

Biologie des plantes

Approches didactiques franco-allemandes

Organisé par : Quinte Jana

Avec les contributions de : Boyer Catherine, Orange-Ravachol
Denise & Orange Christian, Quinte Jana, Tessartz Amélie &
Scheerso Annette

Discutant : Bosdeveix Robin

Résumé

D'actuelles études constatent le manque d'intérêt des jeunes pour les thématiques botaniques. De solides connaissances disciplinaires botaniques sont cependant nécessaires pour appréhender des thématiques prospectives liées à l'environnement, à l'écologie et au développement durable, pour pouvoir émettre un jugement et prendre des décisions. Quelles difficultés rencontrent les élèves dans ces domaines ? Comment penser la place de la biologie des plantes dans l'enseignement actuel de la biologie et dans l'éducation au développement durable ?

Ce symposium vise à comparer et à discuter différentes approches et concepts didactiques véhiculés en France et en Allemagne. L'idée étant de nous donner les moyens d'enrichir et de dépasser nos propres réflexions, de lever nos implicites. Il s'inscrit dans le cadre du projet franco-allemand IRIS (International Research In plant-Sciences) qui étudie les représentations (sociales et individuelles), les pratiques enseignantes et les apprentissages au sujet des plantes en France et en Allemagne, ainsi que leurs répercussions sur la compréhension des thématiques liées à l'environnement.

Les quatre communications suivantes sont proposées :

- ***Pratiques langagières dans les manuels sur la reproduction végétale – conceptualisation et implication des élèves***
Catherine Boyer, Equipe Théodile-CIREL, Université de Lille
- ***Biologie des plantes et discours sur le développement durable***
Denise Orange Ravachol & Christian Orange, Equipe Théodile-CIREL, Université de Lille
- ***Conceptions du cycle de vie végétal – une approche franco-allemande***

Jana Quinte, LISEC, Université de Haute-Alsace.

- ***Stimuler l'intérêt pour les plantes***

Amélie Tessartz & Annette Scheersoï, Didaktik der Biologie, Université de Bonn

Mots-clés

Biologie des plantes, approches didactiques franco-allemandes, raisonnements, intérêt, pratiques langagières.

Plant Biology French and German didactic approaches

Abstract

Current studies assess a lack of interest from young people in botanic thematics. But solid knoweldge in botanics will be necessary to apprehend prospective thematics about the environment, ecology and sustainable development to be able to pass judgement and make decisions. What kind of difficulties do students meet in these domains ? How can we consider the place of plant biology in current biology teaching and in education for sustainable development ?

This symposium aims at comparing and discussing different didactic approaches and concepts in France and Germany. The idea is to give us the tools to enrich and to go beyond our own reflexions, to remove what remains implicit. This symposium falls within the French and German project IRIS (International Research In plant-Sciences) which studies conceptions (both social and individual), teacher practice and learning about plants in France and Germany as well as their impact on the understanding environmental thematics.

Four communications were proposed :

- ***Language practice about vegetal reproduction in textbook – conceptualisation and implication of the pupils***

Catherine Boyer, Equipe Théodile-CIREL, Université de Lille

- ***Plant Biology and Sustainable Development Discourse***

Denise Orange Ravachol & Christian Orange, Equipe Théodile-CIREL, Université de Lille

- ***Conceptions about plant life-cycle – a French and German approach***

Jana Quinte, LISEC, Université de Haute-Alsace.

- ***Triggering interest in plants***

Amélie Tessartz & Annette Scheersoï, Didaktik der Biologie, Université de Bonn

Key-words

Plant biology, German and French didactic approaches, reasoning, interests, language practice.

Pratiques langagières dans les manuels sur la reproduc- tion végétale

*Conceptualisation et implication des
élèves*

Boyer Catherine
Equipe Théodile-CIREL- Université de Lille

Biologie des plantes

*Approches didactiques franco-
allemandes*

Organisé par : Quinte Jana

Avec les contributions de : Boyer Catherine, Orange-Ravachol
Denise & Orange Christian, Quinte Jana, Tessartz Amélie &
Scheerso Annette

Discutant : Bosdeveix Robin

Résumé

Les programmes officiels de l'école et du collège prônent la démarche d'investigation pour les apprentissages scientifiques. Pourtant les manuels ne s'y prêtent guère (Plé, 2009). Il s'agira ici de questionner les pratiques langagières dans ses ouvrages en se focalisant sur la reproduction végétale des plantes à fleurs. Quelles sont les représentations véhiculées sur la reproduction végétale ? Par quels moyens, sur quels exemples ? Comment l'élève est-il impliqué dans la construction des connaissances ? Nous avons analysé 2 manuels de cycle 3 (C3) et deux de 6^{ème} (programmes de 2008) en nous attachant particulièrement à la relation textes/ illustrations

et cas particuliers/ définitions générales. Si les deux manuels de C3 impliquent d'avantage les élèves, ils s'avèrent être plus complexes sur les contenus textuels que ceux de 6^{ème}.

Mots-clés

Manuel scolaire, Conceptualisation, Illustrations., reproduction végétale, motivation

*Language practise about vegetal
reproduction in textbook*

*Conceptualisation and implication of
the pupils*

Abstract

The official primary and secondary school curricula advocate the investigation process in scientific learning. Textbooks however do not enable this. (Plé 2009). In this report, the issue or language practises of these books will be questioned by focusing on the vegetal reproduction of flowering plants. What representations are conveyed about vegetal reproduction ? By what means and which examples? How are the pupils involved in building their knowledge? We analyzed two textbooks of cycle 3 and two of "6e" (2008 curriculum) paying particular attention to the text/illustrations and the precise cases/ general definitions relationship. If the pupils are more involved with both C3 textbooks, they turn out to be more complet in the textual content than those for 6e.

Key-words

Textbooks. Conceptualisation. Illustrations. Vegetal reproduction. Motivation.

INTRODUCTION

A l'heure où la réflexion sur l'environnement et les écosystèmes sont de plus en plus importants, s'intéresser à la reproduction végétale est nécessaire.

C'est un concept complexe vu la variété des formes prises lors des différentes étapes du cycle de vie des plantes à fleurs. Si les graines, les fleurs et les fruits sont des objets du quotidien, ils sont loin d'être conceptualisés d'un point de vue scientifique à l'école primaire. Cela pose la relation plus ou moins scientifique, pensée ou non par les élèves, entre les plantes rencontrées et les niveaux de définition et d'abstraction (Boyer, 2000 ; Quinte, 2016). Alors qu'en est-il dans les manuels scolaires de la reproduction végétale ? Afin de découvrir comment ces manuels impliquent les élèves et quel niveau de conceptualisation y sont construits, nous nous intéresserons aux pratiques langagières de 4 manuels de Cycle 3 et de 6^{ème}¹.

Ces manuels s'appuient sur des programmes construits en 2008². Les mêmes éléments de savoir (fonction du vivant, stades de développement et reproduction des végétaux) et la démarche d'investigation (DI) sont présentés.

MOTIVER ET IMPLIQUER LES ELEVES DANS LES MANUELS

1. Par les illustrations

Nos quatre manuels sont attrayants par leurs belles photos de fleurs et de fruits. La qualité des illustrations fonctionne comme des accroches et donne envie de découvrir les contenus. Elles couvrent environ la moitié des pages voir plus. Les différentes illustrations ont les fonctions d'accroche et de référentiel puisqu'elles font rentrer les objets à observer et étudier dans la « classe » (Jacobi, 1985).

2. Par le discours adressé

Au cycle 3, l'élève est impliqué par les titres des différentes parties récurrentes durant tout le manuel (« *je m'interroge* », « *je cherche* », « *je comprends* »). En revanche dans les manuels en 6^{ème}, la forme est impersonnelle. Seulement dans la partie bilan et exercices, le « je » réapparaît avec « *je retiens par l'image* », « *je teste mes connaissances* »...

¹ Giordan, A. dir (2008) « Toutes les sciences » Cycle 3 Nathan / Guichard, J. (dir) (2008) Sciences cycle 3, Hachette / Salviat, B. (dir) (2009) SVT 6^{ème} Nathan / Lizeaux, C. & Baude, D. (2009) SVT, Bordas

² BO hors série 19 juin 2008 *programme CE2-CM1-CM2* . et BO n°6, *programme de l'enseignement de Sciences de la vie et de la Terre*. sur Minsitère Education Nationale

3. Par l'activité lecture « le coin des curieux » ou « étonnant »

Dans chacun des manuels, des paratextes donnent envie d'aller plus loin par une mise en page différente, et permettent de s'interroger après la « leçon de papier» (Plé, 2009) sur des cas particuliers et surprenants (ex : l'artichaut en fleur, la pollinisation des gousses de vanille à la Réunion). Cela pourrait participer implicitement au questionnement des conceptions que l'élève a développé sur le savoir.

Mais qu'en est-il de ce rapport textes-illustrations. A quel niveau de découverte du concept de la reproduction végétale se place-il ?

CONCEPTUALISATION ET RAPPORT TEXTES / ILLUSTRATIONS

La démarche d'investigation dans les manuels

Selon Bachelard (1938), toutes connaissances scientifiques découlent d'une question. Dans les manuels actuels, l'importance des questions résulte de deux intentions complémentaires didactiques et scientifiques. Faire émerger les conceptions des élèves et les impliquer dans les apprentissages, à partir des questions qui seront le fil conducteur de la construction des savoirs scientifiques. En C3, les titres des séances sont des questions rédigées dans une formulation proche de celle d'un enfant de 10 ans. En revanche en 6^{ème} le titre est celui des IO et la question n'apparaît qu'après un constat empirique rapide, dans une formulation plus soutenue. Cependant, ces questions posées par les manuels ne conduisent pas à la problématisation (Orange, 2005 ; Plé, 2009).

Seuls les manuels de Cycle 3 font émerger systématiquement les conceptions des élèves dès le début des séances à partir de photos à comparer. Les fleurs représentées sont toutes « pour faire beau » et ne sont pas perçues par les élèves comme pouvant se transformer en fruit (Boyer, 2000). Toutefois nous n'observons pas de reprise explicite des problèmes scientifiques en jeu (transformation de la fleur en fruit) sauf au niveau général du discours et nous nous interrogeons donc sur l'efficacité de cette émergence des conceptions des élèves pour une conceptualisation plus scientifique.

La démarche d'investigation apparaît comme un jeu médiatique (Plé, 2009) entre les élèves et les 4 manuels à travers les questions posées par les auteurs du manuel. Les activités d'observation, de lecture voire d'expériences proposées aux élèves permettent d'apporter des réponses aux questions posées.

De la fleur au fruit / graine ou de la dissémination des graines pour remonter le cycle de vie

A l'école primaire, tout part de plusieurs photos de fleurs et de l'observation de sa structure en mettant en exergue par des dessins légendés les organes sexués. Alors qu'au collège il s'agit de la dispersion des graines pour coloniser le milieu. Dans les deux cas, l'entrée dans le cycle de vie de la plante à fleur ne se fait pas par la graine mais vise à comprendre son origine.

Tableau 1 : progression selon les manuels

C3 Hachette	Des fleurs et leurs organes <i>Photos (hibiscus, églantier, tulipe, lierre...)</i> <i>dessin en coupe légendé</i>	Le transport du pollen (<i>dessin fleur et d'abeille, photos de chaton de noisetier</i>) et le texte du savoir	La transformation de la fleur en fruit <i>(5 photos et dessins en coupe : tomate)</i> puis le texte du savoir	Modalité des disséminations des fruits/graines <i>(organigramme avec photos différents fruits)</i>
C 3 Nathan		Transformation de la fleur au fruit <i>(4 photos de cerisier)</i>	Des fruits <i>(4 photos de fruits ouverts)</i> Fruits sec/ charnu	Texte du savoir sur la reproduction sexuée (dessin de synthèse en coupe)
Nathan 6e	Dissémination des graines <i>(4 photos)</i> germination de graine de haricot <i>(photos)</i>	La fleur de pois <i>(Photos sur pied, d'un pois et en coupe)</i>	Transformation de la fleur en fruit <i>(4 photos de pois)</i>	Formation de la graine <i>Dessins d'expériences sur le rôle des pistils et étamines)</i>
Bordas 6e	Dissémination des graines par vent ou animaux <i>(4 photos)</i>	Transformation de la fleur en fruit <i>(6 photos : radis ravenelle)</i>	La fleur de radis <i>(photo en coupe radis ravenelle)</i>	Condition de formation des graines <i>(dessins d'expériences tulipe)</i>

Les illustrations et lexique utilisés

Le tableau montre que ce sont majoritairement les mêmes types d'illustrations qui sont utilisés ; des photos sur fond clair ou foncé en plan rapproché permettant de voir les détails. Les photos illustrent les cas prototypiques de fleurs simples et également le

passage de la fleur au fruit (cerisier, tomate, pois). Les photos des fruits sauvages illustrent la dissémination des graines de manière emblématique. Ce sont principalement des plantes non comestibles (bardane, gui, érable, ...) peu connues des élèves sauf le pissenlit et pour lesquels le terme générique de fruit peut poser problème pour les élèves (Boyer, 2000). Les dessins légendés et en coupe sont des représentations qui amènent vers l'abstraction. Ils sont utilisés pour évoquer la fleur et la fécondation au C3. Le lexique spécifique est identique pour tous les manuels : sépales, pétales, pistil, étamine, ovule et pollen. Au C3, le texte précise qu'être une fleur c'est contenir des organes male et /ou femelle. Nathan C3 présente en plus ovaire (dessin et texte), spermatozoïde insistant plus que les autres sur la dimension de la reproduction sexuée des végétaux. Les textes du savoir C3 sont plus complexes et plus long que ceux de 6^{ème}. Les schémas de cycle de vie n'apparaissent que dans les manuels de 6^{ème} sous forme linéaire en partant de la fleur jusqu'à la nouvelle plante. Ce problème d'une combinaison images et concepts se traduit par un glissement des cas particuliers vs le général comme une évidence.

EN CONCLUSION SUR LES PAGES DE MANUELS ETUDIÉS

Aborder la reproduction des plantes se fait de manière différente quant à l'entrée dans le cycle de vie des végétaux. Au C3 de la fleur vers le fruit/graine ; en 6^{ème} un regard rétrospectif sur les transformations à l'origine des graines. Le lien entre les différents concepts fleurs/fruits/graines sont traduits par des photos prototypiques montrant un implicite de la transformation de cas particuliers aux définitions générales. La conceptualisation de la reproduction des plantes à fleur y apparaît biocentrée (Quinte, 2016).

BIBLIOGRAPHIE

- Bachelard, G. (1938). La formation de l'esprit scientifique. Paris, Vrin.
- Boyer, C. (2000). Conceptualisation et actions didactiques à propos de la reproduction végétale. *Revue Aster n° 31, Les sciences de 2 à 10 ans, INRP*, 149- 171
- Jacobi, D. (1985). La visualisation des concepts dans la vulgarisation scientifique. *Culture technique n°14*. Récupéré sur I-revues.
- Orange, C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques », *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle* 2005/3 (Vol. 38), p. 69-94.
- Plé, E. (2009). Jeu de substitution ou instrument pour apprendre: le maître de papier en sciences à l'école. *Revue des sciences de l'éducation*, vol. 35(n°2).

Quinte, J. (2016). *Cycle de vie des plantes à fleurs. Etude comparative des conceptions d'élèves en Alsace et au Baden-Württemberg* -Thèse de doctorat, Université de Strasbourg et Pädagogische Hochschule de Karlsruhe.

Biologie des plantes et discours sur le développement durable

Denise Orange Ravachol
CIREL - Théodile, Université de Lille 3

Christian Orange
Université Libre de Bruxelles, CREN, Université de Nantes

Biologie des plantes

Approches didactiques franco-allemandes

Organisé par : Quinte Jana

Avec les contributions de : Boyer Catherine, Orange-Ravachol
Denise & Orange Christian, Quinte Jana, Tessartz Amélie &
Scheersoi Annette,

Discutant : Bosdeveix Robin

Résumé

Cette communication tente de caractériser les difficultés à dépasser la pensée commune concernant la nutrition des plantes et de définir des conditions de possibilité d'un accès à une pensée plus complexe, seule garantie d'un esprit critique concernant les questions de développement durable. Nous analysons pour cela deux cas : le discours tenu par un élève de grande école lors d'un atelier avec des élèves de CM2 travaillant sur la déforestation ; et les difficultés rencontrées par des élèves de lycée pour accéder à une pensée écosystémique. Nous tentons d'en tirer des conséquences pour l'enseignement de la biologie.

Mots-clés

biologie des plantes, développement durable, pensée écosystémique, pensée de sens commun .

Plant Biology and Sustainable Development Discourse

Abstract

This paper aims at characterizing the difficulties met to going beyond the common thought about plant nutrition and at defining the conditions of the possibility to reach a more complex thought, which is the only guarantee of a critical thought for considering sustainable development issues. For this purpose we analyze two cases: the speech held by an elite school student in a workshop with 10-11 year old pupils working on the problem of deforestation, and the difficulties encountered by high school students to access to an ecosystemic thinking. Eventually, we would highlight the consequences for biology teaching.

Key-words

Plant biology, sustainable development, ecosystemic thinking, common thought

Cette communication tente, à partir de quelques cas, de caractériser les difficultés à dépasser la pensée commune concernant la nutrition des plantes et de définir des conditions de possibilité d'un accès à une pensée plus complexe, seule garante d'un esprit critique pour penser les questions de développement durable.

1. NÉCESSITÉ D'UNE ACCULTURATION SCIENTIFIQUE DES ÉLÈVES À LA BIOLOGIE DES PLANTES

Pour les biologistes, les plantes¹ sont des composantes essentielles des écosystèmes terrestres ; la pensée commune en fait un élément important de notre milieu de vie et elle leur attribue un rôle majeur dans la qualité et la préservation de notre environnement. Cependant, derrière cet apparent accord sur l'importance des plantes, la façon qu'ont les biologistes de les « penser » est fort différente de la façon dont elles sont intégrées à notre vie quotidienne, qu'il s'agisse de leur nutrition et de leur rôle dans notre environnement proche ou lointain. D'où des obstacles repérés dès les premières recherches didactiques (par exemple Rumelhard, 1985).

A cela s'ajoute que, désormais, l'appropriation de savoirs scientifiques à l'école se conjugue nécessairement avec la prise en compte de défis sociétaux visant un développement durable de la planète. Ainsi en est-il de l'étude des plantes qui ne peut pas se faire indépendamment de la préservation de la biodiversité, du fonctionnement des sociétés humaines, des conséquences d'un réchauffement climatique, etc. Cette anthropisation des problèmes biologiques (Orange Ravachol, 2014) interroge d'un point de vue didactique car elle met à la fois en jeu un temps sagittal (les évolutions irréversibles de la biosphère et de la Terre) où l'Homme prend une place particulière, des raisonnements en termes de cycle (cycles de la matière notamment) et des approches écosystémiques (notamment la dynamique et la stabilité des compartiments et des structures). Tout cela rend plus difficile encore, mais aussi plus nécessaire, la compréhension par les élèves de la biologie des plantes.

¹ Nous parlons ici des plantes vasculaires.

2. DISCOURS SUR LA DÉFORESTATION AU COURS MOYEN

Ce premier cas concerne une animation sur la déforestation et ses conséquences effectuée par un élève d'une grande école dans une école primaire. Cette animation articule la préoccupation des enseignants du CM2 d'ouvrir leur travail sur le développement durable à des partenaires extérieurs à l'école et celle des étudiants de répondre à leur institution en développant un projet social. L'étudiant que nous suivons est détenteur d'une culture générale certaine. Nous analysons le discours qu'il développe dans les échanges avec les élèves de deux groupes de 6 élèves (fonctionnement en ateliers).

Dans son discours, lors des échanges, le fonctionnement des arbres, seules plantes forestières prises en considération, se réduit aux échanges gazeux photosynthétiques (les arbres absorbent le dioxyde de carbone et rejettent du dioxygène) et à la photosynthèse (terme évoqué), processus transformateur du dioxyde de carbone en dioxygène. L'origine du dioxyde de carbone et le devenir du dioxygène sont uniquement rapportés à l'Homme : aucune référence à la production de ce gaz par la respiration des autres êtres vivants ou par des phénomènes naturels (volcanisme par exemple) : le CO₂ provient des pots d'échappements des voitures, des industries, des cheminées, etc. ; quant à l'oxygène rejeté, il est vital en ce sens qu'il permet la respiration humaine ; c'est pour cela que les forêts très denses ont été qualifiées de « poumons de la Terre ».

Cela le conduit à pointer quelques conséquences de la déforestation :

- Une diminution de la couche d'ozone, avec une confusion fréquente dans la pensée commune avec l'effet de serre :
« La couche d'ozone, c'est ce qui nous protège des rayons du soleil. Et quand la couche d'ozone a des trous... Les rayons du soleil passent plus facilement dans cette couche d'ozone. Ils atteignent, enfin ils sont ... Ils réchauffent encore plus la planète en fait. C'est pour ça qu'on parle d'effet de serre ».
- Des conséquences sur la biodiversité par la destruction du milieu de vie des espèces animales.

Le discours de cet intervenant est caractéristique de réflexions communes sur les questions de développement durable. Il y a certes des confusions (couche d'ozone / effet de serre) mais surtout une vision anthropique et organisée par des mises en histoire, syncrétisme de temps et de causalité ; par exemple : trou dans la couche d'ozone → passage de rayons solaires → réchauffement climatique ; ou bien : production d'oxygène et rétention de CO₂ par la forêt, donc la forêt « poumon de la Terre ».

Il apparaît ainsi que d'une part, dans sa scolarité antérieure, cet étudiant n'a pas dépassé la pensée commune pour ce qui concerne la biologie mais que, d'autre part, cela ne l'empêche aucunement de développer un discours qui va dans le sens médiatiquement correct concernant le développement durable.

Pour aller plus loin dans notre réflexion sur la relation entre biologie des plantes et discours sur le développement durable, nous allons revenir sur les difficultés des lycéens à entrer dans un mode de pensée écosystémique.

3. PLANTES, ÉCOSYSTÈMES ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

Les recherches didactiques ont montré qu'accéder à des raisonnements écosystémiques demande de s'affranchir d'un certain nombre de modes ordinaires de pensée qui peuvent faire obstacle (voir par exemple Peterfalvi & *al.*, 1987 ; Orange, 1997). Les difficultés rencontrées par les élèves concernent notamment la compréhension des conditions de pérennité d'un écosystème en lien avec le concept de cycle de la matière (Labbe Esperet, 2002 ; Orange, 1997). Dans nos régions, les écosystèmes terrestres un tant soit peu pérennes, à l'échelle du temps humain, sont les forêts où les plantes paraissent omniprésentes et où la biomasse animale (constituée principalement de la faune du sol) et, plus largement, celle des décomposeurs (animaux, champignons, bactéries) est peu visible. Cette particularité complique encore plus l'accès à une compréhension d'ensemble de l'écosystème.

D'un autre côté, le mot écosystème est devenu d'un usage courant : on peut parler des écosystèmes et utiliser la notion dans une discussion ordinaire, même « écologiquement » engagée, sans avoir besoin d'en comprendre le sens biologique ; le cas présenté au paragraphe précédent en est un exemple. Quels enjeux alors pour l'enseignement d'aujourd'hui où l'éducation au développement durable apparaît comme l'organisateur des enseignements de biologie ?

Voici une classe de lycée ayant travaillé sur les relations alimentaires au sein d'un écosystème forestier à qui on demande « Comment expliquer qu'un tel écosystème puisse fonctionner longtemps de manière autonome ? ». Les élèves règlent vite la question de l'eau : la pluie y pourvoit. Pour le CO₂, si sa fonction nutritive leur apparaît, sa disponibilité permanente est renvoyée soit aux émissions par les animaux et les activités humaines, soit plus directement au fait que tout le monde sait que le CO₂ augmente dans l'atmosphère.

Quant aux sels minéraux, ils sont souvent identifiés à des fertilisants eux-mêmes considérés à travers les pratiques ordinaires concernant les plantes². Si la décomposition des feuilles est évoquée, c'est généralement dans un discours commun (dégradation, pourrissement) ne mobilisant pas un raisonnement en termes de cycle. Ces élèves doivent répondre à la question : « Que devient la matière organique des cadavres, des feuilles mortes, etc. ? Comment cela se fait et grâce à quoi ? ». Voici deux exemples de réponses écrites qui représentent bien les productions de la classe.

« Les matières organiques se décomposent et se confondent avec le sol. Elles se décomposent grâce à la chaleur, le froid, les conditions climatiques. Elles deviennent des fertilisants du sol. »

« Cette matière organique dégradée donne ... d'autre matière organique ou quelque chose comme ça qui aidera les plantes à se nourrir. C'est une sorte d'engrais, d'humus (car on met bien des feuilles au pied des arbres pour les protéger du froid et leur donner un petit + pour leur alimentation. »

Ces façons de voir sont compatibles avec le discours de l'étudiant que nous avons présenté dans la partie précédente et ne peuvent guère être dépassées (à quelques détails près) par les « activités » proposées dans les manuels où l'accent est plus mis sur les flux d'énergie que sur les cycles de la matière. En particulier, dans ce que proposent ces manuels, rien ne permet de comprendre à quelles conditions une forêt (ou tout autre écosystème) a un bilan positif en oxygène et négatif en CO₂ donc de discuter le slogan sur le « poumon de la Terre ».

CONCLUSION

L'enseignement de la biologie, et notamment de la biologie des plantes, proposé dans les programmes français n'a jamais visé explicitement l'entrée des élèves dans une pensée écosystémique (au sens de Odum, 1953). Tout au plus, au lycée, propose-t-on aux élèves des « modèles de flux » quand un travail sur des modèles à compartiments serait indispensable (Orange & Orange, 1995 ; Orange, 1997). Cet état de fait n'est aucunement remis en cause par une approche centrée sur le développement durable, qui accentue une vision anthropi-

² Ce que Canguilhem (1975) nomme « obstacle d'intérêt technique ».

sée organisée par un temps sagittal, sans véritable réflexion sur les conditions de pérennité des écosystèmes³. Dans ce cadre, les élèves peuvent tout au plus ne voir dans la biologie des plantes qu'un argument envers les slogans du développement durable mais cela ne leur fournit aucunement un savoir raisonné et critique sur ces questions : le discours de l'étudiant de notre deuxième partie en est un exemple.

BIBLIOGRAPHIE

- Canguilhem, G. (1975). Article Vie. In *Encyclopaedia Universalis*. Paris : Encyclopaedia Britannica.
- Labbe Esperet, C. (2002). *Modélisation et conceptualisation : l'exemple du cycle du carbone*. Thèse non publiée, Université de la Réunion.
- Odum, E. & Odum H. (1953). *Fundamentals in Ecology*. Philadelphie: Saunders.
- Orange C. & Orange D. (1995). Géologie et biologie: analyse de quelques liens épistémologiques et didactiques. *ASTER*, 21, 27-49
- Orange, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie, quels apprentissages pour le lycée*. Paris : PUF.
- Orange Ravachol, D. (2014). Les « Éductions à » et les sciences de la nature : entre dédisciplinarisation et redisciplinarisation. *Éducation et socialisation* (disponible sur : <http://edso.revues.org/903>).
- Peterfalvi, B., Rumelhard, G. & Vérin, A. (1987). Relations alimentaires. *ASTER*, 3, 111-189
- Rumelhard, G. (1985). Quelques représentations au sujet de la photosynthèse. *ASTER*, 1, 37-66.
- Rumelhard, G. (1992), dir. Lumière sur les végétaux verts. *ASTER*, 15.

³ Nous n'avons esquissé ici qu'une réflexion sur les aspects nutritifs ; elle devrait être complétée par un travail sur la question de la biodiversité notamment.

Conceptions du cycle de vie végétal

Une approche franco-allemande

Quinte Jana
LISEC, Université de Haute-Alsace, Unistra et UL

Biologie des plantes

Approches didactiques franco-allemandes

Organisé par : Quinte Jana

Avec les contributions de : Boyer Catherine, Orange-Ravachol
Denise & Orange Christian, Quinte Jana, Tessartz Amélie &
Scheerso Annette

Discutant : Bosdeveix Robin

Résumé

Dans le cadre d'une étude franco-allemande sur les conceptions qu'ont les élèves du cycle de vie végétal, notre approche comparatiste a permis d'identifier non seulement des différences et des similitudes (des conceptions, des systèmes éducatifs, etc.) mais également de confronter les concepts et théories didactiques véhiculés en France et en Allemagne. Ces deux aspects feront l'objet de cette communication.

Mots-clés

Conceptions, Cycle de vie, Transposition didactique, Reconstitution didactique, étude franco-allemande.

Conceptions about the plant life-cycle

A French and German approach

Abstract

In a French-German study about student's conceptions of plant life-cycle, our comparative approach has permitted not only to identify differences and similarities (conceptions, reasoning, educational systems, etc.) but also to confront the concepts and didactic theories conveyed in France and Germany. Both elements will be presented.

Key-words

Conceptions, plant life-cycle, didactic transposition, educational reconstruction, French-German study

INTRODUCTION

L'acquisition d'une culture scientifique par les citoyens et surtout par les enfants fait partie des enjeux sociétaux et scolaires. Le concept de cycle de vie, caractérisé par la reproduction sexuée, peut être considéré comme l'un des concepts-clés pour le développement d'une pensée écosystémique.

Cette communication présentera quelques résultats issus d'une recherche doctorale binationale sur les conceptions qu'ont les élèves du cycle de vie des plantes à fleurs, dans des établissements du primaire et du secondaire, en Alsace et au *Baden-Württemberg* (Allemagne). Le cadre théorique de la transposition didactique a permis de questionner les origines des différences constatées. En outre, cette présentation vise à souligner l'intérêt d'une méthode comparatiste dans l'idée de dépasser les hétérogénéités didactiques afin de construire une approche théorique plus globale.

CADRE THEORIQUE

Les conceptions des apprenants

Des études actuelles évoquent l'importance de s'appuyer sur les conceptions initiales des apprenants pour la construction de connaissances scientifiques (Bibliographie de Duit, 2009¹). Nous considérons qu'une conception est un processus subjectif mental plus ou moins complexe (Gropengießer, 1997). Elle se construit par l'interaction entre un individu et le monde qui l'entoure (Clément, 2010). D'après la théorie de la compréhension basée sur l'expérience² (Gropengießer, 2007), l'individu, en grandissant, construit ses conceptions à partir de ses expériences et observations. Ces conceptions se rapportent à un référentiel, le « monde de la vie » (*Lebenswelt*), sont véhiculées linguistiquement dans le « monde du langage » (*Sprachwelt*) et appartiennent au « monde de la pensée » (*Denkwelt*) (Gropengießer, 1997).

Cependant, Orange et Orange Ravachol (2013) mettent en garde contre les risques de deux types de réification. Le premier étant lié à la considération des conceptions comme « choses » ou « idées préexistantes », indépendantes de tout contexte ; le second étant lié à la nature du questionnement. En effet, expliquer plutôt que décrire

¹ Source : <http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/stcse.html> (consulté le 03.02.2017)

² « Erfahrungsbasiertes Verstehen » (traduction personnelle)

permet de mieux rendre compte « un fonctionnement interne non directement accessible » des phénomènes scientifiques (Orange & Orange Ravachol, 2013, p. 53).

L'éducation comparée et la transposition didactique

Afin de mieux cerner les facteurs (transversaux ou spécifiques) influençant les conceptions qu'ont les élèves du cycle de vie végétal, nous utilisons une approche comparative. Les régions (Alsace et *Baden-Württemberg*) ont été choisies d'une part pour leur proximité transfrontalière et d'autre part pour leurs systèmes éducatifs distincts. Tandis qu'en France la politique éducative est centralisée, les *Länder* gardent la responsabilité de l'éducation et de l'enseignement dispensé en Allemagne. L'organisation des établissements, des niveaux d'enseignements et plus particulièrement l'enseignement des sciences diffèrent dans les deux pays.

Ainsi, le concept du cycle de vie végétal est quasi absent des programmes et manuels scolaires du *Baden-Württemberg* (2004) alors qu'il fait partie intégrante de ceux de France (2008). Comment une telle différence peut-elle s'expliquer alors que le concept du cycle de vie est utilisé au niveau académique dans les deux pays, notamment dans les publications scientifiques et les manuels à destination des étudiants français et allemands ?

Pour répondre à ce questionnement, nous avons choisi d'utiliser le cadre théorique de la transposition didactique qui permet de faire le lien entre « savoirs savants », « savoirs à enseigner » et « savoirs enseignés » (Chevallard, 1985). Ce modèle issu des didactiques des mathématiques a été repris et complété par d'autres chercheurs : pratiques sociales de référence (Martinand, 1986) ; « savoirs assimilés » par l'apprenant (Develay, 1995) ; clarification des conceptions des acteurs à tous les niveaux (modèle KVP) et description d'un processus rétroactif à chaque niveau (Clément, 2010)

Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes appuyés sur la proposition de Clément (2010) qui met en avant les intérêts d'une double-approche : internationale et historique.

METHODOLOGIE

L'étude s'est effectuée en trois temps : 1) une enquête exploratoire par entretiens semi-directifs (n=49) dans trois établissements (une école primaire et un collège en Alsace, une Realschule au Baden-Württemberg) ; 2) une analyse contextuelle (des références scientifiques et socio-culturelles, des programmes et manuels scolaires) ; 3)

une enquête principale par questionnaires (n=1388) dans 9 établissements de chaque côté du Rhin.

Les données ont été analysées de manière qualitative (analyse de discours des entretiens de l'enquête exploratoire avec le logiciel MAXQDA) et quantitative (analyse statistique avec SPSS des questionnaires de l'enquête principale).

Des modèles mentaux des apprenants ont été élaborés lors de l'enquête exploratoire (Quinte et *al.*, 2012; Quinte et *al.*, 2013) puis validés par l'enquête principale (Quinte, 2016).

RESULTATS

Au-delà de l'identification des conceptions des élèves, deux comparaisons semblent intéressantes : 1) entre les conceptions des élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg* ; 2) entre les conceptions des élèves et celles développées au cours de l'histoire des sciences (issues de l'analyse historico-épistémologique).

La première comparaison a mis au jour une différence d'approche et de raisonnement des élèves (plutôt biocentrée pour élèves d'Alsace et anthropocentrée pour ceux du *Baden-Württemberg*). Cette différence peut en partie être expliquée par l'analyse des « savoirs à enseigner ». Les théories didactiques allemandes sous-jacentes peuvent alimenter ce propos.

La seconde comparaison met en évidence que certaines conceptions qu'ont pu développer les scientifiques anciens sont identiques à celles des élèves (par exemple que « les fruits sont issus de la sève de la tige », « les abeilles empêchent la formation des graines », « la fécondation des graines se fait dans la terre »).

Le modèle théorique de la reconstruction didactique (Kattmann et *al.*, 1997) souligne l'importance de la prise en compte de cette clarification de l'objet scientifique (1), puisque la confrontation de celle-ci avec les conceptions des élèves (2) permet d'en dégager une structuration didactique (3). Il s'agit d'un processus itératif entre ces trois éléments.

PERSPECTIVES : UN MODELE POUR LE PROJET IRIS

Le projet franco-allemand IRIS (International Research In plant-Sciences) souhaite poursuivre ces investigations dans une approche comparatiste à la fois concernant les cohortes et enquêtes de terrain ainsi que les théories et concepts didactiques véhiculés en France et en Allemagne. Cette communication se conclura par la présentation d'un modèle didactique basé à la fois sur le modèle de la « transposition didactique » et ce-

lui de la « reconstruction didactique ». Ce nouveau modèle pourra servir de base pour construire ensemble des recommandations didactiques et pédagogiques prévues par le projet.

BIBLIOGRAPHIE

- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La pensée sauvage.
- Clément, P. (2010). Conceptions, représentations sociales et modèle KVP. *Skholê : cahiers de la recherche et du développement*, (16), 55–70.
- Develay, M. (Éd.). (1995). *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines : une encyclopédie pour aujourd'hui*. Paris : ESF.
- Gropengießer, H. (1997). *Didaktische Rekonstruktion des « Sehens » : wissenschaftliche Theorien und die Sicht der Schüler in der Perspektive der Vermittlung* (thèse de doctorat). Carl-von-Ossietzky-Univ. Oldenburg, Oldenburg.
- Gropengießer, H. (2007). Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In D. Krüger & H. Vogt (éd.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung : Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag.
- Kattmann, U., Gropengießer, H., Duit, R., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion-Ein Rahmen für naturwis-senschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, (3), 3–18.
- Martinand, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Bern : Peter Lang.
- Orange, C., & Orange Ravachol, D. (2013). Le concept de représentation en didactique des sciences : sa nécessaire composante épistémologique et ses conséquences. *Recherches en éducation*, 17, 46–61.
- Quinte, J. (2016, septembre 1). *Cycle de vie des plantes à fleurs - Lebenszyklus der Blütenpflanzen. Etude comparative des conceptions d'élèves en Alsace et au Baden-Württemberg* (Thèse de doctorat). Université de Strasbourg et Pädagogische Hochschule de Karlsruhe.
- Quinte, J., kirch, M., Poteaux, N., & Lehnert, H.-J. (2013). Cycle de vie des plantes à fleurs : modèles mentaux des élèves et représentations dans les manuels scolaires en Alsace et au Baden-Württemberg. Présenté au Congrès de l'AREF (Actualité de la Recherche en Education et Formation), Montpellier.
- Quinte, J., Lindemann-Matthies, P., & Lehnert, H.-J. (2012). Denkmodelle vom Lebenszyklus der Samenpflanzen. *Erkenntnisweg-Biologiedidaktik*, 11, 37-52.

Stimuler l'intérêt pour les plantes

Amélie Tessartz & Annette Scheersoï
Didactique de la biologie, Universität Bonn, Meckenheimer Al-
lee 170, 53115 Bonn, Allemagne

Biologie des plantes

*Approches didactiques franco-
allemandes*

Organisé par : Quinte Jana

Avec les contributions de : Boyer Catherine, Orange-Ravachol
Denise & Orange Christian, Quinte Jana, Tessartz Amélie &
Scheersoï Annette

Discutant : Bosdeveix Robin

Résumé

L'existence des plantes est essentielle pour notre biosphère. Malgré tout, comme le pointent des études actuelles, les élèves ne s'intéressent pas aux végétaux. Cependant, l'intérêt a une influence importante sur l'apprentissage et l'acquisition de connaissances. L'intérêt des étudiants pour les plantes doit être stimulé car de solides connaissances disciplinaires botaniques sont nécessaires pour appréhender des thématiques prospectives liées à l'environnement, à l'écologie et au développement durable. Nos études se penchent sur l'impact des expériences avec la nature sur l'intérêt des étudiants et ont pour but de développer

des recommandations didactiques et pédagogiques pour mieux stimuler l'intérêt que portent les élèves aux plantes.

Mots-clés

Intérêt pour les plantes ; « plant blindness » ; expériences avec la nature

Triggering interest in plants

Abstract

The existence of plants is essential to our biosphere. Yet, recent studies indicate that students have only little interest in plants. Nevertheless, interest plays a key role in learning and the acquisition of knowledge. The students' interest for plants needs to be stimulated, as profound botanical skills are important, in order to recognize environmental and ecological issues, as well as to understand the idea of sustainable developments. Our research deals with the impact of experiences with nature on the development of students' interest in plants.

Key-words

Interest in plants, „plant blindness“, experience with nature

INTRODUCTION

Des études actuelles pointent le manque d'intérêt que portent les élèves aux sciences et dans le domaine de la biologie plus particulièrement aux végétaux (Lindemann-Matthies, 2005; Holstermann et Bögeholz, 2007). Wandersee et Schussler (1999) introduisent même le terme de « plant blindness » décrivant le manque de perception des végétaux dans notre environnement. Cependant l'intérêt a une influence importante sur l'apprentissage et l'acquisition de connaissances (Krapp, 1992).

CADRE THEORIQUE : THEORIE DE L'INTERET PERSONNE-OBJET

L'influence de l'intérêt sur l'apprentissage

L'intérêt joue un rôle important dans les recherches en science de l'éducation en Allemagne, car plusieurs études révèlent le fait que des élèves intéressés peuvent construire des connaissances plus solides et à long terme (Krapp, 1992; Schiefele, 2001). Ainsi, l'encouragement de l'intérêt des élèves est essentiel pour l'enseignement des sujets biologiques – peu importe si ceux-ci ont lieu à l'école ou en dehors de l'école. De plus, l'intérêt porté aux phénomènes naturels et à la nature en général aussi bien que la conscience de sa mise en danger, constitue pour les élèves le prédateur principal pour leur volonté de s'impliquer dans la protection de la biosphère (Leske et Bögeholz, 2008).

L'intérêt – Qu'est-ce que c'est ?

De nos jours, le concept de l'intérêt personne-objet (Krapp, 1992) est un des concepts les plus répandus. Dans ce cadre théorique, l'intérêt est compris comme la relation entre une personne et un objet. Pour les sciences, cet « objet » incarne tous les sujets scientifiques qui sont présentés aux élèves en classe ou en dehors de l'école (p. ex. dans les jardins botaniques). Dépendant du résultat d'une interaction entre l'objet et la personne, un intérêt contextuel (« situational interest », Krapp, 1992) peut s'établir qui est lié à cette situation précise.

Le développement de l'intérêt

A partir d'un intérêt contextuel et après de multiples interactions entre l'objet et la personne, un intérêt individuel peut se développer. Il s'agit d'un intérêt solide et durable qui se caractérise entre autres par le désir de la personne d'apprendre d'avantage à propos de l'objet d'intérêt (Krapp, 2002).

L'intérêt individuel ne se laisse pas influencer à court terme (Mitchell, 1993). Par conséquence, l'intérêt contextuel joue un rôle très important pour l'enseignement de la biologie. L'intérêt contextuel incarne deux composants différents qui correspondent à deux étapes du développement de l'intérêt (Hidi et Renninger, 2006). Le premier composant, l'intérêt contextuel déclenché ou *Catch* (Mitchell, 1993), décrit l'attention que la personne ou l'apprenant porte à un tel objet et le fait d'éveiller son intérêt. Le deuxième composant, l'intérêt contextuel maintenu ou *Hold* (Mitchell, 1993), mène à une action plus durable avec l'objet, pendant laquelle la personne commence à accorder de l'importance au contenu.

Pour le premier composant, le *Catch*, se sont surtout les émotions qui l'influencent, p. ex. l'étonnement de voir les mouvements rapides d'une plante carnivore ou bien la beauté d'un arbre en pleine floraison. Le *Hold* est plutôt influencé par les aspects cognitifs. La personne comprend, p. ex. le bénéfice de ces mouvements des plantes carnivores et la nécessité des fleurs pour la reproduction de l'arbre.

Les caractéristiques de l'intérêt

Trois aspects différents caractérisent la relation entre l'objet et la personne : l'aspect affectif, l'aspect cognitif et la valeur que la personne attribue à l'objet (Krapp, 1992; Hidi et Renninger, 2006). L'aspect cognitif permet à la personne d'avoir une compréhension plus approfondie de l'objet d'intérêt et d'acquérir des connaissances différenciées dans ce domaine. L'aspect affectif décrit le fait que la personne apprécie émotionnellement la relation avec cet objet ; elle lie des sentiments et des émotions positifs à cet objet. En ce qui concerne la valeur : c'est une estime et une appréciation subjective que la personne porte à l'objet. Plus une personne est intéressée, plus ces trois aspects sont prononcés pendant l'interaction avec l'objet d'intérêt. Différentes méthodes de recherche (qualitatives et quantitatives) peuvent être utilisées pour étudier ces trois aspects, afin de pouvoir déterminer l'intérêt des étudiants (Scheersoi, 2015).

Les facteurs d'influence situationnelles

Certaines interventions pédagogiques qui portent le potentiel de gérer et maintenir l'intérêt des apprenants ont été identifiées. Différentes recherches ont relevé que l'intégration des activités « Hands-On », la création des perspectives inhabituelles et la production des effets surprenants, ont un effet positif sur le développement de l'intérêt des élèves (Potvin et Hasni, 2015; Scheersoi, 2015; Dohn, 2013). Par ailleurs, l'apprentissage par la démarche d'investigation scientifique (Inquiry-based science education) influe les élèves de manière positive sur le développement de l'intérêt (Gatt

et al., 2014). Cette démarche qui mène les élèves à comprendre le cheminement scientifique de l'acquisition peut être particulièrement bien réalisé en dehors de l'école par la modification des conditions-cadres. Non seulement la rencontre directe avec des objets et phénomènes biologiques y est facilitée mais ce sont aussi des expériences dans et avec la nature qui peuvent porter des effets positifs sur l'intérêt des élèves (Leske et Bögeholz, 2008; Raith et Lude, 2014).

ÉTUDES ACTUELLES

Nos études pilotes (questionnaire avec questions fermées) pointent le fait que des élèves de 10-12 ans (N=189) s'intéressent peu aux arbres, bien que pour la plupart d'entre eux il est important d'avoir des connaissances dans ce domaine botanique. Le faible intérêt pourrait être dû à la forme de leurs précédentes rencontres avec des arbres. Les élèves qualifient les expériences primaires, p.ex. la collection des fruits ou des feuilles, comme significativement plus intéressantes ($P < 0,001$) que les expériences secondaires, p. ex. de voir des films ou des livres qui traitent des arbres.

De ce fait, nous planifions des interventions pédagogiques en dehors de l'école qui s'appuient sur la démarche d'investigation scientifique. Ces interventions ont pour but de donner aux élèves l'occasion d'accumuler des expériences primaires dans la nature afin d'augmenter leur intérêt pour les plantes. Les interventions seront développées et évaluées sur la base de l'approche méthodologique de Scheersoi et Hense (« PIB », 2015). Basé sur le concept de l'intérêt personne-objet, des activités pédagogiques sont créées. Dans un cycle d'application et d'évaluation ces activités sont peu à peu optimisées. En outre, cette approche contribue à la recherche fondamentale en identifiant des facteurs qui éveillent l'intérêt des élèves.

BIBLIOGRAPHIE

- Dohn, N.B. (2013). Upper Secondary Students' Situational Interest : A case study of the role of a zoo visit in a biology class. *International Journal of Science Education*, 35(16), 2732-2751.
- Gatt, S., Scheersoi, A. & Koursis, D. (2014). PriSciNet - An FP7 EU funded project promoting Inquiry-based Learning in Science at Primary Level of Education. In C. Bolte et F. Rauch (Eds.), *Enhancing Inquiry-based Science Education and Teachers' continuous professional development in Europe: Insights and Reflections on the PROFILES project and other projects funded by the European Commission* (p. 296–304). Berlin/Klagenfurt.

- Hidi, S. & Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41, 111-127.
- Holstermann, N. & Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 71–86.
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen, Leistung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 38(5), 747-770.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 12, 383-409.
- Leske, E. & Bögeholz, S. (2008). Biologische Vielfalt regional und weltweit erhalten – Zur Bedeutung von Naturerfahrung, Interesse an der Natur, Bewusstsein über die Gefährdung und Verantwortung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 185-200.
- Lindemann-Matthies, P. (2005). « Loveable » mammals and « lifeless » plants: how children's interest in common local organisms can be enhanced through observation of nature. *International journal of science education*, 27(6), 655–677.
- Mitchell, M. (1993). Situational interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. *Journal of Educational Psychology*, 85(3), 424-436.
- Potvin, P. & Hasni, A. (2015). Student's interest in science and technology and its relationships with teaching methods, family context and self-efficacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, 10(3), 337-366.
- Raith, A. & Lude, A. (2014). *Startkapital Natur*. München: Oecom.
- Scheersoi, A. (2015). Catching the visitor's interest. In Tunnicliffe, S.D. & Scheersoi, A. (Eds.), *Natural History Dioramas. History, Construction and Educational Role* (p. 145-160). Dordrecht: Springer.
- Scheersoi, A. & Hense, J. (2015). Kopf und Zahl–Praxisorientierte Interessenforschung in der Biologiedidaktik (PIB). *Biologie in unserer Zeit*, 45(4), 214–216.
- Schiefele, U. (2001). The role of interest in motivation and learning. In J. M. Collins & S. Messick (Eds.), *Intelligence and personality* (p. 163-194). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Wandersee, J. H. & Schussler, E. E. (1999). Preventing plant blindness. *The American Biology Teacher*, 61(2), 82–86.