

Étude des critères du concept de vie chez des élèves de sixième

Annie ROLLAND

Collège Camille Vernet
26000 Valence, France.

Patricia MARZIN

IUFM - LIDSE-EUDiBio
30 Avenue Marcelin Berthelot
38100 Grenoble, France.

Résumé

Le concept de vie est rarement enseigné en tant que tel dans les classes du secondaire en France. Comme nous le montrerons dans cet article, il n'existe pas de consensus dans la communauté scientifique actuelle pour définir ce concept-clé de la biologie. Tout au long de l'histoire, et encore aujourd'hui, deux conceptions coexistent et sont à l'origine de différentes théories : l'animisme et le mécanisme. Dans ce contexte non consensuel nous nous sommes posé les questions suivantes : comment les élèves de sixième se représentent-ils le vivant ? Quels critères donnent-ils pour déterminer ce qui est vivant ou non ?

Mots clés : conceptions du vivant, épistémologie, obstacles, collège, didactique.

Abstract

The concept of life is rarely taught in secondary school in France. As it is shown in this paper, there is no consensus about this concept in the scientific community. Throughout history, and still today, two different conceptions coexist : animism and mecanism. In this non-consensual context, we ask the following questions : how do

pupils represent the concept of life ? What sort of criterion do they choose to select what is alive and what is not ?

Key words : *life concepts, epistemology, obstacles, secondary school, didactics.*

Resumen

El concepto de vida es raramente enseñado como tal en las clases de secundaria en Francia. Como nosotros lo mostramos en este artículo, no existe consenso en la comunidad científica actual para definir este concepto clave de la biología. A lo largo de la historia, y todavía hoy, dos concepciones coexisten y son el origen de diferentes teorías : el animismo y el mecanismo. En este contexto no consensual nosotros nos hemos planteado las siguientes preguntas : ¿cómo los alumnos de sexto (correspondiente al primer año de la educación secundaria en Francia) se representan al viviente? ¿Cuáles son los criterios considerados por ellos, para determinar lo que es viviente o no?

Palabras claves : *concepciones del viviente, epistemología, obstáculos, colegio, didáctica.*

1. INTRODUCTION

L'objet d'étude de la biologie est le vivant. Au collège et au lycée l'enseignement du fonctionnement des êtres vivants est effectué sans que jamais ne soit formulé l'objectif explicite d'aider les élèves à construire le concept de vie : nous avons donc voulu savoir comment les élèves construisent ce concept, compte tenu du fait que cette construction se réalise de toute façon, même si elle n'est pas un objectif déclaré de l'enseignement de la biologie.

Le travail présenté ici a été effectué dans le cadre d'un mémoire de DEA de Didactique des Disciplines scientifiques, à l'Université Joseph Fourier de Grenoble (Rolland, 1995). L'objectif initial était d'identifier des obstacles épistémologiques à la construction du concept de vie chez des élèves de sixième. Le travail effectué est plus précisément une étude préalable à cette identification d'obstacles.

2. PROBLÉMATIQUE

La question : «comment les élèves construisent-ils le concept de vie ?» étant trop vaste et complexe, nous l'avons réduite à une autre, plus concrète : «selon quels critères attribuent-ils ou refusent-ils la vie aux êtres vivants et aux objets inertes ?».

Nous associons la question de l'apprentissage du concept de vie au développement de l'élève et à la nature même du concept, et en conséquence à la notion d'obstacle épistémologique.

Pourquoi avoir choisi d'observer des élèves entrant en sixième ? Parce qu'ils se trouvent à la charnière entre l'école élémentaire et le collège, et parce que les élèves de cet âge (11-12 ans) se situent à la limite de deux stades définis par Piaget : il s'agit du passage d'une pensée de type précausal, pensée qui ne se réfère pas encore à la causalité physique, à une pensée de type causal qui se réfère à la causalité physique (stade des opérations formelles ou stade hypothético-déductif). Notre hypothèse de départ était qu'il était possible de trouver chez des élèves de sixième des manifestations de ces deux modes de pensée, tout en sachant que même si la séquence des stades de Piaget est exacte, le moment du passage d'un stade à l'autre varie beaucoup selon les enfants.

Des auteurs français (Laurendeau & Pinard, 1962 ; Caron et al., 1976) et anglo-saxons (Brumby, 1982 ; Posner et al, 1982 ; Carey, 1985 ; Tamir & Zohar, 1991) ont analysé les conceptions des enfants sur le concept de vie.

Laurendeau et Pinard, ayant repris les travaux de Piaget, ont défini quatre stades concernant les conceptions de la vie chez les enfants

- stade 0 : refus et incompréhension (moyenne d'âge : 5 ans),
- stade 1 : vie attribuée à tout ce qui a du mouvement, de l'utilité ou des aspects anthropomorphiques (moyenne d'âge : 7 ans),
- stade 2 : vie liée à tout ce qui a un mouvement propre (moyenne d'âge : 8-9 ans),
- stade 3 : vie réservée aux animaux, ou aux animaux et aux plantes (moyenne d'âge : 9-10 ans).

Caron, Lamarque et Nury (1976) rappellent les principaux modes de fonctionnement de cette pensée précausale à propos de la notion de vie :

- **le phénoménisme** : lien de causalité établi entre deux objets contigus dans le temps ou dans l'espace (l'eau est vivante parce qu'elle contient des poissons, eux-mêmes vivants) ;
- **le finalisme** : ce qui sert à quelque chose est vivant (les nuages sont vivants, car ils se déplacent pour porter la pluie ailleurs) ;
- **l'artificialisme** : l'homme est à l'origine de toutes choses, et ce que l'homme a fabriqué est vivant ;
- **l'animisme** : tous les objets qui entourent l'enfant sont vivants ;
- **l'anthropomorphisme** : l'homme est pris comme modèle du vivant.

Ces modes de fonctionnement de la pensée vont constituer des obstacles à l'apprentissage du concept de vie ; ils sont liés à la nature même du concept et à sa complexité. Ceci renvoie donc à la notion d'obstacle épistémologique.

Si l'on se réfère à Bachelard, Duroux, Astolfi et Brousseau, on trouve, de l'un à l'autre, une certaine continuité dans la définition de l'obstacle épistémologique :

– Bachelard le définit par rapport à une connaissance non questionnée (Bachelard, 1938) ;

– pour Duroux, l'obstacle n'est pas une difficulté ou un manque de connaissance, c'est une connaissance qui résiste à l'établissement d'une connaissance meilleure (Duroux, 1983) ;

– pour Astolfi et Peterfalvi (1993), l'obstacle n'est pas une difficulté, c'est plutôt une facilité que s'accorde l'esprit pour maintenir son système de pensée. Il est ce qui en profondeur explique et stabilise une conception. Plusieurs conceptions peuvent apparaître comme le point d'émergence d'un même obstacle.

D'après Brousseau (1989), la recherche des obstacles consiste à :

«– trouver des erreurs récurrentes, montrer qu'elles se regroupent autour de conceptions ;

– trouver des obstacles dans l'histoire des mathématiques ;

– confronter les obstacles historiques aux obstacles d'apprentissage pour établir leur caractère épistémologique.»

Assurément, «il reste un travail à faire pour qualifier d'obstacle au sens où l'utilise Brousseau une difficulté résistante repérée dans l'histoire» (Perrin-Glorian, 1993). L'histoire peut cependant nous éclairer sur la manière dont une construction s'élabore chez l'enfant, en particulier du point de vue des obstacles épistémologiques.

Afin de confronter les obstacles historiques aux obstacles d'apprentissage en ce qui concerne la construction du concept de vie, nous avons d'abord réalisé une analyse épistémologique de ce concept, sous deux angles :

– d'une part sur le plan historique, de l'Antiquité à nos jours,

– d'autre part du côté des élèves de sixième.

Notre analyse repose sur un postulat : le vivant en tant qu'objet du savoir savant ne peut être défini qu'à un moment donné, dans un cadre théorique donné et d'un point de vue philosophique donné. Il ne peut donc

pas exister, chez les scientifiques, de véritable consensus sur le concept de vie. Aussi avons-nous émis l'hypothèse d'une corrélation entre cette absence de consensus dans la communauté scientifique et les difficultés éprouvées par les élèves dans leur construction du concept de vie.

3. ANALYSE HISTORIQUE DU CONCEPT DE VIE

Georges Canguilhem (1985) distingue quatre conceptions de la vie, conceptions qui semblent se succéder chronologiquement, de l'Antiquité à nos jours :

- la vie comme animation (conception explicitée par Aristote),
- la vie comme mécanisme (explicitée par Descartes),
- la vie comme organisation,
- la vie comme information.

Notons qu'une conception peut se manifester avant d'avoir été explicitée, c'est-à-dire que l'animisme a pu se manifester avant Aristote, et le mécanisme avant Descartes. Des documents datant d'environ 1550 avant J.-C. montrent que les Égyptiens et les Mésopotamiens avaient une conception animiste de la vie, l'âme étant le souffle de vie. Et bien avant Descartes, Galien au II^e siècle considérait l'être vivant comme une machine.

Ces quatre conceptions ne peuvent être considérées toutes sur un même plan : les deux premières (animisme et mécanisme) constituent des modèles dominants. Nous verrons que les deux autres, plus récentes, se rattachent au mécanisme, mais que l'animisme peut y réapparaître sous des formes plus ou moins déguisées (vitalisme, finalisme) (figure 1).

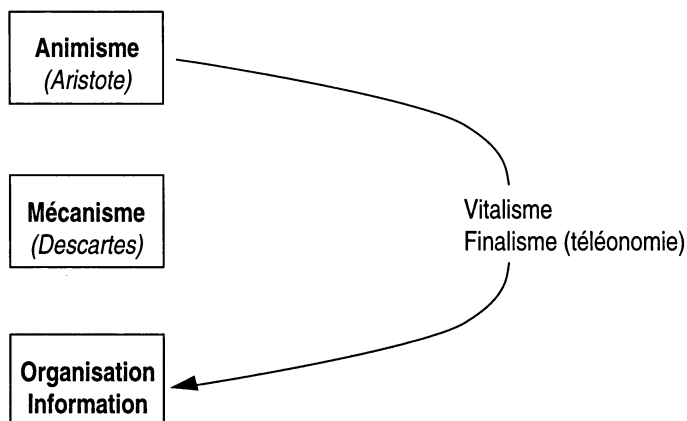


Figure 1 : Les conceptions de la vie de l'Antiquité à nos jours

3.1. Le modèle animiste

Jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, on ne distingue pas nettement le vivant et le non-vivant : on passe progressivement du minéral au végétal et du végétal à l'animal.

Pour Aristote (384-322 avant J.-C.), les êtres vivants ont une âme inséparable du corps et dotée de trois facultés. Il distingue :

- l'âme nutritive dont dépendent la subsistance, la croissance et la reproduction. Elle caractérise tous les êtres vivants, animaux et végétaux ;

- l'âme sensitive dont dépendent la sensibilité et la motricité, et qui caractérise les animaux ;

- l'âme pensante, propre à l'homme.

Être vivant, c'est posséder une âme. L'âme aristotélicienne est à la fois forme et principe moteur :

- la forme : cela signifie que l'âme met en forme la matière. Cette conception est finaliste dans la mesure où l'âme est la forme potentielle que l'être tend à réaliser (au XX^e siècle, on parlerait de programme génétique) ;

- le principe moteur : cela signifie que l'âme anime la matière. Ce principe moteur confère à l'être vivant une autonomie par rapport à Dieu qui est le «premier moteur».

L'animisme a régné de l'Antiquité au XVII^e siècle, puis il a resurgi au XVIII^e, et surtout au XIX^e siècle avec le vitalisme.

Pour le vitalisme, la vie n'est plus inhérente à la possession d'une âme, mais à l'existence d'une force vitale. Les vitalistes sont à la recherche d'un principe vital distinct de l'âme, de ce que François Jacob (1970) appelle une «*qualité particulière de la matière constituant les êtres vivants*».

Le vitalisme du XVIII^e siècle répond au besoin de réagir contre le mécanisme cartésien et ses excès, et en particulier au besoin de valoriser le vivant mis à mal par ce dernier. Pour les vitalistes, le vivant possède deux principales caractéristiques :

- il est corruptible, soumis à des forces destructrices, assujetti à la mort,

- il résiste à ces forces, il se conserve en vie.

La finalité de l'être vivant est de résister à la corruptibilité et de rester en vie. En 1800, Bichat (fondateur de l'histologie) définit la vie comme «*l'ensemble des fonctions qui résistent à la mort*».

Les critères de vie, dans cette conception de la vie comme animation (être vivant, c'est posséder une âme ou un principe vital), sont les suivants :

- le souffle vital,
- l'existence d'une forme (forme potentielle),
- le mouvement (dans ses diverses acceptions : déplacement-motricité, développement-croissance, guérison),
- la faculté de se nourrir (animaux et végétaux),
- la sensibilité qui permet la vie de relation (animaux),
- la pensée, l'intellect (homme),
- l'assujettissement à la mort,
- la résistance à la mort,
- le caractère transitoire de la vie, la variabilité, l'imprévisibilité.

3.2. Le modèle mécaniste

Dans ce modèle explicité par Descartes (1596-1650), l'être vivant est considéré comme une machine, un automate mécanique, sans que rien ne soit dit sur l'origine de son fonctionnement. Pour comprendre le mécanisme cartésien, il faut évoquer le contexte de l'époque :

- en 1628, Harvey publie ses découvertes sur la circulation sanguine et sur le fonctionnement du cœur. Il établit une analogie entre le fonctionnement du cœur et celui d'une pompe. Il est à l'origine du modèle qui représente l'organisme comme une machine hydraulique ;

- on peut aussi établir un parallèle entre le mécanisme de Descartes et la mécanique de son contemporain Galilée : mécanique fondée sur le principe d'inertie. Pour Descartes, Dieu n'intervient plus après la première impulsion donnée au monde, et tout fonctionne mécaniquement, sans finalité, à partir de cette première impulsion. (Alors que pour Aristote, Dieu intervenait constamment comme premier moteur, les êtres vivants jouissant d'une certaine autonomie grâce à leur âme.)

L'animal-machine cartésien est un automate dont le moteur n'est pas une âme, mais la chaleur d'un feu qui brûle dans son cœur. L'âme n'est plus que l'âme pensante qui siège dans le cerveau. Par conséquent, la biologie cartésienne ignore le règne végétal et s'intéresse surtout à l'homme, les animaux étant dépourvus d'âme. La dualité entre l'âme et le corps, entre la matière et la pensée, crée une rupture entre l'homme et les autres êtres, non vivants puisque sans âme.

Le mécanisme apparaît comme une conception non finaliste et qui implique une négation de la spécificité des êtres vivants et un refus de définir la vie.

Les critères de vie dans cette conception pourraient être la possession d'organes ayant une fonction, ainsi que le fonctionnement automatique, le mouvement. Mais toute machine répond à ces «critères» : il n'y a donc plus de critères de vie !

3.3. Les théories actuelles

Les théories actuelles qui constituent le savoir de référence sont les théories qui considèrent la vie comme organisation et la vie comme information.

La vie comme information est une conception du XX^e siècle, alors que la vie comme organisation est plus ancienne. Nous verrons que les deux conceptions appartiennent au modèle mécaniste et que l'on passe de l'une à l'autre sans rupture, dans la continuité.

3.3.1. La vie comme organisation

Dans cette conception, ce qui caractérise le vivant, c'est son **organisation**, c'est-à-dire un **ordre**. La notion d'organisation va permettre de **passer des trois règnes** : minéral, végétal, animal, à **deux groupes** : le non-vivant ou inorganique et le vivant ou organique (c'est-à-dire organisé). F. Jacob écrit : *«C'est par l'organisation que les êtres se distinguent des choses. [...] C'est elle qui assemble en un tout les parties de l'organisme.»* (Jacob, 1970) Pour Canguilhem, il s'agit de rendre compte *«de l'unité fonctionnelle d'un système de parties intégrantes. Dans un tel système, les parties soutiennent entre elles de tels rapports de réciprocité [...] que ce terme de partie ne convient plus pour désigner les organes dont l'organisme peut être dit la totalité mais non l'addition.»* (Canguilhem, 1985)

Dès le XVIII^e siècle, la notion d'organisation est liée à deux autres, très actuelles :

– la notion de composition élémentaire des êtres vivants. Buffon considérait l'être vivant comme un assemblage de parties primitives. On pense à la théorie cellulaire qui sera introduite au XIX^e siècle et qui fait de la cellule l'unité élémentaire du vivant ;

– la notion d'une mémoire nécessaire pour guider l'assemblage des parties primitives. On connaît l'importance donnée actuellement à la génétique.

Il est impossible de parler de l'organisation sans évoquer Lamarck (1744-1829), l'inventeur (en même temps que l'allemand Tréviranus, en 1802) du mot «biologie». C'est lui qui remplace les trois règnes : minéral,

végétal, animal, par deux groupes bien distincts et même discontinus, qu'il nomme «les corps organisés vivants» et «les corps bruts et sans vie» : «*On peut dire qu'il se trouve entre les matières brutes et les corps vivants un hiatus immense qui ne permet pas de ranger sur une même ligne ces deux sortes de corps, ni d'entreprendre de les lier par aucune nuance.*» (Lamarck, 1809, in Pichot, 1993) Lamarck ne cède pas au vitalisme dominant qui imprègne, au XVIII^e et au XIX^e siècles, la notion d'organisation. Pour lui, la vie n'est pas due à un principe vital lié à la matière constitutive des êtres vivants ; elle est due à l'organisation de la matière : «*toutes les facultés [des êtres vivants], sans exception, sont complètement physiques, c'est-à-dire que chacune d'elles résulte essentiellement d'actes de l'organisation*» (ibidem). Il est encore plus explicite dans *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres* : «*Nulle sorte ou nulle particule de matière ne saurait avoir en elle-même la propriété de se mouvoir, ni celle de vivre, ni celle de sentir, ni celle de penser ou d'avoir des idées.*» (in Pichot, 1993)

Lamarck, transformiste, s'oppose à Cuvier, fixiste et créationniste, en affirmant que le vivant se caractérise par son pouvoir de variation et d'adaptation. Pour Lamarck, de nouvelles circonstances créent de nouveaux besoins : «*la fonction fait l'organe*». Et si les circonstances imposent une modification pendant plusieurs générations, elle devient héréditaire. On a injustement reproché au seul Lamarck cette notion erronée de l'hérédité des caractères acquis, alors que Darwin commit également la même erreur. Rendons justice à Lamarck en rappelant qu'avec le transformisme, il a introduit en biologie une notion fondamentale : la notion de temps, qui rendra concevable celle d'évolution développée un peu plus tard par Darwin.

La théorie de l'organisation fonctionne actuellement dans un cadre dominant mécaniste et non finaliste, où le vivant suit les mêmes lois physico-chimiques que l'inerte, avec quelquefois des résurgences plus ou moins avouées du vitalisme ou du finalisme. La notion de téléonomie (de *teleos* : fin, but et *nomos* : règle) pourrait être considérée comme une de ces résurgences : les systèmes complexes ont des propriétés téléonomiques, c'est-à-dire qu'ils paraissent tendre vers un but et donnent ainsi l'illusion d'un projet de la nature. Ceci n'est qu'une illusion puisque l'évolution est le résultat de mutations aléatoires.

Dans cette conception de la vie, l'organisme peut être défini comme une unité fonctionnelle constituée d'un ensemble de parties interdépendantes (organes) et qui «*conspirent toutes à un même but général*». L'être vivant organisé a une forme et une individualité. Cette conception suppose : une organisation de la matière, un ordre ; une mémoire de cette organisation ; des unités vivantes élémentaires ; l'interdépendance des parties.

Les critères de vie dans la conception de la vie comme organisation sont :

- la nutrition (incluant la respiration) et l'assimilation,
- la présence de compartiments liquides,
- la croissance,
- l'auto-conservation,
- la reproduction,
- la sensibilité (permettant la vie de relation),
- le mouvement (altération - renouvellement),
- la naissance et la mort,
- la dimension temporelle qui permet la variation, l'adaptation au milieu, l'évolution et la complexification de l'organisation.

3.3.2. La vie comme information

Le passage de l'organisation à l'information s'effectue dans une certaine continuité : ce qui caractérise le vivant dans la première conception, c'est son organisation, c'est-à-dire un ordre ; ordre qu'on retrouve sous la forme d'un certain degré d'information dans la deuxième conception. Le concept d'énergie remplace ici celui de force vitale. Dans la théorie de l'information, l'être vivant est envisagé comme un système, c'est-à-dire comme « *un ensemble d'éléments en interaction dynamique* » (De Rosnay, 1975), les interactions entre les éléments n'étant pas linéaires mais en réseau. L'approche systémique permet d'appréhender la complexité du vivant et de rendre compte d'un tout différent de la somme de ses parties, ce que ne permet pas l'approche analytique.

L'être vivant est défini comme un système ouvert qui échange avec l'extérieur matière, information et énergie de manière à maintenir un faible niveau d'entropie : il assure ainsi son auto-conservation. Selon le premier principe de la thermodynamique, dans un système fermé, la quantité totale d'énergie reste constante (conservation de l'énergie). Selon le second principe (principe de Carnot) : dans un système fermé, la qualité de l'énergie se dégrade de façon irréversible (sous forme de chaleur irrécupérable). L'entropie est cet accroissement irréversible d'énergie indisponible.

L'être vivant est pourvu d'une limite qui définit les interactions entre lui et son milieu extérieur. Il a donc un milieu extérieur et un milieu intérieur qu'il maintient constant par auto-régulation. La constance du milieu intérieur est une notion que l'on doit à Claude Bernard. L'être vivant est doué d'homéostasie : c'est la faculté d'assurer son auto-régulation, faculté qui lui confère une autonomie par rapport au milieu extérieur : si l'être vivant s'écarte de certaines normes (température, pH, etc.), il n'est plus adapté à

son milieu et il perd son autonomie par rapport à ce milieu. L'homéostasie suppose l'existence d'un réseau de communication (nerveuse ou hormonale par exemple).

Une caractéristique du vivant est l'auto-reproduction rendue possible par l'information qu'il contient, en particulier dans la molécule d'ADN. Prenant l'exemple de cette molécule, qui possède un très haut niveau d'information, J. de Rosnay montre que l'information est une réserve de temps : « *cette molécule représente tout le temps potentiel accumulé par l'évolution passée de la vie. L'information qui était à l'origine de cette vie ne fera que se dégrader irréversiblement. [...] l'entropie monte [...], l'organisme vieillit puis meurt. Il a épuisé sa "réserve de temps" [...]. Il a atteint son état le plus probable : la mort.* » (De Rosnay, 1975)

Cette remarque souligne également l'analogie entre information et énergie : l'entropie correspond à la fois à la baisse de l'information et de l'énergie disponible. Relation aussi entre désordre et probabilité : la mort correspond à l'entropie maximale, donc au désordre maximal. C'est l'état le plus probable. En effet, le désordre est plus probable que l'ordre : si l'on bat des cartes préalablement ordonnées, on a toutes les chances de les faire passer de l'ordre au désordre. Inversement, l'ordre et le haut niveau d'information qui règnent dans une molécule d'ADN sont hautement improbables.

L'information peut être assimilée à une entropie négative : quand, à l'intérieur d'un système, la qualité de l'énergie se dégrade, l'entropie augmente, le système perd de son organisation, il perd de l'information, il va vers le désordre.

De là à considérer l'organisme vivant comme un message codé, le pas fut franchi en 1954 par Norbert Wiener (le père de la cybernétique : discipline qui étudie les régulations et la communication chez les êtres vivants et chez les machines construites par l'homme). Reste à savoir si l'être vivant peut être réduit à un message codé...

Le vivant est complexe. C'est cette complexité qui est à l'origine de la notion d'émergence : à chaque niveau d'évolution et donc à chaque niveau de complexité d'un système, des propriétés qualitativement nouvelles émergent. « Qualitativement nouvelles » veut dire que les propriétés du tout ne sont pas la simple addition des propriétés des parties qui constituent le tout. La vie aurait ainsi émergé à partir d'un certain seuil de complexité moléculaire.

F. Varela définit les systèmes vivants comme « *des machines autopoïétiques physiques. Ils transforment la matière en eux-mêmes de façon que leur organisation soit le produit de leur opération* » (Varela, 1989).

Par exemple, la fabrication d'une membrane cellulaire se fait grâce à la production de molécules qui nécessitent la présence même d'une membrane cellulaire : il y a spécification mutuelle des transformations chimiques et des frontières physiques.

Du point de vue de la biochimie ou de la biologie moléculaire, on peut trouver une continuité, une gradation progressive entre l'inanimé et le vivant puisque l'un et l'autre sont régis par les mêmes lois physico-chimiques : dans cette optique, la notion de vie disparaît, alors que la notion d'émergence suppose une rupture entre le physico-chimique et le biologique.

Pichot envisage au contraire un «*saut qualitatif du physico-chimique au biologique*». Ce saut qualitatif renforce l'idée de discontinuité entre vivant et non-vivant : la vie suit la loi du tout ou rien et la notion de vie se trouve donc renforcée.

Retenons la définition synthétique du vivant énoncée par A. Pichot en 1980 : «*Le vivant se définit par la capacité de sa matière à se constituer en une entité distincte de ce qui devient ainsi son milieu extérieur, milieu avec lequel il effectue divers échanges (matière, énergie, information) régis de manière stricte par l'organisation physico-chimique de part et d'autre de la frontière les séparant.*»

Les critères de la vie dans la conception de la vie comme information sont :

- la complexité qui permet l'émergence (l'ordre émergeant du désordre),
- l'auto-création et l'auto-organisation,
- l'auto-conservation rendue possible par :
 - la communication (échanges d'énergie, de matière et d'information),
 - l'auto-régulation (homéostasie),
- l'auto-reproduction, rendue possible par la mise en mémoire de l'information,
- l'existence d'une limite qui permet :
 - l'individualité,
 - les interactions avec le milieu extérieur,
- l'autonomie par rapport au milieu,
- l'unité,
- l'imprévisibilité,
- l'irréversibilité (prise en compte du temps irréversible, de la durée vécue).

3.4. Conclusion

Comme nous l'avons dit plus haut, la difficulté des scientifiques à se mettre d'accord sur la question de la vie provient sans doute d'une difficulté majeure déjà évoquée : le débat est au moins autant philosophique que scientifique.

Tout au long de cette analyse, est apparue la dualité entre l'animisme et le mécanisme, l'animisme survalorisant la vie et le mécanisme la dévalorisant. On retrouve ici l'éternelle question du «pourquoi» et du «comment», question qui entraîne deux options.

1) L'option matérialiste, mécaniste et cartésienne, choisie par la plupart des biologistes actuels et en particulier par les biochimistes. On élimine le «pourquoi» et on cherche à élucider le «comment». On explore le vivant en se limitant à constater qu'il est organisé et sans rechercher ailleurs que dans les lois physico-chimiques les causes de cette organisation. E. Kahane, en 1962, poussait cette logique à l'extrême quand il écrivait : *«Nous pourrions renoncer à utiliser le terme de vie pour caractériser [...] ce mode supérieur de mouvement de la matière, et c'est dans ce sens que nous produisons l'assertion paradoxale : la Vie n'existe pas.»*

2) L'autre option, que l'on peut qualifier de finaliste, consiste à rechercher les causes de cette organisation. Pour Teilhard de Chardin qui se réfère à l'explication finale, l'évolution a un sens et l'esprit est indissociable de la matière. La matière se complexifie au cours de l'évolution et, de la particule élémentaire aux sociétés humaines, se manifeste la vie, puis la conscience réfléchie, l'esprit se libérant de la matière à chaque étape.

Laissons le dernier mot à André Pichot, qui s'élève contre le *«réductionnisme envahissant»* d'une biochimie qui s'est substituée à la biologie. Il déplore que, *«aussi paradoxal que cela puisse paraître, la biologie, qui est étymologiquement la science de la vie, [soit] aujourd'hui une science pour qui la notion de vie ne signifie rien»* (Pichot, 1980).

Il nous ramène à notre remarque initiale à propos des élèves : l'enseignement de la biologie ne s'intéresse pas à la construction du concept de vie, ce qui se comprend si l'on tient compte du fait que la biologie actuelle fonctionne dans un cadre mécaniste. C'est pourquoi nous avons voulu observer ce qui se passe du côté des élèves.

4. DU CÔTÉ DES ÉLÈVES

4.1. Les élèves interrogés

Un questionnaire a été soumis en début d'année scolaire à 51 élèves répartis en deux classes de sixième. Les élèves sont issus d'un milieu urbain de centre ville. Les deux classes sont relativement hétérogènes. Les enseignants considèrent qu'elles ont un niveau d'ensemble moyen à assez bon. Sur 51 élèves : 37 ont l'âge requis (onze ans) ; 12 ont douze ans ; les deux plus jeunes ont dix ans et demi et la plus âgée a treize ans.

4.2. Objectifs et méthodes

Nous avons poursuivi quatre objectifs.

4.2.1. *Établir un champ sémantique du vivant*

Notre objectif était de provoquer une association spontanée d'idées à partir du mot «vivant» et de susciter une réflexion sur le vivant à partir d'une question : «Que veut dire vivant ?»

Pour cela, nous avons demandé aux élèves de construire une trame en écrivant vivant au milieu et d'écrire autour les mots auxquels ils pensaient et qui pour eux voulaient dire «vivant». Ensuite nous leur avons demandé de faire une phrase en réponse à la question : «Que veut dire vivant ?»

Exemple de réponse d'élève : voir annexe 1.

4.2.2. *Connaître les critères de vie des élèves*

Une liste d'éléments divers est soumise aux élèves qui doivent les reconnaître comme vivants ou non vivants et justifier chaque réponse. Ces justifications nous ont permis de faire émerger leurs critères de vie.

La liste comprend (voir annexes 2 et 3) :

- des animaux et des végétaux connus,
- un fragment de végétal,
- un microbe et un virus,
- une graine et un œuf,
- des objets fabriqués, d'utilisation courante : maison, téléphone, lampe, ordinateur, poupée...
- des éléments naturels : nuage, caillou, montagne, volcan, étoile, soleil, océan, planète Terre, feu, fossile...

4.2.3. Savoir si, pour les élèves, il y a ou non discontinuité entre le vivant et le non vivant

Méthode (voir annexe 4) : l'élève a pour consigne de repérer dans la liste précédente les éléments qui, d'après lui, sont vivants. Il doit dire si, parmi ces éléments, il pense que certains sont plus vivants que d'autres. Si sa réponse est négative, on lui demande de l'expliquer. Si sa réponse est positive, il doit : 1) indiquer les éléments les plus vivants et dire pour quelles raisons ces derniers sont plus vivants que d'autres ; 2) indiquer lesquels sont les moins vivants et pour quelles raisons ils sont moins vivants que d'autres.

4.2.4. Évaluer les difficultés et les éventuels obstacles rencontrés par les élèves dans la construction du concept

Nous avons pour cela repéré et analysé les critères de vie qui émergeaient des réponses des élèves.

4.3. Résultats

4.3.1. Un champ sémantique du vivant

Les huit notions le plus souvent associées au vivant par les élèves sont (par ordre de fréquence décroissante) : 1) l'animal, 2) le mouvement, 3) l'être humain, 4) les plantes, 5) les activités sensorielles, 6) la respiration, 7) l'alimentation, 8) la nature.

Si l'on met en parallèle le champ sémantique et les critères de vie dont il est question ci-après, nous pouvons dire que les deux sont en cohérence. Nous n'avons pas remarqué de contradiction entre le champ sémantique établi à partir des réponses spontanées, non réfléchies, et des critères exprimés dans les réponses nécessitant un temps de réflexion.

4.3.2. Les critères de vie des élèves

Ils sont très divers. Nous les avons regroupés en dix-huit catégories, le tableau 1 les présente du plus fréquemment au plus rarement cité. Nous avons essayé de les relier aux modèles théoriques anciens ou actuels : entreprise difficile en l'absence d'entretiens individuels avec les élèves afin de leur faire préciser leurs critères. Un exemple : lorsqu'un élève emploie le critère «mouvement», ce critère peut aussi bien relever du mécanisme (mouvement de l'automate mécanique) que de l'animisme (mouvement dû à l'âme en tant que principe moteur).

Critères des élèves	Modèles anciens et actuels
Mouvement	Animisme (Aristote : l'âme est principe moteur) Mécanisme (automate mécanique)
Croissance	Mouvement aristotélicien Vie comme organisation
Respiration	Animisme (le souffle vital, l'âme nutritive d'Aristote) Mécanisme. Organisation (fonction de nutrition) Information (échanges de matières)
Alimentation	Animisme (Aristote : l'âme nutritive) Organisation (nutrition). Information (échanges de matières)
Matière constitutive	Vitalisme
Origine naturelle	Animisme (Aristote : nature = tout vivant)
Activité, autonomie de fonctionnement	Mécanisme (l'automate mécanique)
Contact avec des êtres vivants	Animisme ?
Maladie	Vitalisme : corruptibilité de l'être vivant
Intégrité	Information : unité de l'être vivant, existence de limites
Liquides circulants (sève, sang)	Organisation (Lamarck : <i>parties solides contenant et parties liquides contenues</i>)
Fait d'avoir un cœur	Animisme (Aristote situe l'âme dans le cœur) Mécanisme (Descartes : l'être vivant est en mouvement grâce à « <i>la chaleur du feu qui brûle continuellement en son cœur</i> »)
Reproduction	Organisation Information
Mort	Vitalisme (Bichat : « <i>la vie est l'ensemble des fonctions qui résistent à la mort.</i> ») Organisation (cf. Lamarck)
Vie de relation	Animisme (l'âme sensitive d'Aristote). Organisation (Bichat distingue la « <i>vie organique</i> » (vie végétative) et la « <i>vie animale</i> » (vie de relation) Information (échanges d'information)
Activité cérébrale	Animisme (l'âme pensante d'Aristote) Mécanisme (l'âme cartésienne est l'âme pensante qui siège dans le cerveau)
Dimension temporelle	Organisation (Lamarck) Information
Anthropomorphisme	Platon : l'homme est l'être vivant le plus parfait (avant les animaux) Descartes : l'être vivant cartésien est l'homme

Tableau 1 : Catégorisation des critères d'élèves

La quasi-totalité des élèves reconnaît les animaux comme vivants. Une grande majorité considère que les végétaux et même les microbes sont vivants, et que les objets fabriqués ne sont pas vivants. Mais il est très rare qu'ils utilisent des critères communs aux animaux et aux plantes (deux élèves seulement l'ont fait) : l'unité du monde vivant ne leur apparaît pas.

Une des plus grandes difficultés pour les enfants a été de considérer que des éléments naturels comme la lune, la montagne, la planète Terre, le volcan en éruption ne sont pas vivants. Nous reviendrons sur ce point important qui pourrait bien être une manifestation de l'animisme.

Il serait hasardeux de pointer les «bonnes» réponses sans tenir compte des critères utilisés car une «bonne» réponse peut cacher une erreur : certaines réponses justes ont été obtenues à l'aide de critères non pertinents. Par exemple, *la lune n'est pas vivante* : d'après l'un parce qu'elle n'a pas de sang ; d'après l'autre parce qu'elle ne bouge pas.

4.3.3. Discontinuité ou gradation entre vivant et non-vivant

Les avis sont très partagés chez les élèves. La moitié d'entre eux environ opte pour la discontinuité, exprimant des critères que nous qualifierons de minimaux : on est considéré comme vivant si l'on répond à l'un au moins de ces critères. Nul être n'est plus ou moins vivant qu'un autre : la vie suit la loi du tout ou rien. Ces critères sont l'alimentation, la respiration, le mouvement, la croissance, la circulation de liquides et d'autres rarement invoqués, comme l'assujettissement à la mort.

Voici quatre exemples de réponses allant dans ce sens :

1) *«Tout le monde vit pareil. Tout le monde se nourrit. Même les plantes se nourrissent de sève ou d'eau. Même si les humains et les animaux ne se nourrissent pas que d'eau.»*

2) *«Quand c'est vivant ça ne peut pas être plus que vivant : car ce qui est vivant respire et il n'existe pas des choses qui respirent plus.»*

3) *«Ils doivent tous mourir à un moment.»*

4) *«Si un animal est vivant, il ne peut pas être plus vivant que autre chose. Et si une montagne est vivante, elle ne peut pas être plus vivante que autre chose.»*

L'autre moitié des élèves se prononce pour une gradation entre vivant et non-vivant, exprimant des «super-critères» que l'on pourrait appeler critères maximaux : on est encore plus vivant si on est capable de mouvement, si on se nourrit, si on respire, si on se reproduit, si on a un cœur...

Les élèves qui établissent une hiérarchie du vivant valorisent les animaux et plus encore l'homme. On retrouve les trois notions qui apparaissent le plus souvent dans le champ sémantique : 1) l'animal, 2) le mouvement, 3) l'être humain.

Voici deux exemples de réponses exprimant une hiérarchie du vivant.

1) Plus vivants : l'escargot, le corbeau, le poisson, l'éléphant, le serpent «*parce qu'ils se déplacent*».

Moins vivants : la montagne et le volcan en éruption «*parce qu'ils ne se nourrissent pas*».

2) Plus vivants :

- l'éléphant «*parce qu'il a un cœur et respire*»,
- l'araignée «*parce qu'elle respire, elle marche et elle a un cœur*»,
- l'escargot «*parce qu'il marche et il vit comme les hommes*»,
- le corbeau «*parce que c'est un animal qui vit*»,
- le poisson et le serpent «*parce qu'ils respirent de l'air*»,

Moins vivant : l'arbre «*parce qu'il ne marche pas et il n'a pas un cœur*».

Nous remarquons ici la prédominance de quatre critères forts : l'alimentation, le mouvement, la respiration et la croissance.

4.3.4. Les obstacles

Rappelons qu'en choisissant de nous intéresser à des élèves de sixième, nous avons émis l'hypothèse que nous trouverions des manifestations de la pensée précausale, puisque ces élèves sont censés être en train de passer au stade suivant, celui de la pensée causale, ou stade hypothético-déductif. Comme nous l'avons dit dans l'exposé de la problématique (paragraphe 2), les travaux de Piaget et des travaux ultérieurs ont mis en évidence des modes de fonctionnement de la pensée précausale à propos de la notion de vie. Si l'on admet qu'il s'agit bien d'obstacles, on peut alors considérer les critères de vie exprimés par les élèves comme des indicateurs de ces obstacles. On retrouve à travers ces critères la plupart des modes de fonctionnement de la pensée précausale, comme nous le montrons dans le tableau 2.

Les critères exprimés par les élèves...	...renvoient à des obstacles
anthropomorphisme («le volcan est vivant parce qu'il est en colère») activité cérébrale («l'ordinateur est vivant parce qu'il réfléchit»)	anthropomorphiste
origine ou utilité («le soleil est vivant parce qu'il chauffe la terre»)	finaliste
origine naturelle («la montagne est vivante parce qu'elle est fabriquée par la nature»)	animiste
contact avec des êtres vivants («l'océan est vivant parce qu'il contient des poissons»)	phénoméniste

Tableau 2 : Critères et obstacles

Il convient de vérifier que ces modes de fonctionnement de la pensée précausale remplissent les conditions énoncées par Duroux (1983) pour être des obstacles. Les commentaires qui suivent sont un simple survol qui nécessiterait d'être approfondi :

- a) Un obstacle sera une connaissance, une conception, pas une difficulté ou un manque de connaissance.*
- b) Cette connaissance produit des réponses adaptées dans un certain contexte, fréquemment rencontré.»*

Comme dit plus haut, on retrouve ici la notion de «*connaissance non questionnée*» (Bachelard, 1983), et la notion de «*facilité que s'accorde l'esprit*» (Astolfi & Peterfalvi, 1993), l'idée que l'élève est prisonnier d'un obstacle tant qu'il ne le voit pas. C'est ce qui semble se passer avec le concept de vie.

Par exemple, pour les animaux, le critère du mouvement autonome fonctionne très bien : un animal bouge par lui-même, donc il est vivant. Mais ce critère ne fonctionne plus quand il s'agit des plantes.

On arrive donc au point suivant évoqué par Duroux (1983) :

- c) Mais elle engendre des réponses fausses hors de ce contexte. Une réponse correcte et universelle exige un point de vue notablement différent.»*

Dans l'exemple précédent, changer de point de vue, c'est admettre qu'il existe des critères plus performants que celui du mouvement, des critères qui ont un champ d'application plus étendu. L'élève va devoir envisager des critères auxquels il n'avait jamais pensé jusque là : sa représentation du vivant est alors susceptible de se transformer.

Par ailleurs, Duroux envisage «une réponse correcte et universelle». Or, compte tenu du caractère imprévisible du vivant, une réponse peut-elle être universelle en biologie ?

«d) De plus, cette connaissance résiste aux contradictions auxquelles elle est confrontée et à l'établissement d'une connaissance meilleure. Il ne suffit pas de posséder une meilleure connaissance pour que la précédente disparaisse (ce qui distingue le franchissement d'obstacle de l'accommodation de Piaget). Il est donc indispensable de l'identifier et d'incorporer son rejet dans le nouveau savoir.

e) Après la prise de conscience de son inexactitude, elle continue à se manifester de façon intempestive et opiniâtre.»

À propos de ces deux derniers points, une question se pose : quand un élève répond «vivant» ou «non vivant» et qu'il justifie sa réponse, les critères qu'il exprime sont-ils toujours ceux qui ont réellement déterminé son choix ? Comment savoir s'il n'existe pas un double fonctionnement ?

Émettons l'hypothèse de la coexistence de deux connaissances chez l'élève : une connaissance non pertinente, mais facile à utiliser et qui fonctionne bien dans son esprit, et une connaissance apprise, que l'élève juge plus recevable par le professeur, mais qu'il ne sait pas faire fonctionner. Il ne suffit pas de posséder une meilleure connaissance pour que la précédente disparaisse et il peut arriver que, après la prise de conscience de son inexactitude, la connaissance erronée continue de se manifester.

Autrement dit, un critère pourrait en cacher un autre ! Un critère pertinent exprimé peut en masquer un autre, moins pertinent, mais fonctionnant de manière effective. Le constat effectué plus haut vient appuyer cette hypothèse : une réponse juste peut être obtenue à l'aide de critères non pertinents, et l'emploi de critères pertinents n'amène pas toujours une réponse correcte. Enfin pour Brousseau (1989), les obstacles épistémologiques sont ceux «qui ont joué un rôle dans le développement historique des connaissances et dont le rejet a dû être intégré explicitement dans le savoir transmis». Nous avons souligné l'importance de l'anthropomorphisme, du finalisme et de l'animisme dans l'histoire du concept de vie.

5. CONCLUSION

À partir de ce travail, différentes perspectives se dégagent. Il faudrait évaluer l'influence du contexte dans lequel le questionnaire a été soumis aux élèves. Les élèves ont été sollicités dans le cadre du cours de biologie. Auraient-ils répondu de la même façon dans d'autres circonstances : avec un professeur de français ou de musique, ou hors du contexte scolaire ?

Nous avons annoncé que cette recherche était une analyse préalable à l'identification d'obstacles à la construction du concept de vie. Il reste, à partir des critères de vie qui ont été exprimés, à construire les conceptions des élèves et, parmi ces conceptions, à garder ou à éliminer les «candidats-obstacles» à la construction du concept de vie, en tenant compte de la difficulté à transposer à la didactique de la biologie les notions établies en didactique des mathématiques.

Parmi ces «candidats-obstacles», il serait pertinent d'évaluer avec davantage de précision les manifestations de l'animisme chez les élèves, manifestations sans doute plus importantes que ce que les résultats obtenus laissent apparaître. Deux raisons permettent d'émettre cette hypothèse.

1) Les élèves ont à tort attribué la vie à un nombre élevé d'éléments naturels. Les critères qu'ils ont utilisés ne nous ont pas permis de montrer qu'ils fonctionnaient dans le modèle animiste. Et pourtant, quand on attribue la vie aux éléments naturels qui nous entourent, c'est bien d'animisme qu'il s'agit. Il serait donc instructif de reconstruire des questionnaires mieux adaptés à cette question, et de procéder à des entretiens avec des élèves sur ce point précis.

2) Nous avons souligné l'existence de résurgences animistes ou vitalistes plus ou moins avouées dans une biologie actuelle qui se situe dans un cadre majoritairement matérialiste et mécaniste. Ces résurgences montrent la force d'une conception rejetée par la communauté scientifique actuelle.

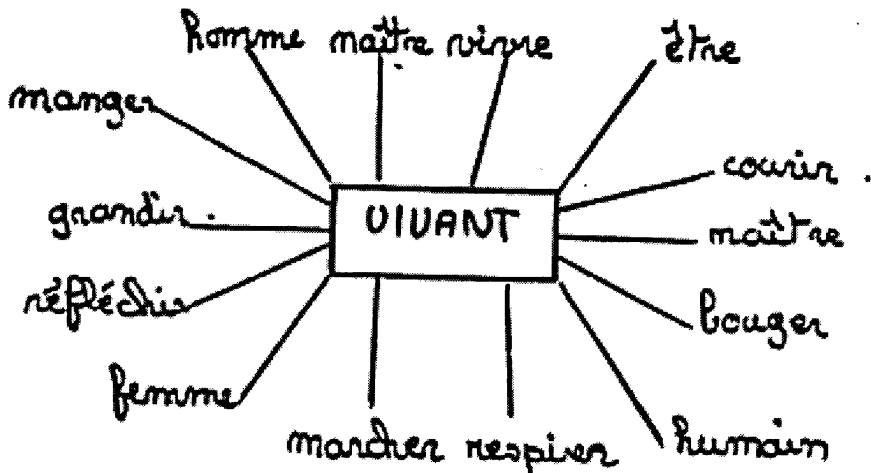
Ceci nous ramène à notre postulat de départ : la corrélation entre les difficultés des scientifiques à aboutir à un consensus sur le concept de vie et celles des élèves à construire ce même concept. S'il n'est pas aisé pour nombre de scientifiques de se libérer du «fantôme» de l'animisme, c'est peut-être parce qu'il est difficile d'étudier le vivant sans s'interroger sur le sens de la vie.

BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI J.P. & PETERFALVI B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, n°16, pp. 103-141.
- BACHELARD G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris, Vrin.
- BROUSSEAU G. (1989). *Construction des savoirs : obstacles et conflits*. Ottawa, CIRADE, Agence d'Arc.
- BRUMBY M. N. (1982). Student's perception of the concept of life. *Science Education*, vol. 66, n°4, pp. 613-622.
- CANGUILHEM G. (1985). Rubrique «Vie». In *Encyclopædia Universalis*.
- CAREY S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MIT Press.
- CARON P., LAMARQUE J. & NURY D. (1976). Les représentations des enfants à propos du vivant. *Recherches pédagogiques*, n° 86, pp. 14-37. Paris, INRP.
- DUROUX A. (1983). La valeur absolue : difficultés majeures pour une notion mineure. *Petit x*, n°3. Grenoble, IREM.
- DE ROSNAY J. (1975). *Le microscope*. Paris, Seuil.
- JACOB F. (1970). *La logique du vivant*. Paris, Gallimard.
- KAHANE E. (1962). *La vie n'existe pas !* Paris, Éditions Rationalistes.
- LAURENDEAU M. & PINARD A. (1962). *La pensée causale*. Paris, Montréal, Institut de Recherches Psychologiques.
- MONOD J. (1970). *Le hasard et la nécessité*. Paris, Seuil.
- PERRIN-GLORIAN M.-J. (1993). Utilisation de la notion d'obstacle en didactique des mathématiques. *Cahier du séminaire R2I*. Grenoble, IUFM.
- PIAGET J. (1926). *La représentation du monde chez l'enfant*. Paris, PUF.
- PICHOT A. (1980). *Éléments pour une théorie de la biologie*. Paris, Maloine.
- PICHOT A. (1993). *Histoire de la notion de vie*. Paris, Gallimard.
- POSNER G. J., STRIKE K. A., HEWSON P. W. & GERTZOG W. A. (1982). Accomodation of a scientific conception : toward a theory of conceptuel change. *Science Education*, vol. 66, n°2, pp. 211-227.
- ROLLAND A. (1994). *Épistémologie du concept de vie. Analyse historique du concept. Analyse des critères de vie d'élèves entrant en Sixième*. Mémoire de DEA, Université Grenoble 1.
- TAMIR P. & ZOHAR A. (1991) Anthropomorphism and teleology in reasoning about biological phenomena. *Science Education*, vol. 75, n°1, pp. 57-68.
- TEILHARD DE CHARDIN P. (1955). *Le phénomène humain*. Paris, Seuil.
- VARELA F. (1989). *Autonomie et connaissance*. Paris, Seuil.

ANNEXE 1

Construction d'un champ sémantique par les élèves
à propos du vivant



Exemple de réponse d'élèves à la question :
« que veut dire vivant ? »

que veut dire : "vivant" ?

"vivant" veut dire qu'un homme vie, il respire,
il marche, il court, il réfléchit, il bouge, il mange
il est né.

ANNEXE 2

Questionnaire "vivant - non vivant"

	Vivant	Non vivant	Explication: Qu'est-ce qui me fait dire que c'est vivant ou que ce n'est pas vivant?
Un éléphant	V		il se nourrit, il respire, il se défend
Un nuage		N	il ne se nourrit pas, ne se défend pas, ne respire pas
Une poupée		N	elle est en plastique
Une araignée	V		elle tisse sa toile
Une maison		N	elle est faite de briques elle ne marche pas
Un microbe	V		il se nourrit, il se reproduit
Une étoile	V		elle meurt
Une voiture		N	l'homme la fait marcher
Un virus			? date
Une montagne	V		elle grandit
Un ordinateur		N	l'homme le fait marcher
Un volcan en éruption	V		il est éveillé
Un volcan éteint		N	il dort
Un arbre	V		il fabrique de l'humus
Un fossile		N	c'est un être mort
Un téléphone		N	il marche à l'électricité
Le feu	V		il brûle

ANNEXE 3

Questionnaire "vivant - non vivant" (suite)

	V	N	?	EXPLICATION
Un escargot	V			il se déplace
Un géranium en pot	V			il se mouvit d'eau
Un œuf		N		Le poussin est mort
Une fleur coupée		N		elle n'a plus accès à l'eau & la terre
Un corbeau	V			il vole
La planète Terre	V			elle attire la Lune
Un poisson	V			il nage
Une lampe		N		l'homme la fait marcher
Un caillou		N		il reste à la même place sauf si on le bouge
Le soleil	V			il attire la terre
Une graine de haricot			?	ça assez précis
Un cactus	V			il produit de l'eau
Un serpent	V			il se reproduit
De l'eau dans un verre		N		elle ne bouge pas
L'eau d'une rivière	V			elle a du courant
La lune	V			elle tourne autour de la Terre
Un océan	V			il fait des vagues
Une voiture qui roule		N		l'homme la fait marcher

ANNEXE 4

Questionnaire destiné à savoir si, pour les élèves, il y a discontinuité entre le vivant et le non vivant

Dans la liste ci-dessus, repère ceux qui, d'après toi, sont vivants : parmi ceux qui sont vivants, penses-tu que certains sont plus vivants que d'autres ?

Réponds oui ou non : non

- ① Si tu as répondu non, essaie d'expliquer ta réponse.
Car c'est la vie, morte de sa vie et ses parents.

- ② Si tu as répondu oui, indique lesquels sont les plus vivants et essaie d'expliquer pour quelles raisons ils sont plus vivants que les autres.

Indique ensuite lesquels sont les moins vivants et essaie d'expliquer pour quelles raisons ils sont moins vivants que les autres.