffisante pour décrire le réel. Et c'est parce qu'on passera de la 2<sup>e</sup> décimale à la 5<sup>e</sup> décimale qu'on s'apercevra qu'on est passé à côté de quelque chose d'énorme. C'est ça la fragilité du modèle. La profusion des modèles nécessite qu'on fasse des tris mais, l'histoire des sciences nous le dit, les modèles non pertinents tombent d'eux-mêmes et les modèles qui restent sont pertinents mais encore une fois faut-il les replacer à leur juste valeur.

***Vous avez parlé de cybernétique, vous êtes un partisan de la conception cybernétique, ne peut-on pas dire informatique, de la recherche. Pour vous quelle est la particularité de cette conception ?***

L'informatique est une discipline qui est née bien après la cybernétique et je n'ai pas un point de vue très pertinent sur l'informatique.

La cybernétique est quelque chose de beaucoup plus important à mes yeux, parce que la démarche cybernétique peut être un outil pédagogique extraordinaire qui nous offre un langage, un formalisme extrêmement simple à manier...

***Une modélisation ?***

Oui après tout pourquoi pas modélisation. En tout cas un langage descriptif extrêmement simple à manier et qui, pédagogiquement, permet d'illustrer remarquablement toute la physiologie.

Il est simple parce qu'il repose sur quelques concepts qui ne sont pas très nombreux et qui peuvent se décrire avec un langage naturel et simple. La cybernétique, dans la description qu'elle peut nous permettre de la physiologie utilise trois concepts:

- le concept d'homéostat. Il suffit de décrire ce qu'est un compartiment, par exemple, dans le milieu intérieur, on va choisir celui du glucose. Pour le définir, il faut savoir quels sont ses débits d'entrée et de sortie.
- A partir de là, on définit la grandeur réglée qu'est la glycémie et on va la maintenir constante malgré les variations des débits d'entrée et de sortie parce qu'il y a un système réglant qui est constitué par une voie de communication.
- Là, on a besoin de connaître trois outils qui constituent une voie de communication : un émetteur, un transmetteur, un récepteur. Et si on a bien compris cela, on est capable de comprendre que la physiologie du milieu intérieur tel que C. Bernard nous l'a enseignée, s'inscrit parfaitement, de manière simple avec ce langage pédagogique.
- Une quatrième notion est celle de servo-mécanisme ou mécanisme d'asservissement. C'est le fait que, pour revenir à la biologie, notre constante du milieu intérieur est définie dans un paradigme qui est celui du cycle circadien et que nos constantes biologiques sont soumises à une chronophysiologie. Ce qui fait que cette constante varie au cours du temps c'est qu'elle est pilotée par un servo-mécanisme qui est la lumière, le mouvement des astres, le fait qu'on est soumis à une succession de jours et de nuit.

Quand on a compris ces quatre notions là, on est capable de faire une description de la physiologie très simple et j'utilise ça pour mon enseignement à l'université.

### ***Ca marche ?***

Ca marche remarquablement bien. La seule chose c'est que je ne sais pas pourquoi en France ça ne fait pas partie de notre tradition pédagogique. Quelques uns qui s'y sont risqués, dont Henri Laborie qui avait écrit un traité de physiologie complètement imprégné de culture cybernétique. Grâce à lui, j'ai pu m'initier à cette culture cybernétique quand j'étais élève à l'école de Cachan . Partant de là, vous pouvez décrire, je le répète, toute la physiologie: une hormone, c'est un messenger chimique et ça s'inscrit dans une voie de communication. Un potentiel d'action, c'est un messenger nerveux et ça s'inscrit dans une voie de communication. Avec cette philosophie de la cybernétique qui est la philosophie de la boîte noire, on ne va pas chercher à décrire la complexité du système, on va la ramener à deux ou trois paramètres et voir comment ils sont liés entre eux. J'ai essayé d'impulser avec beaucoup de prudence cette direction dans les programmes de physiologie de lycée: en seconde on étudie les voies de communication et les inter-relations entre ces voies de communication avec le système cardio vasculaire et respiratoire dans l'adaptation à l'effort, en première on étudie l'homéostasie c'est à dire qu'on part de la variation de la glycémie et on montre comment cette variation est réglée par un système réglant et par une voie de communication qui est double, de deux hormones antagonistes; en terminale, on aborde la notion de servo-mécanisme ce qui permet d'expliquer pourquoi au moment de la ponte ovulaire il y a une inversion de la rétroaction exercée par les hormones périphériques sur le complexe hypothalamo-hypophysaire et qui va déclencher la décharge ovulaire.

***On vient déjà d'aborder la seconde partie de votre activité en tant que responsable du groupe d'expert. Pour vous, comment passer de la recherche, où il y a une haute technologie, une formation élevée, à la pédagogie où les connaissances exigibles et la technologie sont***

***nettement plus réduites. Comment passer finalement des savoirs savants aux savoirs scolaires ?***

Le passage du savoir élaboré par les scientifiques à l'enseignement de ce savoir dans les classes est une démarche qui ne peut pas s'improviser et qui, aujourd'hui dans notre discipline des sciences de la vie et de la terre, doit s'accompagner d'une révision drastique de la conception qu'on a eu jusqu'à présent à vouloir tout couvrir, à vouloir tout balayer. C'est pourquoi il y a cette tension entre le pôle scientifique et le pôle culturel. Tant qu'on aura pas résolu le fait de savoir pourquoi il faut tout enseigner - parce que le principe de base est de dire il faut qu'un jeune citoyen de 18 ans d'aujourd'hui qui a son bac doit être capable de parler d'immuno, de procréation, de sida, d'environnement, d'effets de serre, etc. - on referra tout l'enseignement de la biologie tel qu'il a été toujours fait.

Mais est-ce que ça ne serait pas non plus une autre voie d'approche que de dire cet esprit citoyen passe aussi par d'autres formes d'enseignement ; par exemple, les TPE sont une source à mon avis très riche parce qu'on accepte de sortir du cadre purement scolaire, de permet de s'intéresser à ce lien entre pôle scientifique et pôle culturel et qui du coup ne nécessite pas un programme. On est en France dans cette culture du programme national et c'est positif: le fait qu'on puisse donner à chacun, les mêmes outils, les mêmes bagages culturels pour rentrer dans la vie professionnelle, c'est un des principes de base de la démocratie. Mais je pense qu'il faudrait réfléchir à essayer d'assouplir ce concept national dans le cadre de notre discipline, pour les raisons que j'ai dit tout à l'heure, et d'accepter qu'il y ait des pans entiers de notre champ scientifique qui ne soit pas enseigné. Alors maintenant, il faudrait bien choisir ces pans entiers que l'on n'enseignerait pas et les justifier. Le danger d'un programme qui couvre tout, c'est pour le coup le danger de ne rien approfondir et de ne rien permettre aux enfants d'intégrer.

***Ce travail de transfert n'a-t-il pas été difficile pour le groupe d'experts?***

Contrairement à ce qu'est votre quotidien, je ne suis pas au contact des enfants tout le temps. Je le suis par l'intermédiaire de mes propres enfants, j'essaie de discuter avec eux; mon fils cadet est en première S, il a donc suivi les nouveaux programmes de seconde, il est en train de suivre le nouveau programme de première S. Je parle beaucoup avec lui pour essayer de saisir justement comment il perçoit ces nouveaux programmes.

Je crois que ce qui fait la richesse du groupe d'experts est l'interaction continuelle entre les professeurs du secondaire et les universitaires. Fallait-il qu'il y ait des universitaires dans le groupe d'experts ? On m'a demandé d'assumer cette fonction de président de groupe d'expert et je l'assume avec beaucoup d'enthousiasme et avec beaucoup de richesse. J'ai beaucoup appris depuis que je suis dans le groupe au contact des collègues du secondaire, je le dis vraiment sans aucune démagogie, c'est une ouverture d'esprit extraordinaire.

La difficulté est que le savoir qui est demandé en lycée est colossal: cela va de la biologie cellulaire moléculaire jusqu'à l'astronomie en passant par toute la physiologie, toute la biologie animale, végétale... Il n'y a qu'à voir les nouveaux programmes de l'agrégation qui viennent de sortir, c'est un encyclopédisme absolument phénoménal. Je suis admiratif devant nos collègues du secondaire qui manient avec autant d'aisance des concepts qui sont aussi bien ceux de la biologie moléculaire avec l'ADN, que de la biologie cellulaire, de la physiologie voire même de la géologie, des sciences de la terre, de l'astronomie, de la planétologie puisqu'on en fait en seconde, je suis très admiratif et la difficulté est d'arriver à faire en sorte que des messages essentiels passent.

Je m'interroge beaucoup sur les programmes de première L et de première ES parce que là c'est un public un peu particulier et peut-être que nos collègues du secondaire n'ont pas encore assez saisi la différence qu'on a voulu mettre entre culture scientifique et formation scientifique. Je

veux dire par là qu'ils ont peut-être des exigences trop élevées pour les élèves en première L et ES.

Peut-être faudrait-il qu'on puisse étendre cette réflexion à la formation des scientifiques qui doit être bipolaire au sens où elle doit être une formation scientifique, et là dessus je ne remettrais jamais en cause ce pôle là, mais peut-être en la faisant évoluer un peu vers un pôle plus culturel. Et c'est peut-être là qu'il y a une ambiguïté sur les programmes qu'on a rédigés dont on nous dit qu'ils sont beaucoup trop lourds et trop développés, que c'est une somme de connaissances colossale, qu'on n'aura pas le temps de les traiter etc.

Il est très difficile de faire des choix et quand on en fait généralement on a beaucoup de mal à les faire admettre par la communauté enseignante. Par exemple, si on avait supprimé la glycémie au programme de 1ère ou autotrophie et hétérotrophie au programme de Terminale, ou la partie parenté et évolution dans l'évolution de l'espèce humaine on nous l'aurait violemment reproché au même titre qu'on nous a violemment reproché d'avoir mis dans notre programme l'immunologie en spécialité et de ne pas l'avoir mis en tronc commun. Ce qui nous a amené d'ailleurs à suivre les résultats de la consultation et à faire la version que vous savez.

Si j'ai un reproche à me faire, c'est d'avoir manqué de courage et de pas avoir tenu tête en disant qu'il faut alléger les programmes et donc de sortir tout un pan de la biologie ou des sciences de la terre du programme. Je n'ai pas eu ce courage que d'abord parce je n'ai pas une totale liberté de manœuvre, je suis le porte plume du Comité National des Programmes qui me donne une lettre de cadrage. Je n'ai peut-être pas eu le courage non plus d'affronter la communauté enseignante, c'est peut-être lié au fait que nous n'avons pas eu assez la possibilité de rencontrer des collègues enseignants. Si on avait donné au groupe d'experts les moyens de pouvoir rencontrer, dialoguer avec les enseignants du secondaire, beaucoup de malentendus auraient pu être levés.

***Vous venez de dire que l'aspect culturel n'a plus sa place, mais c'est quand même ce que vous avez fait mettre en première L et première ES. N'est-ce pas concevable d'avoir un programme avec un contenu scientifique pertinent et une ouverture culturelle, même en S, sans nécessiter des structures comme les TPE en lycée ou, comme ce qui est projeté en collège, les itinéraires de découvertes ou options ?***

Je suis assez convaincu de ce que vous venez de dire à savoir que l'enseignement en S pourrait évoluer vers ce pôle culturel que j'évoquais tout à l'heure. On a essayé de le faire dans l'enseignement de spécialité en terminale S en introduisant des notions d'histoire des sciences avec la génétique. On reparle de Mendel, de Morgan, de Watson et Crick, on va rechercher l'histoire des idées et voir comment s'est construit aujourd'hui un concept fondamental qui est le concept de gène. On aborde aussi les questions éthique dans l'enseignement de spécialité. Je trouve que c'est intéressant qu'on ait eu l'opportunité de pouvoir introduire cette notion là. On nous le reproche dans la mesure où on nous dit "vous faites ça mais attention, c'est une année de bac; qu'est-ce qu'on va mettre au programme d'examen pour l'évaluation de ces contenus d'enseignement" ? On revient à ce que je disais tout à l'heure, on vit dans une culture du programme qui est trop fermée trop bloquée, trop figée.

En L et ES c'est effectivement ce qu'on a essayé de faire. Je pense que c'est à l'expérience qu'on verra si l'essai va être transformé. J'espère que quand on aura trois, quatre, cinq ans de recul sur ces enseignements de L et ES, on pourra faire un bilan et revenir vers d'autres manières d'aborder cet enseignement de culture scientifique et aussi sur leur évaluation, sur leurs modalités d'évaluation, sur l'épreuve anticipée du baccalauréat ...

Ce que je vais dire est un peu polémique mais je l'assume: le problème c'est que, vous le savez comme moi, tout a été fait dans la précipitation, il a fallu que les choses soient faites pour la veille.

Alors forcément il y a des erreurs, je suis le premier à le reconnaître mais je plaide l'indulgence compte tenu du calendrier dans lequel on a été contraint.

***Le fait d'avoir introduit dans ce groupe d'experts un nombre non négligeable de chercheurs ne risque-t-il d'avoir des programmes qui courent après la recherche ou, deuxième possibilité, qui sont le terrain de prédilection des chercheurs, je n'ai pas parlé de marotte; je pense aux gènes homéotiques, à la douleur, à la terre dans sa globalité. Ceci aux dépens d'un contenu peut-être plus accessible pour les jeunes ?***

Je comprends ce que vous dites. Je l'ai mal vécu l'année dernière car j'ai vu dans la presse, qu'effectivement le groupe d'experts avait tendance à devenir un lieu où les universitaires veulent à tout prix faire passer leur marotte, puisque vous avez utilisé le mot, et les trois exemples que vous venez de signaler sont effectivement caricaturaux puisqu'ils correspondent à trois personnes, on peut mettre des noms, du groupe d'experts.

C'est vrai que ça m'a un petit peu vexé quand j'ai lu dans un journal de la presse régionale que ce n'est pas un hasard s'il y a tant d'enseignement en neurobiologie puisque le président du groupe d'experts est un neurobiologiste. J'étais stupéfait de lire ça: où y a-t-il trop d'enseignement de neurobiologie sur les trois années du lycée ?

Je vous remercie de me donner l'occasion de me justifier: s'il y a eu la douleur, c'est parce que des professeurs du secondaire, ne sachant pas ce quelle était ma spécialité, ont dit en avoir marre du réflexe myotatique et que l'on pourrait aborder le problème sous un angle beaucoup plus unifié d'un point de vue scientifique avec le réflexe d'évitement et effectivement c'est un des points de départ de la douleur. Là en l'occurrence, je n'ai pu que servir d'expert dans cette affaire et faire en sorte qu'on simplifie les choses à un niveau qui soit accessible pour tous.

Par exemple, je trouve qu'autour des mots de "gène homéotique" s'est construite toute une histoire qui est extrêmement intéressante à saisir. On a voulu construire la notion d'unité du vivant aux trois niveaux d'organisation: moléculaire avec l'ADN, cellulaire et au niveau de l'organisme tout entier avec la notion de plan d'organisation. Or, pourquoi cacher cette vérité qui a été maintenant parfaitement démontrée que les plans d'organisation sont déterminés par des gènes, les mêmes depuis des millions d'années? On les appellent homéotiques mais on peut les appeler comme on veut. Il n'y a pas de plus bel exemple à mes yeux pour illustrer l'unité du vivant que cette notion de gène architectural. Cela a fait peur à tout le monde mais encore une fois il est pas question d'étudier leur fonctionnement en seconde; mais simplement de montrer que si le tête est devant le tronc qui est devant la queue c'est qu'il y a différents gènes qui sont ordonnés de manière séquencée sur le génome et que c'est vrai chez le vers de terre, chez le drosophile, chez les batraciens, chez les mammifères et chez l'homme. Quand on a dit ça, on a tout dit.

Maintenant effectivement revenons à votre question. Il y a des "universitaires" dans le groupe et non des "chercheurs". Les universitaires ont un double métier, celui de chercher et d'enseigner. Cette double fonction est déjà une remise en cause de notre savoir.

Au tout début du groupe d'experts, lorsqu'il s'appelait Groupe Technique Disciplinaire que Jean Claude Boucault présidait, le débat a été important de savoir quel type de contenus on allait mettre et jusqu'où fallait-il ne pas aller ou plutôt où fallait-il s'arrêter.

Si maintenant on essaie de revenir à la question que vous avez posée de manière beaucoup plus fondamentale, dans l'esprit du ministère, je suppose que la raison pour laquelle on a demandé à des universitaires d'être présents dans ce GE c'est pour éviter des dérives et éviter que le contenu scientifique des programmes ne repose trop sur des notions fausses, archaïques ou anciennes. Je n'en dirai pas plus, mais en tout cas le souci majeur que chacun a eu était d'essayer de donner à la biologie un aspect moderne. Il faut voir aussi que tout cela s'inscrit dans un contexte de l'évolution

de l'histoire des sciences et que on n'est pas encore sorti du positivisme qui veut que la discipline noble soit les mathématiques, qu'un peu en dessous on ait la physique, que très en dessous on ait la chimie et que alors au fond du ravin on ait la biologie. Mais, la biologie est une science qui a son statut propre et qui n'a pas à se justifier par rapport à la physique chimie ou aux mathématiques, pour une raison qui est essentielle c'est qu'elle décrit le vivant. On est tous des êtres uniques et quand on veut élaborer la méthode expérimentale pour revenir à votre propos du début avec l'objet biologique ce n'est pas en étudiant un cas qu'on apportera la réponse mais en étudiant quinze, vingt cas, et il faudra avoir fait de bonnes études en statistiques pour savoir quelle est la moyenne qu'on va adopter.

***Par rapport aux nouveaux programmes, comment avoir une démarche expérimentale avec des contenus qui d'une part portent sur des objets cellulaires voire moléculaires et d'autre part se font dans un environnement technologique un peu réduit par rapport au sujet d'étude ?***

La démarche expérimentale, à mes yeux, se situe à trois niveaux:

- le premier niveau est celui, traditionnel, de la paillasse. il y a la place pour ces TP c'est évident. Le problème c'est que construire une démarche expérimentale en biologie oblige de passer par l'étape cellulaire et moléculaire. Or c'est très difficilement applicable dans les lycées parce que cela nécessite des matériels coûteux, une formation technique importante avec du personnel technique qualifié, c'est toute une infrastructure qu'il est difficile de mettre en œuvre. De plus, on est confronté à l'interdiction de l'utilisation de l'animal pour des raisons éthiques et des raisons liées à la protection de l'animal. Alors quand on a dit qu'on ne peut pas utiliser l'animal et que l'accès à l'échelon cellulaire et moléculaire est difficile, qu'est-ce qui reste? Mais on a suffisamment de culture et de passé positif dans ce domaine pour valoriser ce niveau en l'adaptant aux contraintes du terrain d'aujourd'hui.
- Le deuxième niveau est ce que vous appelez le TP papier: la réflexion sur des articles scientifiques dans lesquels il y a toujours matériel, méthode et résultat, la réflexion à partir de résultats expérimentaux, qu'on n'aura pas pu acquérir parce que c'est trop compliqué, mais qu'on peut commenter sur la manière dont ils ont été acquis est un travail d'appropriation de la construction des savoirs scientifiques qui est tout aussi important que de focaliser une coupe au microscope ou que de faire un dosage avec une pipette qui sont des gestes techniques qui apprennent aux élèves la maîtrise du geste mais où cela ne va pas plus loin. Ce deuxième niveau des TP papiers est aussi important pour moi que le travail à la paillasse.
- Le troisième niveau, c'est l'Enseignement Assisté par Ordinateur. Dans les nouvelles techniques de communication avec les multimédias, je plaide mon insuffisance mais je sais que c'est un outil formidable.

Je pense qu'il y a tout un travail de réflexion qu'il faut mener sur ce qu'est l'approche expérimentale aujourd'hui dans les lycées. Ca nécessite une refonte complète de la construction de cette notion. Il faut faire attention à ne pas réinventer le fil à couper le beurre et ne pas tricher avec les enfants, leur laisser croire qu'ils vont réinventer la démarche expérimentale à travers des outils simples. Si on veut aujourd'hui bâtir un concept d'enseignement expérimental, de formation à l'acquisition du raisonnement scientifique, c'est avec ces trois niveaux qu'il faut le bâtir. Si on ne fait pas cet effort, le premier niveau va être de plus en plus appauvri. Mais ce n'est pas en développant les deux derniers niveaux que l'on remet en cause la partition de la classe en deux groupes ni les heures d'enseignement expérimentaux: il n'a jamais été question de remettre en question cette structuration de l'enseignement. Pour travailler un article, au delà de 15 élèves on perd notre temps: c'est un travail qui ne peut se faire qu'en petits groupes au même titre que l'enseignement assisté par ordinateur. Voilà comment je vois l'évolution de l'enseignement expérimental et c'est vraiment ce qu'on essaye de faire avec les nouveaux programmes.



***En collège, comment concevez-vous les pratiques, les contenus avec les capacités des enfants de cet âge là considérant aussi que dans l'enseignement il faut prendre en compte énormément le besoin de les motiver, de les remotiver. Comment vous voyez l'enseignement des SVT en collège ?***

Je suis persuadé d'une chose c'est qu'on n'est pas dans le même registre., Au sein du collège, je verrais très nettement deux niveaux qui ne correspondent pas aux trois cycles actuels: 6<sup>e</sup>/5<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup>/3<sup>e</sup> parce que je crois qu'il y a une progression de l'acquisition des savoirs chez l'enfant. En 6<sup>e</sup> on est encore un gamin qui joue et qui a besoin d'une approche ludique pour s'approprier son environnement; en 5<sup>e</sup> on l'est encore un peu.

Je crois qu'il faut voir la progression de l'enseignement au collège comme étant une transition entre justement l'acquisition ludique des savoirs et l'apparition en 4<sup>ème</sup>/3<sup>ème</sup> de ce que j'appellerai le concept disciplinaire réellement scientifique. Ce qui me paraît fondamental c'est que, dès l'école primaire et a fortiori au collège, les SVT sont une discipline clé pour ouvrir l'esprit de l'enfant sur le monde qui l'entoure. C'est là que nous en tant qu'universitaires, que vous en tant que professeurs avons un rôle fondamental, celui d'apprendre à l'enfant de classer l'environnement dans lequel il vit, à avoir une approche scientifique du classement, c'est à dire élaborer des critères, faire des choix et cela fait aussi partie de la formation générale de l'esprit de l'enfant.

Le groupe d'expert n'a encore rien travaillé sur les programmes du collège, car on ne nous a demandé de travailler que sur les programmes du lycée. Est-ce que l'enseignement du lycée n'est pas une redite de l'enseignement du collège, est-ce qu'on n'a pas trop tendance à refaire au lycée ce qui a été vu au collège? J'ai une certaine gêne par rapport à ça ce qui nous amène d'ailleurs à une situation conflictuelle: dans les programmes actuels de seconde, première, terminale il y a des chapitres pour lesquels on s'appuie sur les acquis du collège. Or les collègues nous disent que les élèves n'ont rien acquis au collège et qu'il faut tout reprendre. S'il faut refaire au lycée ce qu'ils ont déjà fait au collège et qu'ils ont eu du mal à acquérir ou qu'ils ont mal acquis, il est évident que les programmes sont trop lourds qu'on ne s'en sort plus. Il faut vraiment qu'on réfléchisse sur une cohérence verticale des programmes du primaire à la terminale.

***C'est important de repenser l'ensemble des programmes, de façon verticale. Le lycée a probablement été conçu dans une cohérence d'ensemble de la seconde à la terminale, encore que vous avez fait les programmes les uns après les autres,.....***

C'est le même groupe qui a fait les trois programmes. J.C. Boucault, quand il présidait le groupe, a commencé pendant trois mois à nous faire du "brain storming" avant de faire le programme de seconde et on a travaillé d'abord à savoir ce qu'on allait mettre dans les trois programmes . Puisque maintenant on a mis en place un système qui s'appelle groupe d'experts pour l'élaboration des programmes, il faut faire de ces GE des outils de cohérence pour la réflexion sur les programmes. Il ne faut pas voir chaque segment pour lui même mais qu'on essaie de construire ces programmes avec leur cohérence et leur transition, transition CM2/6<sup>e</sup>, transition 3<sup>e</sup>/2<sup>nde</sup>. Je suis d'accord avec vous ce qui manque c'est une réflexion sur la cohérence verticale des programmes. Je sais que ça fait partie des soucis du ministère puisque j'ai reçu une note là dessus demandant une réflexion sur la cohérence verticale. C'est bien gentil de le demander maintenant une fois que ça a été fait.

***C'est dans la perspective du cahier d'exigence collège ?***

C'est ça. Je vous avoue très franchement qu'à titre personnel je voudrais bien passer la main, ça fait quatre ans que je suis là, ça fait deux ans que je préside le groupe d'experts, j'ai donné

énormément et je voudrais bien revenir maintenant à mes fonctions universitaires ; en plus c'est justifié par le fait qu'on arrive à la fin d'une histoire, on a réécrit les trois programmes seconde, première, terminale, on finit d'écrire les documents d'accompagnement des TS on va faire et terminer ceux de première S. On aura fini notre travail, on laissera un testament et à d'autres de prendre le relais.

***Si l'équipe change, il risque d'y avoir, ce manque de cohérence verticale dont on parlait entre les programmes de collèges et ceux de lycée***

Je suis d'accord avec vous, je suis prêt à accepter l'idée d'une transition, qu'on renouvelle par exemple le groupe d'experts par moitié, qu'il y ait une histoire qui s'inscrive, je suis prêt à assumer une période de transition. On a beaucoup tâtonné, on a beaucoup fait de bêtises, mais il faut maintenant rendre positif toute l'histoire de ces quatre années et surtout de la cohérence verticale de ces programmes et de l'appropriation des programmes par toute la communauté. Je refuse que les programmes soit l'affaire d'un groupe d'experts. J'en ai parlé en réunion de présidents de groupe d'experts avec le directeur de la DESCO M. de Gaudemar: il est tout à fait d'accord pour impulser une politique qui permette de développer cet échange entre les groupes d'experts et la communauté enseignante. il a mis en place cette politique de consultation sur les programmes l'année dernière; ce qui est dommage c'est qu'elle a été contrainte par un calendrier trop serré, mais imaginez cette consultation avec un délai d'un an de plus et on était dans un système tout à fait performant.