

Les savoirs scientifiques relatifs aux végétaux, conceptions finales des élèves en fin de cursus scolaire, difficultés d'apprentissage

FRANCIS ROUQUET

Centre de recherche en éducation de Nantes (CREN)
ESPE d'Angers, Université de Nantes
France
Francis.Rouquet@univ-nantes.fr

ABSTRACT

The discrepancies between the final understanding of 12th graders specializing in science and their knowledge about plants defined in the curriculum : what are the final understandings of the students ? What difficulties can be noticed at the end of their curriculum ? No one can deny that if the students' understandings about plants does not reach the requirements or expertise aimed at within the curriculum once completed by the students, it is because the concept of plants is complex and because they have a specific place in the living as reflected in the complexity of their phylogeny. The various epistemological obstacles, Bachelardianly speaking, explain the difficulties encountered by the students while learning. The data results from and was compiled out of the answers of 453 12th graders specializing in Science. It enables to make a clear picture of the students' understandings.

KEYWORDS

Plants, scientist students, learning process, epistemological obstacle, quantitative study

RÉSUMÉ

Les divergences entre les conceptions finales des élèves de Terminale Scientifique et les connaissances relatives aux végétaux visées par les programmes scolaires : quelles conceptions finales des élèves ? Quelles difficultés constatées en fin de cursus scolaire ? Force est de constater que, si en fin de cursus scolaire, les conceptions des élèves relatives aux végétaux s'éloignent des connaissances visées par les programmes officiels, c'est que le concept des végétaux est complexe et qu'ils ont une place particulière dans le vivant, en témoigne la complexité de leur phylogénie. Les différents obstacles épistémologiques, au sens bachelardien du terme, expliquent les difficultés rencontrées par les élèves face aux apprentissages. Le recueil de données provient des réponses de 453 élèves, il permet d'envisager un état des lieux des conceptions des élèves (étude quantitative).

MOTS-CLÉS

Végétaux, terminale scientifique, apprentissage, obstacles épistémologiques, étude quantitative

OBJET DE LA RECHERCHE

Le concept de végétal, en particulier de végétal chlorophyllien, est fortement ancré dans notre quotidien, le sens commun lui attribue les qualificatifs de « vert » et « immobile ». Pour le scientifique, ce concept offre des significations bien différentes. Ainsi, Bosdeveix (2016)

rappelle que les végétaux sont étudiés selon plusieurs points de vue : celui de la systématique (phylogénie), de l'aspect fonctionnel (biochimie, physiologie, écologie) ou structurel (biologie cellulaire, anatomie). Plusieurs recherches en sciences de l'éducation (Campestrini, 1992; Lhoste & Peterfalvi, 2009; Orange, 1997; Peterfalvi, Rumelhard, & Vérin, 1987) ont mis en évidence les difficultés rencontrées par les élèves pour s'approprier le concept. Concernant la croissance et la nutrition des végétaux chlorophylliens, l'obstacle empirique est pointé, certaines notions sont surdéterminées (soleil, minéraux) et le développement cognitif révèle le problème de se représenter l'être vivant comme un ensemble complexe. Par ailleurs, « la "qualité" qui est ici la "matérialité", semble fonder plus souvent le raisonnement que la "quantité" » (Campestrini, 1992, p. 1). Enfin, la loi fondamentale de la conservation de la masse est oubliée au profit « d'un aspect magique de la nourriture » (Orange, 1997, p. 132) puisque les élèves ne font pas de lien entre les substances nutritives et l'augmentation de masse des végétaux. Nous pouvons alors nous demander si la génération actuelle présente les mêmes difficultés à construire le concept et quelles sont les conceptions des élèves âgés de 17 à 18 ans en Terminale Scientifique.

Notre recherche se positionne dans le cadre de la didactique des Sciences de la Vie et de la Terre (SVT). Enseignant les Sciences de la Vie et de la Terre depuis plusieurs années en classe de Terminale Scientifique, nous avons souvent été frappé par la méconnaissance ou faible connaissance des élèves concernant les végétaux chlorophylliens. Pourtant, le concept est enseigné depuis le cycle 1 et balaye tous les niveaux jusqu'à la terminale scientifique, pour un cursus en lycée général. Il convenait alors de se demander avec précision quelles sont les conceptions finales des élèves en Terminale Scientifique concernant les végétaux. Et par anticipation, quels sont les obstacles épistémologiques à l'origine des difficultés d'apprentissage ? Ainsi, l'objet de notre recherche consiste à comprendre ce qui se joue lors des apprentissages concernant les végétaux, non pas pour proposer un *modus operandi* relatif à l'enseignement du concept, mais pour comprendre et expliciter les obstacles rencontrés par les élèves.

La thèse proposée est que, si en fin de cursus scolaire, les conceptions finales des élèves relatives aux végétaux s'éloignent des connaissances visées par les programmes officiels, c'est parce que le concept est complexe et que les végétaux ont une place particulière dans le vivant. En témoigne la complexité de la phylogénie et la polysémie des mots « végétaux » et « plantes ». Par ailleurs, différents types d'obstacles épistémologiques expliquent les difficultés rencontrées par les élèves face aux apprentissages. Ce qui justifie la question de recherche suivante : *Comment expliquer la divergence entre les connaissances relatives aux végétaux visées par l'enseignement et les conceptions des élèves en fin de curriculum scolaire ?* Comme nous l'avons déjà précisé, pour cette communication, seules les réponses des élèves concernant la croissance et la nutrition des végétaux sont analysées.

CADRE THÉORIQUE

Pour comprendre la divergence entre les connaissances visées par les programmes de l'Éducation Nationale et celles qui sont acquises par les élèves en fin de curriculum scolaire, il convient de rappeler que tout processus d'apprentissage est complexe. Il s'agit alors de prendre en compte l'activité cognitive de l'élève ; les obstacles qui émergent ne sont pas des difficultés de type scolaire mais des inférences de la pensée elle-même. Certains prétendent qu'ils auraient une fonction de nécessité et correspondraient à « la part d'ombre de la pensée » (Fabre, 2001, p. 35). Nous comprenons alors pourquoi tout apprentissage d'un concept est parasité « avec un "déjà là" conceptuel qui, même s'il est faux sur le plan scientifique, sert de systèmes d'explication efficace et fonctionnel pour l'apprenant » (Astolfi

& Develay, 1989, p. 31). L'élève possède donc un système de référence construit à l'interface de trois sources principales : le cadre familial, le cadre environnemental expérientiel et l'école. Ce concept de référence, appelé *conceptions initiales* dans le champ de la didactique, est vrai pour un temps donné puisqu'il s'ajuste aux diverses influences pré-citées afin de conserver son efficacité. Pour autant, il fait aussi *obstacle* au sens Bachelardien du terme. En effet, les acquisitions des élèves nécessitent des ruptures épistémologiques face à leurs connaissances. Aussi, Bachelard (1938, p. 13) arrive à la conviction que « *c'est en termes d'obstacles qu'il faut poser le problème de la connaissance scientifique* ». Ce qui s'oppose à l'empirisme, ainsi « *en toutes circonstances, l'immédiat doit céder le pas au construit* » (Bachelard, 1940, p. 144). D'un point de vue didactique, ces obstacles ne sont pas à contourner, au contraire, dans une logique socio-constructiviste, il s'agira de les franchir pour accéder au savoir en question. La prise en compte des obstacles épistémologiques est par conséquent une condition que nous retenons dans l'analyse des situations d'apprentissage.

Précisons que l'étude présentée précède une future analyse qualitative. Dans la mesure où les enjeux de la relation enseignement/apprentissage concernent principalement les savoirs eux-mêmes, le cadre théorique de la problématisation (Orange, 2012) nous permettra de comprendre les conditions d'accès aux savoirs relatifs aux végétaux, et particulièrement ceux concernant la nutrition. La mise en place d'une séquence forcée intitulée « *la vie fixée chez les plantes* » (en référence au programme de terminale Scientifique, B.O. spécial n° 8 du 13 octobre 2011) permettra d'étudier l'évolution des conceptions des élèves vers un savoir scientifique. Elle conditionne un passage de savoirs assertoriques vers des savoirs apodictiques selon l'expression kantienne.

CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Notre recherche porte sur un public d'élèves de Terminale Scientifique puisqu'ils représentent le dernier niveau du second degré pour l'enseignement des Sciences de la Vie et de la Terre. Pour la ville d'Angers, 8 lycées généraux et technologiques publics sont possibles. Le recueil de données concernant l'étude quantitative représente 453 réponses d'élèves provenant de 6 lycées publics, 2 lycées n'ayant pas répondu à notre demande. Un questionnaire a été proposé en début de cours des Sciences de la Vie et de la Terre, dès le mois de septembre, pour ne pas interférer avec le chapitre concernant « *la vie fixée des plantes* ». Ce chapitre est la matrice de la séquence forcée (Orange, 2010). Elle vise des objectifs d'apprentissage et de recherche, pour l'étude qualitative. Le choix d'un questionnaire anonymé permet un certain degré de liberté, et si plusieurs questions sont posées c'est parce « *qu'aucune question ne peut jamais approcher entièrement une notion* ». (De Singly, 2016, p. 26). Pour délimiter les éléments pertinents à questionner, nous nous sommes fixé le programme de Terminale Scientifique : « *thème 1-A5 : Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes* » (BO spécial n°8, 2011). Ainsi, les connaissances à construire sont les suivantes « *Les caractéristiques de la plante sont en rapport avec la vie fixée à l'interface sol/air dans un milieu variable au cours du temps. Elle développe des surfaces d'échanges de grande dimension avec l'atmosphère (échanges de gaz, capture de la lumière) et avec le sol (échange d'eau et d'ions). Des systèmes conducteurs permettent les circulations de matières dans la plante, notamment entre systèmes aérien et souterrain* » (BO spécial n°8, 2011, p. 8).

La notion de classification a été ajoutée car elle procède d'une construction des apprentissages en SVT associée à une cohérence verticale des programmes, le concept d'évolution étant sous-jacent. Nous avons également demandé aux élèves de citer quelques végétaux pour dessiner une représentation du monde végétal à ce niveau de la scolarité.

L'objectif du recueil est bien de faire un état des lieux des conceptions finales des élèves à propos des végétaux, en début d'année scolaire de Terminale Scientifique, avant l'enseignement du chapitre « *la vie fixée des plantes* ».

Le questionnaire, sous la forme d'une feuille A4 pré-remplie, comprend une question générale « *Que sais-tu des végétaux concernant leur...* » déclinée en 4 versions « *croissance ?* », « *nutrition ?* », « *reproduction ?* », « *classification ?* ». Il était également demandé de citer « *quelques végétaux* ». Enfin, pour optimiser les propositions des élèves, les lycéens avaient la possibilité d'ajouter les « *Autre(s) information(s) que tu souhaites apporter concernant les végétaux* ».

PREMIERS RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le questionnaire est constitué de questions ouvertes, ce qui permet à la fois une diversité et une relative liberté des réponses mais qui, par conséquent, entraînent plus de difficultés dans leur traitement. Les données brutes ont été travaillées sous la forme d'un codage propre à chaque question. Pour chacune d'elle, une grille d'analyse a été formalisée *a priori* puis elle a évolué en fonction des réponses des élèves afin d'être la plus exhaustive possible.

La croissance des végétaux

Le tableau 1 ci-dessous reprend les réponses des élèves que nous expliciterons ensuite.

TABLEAU 1

Analyse statistique pour la question 1 « que sais-tu de la croissance ? »

Grille d'analyse	Développement	Développement / besoins	Autres	Rien	Erreurs
Résultats	23 %	50 %	13 %	14 %	< 1 %

La croissance des végétaux est le plus souvent associée à des besoins (50 % des réponses), avec dans un ordre croissant d'importance : les minéraux, l'eau et le soleil. Ce qui révèle un obstacle statique (Astolfi & Develay, 1989) (se contenter d'un point de vue statique sans chercher de relations entre les éléments). Par ailleurs, la photosynthèse, pourtant étudiée dès le collège en classe de 5e, est faiblement envisagée comme processus participant à la croissance (19 %), ce qui témoigne d'un obstacle tautologique (ibid) (considérer que les éléments naturels suffisent à combler les besoins). Les réponses sont souvent empreintes de finalisme : elles s'associent à un obstacle de signification et un obstacle anthropomorphique. Seuls 6 % des élèves envisagent une croissance différente selon les espèces considérées, obstacle d'unicité des points de vue. L'activité mitotique, pourtant étudiée en classe de Première Scientifique, est rarement corrélée (2 %), ce qui confère à un obstacle de type descriptif (ne pas rechercher des explications). Par ailleurs, la croissance cellulaire ou le phénomène d'auxèse, n'ont jamais été mentionnés. Il est à signaler que très peu d'erreurs scientifiques, au regard des programmes, ont été commises (<0,1 %), mais 14 % des élèves n'ont pas répondu. A ce stade de l'analyse, plusieurs hypothèses peuvent être avancées : l'absence de connaissances, la difficulté à mobiliser ses connaissances dans le contexte, la confusion possible avec la deuxième question, la forme de l'évaluation diagnostique, le refus de participer.

La nutrition des végétaux

Le tableau 2 ci-dessous reprend les réponses des élèves que nous expliciterons ensuite.

TABLEAU 2*Analyse statistique pour la question 1 « que sais-tu de la nutrition ? »*

Grille d'analyse	1 critère	2 critères	3 critères	4 critères
Résultats	33 %	44 %	21 %	2 %

Pour cette question, nous avons considéré le nombre de critères identifiés dans les propositions des élèves (100 % des réponses de ce type), ce qui permet de les classer de 1 à 4 avec : eau, minéraux, CO₂, lumière. D'autres réponses ont été retenues : celles qui font émerger d'autres notions. La plus grande partie des élèves (44 %) a retrouvé 2 critères ; 33 %, 1 seul critère ; 21 %, 3 critères et uniquement 2 % pour les 4 critères. Pourtant, ils ont été abordés dans les programmes de SVT, et ce, dès la sixième. Parmi ces critères, les minéraux sont cités le plus souvent mais sous des formes très différentes (minéraux/ sels minéraux / sol / engrais / nutriments / éléments / terre / terreau / sédiments / composants / aliment / molécule de la terre). Nous pouvons y voir au moins deux types d'obstacles très différents :

(a) un obstacle_substantialiste qui consiste à conférer à une substance toutes les qualités, « superficielles ou profondes » (Bachelard, 1938, p. 97). Selon l'auteur, cet obstacle majeur est à relier au mythe de l'intérieur « *un des processus fondamentaux de la pensée inconsciente les plus difficiles à exorciser* » (ibid, p.122). Ce que confirme Lhoste (2017, p. 98) en rappelant que « *la matière minérale rejoint les conceptions vitalistes de la biologie* ».

(b) un obstacle sémantique majeur révélé lors de la mise en place de la séquence forcée (étude qualitative). En effet, la polysémie du mot « nutriment », est parfois associé aux minéraux et en est d'autres fois séparé. Ceci a engendré des malentendus entre les élèves, et entre l'enseignant et les élèves, à la fois dans les productions écrites et lors des débats. Si 6 % des élèves présentent le dioxygène (O₂) comme élément nutritif, une confusion classique entre respiration et photosynthèse est présentée, même si les deux processus appartiennent à la fonction de nutrition. Cela peut être rapproché d'un obstacle holiste (Astolfi & Develay, 1989) (considérer un tout, sans distinguer les parties, ici des phénomènes différents) dans la mesure où les gaz échangés (CO₂ et O₂) empruntent des chemins identiques : entrées et sorties. Dans un autre registre, les racines sont le plus souvent citées (17 %) comme organe principal de la nutrition, ce que nous pouvons rapprocher une nouvelle fois à un obstacle descriptif (ibid). Pour cette question, 4 % d'erreurs ont été retrouvées, certaines témoignent de connaissances mal construites : « *chlorophilie* » (ML BO), « *oxygène de carbone* » (CC BO), « *une aide de certaines espèces (abeilles...) qui aide à la croissance* » (SR RE), « *grâce aux nutriments de leur terre, le fer je crois mais aussi les minéraux* » (LL JM) ; d'autres d'obstacles relèvent de l'anthropomorphisme : « *un peu tout ce qui est salé, ne mangent pas de sucre* » (AB BE), ou encore d'obstacles substantialistes : « *ils prélèvent des minéraux dans le sol et le transforme en élément dont ils ont besoin* » (BR RE) à relier à une négation des lois de la conservation de la matière. Toujours pour cette question, seuls 8 % des élèves n'ont pas répondu. Nous pensons que la raison principale est que certains avaient déjà répondu dans la première question (confusion qui révèle une dialectique entre nutrition et croissance).

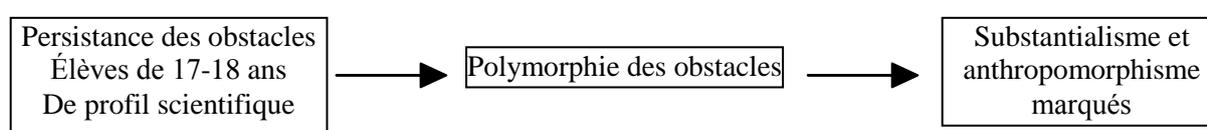
CONCLUSION

L'analyse du questionnaire permet de faire un état des lieux des conceptions des élèves âgés de 17 à 18 ans en Terminale Scientifique. Si le registre empirique modèle avant tout la compréhension du monde qui nous entoure c'est parce que le registre explicatif est, de premier abord, suffisant. Le premier obstacle est bien l'expérience première, c'est pourquoi « *l'esprit scientifique doit se former en se réformant* » (Bachelard, 1938, p. 23). Au

demeurant, des obstacles épistémologiques polymorphes apparaissent. L'étude des réponses des élèves nous indique alors des raisons aux difficultés rencontrées lors des apprentissages scolaires. Elles sont de véritables obstacles épistémologiques à la construction des savoirs et nous permettent de comprendre la distance scientifique qui s'opère entre les conceptions des élèves concernant les végétaux et les connaissances visées par les programmes. Afin d'approfondir cette première analyse, l'étape suivante consistera à corrélérer les réponses aux deux questions relatives à la croissance et à la nutrition. Dès à présent, nous soulignons l'importance du substantialisme et de l'anthropomorphisme et nous faisons nôtres les propos de Bachelard lorsqu'il affirme que « *la réponse substantielle étouffe toutes les questions* » (Bachelard, 1938, p.124).

Nous pouvons résumer les caractéristiques des obstacles rencontrés par les élèves à propos de la croissance et la nutrition des végétaux par la figure 1.

FIGURE 1



État des lieux des obstacles expliquant les conceptions des élèves de terminale scientifique à propos de la nutrition et la croissance des végétaux

Cet état des lieux est un nouveau point de départ pour notre recherche puisque « *Bachelard comprend qu'il ne suffit d'énoncer ces obstacles pour les voir disparaître. Il les soupçonne d'avoir une consistance épistémologique, de faire partie d'une sorte d'inconscient épistémologique, une antichambre de la raison* » (Yousfi, 2013, p. 159). Nous pouvons y voir également une empreinte de *modèle en creux* (Astolfi & Develay, 1989) de l'apprentissage, en révélant les obstacles qui deviennent des conditions d'accueil des élèves face au savoir engagé, l'enseignant peut alors « *combler la rupture entre connaissance commune et connaissance scientifique* » (Lecourt, 1974, p. 27). Pour autant, si nous avons pu mettre en évidence les obstacles épistémologiques pour une population d'élèves, nous conservons le « *primat théorique de l'erreur* » (Canguilhem, 1957). Bachelard (1970) le confirme lorsqu'il engage que, pour tout apprentissage, il n'y a que des erreurs premières et que la connaissance commune « *a en droit toujours tort* » (Bachelard, 1938, p. 14). Il convient donc de s'interroger sur « *l'importation du concept d'obstacle sur le terrain didactique* » (Lhoste, 2017, p. 95). C'est pourquoi le deuxième recueil de données sera, quant à lui, l'objet d'une analyse qualitative, éclairée par le cadre théorique de la problématisation. Celui-ci nous renseignera sur le franchissement possible de certains obstacles pour accéder au savoir. Celui-ci permettant de rendre plus accessible la connaissance du vivant et, en particulier dans cette recherche, celle relative aux végétaux chlorophylliens. L'activité principale de la science étant de construire/produire des savoirs nous comprenons que : « *la science est principalement un effort pour comprendre ; elle désire rendre le cours de la nature non simplement prévisible mais intelligible* » (Toulmin, 1973, p. 113-114). Il revient à dire que la pensée rationaliste rectifie et régularise les conceptions des apprenants. Dans une perspective de connaissance scientifique fondée sur la raison, celle-ci « *a une fonction polémique car elle évince des croyances métaphysiques, morales, religieuses, politiques qui se présentaient comme des explications vraies* » (Rumelhard, 1997, p. 14).

RÉFÉRENCES

- Astolfi, J.-P., & Develay, M. (1989). *La didactique des sciences*. Vendôme: Presses Universitaires de France.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin.
- Bachelard, G. (1940). *La philosophie du non : essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Bachelard, G. (1970). L'idéalisme discursif. In *Études* (pp. 87-97). Paris: Vrin.
- Bosdeveix, R. (2016). *Entre classifications fonctionnelle et phylogénétique : Le groupe des végétaux. Une reconstruction didactique fondée sur l'histoire des sciences dans le cadre de la formation des enseignants de sciences de la vie et de la Terre*. Thèse de Doctorat, Université Paris Diderot - Paris 7, France.
- Campestrini, P. (1992). Sortir de la logique de Van Helmont. *Aster*, 15, 85-100.
- Canguilhem, G. (1957). Sur une épistémologie concordataire. In *Hommage à Gaston Bachelard. Études de philosophie et d'histoire des sciences* (pp. 3-12). Paris: Presses Universitaires Françaises.
- De Singly, F. (2016). *Le questionnaire*. Paris: Armand Colin.
- Fabre, M. (2001). *Gaston Bachelard. La formation de l'homme moderne*. Paris: Hachette.
- Lecourt, D. (1974). *Pour une critique de l'épistémologie (Bachelard, Canguilhem, Foucault)*. Paris: François Maspéro.
- Lhoste, Y. (2017). *Épistémologie et didactique des SVT*. Bordeaux: Presses Universitaires.
- Lhoste, Y., & Peterfalvi, B. (2009). Problématisation et perspective curriculaire en SVT : l'exemple du concept de nutrition. *Aster*, 49, 79-108.
- Orange, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie, quels apprentissages pour le lycée ?* Paris: PUF.
- Orange, C. (2010). Situations forcées, recherches didactiques et développement du métier d'enseignant. *Recherches en Éducation, HS(2)*, 73-85.
- Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences. Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles: De Boeck.
- Rumelhard, G. (1997). Travailler les obstacles pour assimiler les connaissances scientifiques. *Aster*, 24, 13-35.
- Peterfalvi, B., Rumelhard, G., & Vérin, A. (1987). Relations alimentaires. *Aster*, 3, 111-189.
- Toulmin, S. (1961/1973). *L'explication scientifique*. Paris: Armand Colin.
- Yousfi, L. (2013). Gaston Bachelard. Une philosophie à double visage. In T. Lepeltier (Éd.), *Histoire et philosophie des sciences* (pp. 157-162). Auxerre: Sciences humaines éditions.