

D E A

Option : Didactique des Sciences Expérimentales et Disciplines Technologiques

Mémoire de stage tutoré

LES REPRESENTATIONS RELATIVES A LA
CELLULE CHEZ LES ELEVES DE LYCEE

Auteur : Alain POTHET

Tutrice : Mme COQUIDE-CANTOR Marilyne

Ecole doctorale SP « Sciences Pratiques »

Année 2003-2004

Remerciements :

- A Mme Marilynne COQUIDE-CANTOR pour son aide attentive,
- A M. Naoum SALAME pour ses encouragements,
- A l'ensemble de l'équipe d'enseignants du DEA Sciences Techniques,
Enseignement et Diffusion pour leurs conseils,
- A mes élèves et mes collègues pour leur collaboration active.

Table des matières

Introduction.. 4

1. Une synthèse des représentations des élèves mexicains dans le domaine de la biologie cellulaire. 5
 - 1.1. Les représentations relatives à la cellule. 5
 - 1.2. Un questionnaire et des entretiens. 5
 - 1.3. Une synthèse et des perspectives pédagogiques. 6
2. Cellules et organisme pour quelques élèves de lycée. 7
 - 2.1. Cibler : de la biologie cellulaire à la cellule. 7
 - 2.2. Adapter : carences et initiatives. 7
 - 2.3. Des conditions particulières. 7
3. Les représentations de la cellule.. 7
 - 3.1. Le « déjà-la ». 7
 - 3.2. Les obstacles et les conceptions. 9
 - 3.3. La cellule : un objet biologique « affectif ». 9
4. Un questionnaire pour révéler les conceptions. 10
 - 4.1. Le mode de construction : un compromis nécessaire. 10
 - 4.2. Les outils d'analyse : les « a priori » et les « a posteriori ». 11
 - 4.3. Ambiguïtés et potentiels du questionnaire. 12
 - 4.3.1. Les réponses révélatrices des ambiguïtés du questionnaire. 12
 - 4.3.2. Les réponses révélatrices du potentiel des questions ouvertes. 13
 - 4.4. Une combinatoire de méthodes. 14
5. Une cellule dynamique et omniprésente.. 15
 - 5.1. Des conceptions synthétiques. 15
 - 5.1.1. Une conception synthétique de la place de la cellule dans l'organisme. 15
 - 5.1.2. Conception synthétique de la dynamique des populations cellulaires. 17
 - 5.2. Des « profils cellulaires » variés. 20
 - 5.2.1. Des « profils cellulaires » au sein de l'organisme. 20
 - 5.2.2. Des « profils de dynamisme cellulaire ». 20
 - 5.3. Les origines des conceptions relatives à la cellule. 21
 - 5.3.1. Place de la cellule dans les programmes de Sciences de la Vie et de la Terre (SVT). 21
 - 5.3.2. La persistance des conceptions. 22

Conclusion.. 24

Bibliographie.. 25

Liste des figures et des tableaux.. 26

[Liste des annexes. 26](#)

[Annexe 1 : la recherche-mère. 27](#)

[Annexe 2 : les questionnaires et leur grille de lecture. 28](#)

[Annexe 3 : Présentation du logiciel MODALISA.. 35](#)

[Annexe 4 : Les résultats en chiffres. 36](#)

Introduction

Ce mémoire correspond à la réplique d'un article mexicain présentant une vision synthétique des représentations de la cellule chez des élèves de lycée.

Cette recherche de Fernando Flores réalisée au Mexique sur une population importante d'élèves (1200 élèves) du lycée aborde des concepts didactiques et scientifiques importants. D'une part, le concept de représentation, reflet des processus de construction mentale des élèves et d'autre part, le concept de cellule en tant qu'unité fonctionnelle et structurale du vivant. Cette rencontre conceptuelle ouvre un champ d'étude extrêmement large que l'auteur de la recherche explore à travers 8 questionnaires de 12 questions suivis par des interviews de certains élèves amenés à préciser leurs réponses.

Les dimensions du domaine de recherche et l'imprécision quant aux outils méthodologiques utilisés (seules quelques questions sont présentées dans l'étude initiale et aucune indication n'est donnée sur l'organisation des interviews) impliquent une adaptation profonde de l'étude pour en réaliser la réplique.

La réplique génétique multiplie fidèlement l'information génétique, elle y glisse également, par ses erreurs, les ferments de l'évolution de la vie. La réplique de recherche tente, elle aussi, de reproduire fidèlement la démarche de recherche mais un tel travail en quelques mois nécessite une adaptation très profonde de la méthodologie utilisée et des champs conceptuels explorés. Ces « mutations » nécessaires transforment le cadre de recherche et rendent difficile les comparaisons avec la recherche initiale. Limité aux relations entre les cellules et l'organisme d'une part et au dynamisme cellulaire d'autre part, cette réplique recherche caractériser et à structurer les conceptions relatives à la cellule pour 58 élèves de Première S et Terminales S du lycée Marie Curie (92, Sceaux). La construction d'une conception synthétique ne pourra se faire sans une prise en compte de la diversité initiale réduite par la construction de différents profils de conceptions.

Cette adaptation conceptuelle s'accompagne d'une transformation de la méthodologie de recherche. Deux questionnaires pré testés vont tenter de révéler les conceptions relatives à la cellule. La vision anthropomorphe, la division et la mort cellulaire, le rapport entre cellules, organes et organisme sont les points qui vont structurer les questionnaires.

Après une analyse de l'article initial, la recherche présente les grands axes de l'adaptation réalisée pour la réplique et le cadre théorique choisi. Les contraintes de la conception de l'outil méthodologique retenu sont présentées dans une quatrième partie. Enfin, une discussion des résultats obtenus permettra de répondre à la problématique de recherche.

1. Une synthèse des représentations des élèves mexicains dans le domaine de la biologie cellulaire.

Recherche-mère

« Representation of the cell and its processes in high school students : an integrated view »

Fernando Flores, Cognitive Pedagogy and Science Learning Department, Instruments Centre, Ma Eugenia Tovar, Sciences and Humanities College, South Campus and Leticia Gallegos, Cognitive Pedagogy and Science Learning Department, Instrument Centre, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, (UNAM), Mexico.

In International Journal of Science Education, 2003, vol. 25, no. 2, 269-286.

1.1. Les représentations relatives à la cellule.

L'auteur de cette recherche constate que les recherches antérieures sur les « priors ideas » ou idées premières en biologie n'ont pas permis de caractériser les représentations des élèves sur les concepts liés à la cellule et à son fonctionnement.

Cette constatation justifie cette recherche qui tente de donner une vision synthétique des représentations de la cellule chez les élèves des lycées mexicains.

Avant de parvenir à cette vision synthétique, l'auteur se propose d'identifier les « previous ideas » des élèves de lycée et de déterminer les niveaux de compréhension du rôle de la cellule dans la structure et le fonctionnement de l'organisme.

L'auteur semble distinguer ce qu'il appelle les « previous ideas » ou « priors ideas » ou encore « view » qui représentent des « images » ponctuelles sur des notions précises de la biologie cellulaire. Mais ces images « dispersées » doivent être organisées pour former un tableau cohérent représentant les modèles structurés et fonctionnels que sont les « conceptual representations » ou conceptions des lycéens.

Ce travail de synthèse est le cœur même de cette recherche, il nécessite des mises en relations de représentations partielles pour faire apparaître des conceptions générales.

Le champ conceptuel dans lequel s'inscrit cette recherche est celui de la biologie cellulaire. En effet, l'auteur va balayer un très grand nombre de concepts de la biologie cellulaire en allant de l'aspect structural, métabolique jusqu'aux rapports entre la cellule et le fonctionnement de l'organisme.

1.2. Un questionnaire et des entretiens.

Compte tenu de l'immensité du domaine scientifique balayé par cette étude, l'auteur a subdivisé son recueil de données en 8 questionnaires de 12 questions. Pour chaque questionnaire, les premières questions abordent les principes généraux à l'échelle de l'organisme et les questions suivantes s'orientent vers le niveau cellulaire. Ce gradient d'échelle permet de partir d'une dimension familière aux élèves pour aboutir à une dimension cellulaire moins accessible aux élèves.

Deux types de question sont développés dans les questionnaires :

- des questions à choix multiples assez générales
- des questions à choix multiples dans lesquelles les réponses doivent être justifiées.

Ces questionnaires sont suivis par des entretiens individuels afin de préciser certaines idées exprimées.

L'échantillon est composé de 1200 élèves des trois niveaux du lycée mexicain sélectionnés de façon aléatoire.

1.3. Une synthèse et des perspectives pédagogiques.

A partir des résultats obtenus dans cette recherche l'auteur établit deux niveaux de représentations. Le premier d'ordre général se situe au niveau des processus physiologiques touchant l'organisme et le second se réfère spécifiquement aux caractéristiques fonctionnelles et morphologiques de la cellule.

Les conceptions générales sur les organismes font clairement apparaître une différence de fonctionnement entre les structures et le fonctionnement des organismes appartenant au monde animal et ceux appartenant au monde végétal.. Cette différence est particulièrement marquée dans les fonctions de nutrition, de respiration et de reproduction.

Les conceptions relatives à la cellule font apparaître des modèles explicatifs très anthropomorphiques. On relève en effet des expressions telles que « la cellule prend dans son environnement ce dont elle a besoin » ou « la cellule reconnaît ce qu'elle doit phagocyter ». Un autre obstacle révélé par ces représentations de la cellule est celui de l'isomorphisme entre le fonctionnement à l'échelle des organes ou des organismes et le fonctionnement des cellules. On observe par exemple une présentation de la digestion à l'échelle cellulaire similaire aux processus de digestion se déroulant dans le tube digestif d'un organisme.

Un des obstacles majeur sous jacent à toutes ces représentations est lié au concept d'énergie en biologie. En effet, l'énergie est considérée dans le monde vivant comme la cause et la finalité de tous les processus biologiques. D'autre part, cette énergie apparaît comme une substance au même titre que l'eau.

Les conceptions au niveau intra-cellulaire font apparaître un noyau dominateur et une connaissance très limitée de la fonction des différents organites cellulaires.

L'auteur fait le constat que les programmes de lycée et de collège au Mexique traitent les processus physiologiques de base comme des éléments séparés. Il est donc difficile, dans ces conditions, d'expliquer le fonctionnement des organes et des organismes en l'intégrant avec le niveau cellulaire.

Cet état des lieux amène l'auteur à faire quelques suggestions quant à l'enseignement des processus physiologiques.

- l'enseignant doit veiller à aborder un processus physiologique dans sa globalité en allant de l'échelle de l'organisme jusqu'à l'échelle cellulaire. Il doit, d'autre part, être vigilant quant aux analogies utilisées pour ne pas générer des confusions entre les différents niveaux d'étude.
- Les concepts scientifiques possèdent différents niveaux de compréhension, ils doivent donc être abordés dans un contexte qui donne à chaque élève les éléments nécessaires à la construction progressive du concept scientifique. Dans cette optique, il est préférable d'aborder les aspects généraux accessibles à l'expérience des élèves pour passer dans un deuxième temps aux mécanismes cellulaires.

- Les « images » ponctuelles des élèves ne doivent pas être isolées les unes des autres et l'on doit s'efforcer de construire des interrelations entre ces images comme on le fait pour les réseaux conceptuels.
- Si l'on veut aborder un champ conceptuel aussi vaste sans créer des cloisonnements entre les différents niveaux d'étude, l'enseignant doit construire autour des élèves une « atmosphère » homogène dans laquelle l'élève va côtoyer des problèmes, des textes, des expériences, des modèles et des textes historiques. Cette « atmosphère » doit l'amener à construire des relations et des explications rendant possible la naissance de modèles explicatifs articulant la cellule et les processus cellulaires.

2. Cellules et organisme pour quelques élèves de lycée.

Les conditions de réalisation de ce travail de réplique ont nécessité une adaptation nécessaire et importante de la recherche-mère.

2.1. Cibler : de la biologie cellulaire à la cellule

Quelle représentation synthétique relative à la cellule peut-on construire à partir de la diversité des conceptions unitaires ? Les rapports entre cellules, organes et organisme ainsi que le dynamisme cellulaire sont les deux domaines sélectionnés dans cette étude.

La recherche se placera tout d'abord dans une problématique de type « cartographique » (Astolfi, J.-P. 1989) en essayant de dégager la « géographie » des conceptions dans les deux domaines cellulaires sélectionnés.

On tentera ensuite de dégager :

- une conception générale par une étude statistique des réponses,
- un ensemble de profils de représentations par une catégorisation des réponses.

2.2. Adapter : carences et initiatives

La recherche-mère présente l'ensemble de ces résultats sur un questionnaire qui n'est que très partiellement présenté (des exemples de questions sont présentés dans l'annexe). Cette carence a nécessité la construction de nouvelles questions adaptées aux questions de recherche retenues.

Le corpus et les méthodes de son analyse ne sont pas présentés dans l'article de référence. L'adaptation a donc nécessité un choix d'outils d'analyse qui sont probablement différents de ceux utilisés dans la recherche-mère. De plus aucune indication sur les entretiens n'est donnée dans l'article initial.

Cette adaptation profonde a donné une grande liberté à l'expérimentateur dans ses choix et dans le déroulement de sa propre recherche. En ce sens, l'adaptation a donc fortement « responsabilisé » l'auteur de cette recherche.

2.3. Des conditions particulières

Une telle recherche, en dehors du fait qu'elle se déroule dans un cadre temporel très réduit, présente un ensemble de limites que l'on ne peut ignorer. En effet, la caractérisation des conceptions ne peut

se concevoir en dehors d'un contexte de production or celui-ci n'a pas pu être totalement aménagé au cours de cette recherche. De plus, l'échantillon choisi pour cette étude est composé d'élèves qui connaissent l'expérimentateur pour l'avoir comme enseignant depuis parfois plusieurs années. Les réponses des élèves ont donc bien évidemment pris en compte les attentes bien connues de l'expérimentateur. Enfin, l'expérimentateur intègre dans son interprétation non seulement son propre cadre conceptuel mais aussi la connaissance qu'il peut avoir de ces différents élèves.

L'échantillon est constitué de 58 élèves d'un lycée de la région parisienne (Lycée Marie Curie de SCEAUX). Ils appartiennent à une classe de Première S et une classe de Terminale S. alors que l'échantillon de la recherche-mère est composé de 1200 élèves pris de façon aléatoire dans des 3 années de lycée mexicain.

3. Les représentations de la cellule

3.1. Le « déjà-la »

Depuis les années 1970, de nombreuses études et recherches ont été menées sur les représentations des élèves. Ces travaux avaient pour but de faire apparaître les modèles explicatifs et fonctionnels des élèves. Cette approche nouvelle traduit une prise en compte plus importante de l'apprenant dans l'acquisition du savoir. En effet, l'enseignement n'est plus considéré comme un simple apport d'informations nouvelles à un élève récepteur vierge de toutes connaissances mais plutôt comme une transformation progressive des conceptions préexistantes chez l'apprenant.

Le modèle allostérique (figure 1) de Giordan, A. traduit l'incompatibilité des « conformations spatiales » entre la connaissance apportée par l'enseignant et les conceptions préexistantes qui occupent la même « niche écologique » que le concept chez l'apprenant. L'appropriation du savoir par l'élève nécessite une complémentarité entre concepts scientifiques et conceptions.

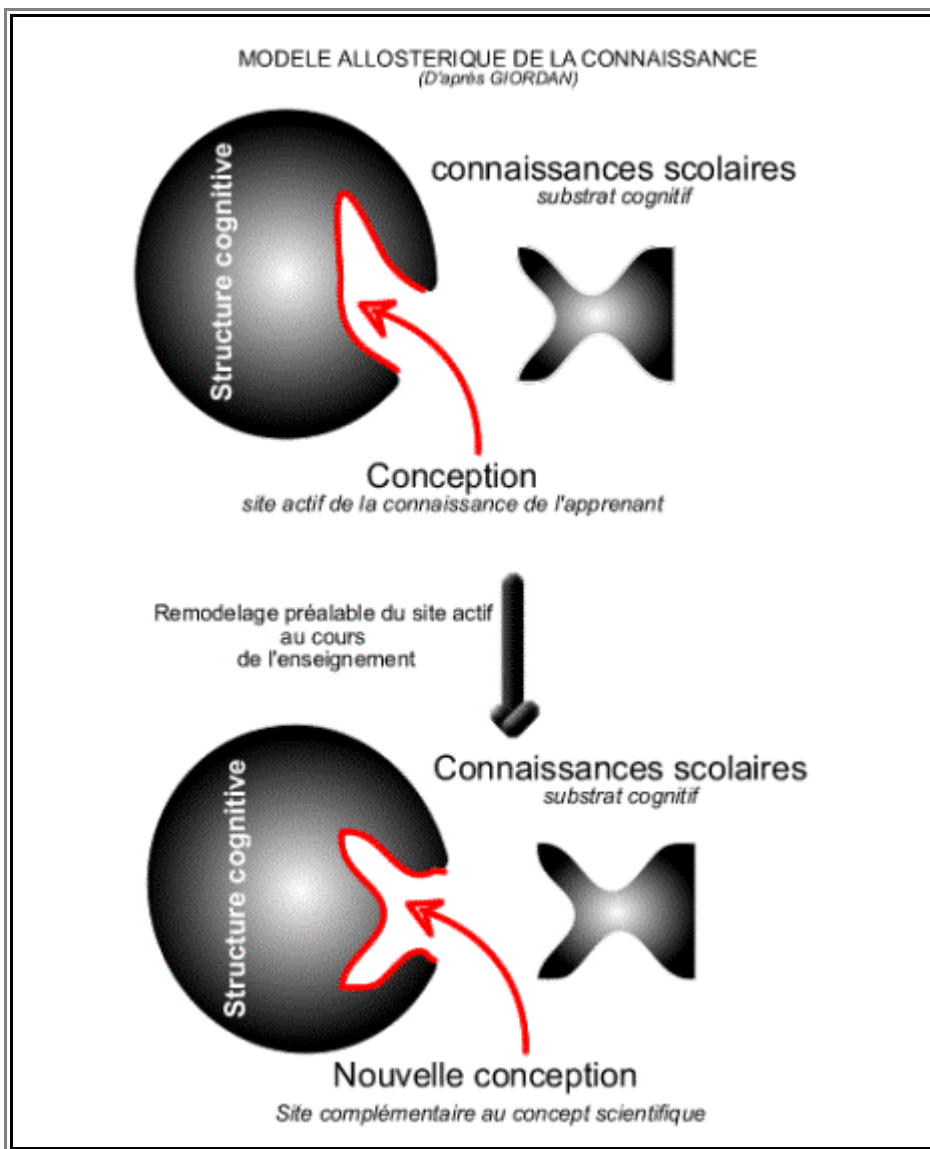


Figure 1: modèle allostérique

Les études montrent une résistance importante des modèles explicatifs des élèves au cours de leurs études. Les « transformations conformationnelles » sont lentes et ne pourront réellement être acceptées par leur auteur que si elles apparaissent plausibles et promettent une utilisation fructueuse. De plus, les changements conceptuels ne s'imposent qu'à condition que le modèle antérieur « maîtrisé » apparaisse insatisfaisant.

Très tôt, un débat est apparu sur la terminologie la plus adaptée à ce concept. En effet, si le terme de représentation est le terme historique, il est rapidement apparu que la connotation « figurative » de ce terme pouvait limiter la portée du concept désigné. Le caractère polysémique du terme représentation aussi bien en psychologie qu'en didactique lui a fait préférer parfois le terme de conception (Clement, P. 1994). On a vu aussi apparaître un grand nombre d'autres termes en français et en anglais essayant de traduire la complexité de ce concept.

Pré représentations, discours premier, « déjà-la », idée initiale, pupils paradigmes, pré requis... sont quelques exemples de la richesse du vocabulaire qui tente de décrire le concept de représentation. Dans ce travail, les termes de conception et représentation seront indifféremment utilisés pour désigner le concept étudié.

L'origine des représentations semble être particulièrement composite. Une des composantes de cette

origine est la composante psychogénétique traduisant une relation étroite entre le développement intellectuel de l'élève et ses représentations. Le savoir commun ou connaissances naïves sont largement impliqués dans la construction des modèles explicatifs que sont les représentations. Les représentations sociales issues de la traduction sociale de la science à partir des informations issues des médias, constituent enfin une composante importante dans l'origine des conceptions.

Une des difficultés dans la caractérisation des conceptions réside dans le fait que ces « déjà-la » conceptuels dépendent dans leur expression du contexte dans lequel se trouve l'apprenant. La composante adaptative de la représentation la rend difficilement analysable indépendamment du contexte. Le rapport au savoir, la représentation des attentes de l'enseignant et la situation sociale vis-à-vis de l'échec scolaire façonnent les conceptions au cours du temps indépendamment du concept scientifique représenté.

L'ensemble de ces interactions explique la nécessité de construire une véritable « atmosphère » propice à l'expression des conceptions.

3.2. Les obstacles et les conceptions

Les représentations constituent de véritables outils de diagnostic et de dépistage des obstacles conceptuels sous-jacents. Des outils diagnostics dans le sens où ces représentations se structurent autour de « noyaux durs » que sont les résistances aux apprentissages et aux raisonnements scientifiques. Ce sont aussi des outils de dépistage car ces conceptions permettent de prévoir un certain nombre d'obstacles à la conceptualisation. En effet, ces modèles explicatifs et fonctionnels peuvent être à l'origine de nouvelles résistances à l'enseignement.

La connaissance de ces obstacles est indispensable puisqu'elle permet de dégager le sens des représentations en donnant les moyens d'en construire l'interprétation (Astolfi, J.-P. 1998).

3.3. La cellule : un objet biologique « affectif »

La cellule n'est pas un objet biologique anodin car « avec la cellule, nous sommes en présence d'un objet biologique dont la surdétermination affective est considérable et incontestable. » (Canguihlem, P. 1985). Unité du vivant et origine de la vie, la cellule est une entité surdimensionnée de la biologie. Les obstacles que peuvent révéler les représentations de la cellule vont donc être des obstacles majeurs que l'on va retrouver dans de nombreuses représentations en biologie. L'obstacle anthropomorphique qui apparaît dans les représentations de la cellule structure de nombreuses conceptions d'élèves dans le domaine de la biologie.

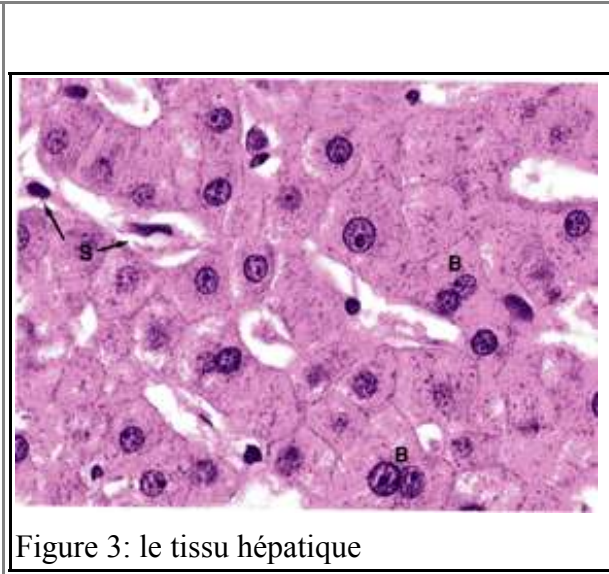
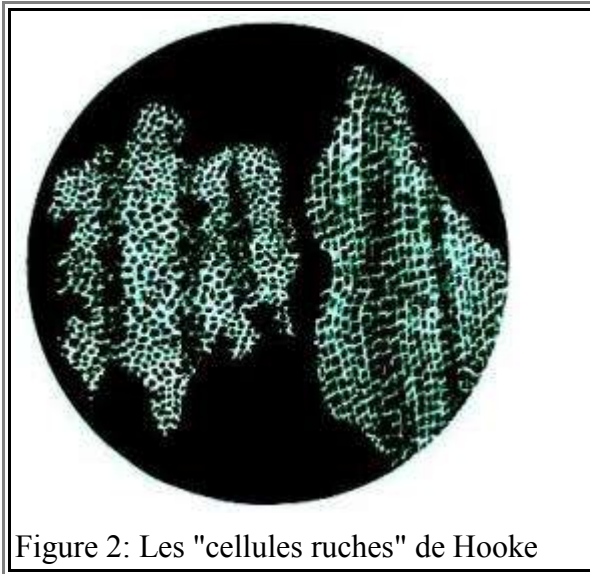
La cellule a une valeur graphique importante car son image est un des symboles puissants de la biologie. L'univers cellulaire est riche en images depuis les premières images « cellulaires » de Robert Hooke en 1665 qui présentait la cellule (du latin *cellula* : petite chambre) comme une sorte de pore hexagonal d'un cadre rayonné de ruche (figure 2) jusqu'aux images actuelles de microscopies optiques où les cellules sont intimement jointives dans les tissus vivants (figure 3). Cette « abeille » des organismes véhicule une forte valeur coopérative même si sa structure fine la présente isolée par une barrière qu'est la membrane cytoplasmique.

Structure protégeant le milieu intra-cellulaire des variations extérieures pour les cellules primitives leur assurant ainsi la stabilité indispensable à la reproductibilité des mécanismes moléculaires, la membrane s'est peu à peu transformée au cours de l'évolution en une véritable interface complexe

assurant les échanges et la communication cellulaire. Cette évolution biologique rejoint l'histoire des connaissances dans le domaine de la biologie cellulaire.

Schwann structure au milieu de 19^{ième} siècle les connaissances éparses sur les cellules et les organise en un concept scientifique cohérent : la théorie cellulaire. Même si celle-ci reste imparfaite, elle permet de transformer une structure biologique essentiellement caractérisée par son image en un concept scientifique plaçant la cellule au cœur de tout système vivant.

Il aura donc fallu trois siècles pour réaliser cette transition entre l'image et la théorie ce que résume parfaitement F. Jacob en assurant que « pour qu'un objet scientifique soit accessible à l'expérience il ne suffit pas de l'apercevoir, il faut une théorie prête à l'accueillir ».



Dans cette étude la cellule est présentée comme unité de fonction et de développement au sein d'un organe et d'un organisme. Celui-ci est plus que la simple somme d'unités fonctionnelles juxtaposées, car il représente la somme de toutes les interactions qui peuvent se nouer entre ses unités. Le contrôle par la cellule de sa division et de sa mort la transforme en véritable unité de construction et de développement de l'organisme.

4. Un questionnaire pour révéler les conceptions

4.1. Le mode de construction : un compromis nécessaire

L'outil méthodologique choisi dans cette recherche pour faire apparaître les conceptions des élèves de lycée est le questionnaire (voir annexe 2).

Les questionnaires ont été distribués aux élèves de deux classes du Lycée Marie Curie de Sceaux. Une classe de Première S et une classe de Terminale S. Le choix des classes, loin de répondre à un idéal statistique, s'est fait selon un idéal pratique puisque ce sont les deux classes d'enseignement de l'expérimentateur. De plus, les élèves de Terminale S ont tous eu l'expérimentateur comme enseignant en Première S. Cette situation loin de compliquer l'enquête a permis une compréhension plus rapide des questions posées dans les questionnaires.

Aucun commentaire n'accompagnait les 30 minutes durant lesquelles les élèves ont complété les questionnaires.

Les élèves ont été invités à inscrire leur nom sur les questionnaires afin de permettre une interview éventuelle.

La forme des questions est volontairement variée afin de balayer les différentes possibilités d'un tel outil méthodologique. Cette variété représente un compromis nécessaire et utile à la construction de la diversité des représentations en prenant en compte la créativité de chacun dans les questions ouvertes tout en guidant la réflexion au sein des questions fermées.

- des questions ouvertes variées :
 - production de schémas : question 4 du questionnaire 1
 - production de textes : question 6 du questionnaire 1

La place des questions ouvertes dans une telle recherche est primordiale car elles permettent de faire apparaître les conceptions dans toute leur diversité. Même si cette diversité comporte un risque de dispersion qui rendrait impossible le codage des réponses, elle permet de mettre en évidence aussi bien graphiquement que verbalement les détails des représentations.

- des questions fermées comportant :
 - des choix sur des schémas (question 3 du questionnaire 2)
 - des affirmations (question 2 du questionnaire 1).

Ces questions permettent de tester un certain nombre d'hypothèses sur les représentations des élèves, en fournissant un cadre de réponses prédéfini par l'expérimentateur.

Les questions portent sur deux domaines de la biologie cellulaire et tente de faire apparaître les conceptions des élèves de lycée sur :

- **la cellule au sein de l'organisme** (voir questionnaire N°1 en annexe 2 :) d'une part

Dans ce premier questionnaire, l'élève est amené à répondre à des questions sur les relations qu'entretient la cellule avec les organes et l'organisme mais aussi sur les relations entre les cellules elles-mêmes (voir annexe 2).

- **la dynamique des populations cellulaires** (voir questionnaire N°2 en annexe 2) d'autre part.

Cette dynamique des populations est abordée au travers des deux mécanismes régulateurs des populations cellulaires : la mitose (division cellulaire) et l'apoptose (mort cellulaire programmée).

L'organisation des questions au sein de chaque questionnaire tente de faire apparaître un gradient d'échelle allant de l'organisme à la cellule en passant par les organes.(voir annexe 2)

4.2. Les outils d'analyse : les « a priori » et les « a posteriori »

Les réponses ont été traitées par le logiciel MODALISA et on fait l'objet d'un tri croisé pour chacune des variables traitées, en fonction du niveau.

Le traitement informatique des réponses a nécessité une clarification des variables testées dans chaque question (voir annexe 2), associée à un codage des réponses aux questions ouvertes. Ce codage a posteriori n'a été possible qu'après un inventaire des réponses permettant de dégager un certain nombre d'indicateurs.

L'analyse des réponses sous forme de schémas à la question 4 du questionnaire 1 fait apparaître 3 grands types de représentations graphiques du tissu hépatique présentées dans la figure 4 ci-dessous.

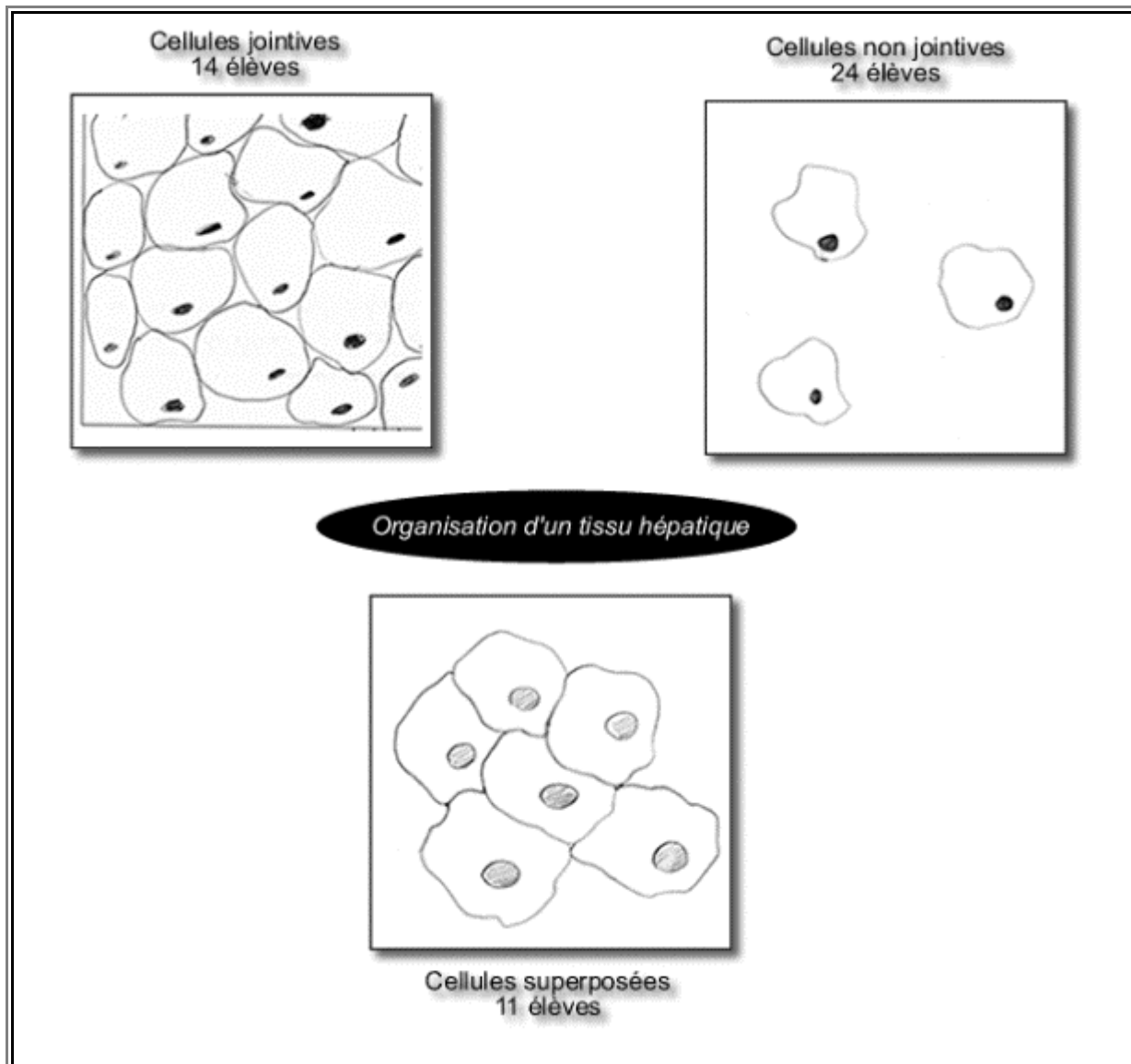


Figure 4 : typologie des représentations graphiques

La possibilité d'un tri croisé par niveau de l'ensemble des questions permet d'engager une réflexion supplémentaire par rapport à la problématique initiale. Cette réflexion nouvelle porte sur l'impact du programme de Science de la vie et de la Terre de Première S sur les conceptions des élèves dans le domaine de la biologie cellulaire. Cette nouvelle approche des résultats n'est apparue qu'a posteriori c'est-à-dire après la conception des questionnaires et aurait certainement mérité d'être intégrée dans la conception du questionnaire.

4.3. Ambiguïtés et potentiels du questionnaire

4.3.1. Les réponses révélatrices des ambiguïtés du questionnaire

- Les questions ouvertes peuvent révéler les imperfections du questionnaire. Malgré un test préalable sur quelques élèves, il est difficile de déceler toutes les ambiguïtés des questions posées. La figure 5 ci-dessous illustre parfaitement cet écueil. En effet, le schéma de l'élève a intégré le cadre de la cellule hépatique comme un élément de la cellule elle-même. Une légende précise de la cellule hépatique aurait certainement permis à l'élève de mieux comprendre la consigne.

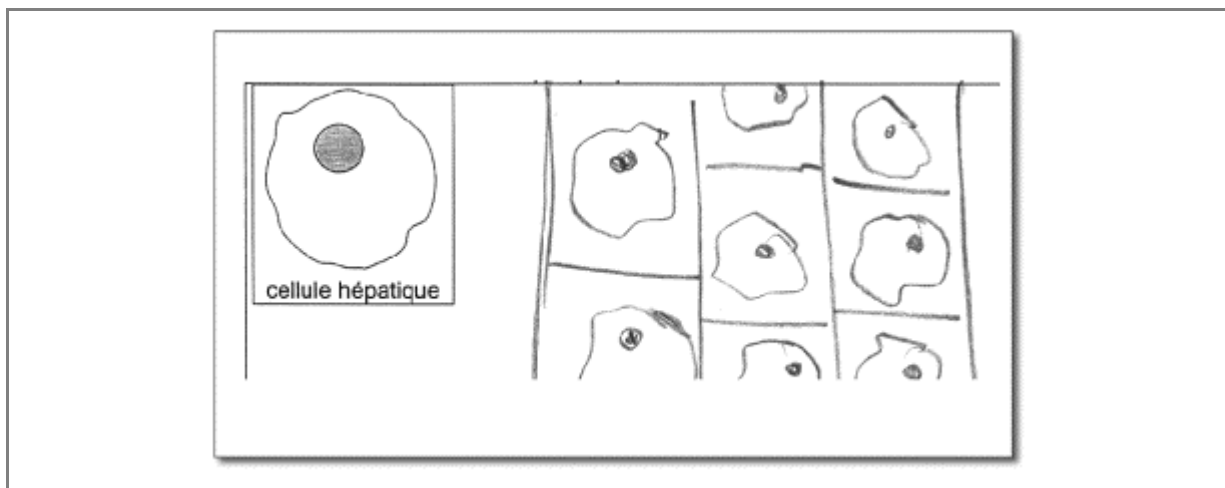


Figure 5 : ambiguïté et représentation graphique du tissu hépatique

- Un autre écueil est apparu au moment de l'analyse des différentes questions fermées, en effet la formulation d'une question présentant une double interrogation rend difficile son analyse. Le cas s'est présenté dans la question 2 du questionnaire 2 :

« La taille d'un organe chez l'adulte est constante car les cellules ne s'y divisent plus »

Il est impossible de savoir si les réponses apportées portent sur le fait que « chez l'adulte, la taille de l'organe est constante » ou sur le fait que « **la taille de l'organe reste constante** parce que les **cellules ne s'y divisent plus** ».

Enfin les questions fermées avec plusieurs items telles que la question 5 du questionnaire 2 peuvent avoir des réponses exactes mais fondées sur des arguments faux. L'entretien permettrait de lever les ambiguïtés.

4.3.2. Les réponses révélatrices du potentiel des questions ouvertes

Les questions ouvertes peuvent également laisser un degré de liberté tel que les réponses apportées font apparaître toute la richesse des conceptions et dépassent toutes les attentes à priori. La figure 6 ci-dessous illustre parfaitement cet enrichissement de la question ouverte avec l'ajout de vaisseaux sanguins au sein du tissu hépatique. Cette initiative affine la conception de cette élève dont le tissu par son irrigation est parfaitement intégré à l'ensemble de l'organisme.

Un entretien avec cette élève aurait certainement permis de préciser l'intégration cellulaire au sein de l'organe considéré mais aussi au sein de l'organisme en général.

Ces questions ouvertes, loin de représenter une difficulté d'exploitation, se sont révélées riches d'enseignement et ont permis une prise en compte plus variée des représentations.

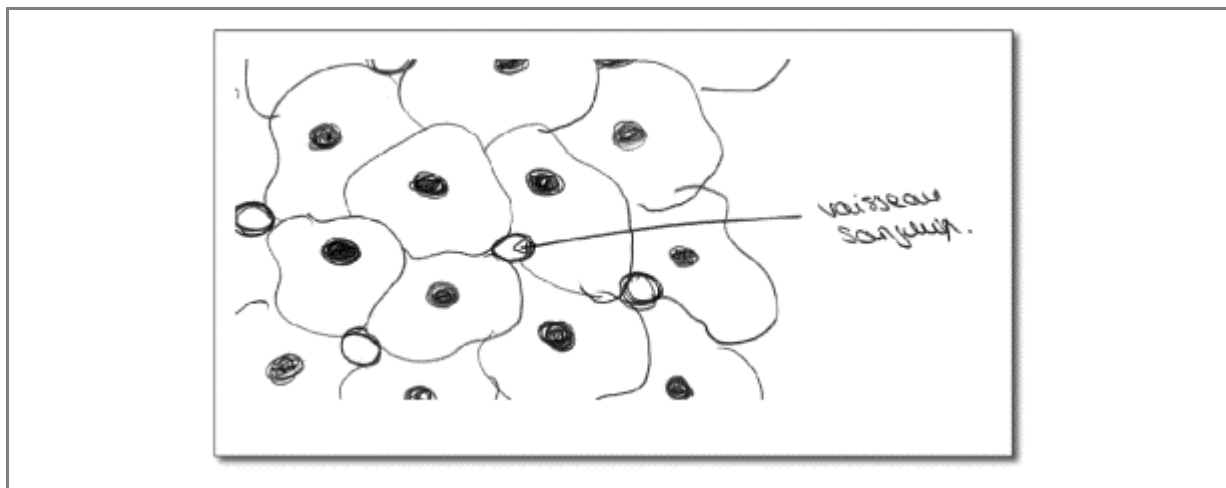


Figure 6 : Potentialité des questions ouvertes

4.4. Une combinatoire de méthodes

Un questionnaire ne suffira certainement pas à révéler à lui seul les modèles explicatifs sous-jacents que sont les conceptions. Il permettra de visualiser leur émergence conjoncturelle. On se doit donc, si l'on veut approcher ces modèles explicatifs, de construire une véritable stratégie de recueil des données.

Cette stratégie fait appel à différents outils méthodologiques et ne doit pas se contenter d'un simple questionnaire. De plus, cette stratégie nécessite une démarche très progressive dans laquelle chaque étape se nourrit de la précédente. Une démarche qui est faite de retour en arrière, de choix qui amènent à écarter certaines approches.

Cette stratégie doit de plus s'intégrer dans le déroulement de l'action pédagogique tout en s'appuyant sur elle pour limiter les artéfacts liés au contexte pédagogique.

Les grandes étapes de cette stratégie proposée par Giordan, A. et de Vecchi, G. (1994) sont présentées dans la figure 7 ci-dessous.

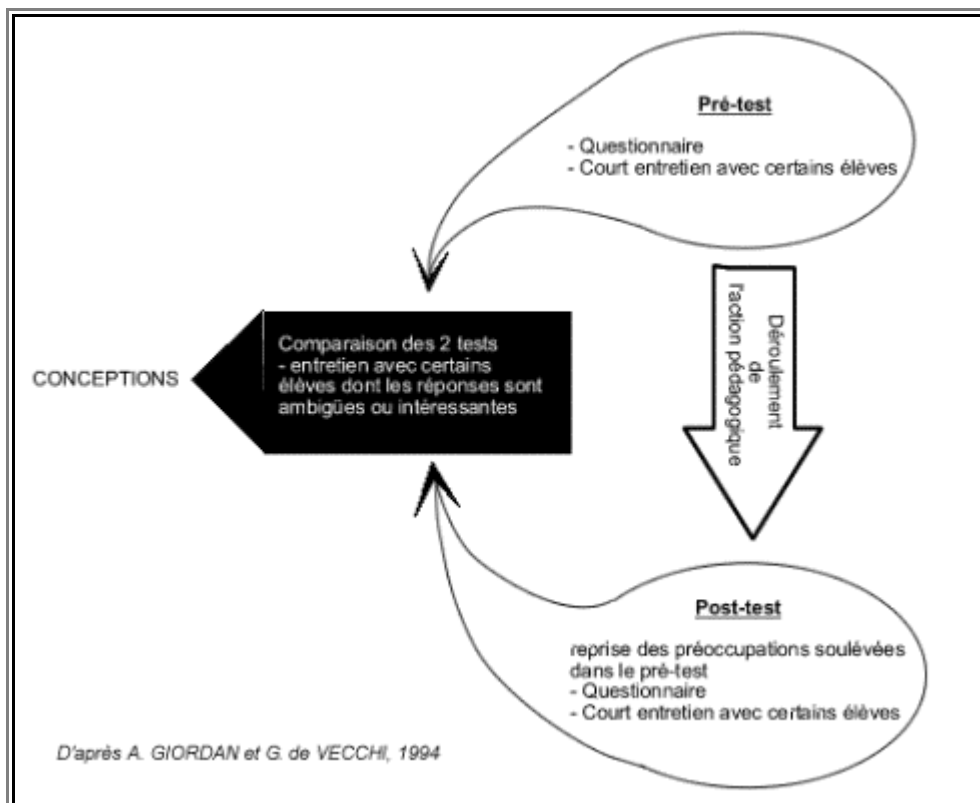


Figure 7 : une combinatoire de méthodes

Nous voyons bien que l'étude menée ici sur les conceptions cellulaires est loin de l'idéal méthodologique présenté ci-dessus. Même si ce biais méthodologique ne doit pas balayer l'ensemble des résultats obtenus il doit inciter à beaucoup de modestie dans les analyses et les discussions sur les réponses apportées par les élèves.

5. Une cellule dynamique et omniprésente

Une double analyse a guidé l'exploitation des réponses aux questionnaires :

- une analyse quantitative menant à la construction d'une conception générale
- une analyse plus qualitative menant à la construction de profils de conceptions.

L'analyse des réponses de tels questionnaires peut permettre de faire apparaître une conception générale moyennant les conceptions individuelles, mais doit aussi mettre en lumière la diversité des conceptions. En effet, si elle peut apporter un éclairage nouveau au moment de la construction d'un cours ou d'un programme scolaire, la conception générale est une pure construction qui ne représente que la somme ou la moyenne d'un ensemble de conceptions unitaires et à ce titre ne peut en aucun cas être appliquée à la diversité des apprenants.

C'est l'analyse statistique des réponses aux différentes questions qui va permettre la construction de cette représentation générale.

Il paraît impossible et inutile de retranscrire en détail chaque représentation apparue, mais il est possible de dégager un certain nombre de profils représentatifs qui cette fois pourront permettre de développer des stratégies diversifiées prenant en compte la variété des représentations. La méthode d'analyse des questionnaires est cette fois très différente, puisqu'elle nécessite de prendre en compte chaque questionnaire dans sa globalité et non pas les différentes questions pour l'ensemble de l'échantillon..

5.1. Des conceptions synthétiques

5.1.1. Une conception synthétique de la place de la cellule dans l'organisme

Une vision anthromorphique peu affirmée

Les réponses à la question 1 du questionnaire 1 font apparaître une **conception anthropomorphique de la cellule** (figure 8) pour 7 à 9 élèves. En effet Les verbes « penser » et « prendre une décision » ne sont que très rarement associés au terme « cellule ».

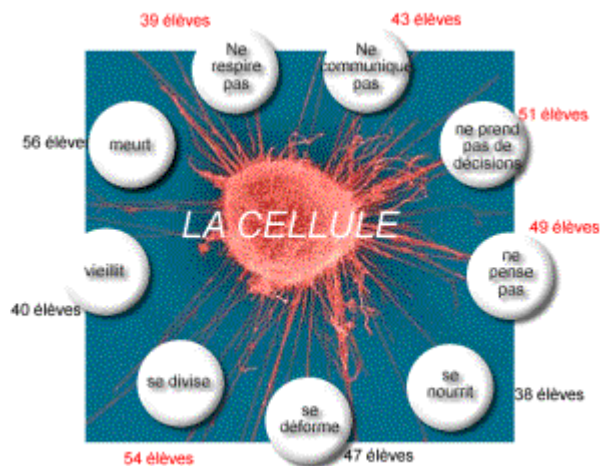


Figure 8 : La cellule ne sait pas tout faire (Echantillon de 58 élèves)

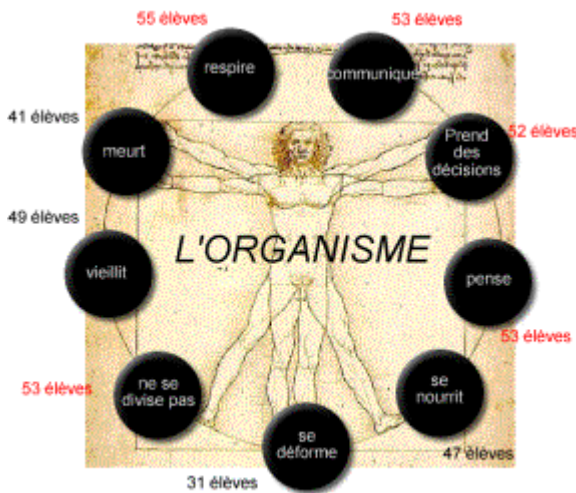
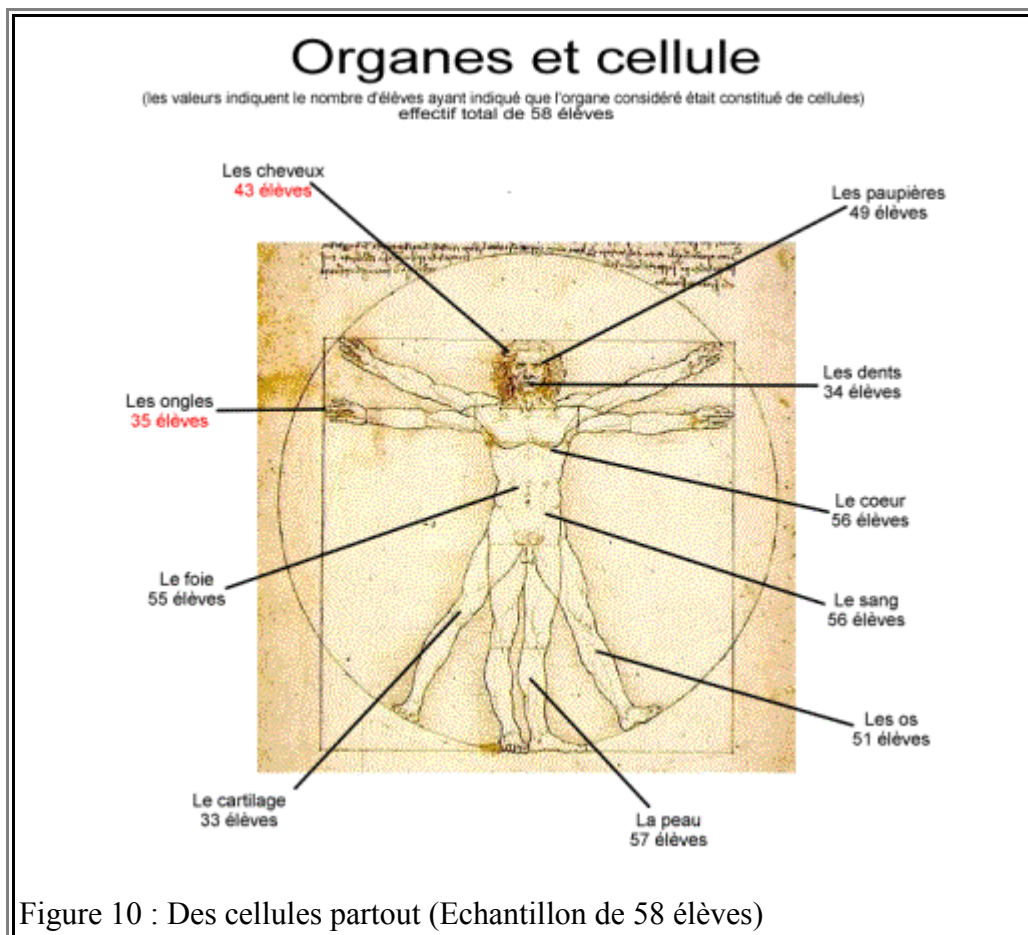


Figure 9 : L'organisme sait tout faire (Echantillon de 58 élèves)

Des cellules partout

- Les réponses à la question 3 du questionnaire 1 font apparaître une **conception cellulaire générale** à tous les organes et tissus. Même les ongles et les cheveux semblent, pour une majorité d'élèves, être composés de cellules. (figure 10).



- L'organisation cellulaire au sein des différents organes présente une **grande diversité fonctionnelle** pour 47 des 58 élèves (question 2 du questionnaire 1) mais aussi morphologique pour 44 des 58 élèves (question 2 du questionnaire 1) Cette conception de diversité cellulaire importante comparée à la diversité des organes est confirmée par les réponses à la question de 2₄ du questionnaire 1.

- **L'indépendance morphologique et fonctionnelle** des cellules par rapport aux organes est confirmée par le fait que la totalité des élèves a dissocié la taille de l'organe de celle des cellules qui s'y trouvent (question 5 du questionnaire 1).

Conception générale

- Peu à peu on voit se mettre en place une conception des rapports entre cellules, organes et organisme. Les organes apparaissent comme des ensembles de nombreuses cellules, diverses et variées qui ne communiquent pas entre elles et dont le fonctionnement unitaire est différent de l'organisme dans lequel elles se trouvent

- Cette conception générale qui apparaît au cours de l'analyse de cette enquête ne doit pas masquer la diversité des conceptions individuelles dont la richesse ne peut être envisagée dans ce mémoire.

- Les résultats du tri croisé fait apparaître des différences peu significatives entre les

réponses des élèves de Première S et de Terminale S. La conception générale de la cellule au sein de l'organisme semble être très proche.

5.1.2. Conception synthétique de la dynamique des populations cellulaires

L'analyse des réponses au questionnaire N°2 permet de faire apparaître les conceptions sur la division cellulaire, la mort cellulaire et l'équilibre entre ces deux phénomènes au cours de la vie de l'organisme.

La division cellulaire : source de stabilité

- D'après les réponses à la question 2 du questionnaire 2 (figure 11), on peut noter que la division cellulaire doit pour 53 des 58 élèves conserver à la fois la taille des cellules et des noyaux.

- Il apparaît en effet dans les justifications avancées deux grands indicateurs :

- la taille des cellules filles doit être identique.
- Le noyau des cellules filles doit avoir la même taille que celui de la cellule mère.

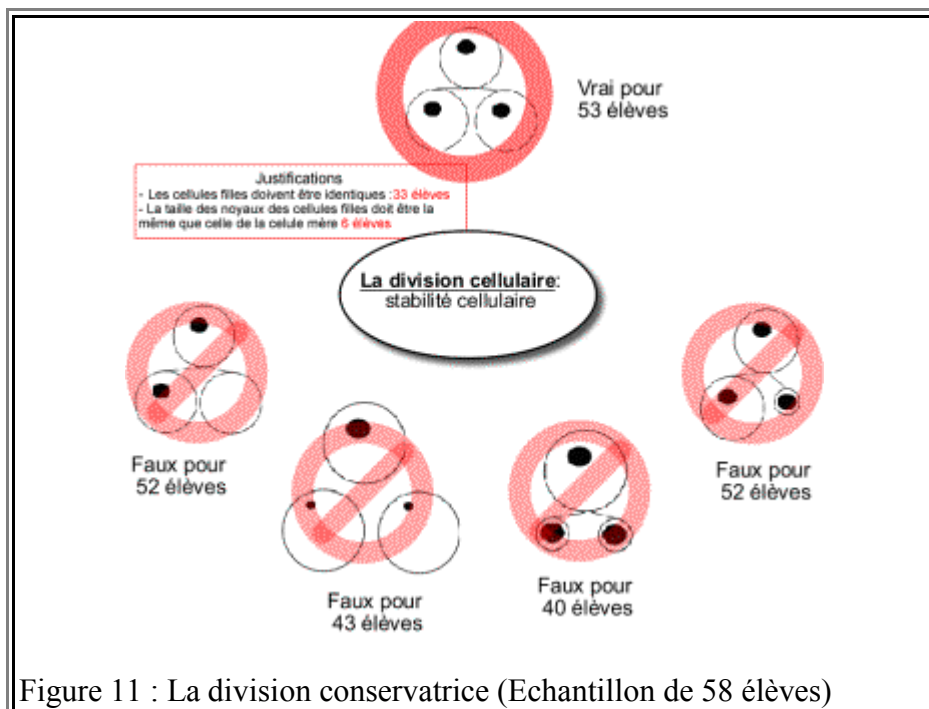


Figure 11 : La division conservatrice (Echantillon de 58 élèves)

La division cellulaire : origine universelle du dynamisme cellulaire.

- Comme le montre la figure 12, la division cellulaire représente une composante essentielle

du dynamisme cellulaire. Elle est présentée comme un **phénomène général au monde vivant** et se fait à un rythme très élevé au cours du développement. On observe qu'elle peut même se poursuivre après la mort de l'organisme (pour 23 des 58 élèves) comme si elle représentait une fonction propre aux cellules et donc non affectée par les phénomènes qui touchent à l'organisme.

- La division cellulaire est également considérée comme un mécanisme primordial de la croissance pour 48 des 58 élèves, même si la croissance en taille des cellules apparaît dans certaines réponses à la question 6 du questionnaire 2 comme mécanisme assurant la croissance des végétaux.

- Ce pouvoir de se diviser est un pouvoir illimité pour 36 des 58 élèves qui pourrait être considéré comme non contrôlé. La conception générale qui apparaît est une **conception d'hyper dynamisme universel et incontrôlé**

La division cellulaire : une capacité spécifique à certaines cellules

- Même si la division est perçue comme un mécanisme universel dans son déroulement, les élèves (33 des 58 élèves) n'accordent pas ce pouvoir à l'ensemble des types cellulaires. Si les microorganismes (levures et bactéries) et la cellule œuf conservent cette capacité multiplicatrice, il n'en est pas de même pour des cellules différenciées telles que les spermatozoïdes ou les ovules (voir figure 9).

La mort cellulaire : une composante de la vie cellulaire

- Pour plus de 52 des 58 élèves, les cellules peuvent mourir bien avant la mort de l'organisme sans qu'aucun agent pathogène ne soit en cause.

Division cellulaire et mort cellulaire : acteurs de la dynamique des populations cellulaires

- Pour 39 des 58 élèves, le nombre de cellules chez l'adulte reste constant alors que les divisions cellulaires se poursuivent au cours de toute la vie et même parfois après la mort de l'organisme. Ceci sous-entend qu'il existe un mécanisme compensatoire à la division cellulaire et c'est de l'équilibre entre ces deux mécanismes que naît l'équilibre cellulaire au sein de l'organisme adulte.

- A l'hyperdynamisme précédemment cité s'oppose donc une destruction tout aussi active qui assure une stabilité apparente d'un organisme en constant renouvellement.

- Cette conception dynamique de l'organisme s'applique également à l'échelle des organes dont la taille est constante chez l'adulte malgré des divisions cellulaires.

L'ensemble de ces données est regroupé dans la figure 9 ci-dessous.

Le dynamisme cellulaire

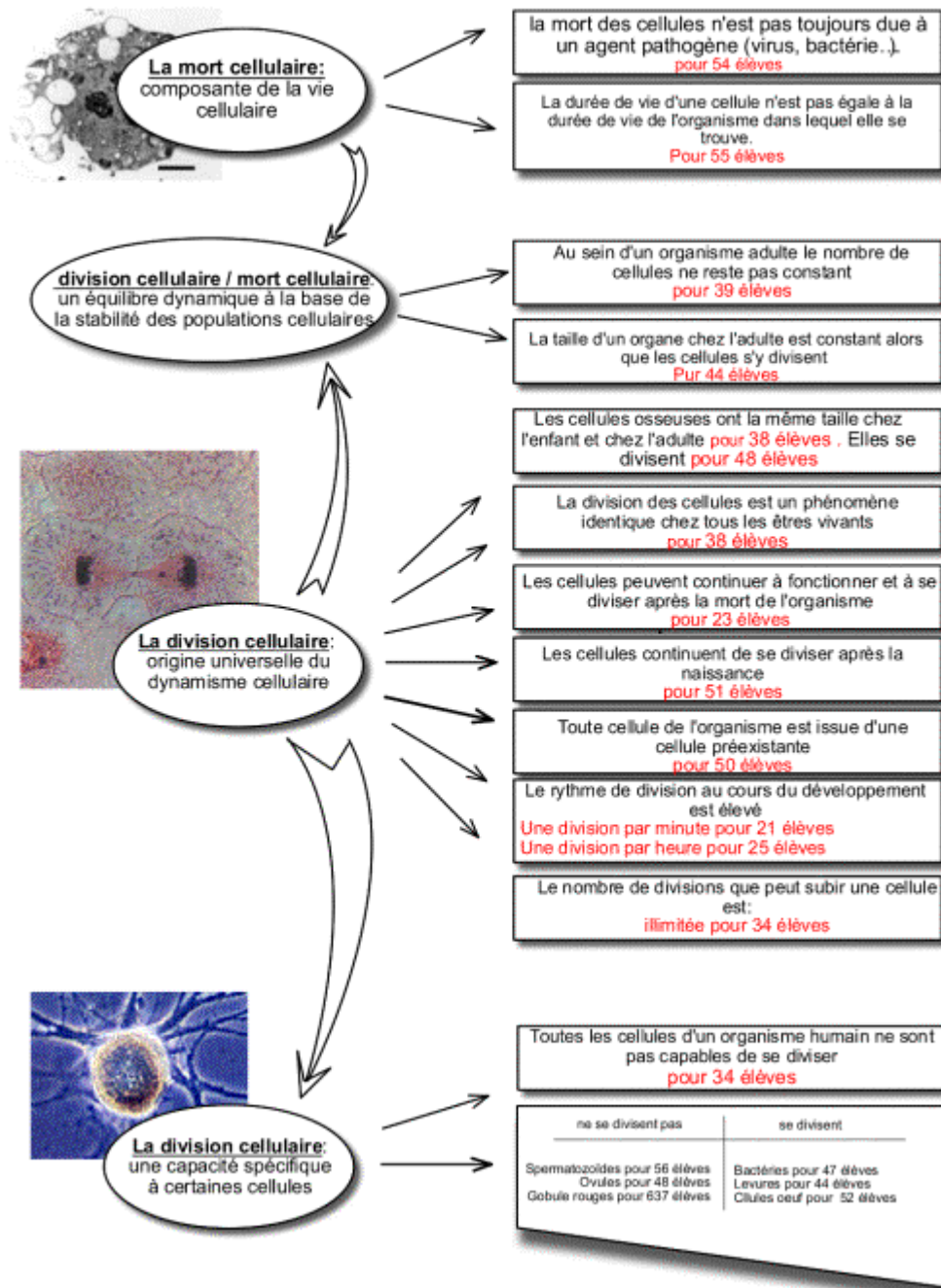


Figure 12 : Le dynamisme cellulaire (échantillon de 58 élèves)

Encore une fois, le tri croisé des différentes réponses au questionnaire 2 en fonction du niveau, ne fait pas apparaître de différences significatives entre la Première S et la Terminale S.

5.2. Des « profils cellulaires » variés

5.2.1. Des « profils cellulaires » au sein de l'organisme

L'analyse globale des questionnaires fait apparaître 5 profils de représentation de fréquences très

variables.

	Description du profil	Nb d'élèves
Profil A	Conception anthropomorphique de la cellule. Cellule omniprésente dans l'organisme mais diversité cellulaire réduite.	2
Profil B	Conception anthropomorphique de la cellule. Grande diversité cellulaire dans un organisme présentant des parties cellulaires et non-cellulaires.	3
Profil C	Conception non anthropomorphique de la cellule Grande diversité cellulaire dans un organisme présentant des parties cellulaires et non-cellulaires.	25
Profil D	Conception non anthropomorphique de la cellule. Grande diversité cellulaire dans un organisme totalement cellulaire.	16
Profil E	Conception non anthropomorphique de la cellule. Cellules omniprésentes et peu diversifiées.	4

Tableau 1 : Profils cellulaires

Même si l'on peut remarquer que les profils C et D largement majoritaires, représentent la conception générale présentée ci-dessus, il n'en demeure pas moins que l'existence des profils A, B et E participe à la richesse des représentations.

5.2.2. Des « profils de dynamisme cellulaire »

Avec la même méthode que pour le premier questionnaire, 4 profils se dégagent de l'analyse du deuxième questionnaire.

	Description du profil	Nb d'élèves
Profil A	Conception dynamique mais avec une grande stabilité des structures cellulaires	21
Profil B	Conception extrêmement dynamique pour l'ensemble des cellules de l'organisme.	7
Profil C	Conception extrêmement dynamique mais certaines cellules uniquement	11
Profil D	Dynamisme très modéré pour certaines cellules seulement.	8

Tableau 2 : Profils du dynamisme cellulaire

Pour tous ces profils, le dynamisme cellulaire est important, les différences sont globalement minimales entre les conceptions.

5.3. Les origines des conceptions relatives à la cellule

5.3.1. Place de la cellule dans les programmes de Sciences de la Vie et de la Terre (SVT).

- Le programme de la classe de 6^{ième} présente la cellule comme étant « *un constituant de tous les êtres vivants* ». L'observation de préparations microscopiques va permettre « *d'observer des tissus végétaux et animaux ainsi que des organismes uni et pluricellulaires.* » La cellule est donc une unité structurale et non encore fonctionnelle du monde vivant. L'observation de cellules au sein de tissus et non pas isolées doit contribuer à la construction d'une conception de la cellule comme une unité dynamique et interactive au sein de l'organisme.

- Au cours du cycle central (cinquième et quatrième), l'organisme humain devient le sujet d'étude. Les fonctions de l'organisme sont abordées « *de façon pragmatique à travers leurs manifestations observables* ». Ces fonctions ne sont pas indépendantes mais coordonnées au service du fonctionnement de l'organisme. Les échanges et la communication entre les organes ainsi que le fonctionnement coordonné de ces organes favorisent l'émergence d'une conception intégrée de l'organisme lieu d'échanges et de fonctionnement coordonné entre organes.

La cellule du cycle d'adaptation (6^{ième}) est très peu abordée dans ce cycle central, les fonctions présentées à l'échelle des organes ne sont pas rapprochées des fonctions cellulaires.

La cellule œuf est présentée comme origine de l'embryon humain dans le chapitre portant sur la transmission de la vie chez l'Homme.

- Le programme du cycle d'orientation (3^{ième}) aborde les divisions cellulaires comme des mécanismes de conservation (mitose) et de transmission (méiose) de l'information génétique. Le niveau d'étude des divisions cellulaires est celui des chromosomes. La cellule est une simple enveloppe à chromosomes qui représentent eux le support de l'information génétique.

D'autre part, le programme de troisième transforme l'unité structurale cellulaire de la classe de sixième en une unité fonctionnelle. En effet, au travers de l'étude du fonctionnement de l'organisme humain la cellule devient une unité d'échange (nutrition), de communication (neurones et synapses) et de coordination (système immunitaire).

L'ensemble des acquis dans le domaine cellulaire en fin de collège doit permettre la construction d'une conception intégrée de la cellule au sein des organes et de l'organisme. Celui-ci doit être plus que la simple somme d'unités fonctionnelles juxtaposées (cellules), car il représente la somme de toutes les interactions qui peuvent se nouer entre ses unités.

- En classe de seconde, le programme réaffirme la place de la cellule comme « *fondatrice de l'unité et de la diversité du vivant* ». Les cellules sont présentées comme « *les unités structurales et fonctionnelles de tous les êtres vivants* ».

- En classe de première S, le phénotype cellulaire détermine le phénotype macroscopique tout en étant sous la dépendance du phénotype moléculaire. La cellule se retrouve à la charnière entre le monde moléculaire et le monde organique.

La division cellulaire est présentée comme un mécanisme assurant la mise en place du phénotype

macroscopique au cours de la morphogenèse végétale. Certaines cellules, après la division, vont se différencier alors que d'autres demeurent indifférenciées maintenant ainsi les capacités de multiplication cellulaire.

L'étude du système nerveux place la cellule nerveuse comme une unité de communication et d'intégration.

L'ensemble des ces éléments des programmes scolaires de Sciences de la Vie et de la Terre concourent à la construction des conceptions sur la cellule et la dynamique des populations cellulaires. (figure 10)

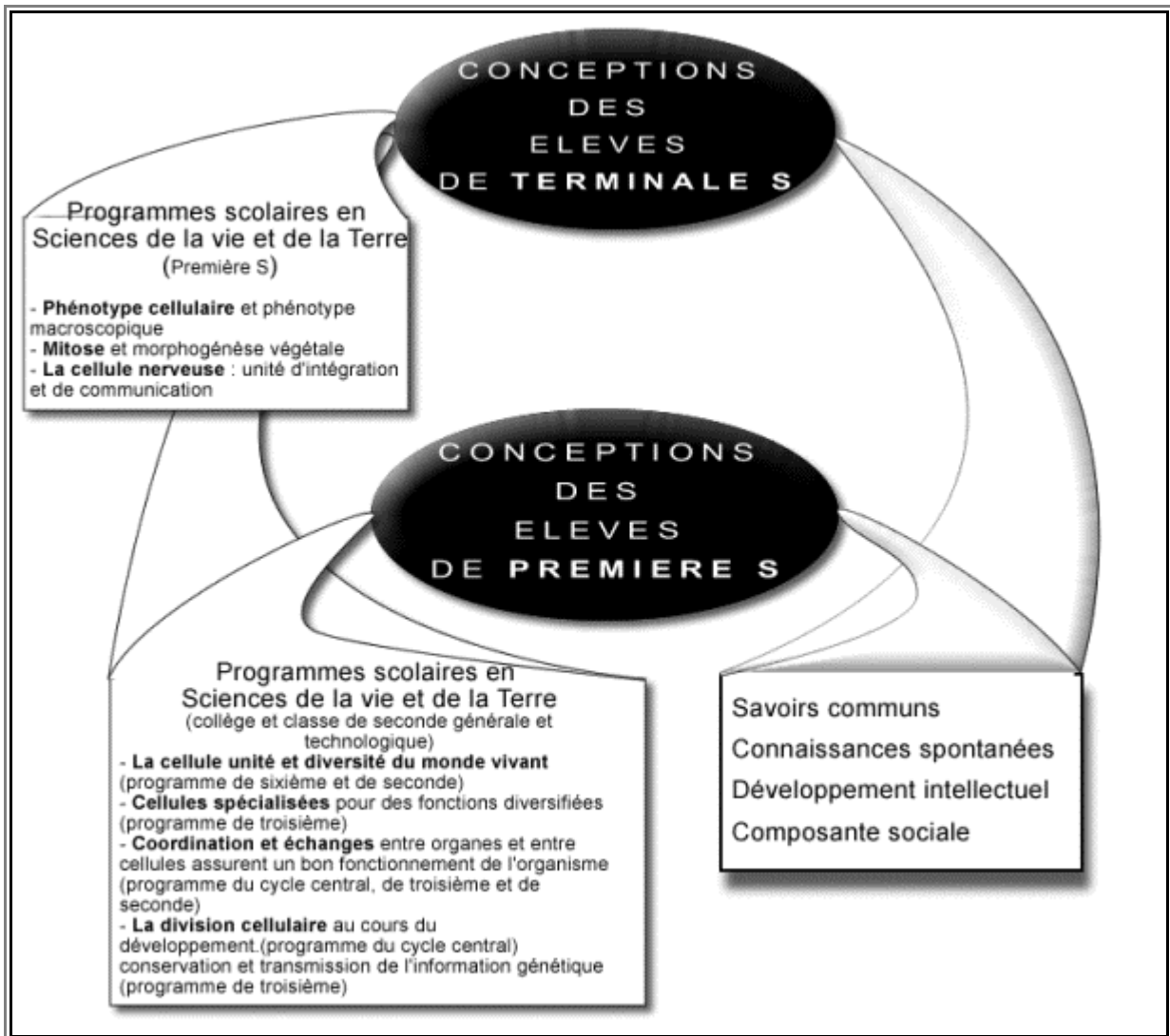


Figure 13 : origine des conceptions cellulaires

5.3.2. La persistance des conceptions

La cellule : unité structurale et fonctionnelle des programmes apparaît clairement dans les conceptions des élèves interrogés, elle est même **surdimensionnée** au point d'occuper la totalité du milieu intérieur d'un organisme pluricellulaire. Présenté dès la sixième, cette notion réapparaît en seconde comme élément structurant l'ensemble du monde vivant, on peut donc facilement comprendre la place prépondérante voire « hégémonique » que prend la cellule comme unité

structurale des organismes vivants au sein des représentations des élèves des classes de Première S et de terminales S.

De plus, le choix des tissus végétaux et animaux observés vise à mettre en place la constitution cellulaire générale, il est donc rarement envisagé de présenter des éléments acellulaires tels que les ongles ou les cheveux.

Si la conception d'une cellule omniprésente semble présente chez la plupart des élèves, celle d'une cellule communiquant avec son environnement cellulaire l'est beaucoup moins. Cet obstacle que révèlent les conceptions peut trouver son origine dans la structure cellulaire elle-même. En effet, la définition même de la cellule implique l'isolement puisque toute cellule est délimitée par une membrane que l'on présente comme une structure sélectivement perméable et isolante.

Or les programmes insistent aussi bien au collège qu'au lycée sur la nécessaire coopération aussi bien au niveau des organes qu'au niveau cellulaire pour la réalisation des fonctions de l'organisme. Cette représentation d'une cellule isolée fonctionnellement au sein des organes est donc loin des ambitions des programmes du collège et du lycée qui insistent sur la communication et les échanges intercellulaires afin d'assurer un fonctionnement coordonné de l'organisme.

Une autre explication peut être fournie par l'analyse du sens donné par les élèves au verbe « communiquer » qui a été utilisé dans la question 1 du questionnaire 1. En effet, 74 % (voir figure 5) des élèves n'ont pas associé le verbe « communiquer » au mot « cellule » or le verbe « échanger » est souvent préféré au verbe communiquer dans les intitulés officiels du programme. De plus, la communication cellulaire peut difficilement être rapprochée de la communication entre les organismes qui fait intervenir un ensemble de structures sensorielles absentes des cellules.

La communication cellulaire est difficilement observable expérimentalement contrairement à la communication entre les organismes.

Un entretien aurait sans doute permis de clarifier ces ambiguïtés de vocabulaires.

Enfin une dernière explication peut être fournie par l'organisation même des programmes du collège qui séparent les niveaux d'étude avec une cellule unité structurale en sixième, des fonctions étudiées de façon pragmatique à l'échelle de l'organisme dans le cycle central et une intégration des différents niveaux en troisième. Cette séparation temporelle des niveaux d'étude peut expliquer certaines représentations isolées de la cellule au sein d'un organisme totalement cellulaire. Cette dernière explication rejoint les conclusions de l'étude mexicaine initiale.

Ce qui est remarquable dans cette étude c'est la stabilité des conceptions relatives à la cellule et à son dynamisme puisque l'on voit que ces conceptions se retrouvent pratiquement intactes en classe de terminale malgré une année de première riche en connaissances sur le monde de la cellule

Conclusion

Les résultats et leur analyse font apparaître une cellule hyper dynamique et omniprésente chez de très nombreux élèves. Surdimensionnée, la cellule n'en demeure pas moins isolée et peu interactive avec le reste de l'organisme dans cette conception générale.

Les conditions particulières d'une telle recherche appellent à une grande prudence et à une grande modestie quant à la portée de ces résultats.

- Tout d'abord, la caractérisation de représentations chez des apprenants ne peut s'envisager que dans une stratégie de recherche utilisant un ensemble d'outils méthodologiques variés et dans une démarche longue et progressive. La mise en place d'une « atmosphère » favorable à l'émergence des conceptions n'a pu se faire au cours de cette réplique.
- Ensuite, l'échantillon réduit et composé d'élèves uniquement de classes scientifiques n'a permis certainement qu'une vision très parcellaire de la diversité des représentations relatives à la cellule chez les élèves de lycée.
- Enfin des entretiens auraient permis d'affiner et de préciser des représentations différentes du modèle explicatif général.

L'adaptation profonde de la recherche mère et le contexte de la réplique rendent difficile la comparaison des résultats obtenus dans ces deux études. Exercice formateur dans le cadre d'une formation doctorale, la réplique se révèle difficile lorsque les contextes de recherche sont très éloignés et que l'on aborde les conceptions dont le caractère conjoncturel les rend changeantes et adaptatives.

Cet embryon imparfait de recherche sur les conceptions relatives à la cellule pour des élèves d'un lycée de la région parisienne fait apparaître une persistance des modèles explicatifs et fonctionnels entre les élèves de Première S et Terminale S. Ce résultat fortuit ouvre des perspectives pour un ensemble de recherches sur la résistance des conceptions au cours de l'apprentissage. D'autre part, la comparaison des modèles explicatifs d'élèves de nationalités différentes qui n'a pu se faire ici contenu des contraintes de la réplique, pourrait enrichir la compréhension des origines composites des représentations des élèves.