



HAL
open science

Cycle de la vie des plantes à fleurs - lebenszyklus der blütenpflanzen : étude comparative des conceptions d'élèves en Alsace et au Baden-Württemberg

Jana Quinte

► **To cite this version:**

Jana Quinte. Cycle de la vie des plantes à fleurs - lebenszyklus der blütenpflanzen : étude comparative des conceptions d'élèves en Alsace et au Baden-Württemberg. Education. Université de Strasbourg, 2016. Français. NNT : 2016STRAG013 . tel-01468249

HAL Id: tel-01468249

<https://theses.hal.science/tel-01468249>

Submitted on 15 Feb 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



UNIVERSITE DE STRASBOURG

École doctorale Sciences humaines et sociales
– Perspectives européennes 519

Laboratoire interuniversitaire des sciences de
l'éducation et de la communication

LISEC – EA2310



PÄDAGOGISCHE HOCHSCHULE KARLSRUHE

Fakultät Natur- und Kulturwissenschaften,
Mathematik und Sport

Institut für Biologie und Schulgartenentwicklung

THÈSE en cotutelle

Jana QUINTE

soutenue le **01 Septembre 2016**

pour obtenir le grade de **Docteur** en **Sciences de l'éducation / Biologiedidaktik**

**CYCLE DE VIE DES PLANTES A FLEURS -
LEBENSZYKLUS DER BLÜTENPFLANZEN**
**Étude comparative des conceptions d'élèves
en Alsace et au Baden-Württemberg**

THÈSE codirigée par :

Mme POTEAUX Nicole

Mme LINDEMANN-MATTHIES Petra

Professeure des Universités Émérite, Université de Strasbourg

Professeure des Universités, Pädagogische Hochschule Karlsruhe

RAPPORTEURS :

Mme ORANGE-RAVACHOL Denise

M. BAILLAT Gilles

Professeure des Universités, Université de Lille 3

Professeur des Universités, Université de Reims

AUTRE MEMBRE DU JURY :

Mme SCHEERSOI Annette

Professeure des Universités, Rheinische Friedrich-Wilhelms-
Universität Bonn

**CYCLE DE VIE DES PLANTES A FLEURS -
LEBENSZYKLUS DER BLÜTENPFLANZEN**

Étude comparative des conceptions d'élèves
en Alsace et au Baden-Württemberg

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont à toutes les personnes qui m'ont accompagnée et soutenue pendant ces années de thèse de doctorat. Ainsi qu'aux institutions grâce auxquelles j'ai pu bénéficier de conditions favorables à la réalisation de mes tâches.

Einen besonderen Dank möchte ich meinen "Doktoreltern" aussprechen: Hans-Joachim Lehnert und Petra Lindemann-Matthies der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe. Sie standen mir stets beiseite und unterstützten mich jederzeit. Ich danke Achim für seine persönliche Einbindung und Unterstützung, sein Vertrauen und seine konstruktiven Rückmeldungen. Ohne ihn wäre dieses Thema nicht zum Tragen gekommen. Petra danke ich besonders für ihre Offenheit, ihr Engagement, ihre enorme Hilfe bei der Auswertung der Daten, ihre Sachlichkeit und Prägnanz gerade in Bezug auf das wissenschaftliche Schreiben. Sie hat wesentlich zum Ergebnis und zur Vollendung dieser Arbeit beigetragen.

J'exprime ma profonde gratitude à mes directrices de thèses de l'Université de Strasbourg, Nicole Poteaux et Michèle Kirch, pour leur soutien, leur retour critique et constructif tout au long du travail de recherche. Elles ont particulièrement contribué à l'ouverture du domaine de recherche. Elles m'ont ainsi amenée à élargir mon regard et à dépasser ma posture de praticienne.

Je tiens à remercier les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail : Denise Orange-Ravachol, professeure de l'Université de Lille 3 et Gilles Baillat, professeur de l'Université de Reims, en qualité de rapporteurs et Annette Scheersoï, professeure de l'Université de Bonn, en qualité d'examinatrice.

Je remercie également la Région Alsace, l'École Supérieure de Pédagogie de Karlsruhe, l'Université Franco-Allemande et le Collège Doctoral Européen de l'Université de Strasbourg pour leur soutien financier.

J'exprime également mes remerciements à tous les établissements, enseignants et élèves qui ont participé à cette étude et qui ont manifesté de l'intérêt à l'égard de celle-ci. Ces remerciements s'adressent également aux collègues et doctorants des deux équipes de recherche, celle de Strasbourg et celle de Karlsruhe.

J'adresse mes plus profonds remerciements à Jean-Louis Gendault pour sa relecture minutieuse sur le plan biologique et linguistique, ses remarques et réflexions très pertinentes qui m'ont permis d'avancer dans ce travail d'écriture.

J'adresse également mes plus vifs remerciements à Laurent Schmitt pour la réalisation de toutes les figures concernant le cycle de vie végétal. Sa créativité et ses compétences en infographie ont donné une touche particulière à ce travail.

Je tiens également à remercier Daniel Francou pour la relecture, ses corrections et ses remarques souvent amusantes ainsi que Richard Cabassut pour la relecture des données statistiques et ses remarques concernant la comparaison des cohortes.

Je remercie profondément mon conjoint, Pierre Schmitt, pour sa patience, ses encouragements, son amour et son soutien tant moral que financier. J'exprime ma gratitude envers sa mère, Aline Thielges, pour sa présence et son soutien indispensable.

Last but not least, möchte ich von Herzen meinen Eltern und meinen Kindern, Léa und Maxime, für ihre Liebe, ihre moralische Unterstützung und ihre Präsenz danken. Die Lebensfreude meiner Kinder gab mir die Graft und Lebensenergie um diese Arbeit zu vollenden.

SOMMAIRE

Remerciements	III
Sommaire.....	V
INTRODUCTION GENERALE.....	9
Genèse du sujet et processus de recherche.....	11
Intérêt du cycle de vie végétal	12
Déroulement de la thèse	19
Méthodologie générale	20
Organisation et plan de la thèse	21
PARTIE 1 : PREMIERE APPROCHE DES CONCEPTIONS DES ELEVES.....	25
Chapitre 1 : Approche théorique des conceptions	27
1.1 Les conceptions des apprenants	27
1.2 Les conceptions relatives aux végétaux :.....	36
1.3 Considérations pour l'enquête exploratoire.....	45
Chapitre 2 : Modèles mentaux du cycle de vie végétal	49
2.1 Méthodologie	49
2.2 Résultats et discussion des entretiens de l'enquête exploratoire	61
2.3 Résumé et conclusion de l'enquête exploratoire.....	73
PARTIE 2 : ANALYSES CONTEXTUELLES	79
Introduction de la deuxième partie.....	81
Chapitre 3 :La transposition didactique et l'éducation comparée	83
3.1 La transposition didactique	83
3.2 L'éducation comparée	91
Introduction aux références en sciences naturelles et dans le champ socio-culturel	97
Chapitre 4 : Analyse historico-épistémologique du cycle de vie des plantes à fleurs	99
4.1 L'ancienne Egypte et la Mésopotamie	99
4.2 Les philosophes grecs de l'époque antique – premiers éléments de l'étude des plantes.....	100
4.3 L'époque romaine.....	103
4.4 Le Moyen-Âge – caractère utilitaire des plantes	103
4.5 La Renaissance – formation des fruits et des graines comme caractéristique de l'espèce	104
4.6 Découverte de la sexualité des plantes.....	105

4.7 Les mécanismes de la pollinisation et la morphologie des fleurs	107
4.8 La biologie moderne – découverte de la fécondation	109
4.9 Le cycle de vie des plantes à fleurs vu par les botanistes actuels	111
4.10 Discussion et conclusion de l'analyse historico-épistémologique.....	116
Chapitre 5 : Contexte socio-culturel	121
5.1 Approche sociétale de l'évolution des découvertes scientifiques	122
5.2 L'écologie – lien entre la science et la société	132
5.3 Particularités des notions relatives au cycle de vie végétal en langue française et allemande.....	140
5.4 Discussion et conclusion de l'analyse socio-culturelle	143
Chapitre 6 : Comparaison des systèmes scolaires en France et au <i>Baden- Württemberg</i>	147
6.1 Organisation des établissements scolaires	147
6.2 L'enseignement scientifique.....	158
6.3 L'éducation à l'environnement et au développement durable.....	170
6.4 Résumé du chapitre 6.....	181
Introduction aux “<i>curricula</i> à enseigner” : analyses des programmes et manuels scolaires	183
Chapitre 7 : Analyse des programmes scolaires.....	185
7.1 Méthodologie de l'analyse des programmes scolaires	185
7.2 Images de la nature, des végétaux et de la place de l'être humain dans les programmes scolaires	190
7.3 Le cycle de vie végétal dans l'enseignement scientifique	195
7.4 Résumé et conclusion de la comparaison des programmes scolaires	216
Chapitre 8 : Le développement et la reproduction sexuée dans les manuels scolaires.....	219
8.1 Les manuels scolaires en France et au <i>Baden-Württemberg</i>	220
8.2 Aspects théoriques pour l'analyse des manuels scolaires.....	226
8.3 Méthodologie	228
8.4 Organisation générale des manuels scolaires en France et au <i>Baden- Württemberg</i>	235
8.5 Ordre thématique des processus relatifs au cycle de vie végétal	238
8.6 Représentation des processus et des concepts-clés relatifs au cycle de vie végétal.....	243
8.7 Résultats de l'analyse sémantique.....	260
8.8 Conclusion de l'analyse des manuels	270
Discussion et conclusion des “<i>curricula</i> à enseigner”	273
PARTIE 3 ENQUETE PRINCIPALE	277
Introduction de l'enquête principale.....	279
Chapitre 9 : Cadre méthodologique de l'enquête principale	283

9.1	Choix de la cohorte.....	283
9.2	Validation des questionnaires	286
Chapitre 10	: Pratiques et conceptions des enseignants	289
10.1	Méthodologie.....	289
10.2	Résultats et discussion.....	290
10.3	Conclusion	297
Chapitre 11	: Les conceptions des élèves	299
11.1	Méthodologie.....	302
11.2	Résultats	313
11.3	Discussion et conclusion	352
Chapitre 12	: Les modèles mentaux élaborés à partir des conceptions des	
élèves	359
12.1	Méthodologie.....	359
12.2	Résultats	364
12.3	Discussion et conclusion	377
CONCLUSION GENERALE	383
	Méthodologie de l'étude	385
	Mise en lien des différents niveaux de la transposition didactique	386
	Modélisation du cycle de vie.....	389
	Perspectives de recherche	391
	Intérêts scientifiques de la thèse.....	392
	Quelques mots personnels pour finir	393
Deutsche Zusammenfassung der einzelnen Kapitel	395
Bibliographie	419
Table des matières	435
Liste des sigles	441
Liste des figures	443
Liste des tableaux	447
Annexes papier	451

INTRODUCTION GENERALE

Pourquoi s'intéresser aux conceptions qu'ont les élèves, en Alsace et au *Baden-Württemberg*, du cycle de vie des plantes à fleurs ? L'introduction générale a pour objet de répondre à cette question et d'expliquer l'intérêt de cette thématique du cycle de vie végétal notamment dans un contexte éducatif. C'est toutefois la genèse du sujet qui ouvrira cette introduction.

GENESE DU SUJET ET PROCESSUS DE RECHERCHE

C'est avec l'équipe de recherche de l'Ecole Supérieure de Pédagogie de Karlsruhe qu'est né ce sujet de recherche. Lors d'une réunion d'équipe, une collègue, travaillant sur l'impact du jardinage scolaire sur la perception qu'ont les jeunes élèves de la biodiversité végétale (Benkowitz, 2014), a fait part de son étonnement concernant le manque de connaissances des élèves, mais également des étudiants, sur le développement des plantes à fleurs et notamment sur leur cycle de vie. Elle disait que peu d'élèves voire d'étudiants du *Baden-Württemberg* connaissent l'origine des graines ou savent décrire correctement le développement d'une plante à fleurs. A cette période, j'étais enseignante en classe de CE2 et CM2 en Alsace. Les résultats présentés par ma collègue m'interrogeaient beaucoup et j'étais persuadée que "mes" élèves en étaient capables. J'ai ainsi décidé de "tester" mes élèves avec le même dispositif qui était utilisé par l'équipe allemande (l'outil utilisé sera développé au chapitre 2). En effet, près de la moitié des élèves placèrent correctement les différents stades de développement de la plante. Je demandais également aux élèves d'expliquer leur placement. Leurs réponses m'ont davantage interrogée. Le présent sujet de recherche part ainsi du questionnement suivant : d'une part, y a-t-il effectivement une différence entre les élèves français et allemands quant à leur conception du cycle de vie des plantes à fleurs ? Si oui, d'où vient cette différence ? Et d'autre part quels sont les autres placements expliqués par les élèves ? Ces "autres placements" sont-ils identiques en France et en Allemagne ? Qu'est-ce qui influence la construction de ces conceptions ? De par mon parcours personnel et professionnel, j'ai été amenée à vivre et à travailler dans les deux régions que sont l'Alsace et le *Baden-Württemberg*. J'ai été confrontée aux deux systèmes scolaires tout au long de ma formation qui a abouti au certificat d'aptitude au professorat de l'école (en France) et au deuxième diplôme d'État au *Baden-Württemberg*, me permettant d'enseigner des deux côtés du Rhin. Ainsi le terrain d'enquête m'est familier. Ceci explique également mon choix d'effectuer cette thèse en cotutelle. Les difficultés que j'ai rencontrées au début de ma thèse, étaient de faire abstraction de tout jugement. Mon objectivité en tant que chercheuse dans cette étude peut être mise en cause puisque mes recherches portent sur des régions et des cultures scolaires qui me sont familières. Je m'efforce cependant de

n'émettre aucun jugement et de ne pas céder aux stéréotypes et à mes propres conceptions notamment sur les systèmes scolaires et l'enseignement. Je reste vigilante quant à la formulation de postulats. Mon implication dans le domaine de recherche me facilite cependant une certaine compréhension contextuelle. Elle me permet d'émettre plus facilement des hypothèses quant aux facteurs d'influence possibles et de guider ma recherche. Je reste néanmoins ouverte, attentive et à l'écoute des élèves.

J'ai fait le choix de faire une thèse en cotutelle non seulement parce que le questionnement de la recherche ainsi que son terrain d'enquête transfrontalier s'y prêtait, mais également pour poursuivre mon parcours professionnel et personnel biculturel. Cette cotutelle m'aura permis de baigner dans les deux cultures de recherche qui se différencient à plusieurs niveaux : une approche plus pragmatique, plus ciblée du point de vue contenu à Karlsruhe et plus théorique, plus ouverte à Strasbourg. Cette différence est sans doute due à la nature des facultés : institut de biologie à Karlsruhe et sciences de l'éducation à Strasbourg.

INTERET DU CYCLE DE VIE VEGETAL

Dès le début de ce travail de recherche, je me suis posée la question de l'intérêt d'aborder le cycle de vie dans les établissements scolaires. Je vais détailler par la suite trois éléments importants permettant de défendre ce sujet : premièrement, l'ancrage sociétal et l'importance de la compréhension du cycle de vie dans le cadre du développement durable, deuxièmement l'ancrage scolaire avec l'acquisition d'une culture en sciences naturelles et troisièmement, l'ancrage didactique notamment concernant l'intérêt des jeunes pour les plantes et leurs conceptions.

Ancrage sociétal du sujet

Le cycle de vie est étroitement lié aux problèmes environnementaux, défini par une modification de l'environnement naturel, plus précisément des systèmes écologiques, induite entre autres par l'activité humaine et qui apparaît aux humains comme indésirable ou menaçant (Kaufmann-Hayoz et Di Giulio, 1996). Le concept du cycle de vie a tout son intérêt au sein de l'éducation au développement durable. Comme le précise la Stratégie de la CEE pour l'éducation en vue du développement durable¹, expliquer les problèmes d'environnement « *par le biais du cycle de vie* », peut aider à mieux les comprendre. Aborder les problèmes

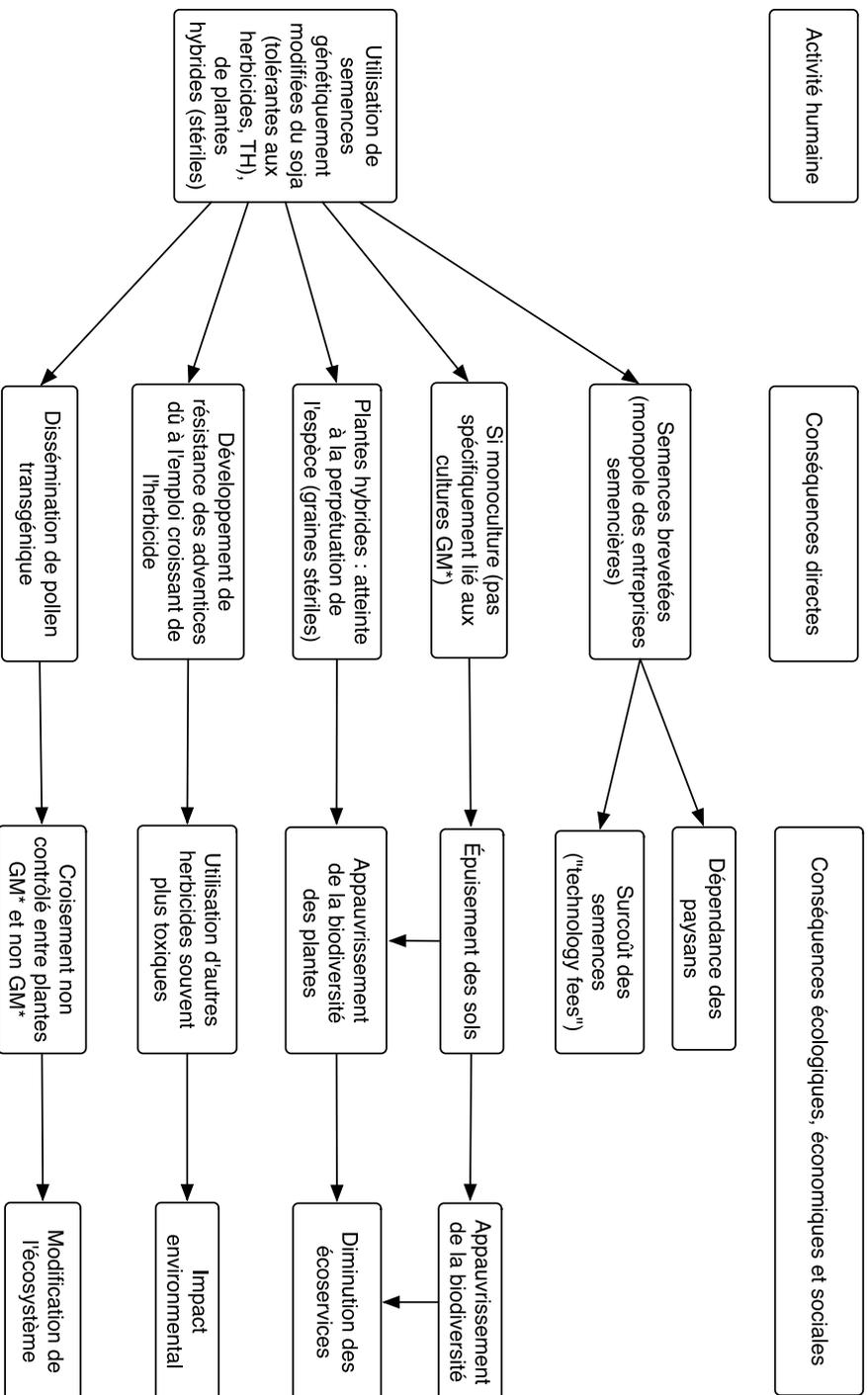
¹ Source : <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2005/cep/ac.13/cep.ac.13.2005.3.rev.1.f.pdf> (consulté le 26.06.2016)

environnementaux nécessite cependant une approche multi-perspectiviste et complexe, car « *l'environnement est une réalité systémique*² ». Mais quel est le lien entre ces problèmes et le cycle de vie végétal ? En quoi la compréhension du cycle de vie (en terme de connaissances et de raisonnement) peut-elle permettre la compréhension des problèmes d'environnement et par ce biais certains enjeux du développement durable ? Je vais tenter de répondre à ces questions dans les paragraphes suivants.

Le cycle de vie des végétaux peut être interrompu à différents moments suite à l'activité humaine pouvant engendrer un ou plusieurs problèmes environnementaux. Les Figure 1 et Figure 2 illustrent ces connexions dans les domaines de l'agriculture et de l'industrie. Je précise cependant, qu'il ne s'agit là que d'exemples et que ces schémas ne sont pas complets. Il y a de nombreuses autres connexions qui peuvent y être rajoutées. Ma priorité est d'axer les schémas autour des conséquences que peuvent avoir certaines activités humaines au sein des volets du développement durable et de faire le lien entre les problèmes d'environnement, le cycle de vie ainsi que le développement durable.

La Figure 1 expose quelques conséquences pouvant se produire avec l'utilisation de semences génétiquement modifiées (à l'exemple du soja TH, tolérant aux herbicides) ou de semences se développant en plantes stériles. Lorsque les semences utilisées ne sont pas aptes à se reproduire sexuellement, il ne s'agit plus d'un cycle de vie mais uniquement du développement d'une plante jusqu'à sa mort. De ce fait, ces semences ne contribuent pas à la perpétuation de l'espèce. Ce cas illustre une des raisons d'être des banques de semences conservant la diversité génétique des graines et par là des plantes. Donnons un exemple de plante stérile utilisée mondialement : la banane cultivée. Etant donné que les bananes que nous trouvons dans nos commerces ne contiennent pas de graines, elles ne sont pas en mesure d'assurer la perpétuation de leur espèce par reproduction sexuée. En effet, elles se multiplient par leurs rhizomes. Cependant, tous ces bananiers issus de la multiplication et contenant le même patrimoine génétique, sont de ce fait sensibles aux mêmes maladies, notamment les champignons. Cette "faiblesse" peut avoir des conséquences drastiques, comme par exemple la mort de l'espèce. Pour en revenir au cycle de vie, celui-ci sera interrompu après la formation du fruit stérile.

² Source : <http://unesdoc.unesco.org/images/0003/000327/032763fo.pdf> consulté le 26.06.2016)



* GM: génétiquement modifié

Figure 1 : Conséquences de l'utilisation de semences génétiquement modifiées ou de plantes hybrides dans les trois volets du développement durable et sur le cycle de vie végétal³

³ Sources : (Benbrook, 2012; Bonny, 2008; Bundesamt für Naturschutz, 2008; OCDE, 2012)

Les conditions contractuelles des entreprises semencières et la vente exclusive de plantes hybrides ont également pour conséquence l'obligation d'achat des semences chaque année. Les graines cultivées ne peuvent effectivement pas être réutilisées l'année suivante. Les entreprises semencières s'assurent ainsi de la dépendance des agriculteurs (Bundesamt für Naturschutz, 2008). La Figure 1 détaille surtout les inconvénients de ces cultures, permettant d'expliquer le bouleversement écologique. L'utilisation de soja ou de maïs transgénique contribue dans un premier temps à réduire la quantité et la toxicité de l'herbicide utilisé. Néanmoins, diverses études (Benbrook, 2012; Bonny, 2008) montrent que cet avantage des cultures transgéniques est inversé lorsque les agriculteurs sont obligés d'utiliser des herbicides dits "résiduels" suite au développement de résistance des plantes adventices⁴. La Figure 2 illustre les conséquences que peut avoir une utilisation massive de produits phytosanitaires (qu'il s'agisse de cultures conventionnelles ou transgéniques). Cette activité humaine bouleverse non seulement l'environnement naturel, mais a également un impact indirect sur la santé humaine. En effet, l'utilisation massive de pesticides est l'une des principales causes identifiées pour le déclin des pollinisateurs⁵ (notamment les abeilles). Or les pollinisateurs malades ou morts ne peuvent plus rendre de service écosystémique à savoir polliniser les fleurs desquelles sont issus entre autres nos fruits et légumes. Si les fleurs ne sont pas pollinisées, le cycle de vie est interrompu étant donné que les fruits, portant la génération future ne pourront pas se développer. Dans certaines régions de l'Himalaya par exemple, la disparition des abeilles entraîne une pollinisation manuelle des fleurs de pommiers par les agriculteurs. Munis d'un pinceau, ils prélèvent le pollen des étamines et le transfèrent sur les stigmates permettant ainsi la fécondation et le développement du fruit⁶. Dans le monde entier, les insectes pollinisateurs et notamment les abeilles et les bourdons permettent la récolte de cultures fruitières, légumineuses, de fruits à coques et d'autres encore. D'après une étude de 2008, menée par des chercheurs de l'INRA et du CNRS, 35% de la production mondiale de nourriture dépend de la pollinisation des cultures.

⁴ Appelées communément mauvaises herbes.

⁵ Source : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Pollinisateurs_05-02-2013.pdf (consulté le 26.06.2016)

⁶ Shultz, Doug (2007) : Le silence des abeilles. National Geographic : http://www.youtube.com/watch?v=arv_MPpiOEI (consulté le 24.06.2016) et http://cache.media.eduscol.education.fr/file/EEDD/91/3/biodiv_lesdonsdelavie_113913.pdf (consulté le 24.06.2016)

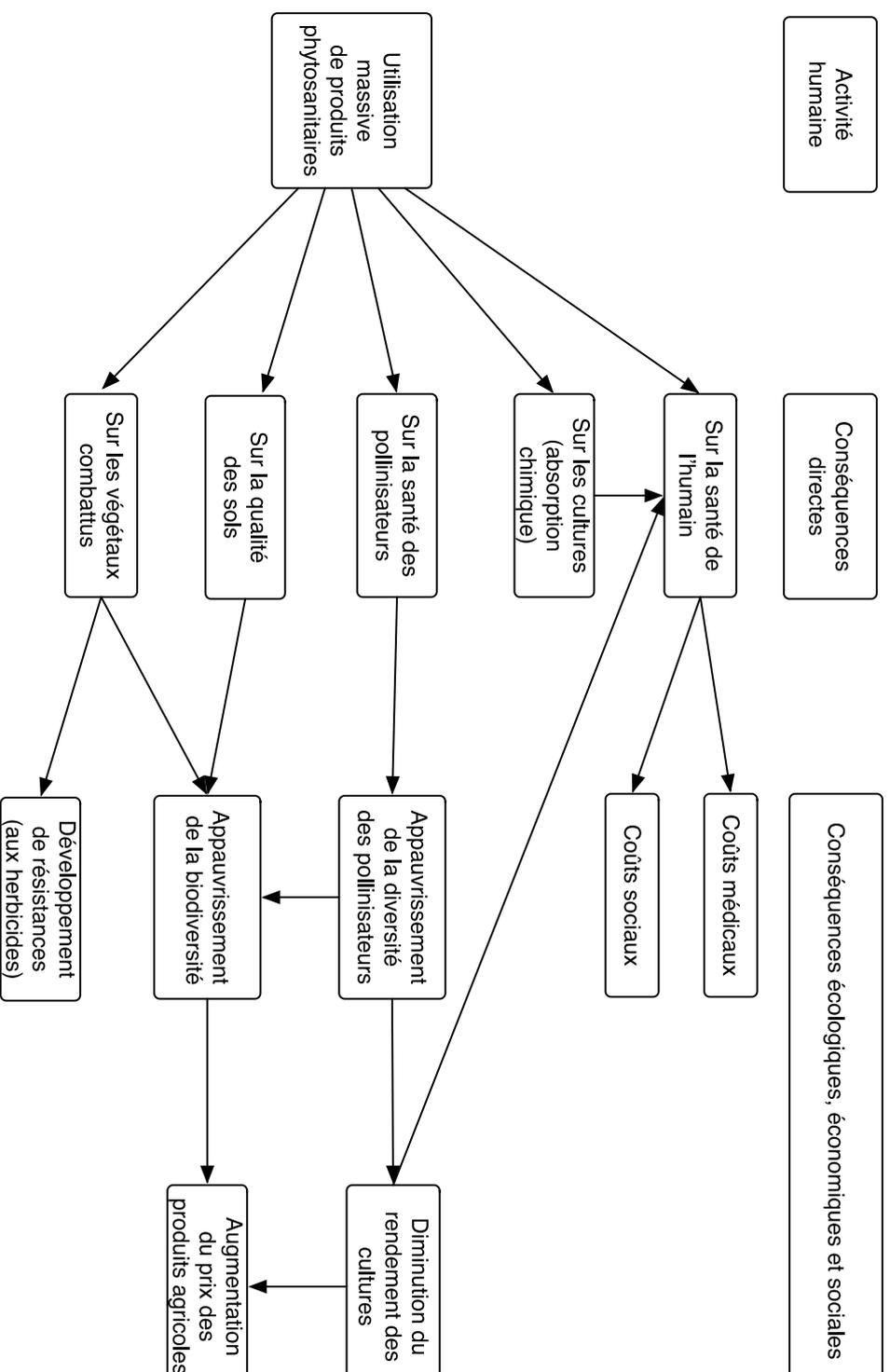


Figure 2 : Conséquences de l'utilisation excessive de pesticides et d'herbicides sur le cycle de vie végétal et dans les trois volets du développement durable⁷

⁷ Sources : (Benbrook, 2012; Bonny, 2008; Bundesamt für Naturschutz, 2008; Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2012)

Ces deux exemples sont issus des débats environnementaux actuels et font référence à l'importance des insectes pollinisateurs et donc de la biodiversité, garantissant des ressources alimentaires ainsi que la perpétuation des espèces végétales par reproduction sexuée (les fruits contenant les graines de la nouvelle génération) et la dissémination des graines fertiles. Ils font ainsi partie des thématiques du développement durable. Des connaissances scientifiques se rapportant au cycle de vie végétal, incluant la reproduction sexuée (et donc la pollinisation, la fécondation, aboutissant à la formation du fruit et des graines) ainsi que la dissémination des graines sont nécessaires pour participer à ces débats. Par ailleurs, ces thématiques sont également liées aux notions même de cycle et de durabilité (dans le sens "développement durable").

Ancrage scolaire et didactique du sujet

L'acquisition d'une culture scientifique par les citoyens et surtout par les jeunes enfants fait partie des enjeux sociétaux et scolaires, non seulement au sein du pays, mais également pour l'Europe de la connaissance et plus encore, au niveau mondial⁸. « *Une meilleure éducation scientifique des enfants et une meilleure culture scientifique de la population peuvent résoudre les "différends à contenu scientifique" mais aussi amplifier et enrichir les débats* » (Musset, 2009, p. 11). Pour l'éducation nationale française, la biodiversité est l'un des quatre pôles de l'éducation à l'environnement pour un développement durable. La biodiversité étant garantie par la reproduction sexuée est donc inscrite dans le cycle de vie. Karr et al. (2002) considèrent le cycle de vie comme l'un des concepts-clés pour le développement d'une pensée écologique. Helldén (2000, p. 47) mentionne dans son étude que « *l'introduction précoce de concepts scientifiques peut aider les élèves à développer une compréhension plus approfondie des processus écologiques*⁹ ». Ainsi les conceptions qu'ont les élèves de la fonction d'une fleur pour la reproduction végétale sont considérées « *comme une base pour un développement conceptuel futur*¹⁰ » (Helldén, 2000, p. 47). Plusieurs études (cf. bibliographie sur les conceptions d'élève rassemblée par Duit, 2009¹¹) évoquent en effet l'importance des conceptions initiales dans la construction des connaissances et des savoirs scientifiques des futurs citoyens. « *Explorer empiriquement et connaître ces conceptions est une condition préalable pour développer des accès*

⁸ <http://www.education.gouv.fr/cid22643/-l-apprentissage-des-sciences-dans-l-europe-de-la-connaissance.html> (consulté le 24.06.2016)

⁹ « An early introduction of some scientific concepts can help students develop deeper understandings of ecological processes » (traduction personnelle)

¹⁰ « As a basis for later conceptual development » (traduction personnelle)

¹¹ <http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/> (consulté le 24.06.2016)

*prometteurs et méthodiques pour une éducation pour un développement durable*¹² » (Forschungsprogramm « *Bildung für nachhaltige Entwicklung* », 2004, p. 12). Pour les enseignants, connaître les conceptions qu'ont les élèves du cycle de vie des plantes à fleurs permet de mieux adapter et structurer leur enseignement.

D'autres études montrent que les élèves s'intéressent davantage aux animaux qu'aux plantes (Wandersee, 1986; Wandersee et Schussler, 1999; Lindemann-Matthies, 2005) ou pointent le manque d'intérêt qu'ont les élèves face aux végétaux (Holstermann et Bögeholz, 2007). D'après l'étude internationale ROSE, les élèves, entre autre d'Allemagne (Elster, 2007) et de France (Kalali, 2010), s'intéressent peu à la croissance et la reproduction des plantes comme contenu d'apprentissage. De manière générale, les contenus botaniques ne sont pas très populaires. Dans l'étude de Wandersee (1986), les élèves interrogés justifiaient leur préférence par des caractéristiques "humaines" : les animaux mangent, se déplacent, communiquent par des sons, donnent la vie, etc. Les plantes, au contraire, ont tendance à être perçues comme « *arrière-plan* » (Schneekloth, 1989, p. 14; Wandersee et Schussler, 1999). D'autant plus que les jouets, les bandes-dessinées et autres livres ou les films focalisent davantage sur les animaux auxquels sont attribuées des caractéristiques humaines. Wandersee et Schussler (1999, p. 82) vont au-delà du zoochauvinisme (Hershey, 1996) et introduisent le terme de « *plant blindness* » décrivant le manque de perception des végétaux dans notre environnement.

Cependant, l'étude du cycle de vie végétal dans le cadre scolaire est non seulement important (voir ci-dessus), mais également intéressant. Malgré les différentes espèces et variétés de plantes à fleurs, le concept du cycle de vie avec ses différents processus (pollinisation, fécondation, formation des fruits et des graines, dissémination) reste commun à toutes. Dans le cadre scolaire, il est non seulement possible d'observer les différents stades de développement des plantes à fleurs, mais également d'étudier leur cycle de vie, c'est-à-dire récolter et semer les graines ou simplement observer la dissémination "naturelle" puis le développement de la nouvelle génération. Ceci est, pour des raisons d'espace et de temps, moins praticable avec les animaux, hormis, par exemple, avec les chenilles ou les escargots. Il est possible d'observer ce cycle de vie avec des plantes diverses sans nécessairement avoir besoin de plus d'espace ou de temps que ce soit dans le cadre d'un jardin scolaire ou des plantations dans des pots. Etudier des êtres vivants "réels" permet non seulement de motiver les élèves, mais également d'observer les similitudes (à savoir le cycle de vie en soi) et les différences (fleur simple ou inflorescence par exemple).

¹² « Diese Theorien empirisch zu erforschen und sie zu kennen, ist eine Voraussetzung, um erfolgversprechende methodische Zugänge für Bildung für eine nachhaltige Entwicklung zu entwickeln, zu erproben und zu implementieren » (traduction personnelle)

La reproduction des végétaux fait partie de nombreux *curricula*. Outre ces connaissances (de base), une compréhension cyclique voire systémique est indispensable pour aborder certains concepts écologiques (telle la modification de l'équilibre naturel par la déperdition de la biodiversité). La notion de cycle de vie est présente dans les programmes scolaires ainsi que dans les manuels scolaires français à l'inverse de ceux du *Baden-Württemberg*. Les contenus se rapportant au cycle de vie y sont peu développés et la notion même de cycle de vie y est absente. Dans le cadre de cette étude, je chercherai ainsi à relever les conceptions qu'ont les élèves d'Alsace et ceux du *Baden-Württemberg*, de même âge, baignant dans une culture différente concernant le cycle de vie végétal. Quels sont les obstacles conceptuels auxquels se heurtent ces élèves ? Quels sont les points de ruptures par lesquels les conceptions des élèves diffèrent de la conception des botanistes actuels ? Je recherche des facteurs d'influence possibles agissant sur la construction des connaissances biologiques du cycle de vie des plantes à fleurs, dans un souci d'apporter des éléments permettant d'améliorer l'apprentissage et l'enseignement dans "l'Europe de la connaissance".

DEROULEMENT DE LA THESE

Tout au long de ce travail de recherche, j'ai effectué de nombreux aller-retour entre la théorie et la pratique, entre le terrain et les lectures, entre les différentes analyses. La revue de littérature concernant mon sujet de recherche étant assez maigre, je n'ai pas formulé d'hypothèses au départ, seulement un questionnement. Il s'agissait dans un premier temps de voir ce qui se passe sur le terrain, plus précisément de découvrir les conceptions véhiculées par les élèves en Alsace et au *Baden-Württemberg* concernant le cycle de vie des plantes à fleurs. Je me suis donc mise dans une approche avant tout exploratoire et compréhensive. La complexité de l'objet de recherche a impliqué un travail qualitatif et quantitatif. C'est ainsi, qu'en fin de première année de thèse, j'ai effectué mon enquête exploratoire. Par le biais d'entretiens semi-directifs appuyés par des matériaux, j'ai relevé les conceptions de 46 élèves issus de 15 classes dans trois établissements (une école élémentaire, un collège, une *Realschule*) à trois niveaux d'enseignement (CM2, 6^e et 4^e). Ces entretiens étaient appuyés par des questionnaires adressés à l'ensemble des élèves des classes étudiées (n=365). Les entretiens de l'enquête exploratoire m'ont permis de relever les modèles mentaux qu'ont les élèves du cycle de vie des végétaux. Ces résultats ont donné lieu à une publication et sont le socle de ce travail de recherche. C'est à partir de ces entretiens que j'ai pu préciser mon questionnement de recherche. Les lectures et analyses plus approfondies des programmes et des manuels scolaires ont pu être effectuées par la suite. En tout 55 manuels français et allemands du primaire et du collège ont été analysés. Toutes ces étapes m'ont permis de

choisir le cadre théorique de la transposition didactique, de générer les questions pertinentes pour mon enquête principale et de formuler des hypothèses. A cet effet, j'ai interrogé par questionnaire près de 1040 élèves de 18 établissements d'Alsace et du *Baden-Württemberg* sur leurs conceptions du cycle de vie des plantes à fleurs. A tous les niveaux de la transposition didactique, des obstacles d'origine épistémologique, historique, culturel et didactique ont été recherchés. Ils sont la base des propositions didactiques formulées à la fin de l'ouvrage.

METHODOLOGIE GENERALE

L'enquête exploratoire, par entretiens et questionnaires, a pour objet de faire un état des lieux des différentes conceptions qu'ont les élèves du cycle de vie des plantes à fleurs en Alsace et au *Baden-Württemberg*. Elle s'appuie sur la revue de littérature qui a été faite en amont. L'enquête principale par questionnaires me permet d'élargir l'échantillonnage afin d'avoir une meilleure représentation des conceptions véhiculées en Alsace et au *Baden-Württemberg*, en zone rurale et urbaine. J'ai, par ce biais, utilisé à la fois une méthodologie qualitative et quantitative, avec des types de données différents, autant pour le recueil de données que pour leur analyse (Kelle et Erzberger, 2007). L'intégration et la combinaison des approches qualitatives et quantitatives se sont effectuées au niveau de la structure de l'étude. A cet effet, deux modèles sont combinés : 1) le modèle de l'étude exploratoire et 2) celui de la triangulation (Mayring, 2001).

- 1) Le modèle exploratoire part d'une étude qualitative qui permet de générer des hypothèses testées lors d'une étude quantitative. Les résultats finaux découlent de cette dernière.
- 2) Le modèle de la triangulation utilise une approche multi-niveaux, avec une étude qualitative et une étude quantitative sur le même sujet pour en déduire les résultats. Dans notre cas, la triangulation est entendue comme un « *complément de perspectives qui permet une saisie, une description et une explication plus complète du domaine étudié*¹³ » (Kelle et Erzberger, 2007, p. 304).

La présente étude combine ces deux modèles puisqu'il est question 1) d'une étude exploratoire suivie d'une étude principale avec formulation et vérification d'hypothèses et 2) qu'une triangulation a lieu puisque les résultats de l'enquête principale sont éclairés et complétés par une analyse documentaire qualitative (des programmes et manuels scolaires). En effet, cette étude utilise également des données issues de textes. « *Tout système éducatif*

¹³ « Triangulation als Ergänzung von Perspektiven, die eine umfassendere Erfassung, Beschreibung und Erklärung eines Gegenstandsbereichs ermöglichen » (traduction personnelle)

s'accompagne de textes officiels (les Instructions officielles), de textes plus ou moins officieux (décrets d'application, articles divers se rapportant à l'éducation d'une époque, manuels scolaires, travaux d'élèves, articles de journaux, discussions parlementaires ou journalistiques...) » (Mialaret, 2004). Comme décrit dans le cadre théorique de la transposition didactique, je tiendrais compte du contexte notamment scolaire des élèves pour discuter les résultats des enquêtes de terrain. Les documents relatifs aux programmes et manuels scolaires seront ainsi considérés et analysés. La Figure 3 visualise les différentes imbrications des méthodologies utilisées.

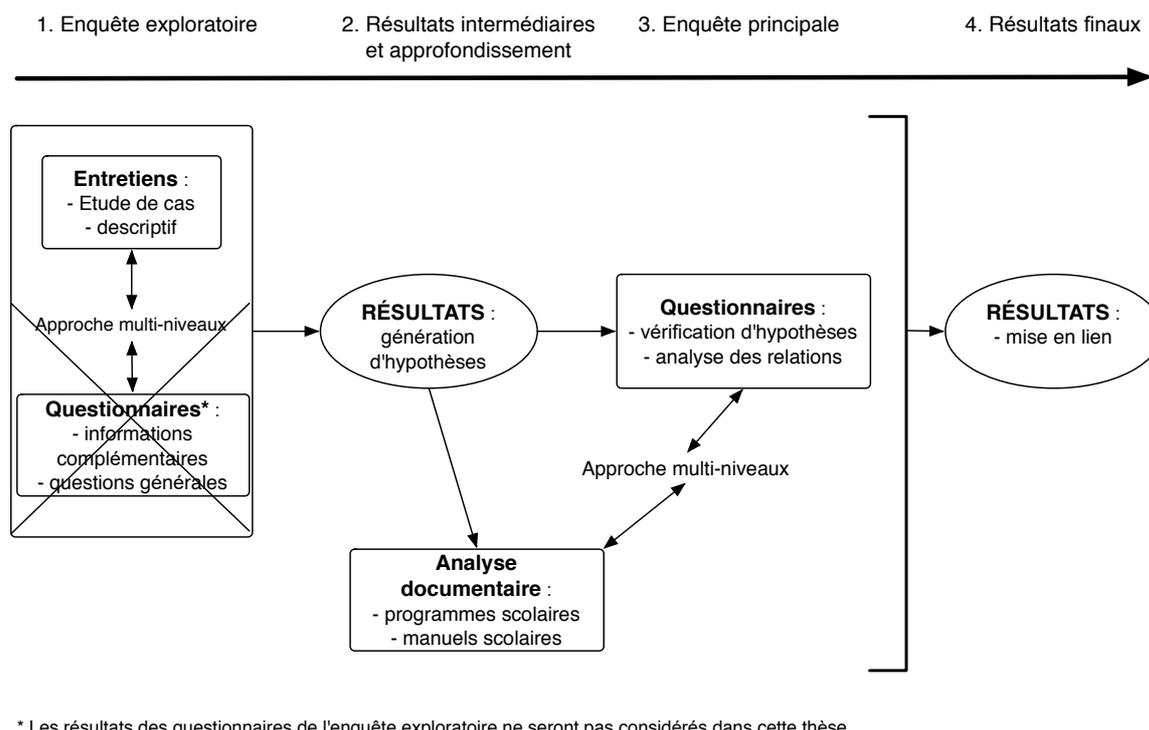


Figure 3 : Combinaison des méthodologies tout au long du processus de la présente thèse

ORGANISATION ET PLAN DE LA THESE

Le manuscrit est composé de trois parties. La première définit les conceptions des apprenants, présente la revue de littérature sur le sujet et expose l'enquête exploratoire. Cet ensemble permet de dégager la problématisation du sujet de recherche et justifie par ce biais les deux autres parties. La seconde partie s'appuie sur la transposition didactique ainsi que sur l'éducation comparée. Elle décrit le contexte épistémologique, historique et socioculturel et s'articule autour de deux sous-parties : la première fait référence à l'histoire des sciences naturelles et explicite les aspects socio-culturels, la deuxième juxtapose les "savoirs à enseigner", notamment à travers les programmes et manuels scolaires. La troisième partie présente les résultats de l'enquête principale et fait le lien avec toutes les analyses

précédentes ; les résultats obtenus y sont discutés et des propositions didactiques sont, si possible, formulées. La déclinaison par chapitre est détaillée ci-dessous.

PARTIE 1 : Première approche des conceptions des élèves

Le **chapitre 1** définit les conceptions et présente, dans le cadre de la revue de littérature, celles relatives aux végétaux.

Au **chapitre 2**, les résultats de l'enquête exploratoire sont exposés : présentation des modèles mentaux et des points de rupture par rapport au modèle botanique. La problématique est formulée à l'issue de ce chapitre.

PARTIE 2 : Analyses contextuelles

Le **chapitre 3** décrit le cadre théorique de la transposition didactique et précise les apports de l'éducation comparée.

Références en sciences naturelles et dans le champ socio-culturel

Le **chapitre 4** présente l'analyse historico-épistémologique concernant le concept de reproduction sexuée et du cycle de vie.

Le **chapitre 5** illustre les rapports de l'humain à la nature au cours des siècles, décrit brièvement le développement de la politique environnementale avec l'émergence de la conscience écologique en France et en Allemagne et analyse les particularités linguistiques concernant les notions relatives au cycle de vie végétal.

Le **chapitre 6** décrit et confronte les systèmes scolaires d'Alsace et du *Baden-Württemberg*, l'enseignement et la didactique des sciences naturelles, ainsi que l'éducation au développement durable.

Les « *curricula* à enseigner » : analyses des programmes et manuels scolaires

Les chapitres 7 et 8 sont consacrés aux représentations des concepts de cycle de vie et de la reproduction sexuée des plantes à fleurs dans les programmes et manuels scolaires.

Ainsi le **chapitre 7** présente l'analyse des programmes scolaires de France et du *Baden-Württemberg* ; le **chapitre 8**, celle des manuels scolaires des sciences naturelles.

PARTIE 3 : Enquête principale

Les chapitres 9, 10, 11 et 12 présentent la méthodologie et les résultats de l'enquête principale. Ces derniers sont mis en perspective avec les résultats de l'analyse contextuelle.

Le **chapitre 9**, décrit le cadre de cette enquête ; le **chapitre 10** expose les résultats de l'enquête auprès des enseignants ; le **chapitre 11** ceux de l'enquête auprès des élèves ; au **chapitre 12**, les différents modèles mentaux sont présentés et leur fréquence dans les deux régions étudiées.

CONCLUSION GÉNÉRALE

PARTIE 1 :
PREMIERE APPROCHE DES CONCEPTIONS
DES ELEVES

Chapitre 1 : Approche théorique des conceptions

La présente étude s'inscrit dans les travaux de recherche internationaux sur l'apprentissage des sciences de la nature, plus précisément sur les relations entre les conceptions "quotidiennes" et le savoir scientifique. Des travaux de recherche récents en didactique des sciences et en psychologie s'intéressent aux conceptions qu'ont les apprenants du monde (matériel ou vivant) ainsi qu'aux conditions qui permettent de développer des savoirs scientifiques. Dans une perspective d'éducation comparée, se pose également la question de l'ancrage culturel de telles conceptions : ces conceptions sont-elles les mêmes aux mêmes âges dans des cultures différentes ? La didactique des sciences vise entre autres à « *améliorer les conditions d'apprentissage pour les élèves* » en étudiant les « *difficultés d'appropriation qui sont intrinsèques aux savoirs* » (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel et Toussaint, 2008). Les "conceptions alternatives ou quotidiennes" lui sont propres. Je définirai les conceptions des apprenants dans un premier temps de manière générale (Clément, Gropengießer, Giordan) dans une approche constructiviste et dans un deuxième temps j'aborderai celles relatives aux végétaux.

1.1 Les conceptions des apprenants

Les théories sur lesquelles je me base pour définir les conceptions des apprenants sont ancrées dans une approche constructiviste de l'apprentissage. Cette approche sera d'abord décrite.

1.1.1 Approche constructiviste de l'apprentissage

De manière simpliste on pourrait définir le constructivisme par le fait que les connaissances ne sont pas transmises, du maître à l'élève telle une information, mais que celles-ci sont construites par l'apprenant. L'individu construit sa compréhension de son environnement et de sa réalité à partir de ses expériences faites dans le monde qui l'entoure (D. Krüger, 2007). Selon le courant dit constructiviste, l'apprentissage est perçu comme un processus constructif dans lequel l'apprenant joue un rôle actif (Riemeier, 2007). C'est l'individu avec son système cognitif et émotionnel qui dirige ce processus (Pellaud, Eastes et Giordan, 2005; Riemeier, 2007). Celui-ci construit le sens de ce qu'il apprend à partir de ses conceptions antérieures. Vosniadou et Brewer (1994) partent du principe qu'un humain dans

son plus jeune âge construit des conceptions élémentaires¹⁴ ontologiques (par exemple un objet physique est stable, solide, ...) et épistémologiques (concernant le caractère général des explications telles que les explications causales par exemple). Ces conceptions élémentaires sont, la plupart du temps, inconscientes et ne peuvent être abandonnées que difficilement. Elles influencent cependant l'interprétation d'autres observations, expériences et informations. Les conceptions dans le processus d'apprentissage ne sont pas simplement assimilées ou accumulées ; une nouvelle information est interprétée, déformée, modélisée et reformulée (Pellaud *et al.*, 2005) sur la base des conceptions élémentaires. En ce sens l'apprentissage est un processus autodéterminé puisqu'il peut être stimulé ou déclenché par une situation (par exemple une situation d'enseignement et d'apprentissage), mais ne peut être ni contrôlé ni piloté par l'extérieur. L'apprentissage est également social et situé. L'échange d'idées, les conflits, etc. émanent d'une interaction sociale et la construction des connaissances est liée aux expériences sociales ainsi qu'aux contenus de la situation d'apprentissage (Riemeier, 2007). Les conceptions sont issues de la *Lebenswelt*¹⁵ de l'apprenant (voir ci-dessous), construites à partir du monde dans lequel celui-ci vit. Cependant, elles ne correspondent pas toujours aux conceptions scientifiques et sont difficilement modulables.

Vosniadou et Brewer (d'après D. Krüger, 2007) distinguent par ailleurs les théories¹⁶ générales des théories spécifiques. Les théories générales sont construites à partir des conceptions élémentaires alors que les théories spécifiques reposent sur des contenus techniques concrets et sont codéterminées par les conceptions élémentaires. Cette différenciation a son importance lorsque l'on s'intéresse au changement conceptuel, puisque la transformation des théories spécifiques peut être "empêchée" par la théorie générale correspondante. Dans cette recherche, je m'intéresse essentiellement aux théories, plus précisément aux modèles mentaux spécifiques momentanés ; la transformation des conceptions ne sera pas étudiée. Il me paraît intéressant de décrire brièvement la théorie du changement conceptuel pour comprendre l'existence des différents degrés de conception, allant des quotidiennes aux conceptions scientifiques.

¹⁴ Vosniadou et Brewer utilisent le terme de « presuppositions ». Dans un souci de cohérence, j'ai choisi d'utiliser le terme de conception. Celui-ci sera défini un peu plus loin.

¹⁵ « Lebenswelt » : « monde vécu » (traduction personnelle)

¹⁶ Une théorie est le niveau le plus élaboré d'une conception (voir sous-chapitre suivant)

1.1.2 La théorie du changement conceptuel

Cette théorie ne sera pas prise dans son sens “radical” d’une mutation de conceptions “erronées” vers des conceptions “justes”, mais plutôt d’une reconstruction (par l’individu) des conceptions “quotidiennes” telle que Krüger (2007) la définit (Figure 4).

Krüger prend en compte des variables externes et internes. Au niveau externe, l’individu baigne dans un contexte culturel. Par le processus de l’enculturation, l’individu acquiert des connaissances et des traditions au sein d’une communauté et agit en fonction de celles-ci. L’apprenant est par ailleurs dans un contexte d’enseignement et d’apprentissage. Il s’agit ainsi de prendre en compte ce contexte, la contextualisation des propositions d’apprentissage ainsi que le climat de la classe. Au niveau interne, un changement conceptuel ne peut avoir lieu que si l’individu est confronté à une insatisfaction, par exemple lors d’un conflit cognitif. Si la conception initiale est en accord avec le problème ou la nouvelle information, il n’y a pas de changement vers une conception plus opératoire et donc pas d’apprentissage (Pellaud *et al.*, 2005). Cependant dans une situation d’insatisfaction, une transformation ou reconstruction de la conception initiale est possible, mais pas nécessairement effectuée. Comme évoqué ci-dessus, l’apprentissage est lié aux systèmes cognitifs et affectifs de l’individu. Ainsi, pour apprendre, l’individu doit avoir une motivation intrinsèque ou extrinsèque et un intérêt pour l’objet d’apprentissage. Sa position face à ses propres stratégies d’apprentissage joue également un rôle. Krüger nomme ces aspects le filtre émotionnel qui représente le premier stade de passage dans l’apprentissage. Vient ensuite le filtre cognitif puisque l’individu a ses conceptions élémentaires qui influencent l’interprétation des nouvelles informations. Lors de l’apprentissage, les conceptions initiales sont maintenues. Si un changement conceptuel a lieu, la nouvelle conception contient des éléments de la conception initiale ainsi que de la conception faite à partir de l’objet d’apprentissage passé par les filtres émotionnel et cognitif. Avant que cette nouvelle conception ne soit intégrée, elle doit être compréhensible, plausible et féconde. Elle doit ainsi pouvoir être approfondie rationnellement, donner l’impression de résoudre des problèmes que la conception initiale ne résolvait pas et elle doit être applicable à d’autres situations et extensible (D. Krüger, 2007). Je vais par la suite définir les conceptions des apprenants.

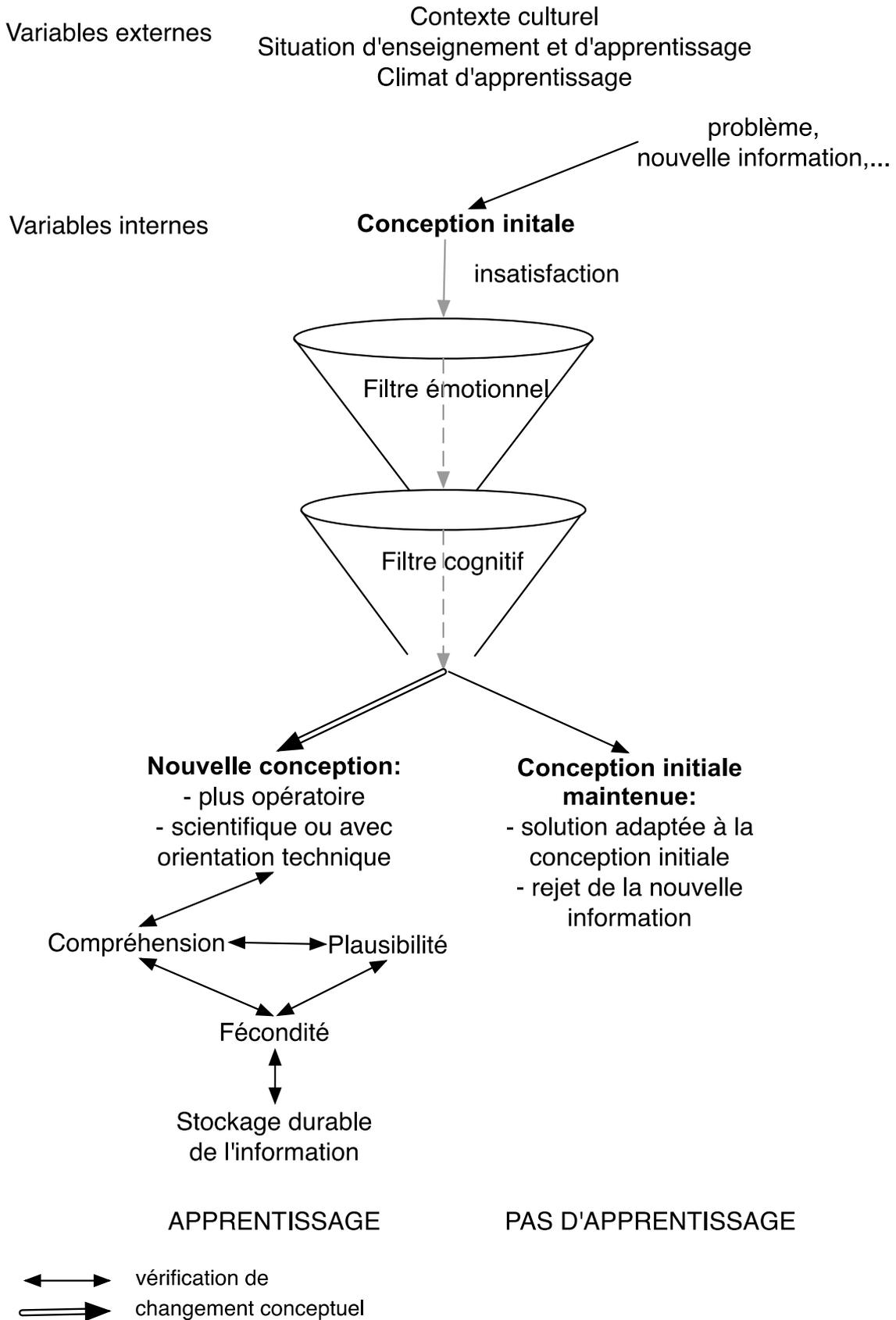


Figure 4 : Les composantes de la théorie du changement conceptuel (inspiré par Pellaud *et al.*, 2005; D. Krüger, 2007)

1.1.3 Les conceptions en didactique des sciences

J'utiliserai le terme de "conceptions" pour évoquer les modèles et images mentales qu'ont les individus plutôt que celui de "représentations". Ce dernier peut prêter à confusion puisque qu'il peut également être utilisé pour désigner une illustration graphique ou textuelle (la représentation du cycle de vie dans les manuels par exemple) et bien d'autres éléments. Le terme de "conception" est à la fois utilisé dans la littérature française (notamment par André Giordan et Pierre Clément) et allemande (notamment par Dirk Krüger). Ce travail s'appuyant sur ces différentes théories, il me paraît ainsi judicieux d'utiliser la même terminologie.

Les quatre caractéristiques énoncées par Duit (dans Gropengießer, 2008, p. 12) résument les éléments qui viennent d'être décrits :

« 1. Les conceptions des apprenants sont construites activement sur la base des conceptions existantes ;

2. Nos conceptions concernant des événements et des processus dans le monde ou concernant les pensées d'autres personnes ont un caractère provisoire et hypothétique ;

3. Les conceptions construites doivent être viables, c'est-à-dire qu'elles doivent se montrer utiles à ceux qui les pensent ;

4. Bien que chaque individu doive se construire ses propres conceptions, cela se fait cependant dans un contexte social¹⁷. »

En ce sens, une conception est un processus subjectif mental qui peut être plus ou moins complexe (Gropengießer, 1997) et qui se construit par l'interaction entre un individu et le monde qui l'entoure (Clément, 2010). Ces environnements qui entourent l'individu sont multiples : naturel et géographique, affectif et familial, philosophique et politique, religieux ou mystique, socio-économique et professionnel, culturel et historique (Pellaud *et al.*, 2005). Une conception a un "réfèrent" et peut être véhiculée linguistiquement. Gropengießer (1997) évoque le domaine référentiel (*Lebenswelt*¹⁸) auquel les conceptions se rapportent, le domaine du langage (*Sprechwelt*¹⁹) qui permet de communiquer ces conceptions, ainsi que le domaine de la pensée (*Denkwelt*²⁰) auquel appartiennent les conceptions. Ces trois domaines sont articulés comme suit en fonction du niveau de complexité (Tableau 1). Le niveau le plus simple d'une conception est celui de la notion qui se réfère à un objet, une

¹⁷ « 1. Die Vorstellungen der Lerner werden auf der Basis bereits existierender Vorstellungen aktiv konstruiert. 2. Unsere Vorstellungen über Ereignisse und Vorgänge in der Welt oder über die Gedanken anderer Menschen haben einen vorläufigen und hypothetischen Charakter. 3. Die konstruierten Vorstellungen müssen viable sein, d.h. sie müssen sich als nützlich für diejenigen erweisen, die sie denken. 4. Obwohl jedes Individuum seine eigenen Vorstellungen konstruieren muss, geschieht dies doch in einem sozialen Kontext. » (traduction personnelle)

¹⁸ « Monde vécu » (traduction personnelle)

¹⁹ « Monde parlé » (traduction personnelle)

²⁰ « Monde pensé » (traduction personnelle)

chose ou un événement et qui est exprimée par le mot (niveau 2). Lorsque plusieurs notions sont mises en relation, elles forment un concept, à caractère descriptif (niveau 3). Celui-ci fait référence à un fait, exprimé par une affirmation et correspondant à une “proposition” en tant que plus petite unité significative. Cette proposition peut être jugée comme vraie ou fausse. Une “figure de pensée” (niveau 4) a un caractère explicatif, peut être formulée en un principe et est constituée de plusieurs concepts d’un fait spécifique. L’articulation argumentée et la mise en lien des différents concepts et figures de pensée constituent une théorie (niveau 5). C’est la forme la plus complexe de la conception, elle peut être partagée collectivement ou être personnelle. Les domaines référentiel et linguistique peuvent être partagés avec une communauté, contrairement au domaine de la pensée qui est propre à l’individu.

Tableau 1 : Termes correspondants aux niveaux de complexité dans les domaines référentiel, mental et linguistique (modifié d’après Gropengießer, 1997, p. 26)

Niveau de complexité	Domaine référentiel <i>Lebenswelt</i>	Domaine mental <i>Denkwelt</i>	Domaine linguistique <i>Sprechwelt</i>	Caractère
5	Domaine du réel	Théorie	Exposition, structure déclarative	Argumentatif
4	Aspect du réel	Figure de pensée	Principe	Explicatif
3	Fait	Concept	Affirmation, phrase, déclaration	Descriptif
2	Objet, chose, événement	Notion	Terme, mot (technique), expression	
1	Individu	Image ²¹	Nom (propre)	

Dans le cadre du présent travail, je m’intéresse essentiellement aux concepts et aux modèles mentaux qui s’apparentent aux figures de pensée telles qu’elles sont définies par Gropengießer (1997). Vosniadou et Brewer (1994) ont défini les modèles mentaux comme des structures dynamiques qui sont créées pour expliquer certaines situations-problèmes. Ils se définissent par trois caractéristiques : (1) leur structure correspond à l’état du monde qu’ils représentent (domaine référentiel selon Gropengießer) ; (2) ils peuvent être manipulés mentalement afin de pouvoir prédire dans des situations concrètes des événements possibles ; (3) ils proposent des explications pour des phénomènes physiques²² (caractère

²¹ J’ai rajouté l’image comme conception simple correspondant à l’individu (domaine référentiel) et au nom propre (domaine linguistique).

²² Inspiré d’après le texte original de Vosniadou et Brewer, (1994, p. 125). « (a) its structure is an analog to the states of the world that it represents ; (b) it can be manipulated mentally, or « run in the mind’s eye » to make predictions about outcomes of causal states in the world ; and (c) it provides explanations of physical phenomena. »

explicatif des figures de pensée selon Gropengießer). Je retiendrai pour cette recherche ce concept de modèles mentaux que je placerais au même niveau de complexité que les figures de pensées définies par Gropengießer. J'élargie cependant la troisième caractéristique aux phénomènes des sciences naturelles.

Dans le cadre de son modèle KVP (connaissances-valeurs-pratiques), Pierre Clément (2010) a défini trois dimensions de conceptions : les conceptions situées, les conceptions et les systèmes de conceptions. Chacune de ces dimensions peut s'exprimer au niveau individuel et collectif.

1. Les **conceptions situées** sont toujours relatives à une situation précise (domaine référentiel de Gropengießer). Dans d'autres situations, ces conceptions peuvent être différentes. Si les conceptions de plusieurs personnes placées dans la même situation convergent, ces conceptions situées seront collectives ;
2. C'est le chercheur qui dégagera des cohérences à partir de plusieurs conceptions situées : les **conceptions** individuelles sont établies à partir de plusieurs conceptions situées d'un individu sur un même thème ; les conceptions collectives ou représentations sociales à partir de plusieurs conceptions individuelles sur un même thème ;
3. Les convergences entre plusieurs conceptions sur des thèmes différents sont définies par Pierre Clément comme **systèmes de conceptions**.

Les situations permettant de recueillir les conceptions situées peuvent être multipliées soit en posant plusieurs questions sur le même thème soit en croisant les techniques de recueil. Le chapitre suivant sur la méthodologie détaillera comment plusieurs conceptions situées d'un individu auront été recueillies. Le présent travail ne s'intéressera qu'aux deux premières dimensions : aux conceptions situées relevées auprès des élèves et aux conceptions élaborées par le chercheur.

D'après la théorie "compréhension basée sur l'expérience"²³ (Gropengießer, 2007), l'individu, en grandissant, construit ses conceptions à partir de ses expériences et observations dans ces différents environnements. Différents types de conceptions peuvent ainsi être identifiés :

- Les conceptions qui sont basées sur les expériences et observations quotidiennes ;
- Les conceptions qui prennent appui sur les connaissances scientifiques actuelles, mais qui ne sont pas totalement en accord avec celles-ci (par exemple lors des

²³ « Erfahrungsbasiertes Verstehen » (traduction personnelle)

entretiens de l'enquête exploratoire un élève apprend à l'école que les plantes ont besoin du dioxyde de carbone (pour synthétiser de la matière organique). En même temps il sait que les humains et le feu (produit par les humains) dégagent du dioxyde de carbone. Il en conclut que les végétaux en présence de feu : soit brûlent soit assimilent le dioxyde de carbone²⁴ ;

- Les conceptions qui sont en accord avec les connaissances scientifiques actuelles.

Vosniadou et Brewer (1994) ont également classé leurs modèles mentaux en trois catégories identiques à celles de Gropengießer : les modèles initiaux, les modèles synthétiques et les modèles scientifiques.

Ce travail de recherche se basera sur deux catégories : les conceptions en accord avec les connaissances actuelles des botanistes (conceptions scientifiques) et celles en rupture avec ces connaissances (conceptions alternatives). Je n'utiliserai pas le terme de conceptions erronées (*misconceptions*), puisqu'il met en avant un jugement de valeur et l'« *aspect de fausseté vis-à-vis du savoir légitimé* » (Astolfi, Peterfalvi et Vérin, 1998, p. 46). Je cherche dans ce travail à identifier les points de rupture par rapport au modèle botanique du cycle de vie des plantes à fleurs.

1.1.4 Le concept d'obstacle

Relever les conceptions des élèves sans identifier les obstacles sous-jacents, se résumerait à dresser un inventaire de ces conceptions. Cependant identifier les obstacles, permettra par la suite de « *définir des stratégies pédagogiques* » (Clément, 1998, p. 60), par exemple sous forme "d'objectifs-obstacles" (Martinand, 1986). Dans le présent travail de recherche, je m'intéresse avant tout à identifier ces obstacles. Cependant aucune situation didactique ne pourra être mise en place ; d'éventuelles propositions didactique pourront donc seulement être formulés, mais non pas "testés".

Dans *La formation de l'esprit scientifique*, publiée en 1934, Gaston Bachelard introduit la notion "d'obstacle épistémologique" qui entrave l'acquisition de la connaissance scientifique : « *c'est dans l'acte même de connaître, intimement, qu'apparaissent, par une sorte de nécessité fonctionnelle, des lenteurs et des troubles. C'est là que nous montrerons des causes de stagnation et même de régression, c'est là que nous décèlerons des causes d'inertie que nous appellerons des obstacles épistémologiques* » (Bachelard, 1993, p. 13). Selon Bachelard, « *la notion d'obstacle épistémologique peut être étudiée dans le développement historique de la pensée*

²⁴ « Nein Pflanzen brauchen Kohlenstoffdioxyd. Also wenn's brennen [...] dann würde die Pflanze verbrennen oder sie würde Kohlenstoffdioxyd aufnehmen » (garçon, 12 ans, Realschule Baden-Württemberg)

scientifique et dans la pratique de l'éducation » (Bachelard, 1993, p. 17). Ces aspects me paraissent pertinents pour cette recherche. D'une part parce que je m'intéresse aux conceptions des élèves et d'autre part parce qu'une analyse historique et épistémologique relève les conceptions des "savants" à différentes époques et identifie les obstacles auxquels ils se sont heurtés. Ces éléments peuvent ensuite être comparés aux conceptions des élèves.

Par la suite des didacticiens en sciences tels qu'Astolfi et Peterfalvi (1993; 1998), Giordan et De Vecchi (1994), Rumelhard (1997) et Martinand (1986) utilisent cette notion d'obstacle à des fins didactiques. Astolfi, Peterfalvi et Vérin (1998, p. 52) définissent les obstacles comme « *une sorte de "noyau dur"* » des conceptions qui font « *résistance aux apprentissages et aux raisonnements scientifiques, tout en répondant de façon "confortable" aux besoins d'explication des enfants.* » En plus de l'aspect épistémologique des obstacles, deux autres facettes ont été décrites : les obstacles didactique et psychologique (Clément, 1998). Je m'intéresserai uniquement aux obstacles épistémologiques, liés au sujet et à la nature de l'objet de connaissance ainsi qu'aux obstacles didactiques, liés au « *processus d'enseignement* » (Dell'Angelo-Sauvage, 2007, p. 41).

Astolfi et Peterfalvi (1993, p. 113) ont mis en place un processus dynamique depuis l'obstacle jusqu'aux conditions de franchissement de celui-ci, constitué de cinq éléments :

« [1] **L'obstacle**, qui résiste à l'apprentissage. Par exemple [...] l'idée que les gaz ne sont pas de la matière.

[2] **Le concept visé**, qui en est le contrepoint logique (les gaz sont de la matière).

[3] **Ce que l'obstacle empêche de comprendre**, c'est-à-dire ce à quoi la représentation fait vraiment obstacle du point de vue conceptuel. Par exemple : le fait que les végétaux puissent construire leur matière à partir du CO₂ atmosphérique, difficilement envisagé comme une "nourriture".

[4] **Le réseau d'idées associées**, qui expliquent le maintien des représentations et justifient que l'élève n'abandonne pas facilement son idée au profit de celle qui lui est enseignée. Par exemple : l'idée que la matière est quelque chose de visible, de lourd, qui oppose une certaine résistance. Renoncer à cette idée est difficile, puisqu'elle structure toute la perception du monde : si l'on accepte trop facilement l'idée que les gaz sont de la matière, alors pourquoi pas la chaleur, l'électricité, l'énergie ... ?

[5] **Les conditions de possibilité** à créer pour que la représentation évolue, pour que l'obstacle soit franchi. Par exemple : créer de nouvelles situations expérimentales qui permettront de conférer aux gaz certaines des propriétés admises pour la matière solide ou liquide (le fait qu'ils soient pesants, qu'on puisse les déplacer d'un récipient dans un autre, que certains soient colorés ...). »

L'identification des obstacles à partir des conceptions me permettra de proposer une ou plusieurs stratégies didactiques à la fin de la thèse. Je vais exposer maintenant la revue

de la littérature concernant les conceptions qu'ont les enfants sur le cycle de vie végétal, les différents processus-clés de ce cycle ainsi que sur les végétaux de manière générale.

1.2 Les conceptions relatives aux végétaux :

Les informations qui découlent des différentes études menées sur les conceptions qu'ont les apprenants du cycle de vie des végétaux, des différents concepts et processus-clés ainsi que sur le rapport des enfants aux végétaux seront d'une aide précieuse pour préciser le questionnement de recherche, pour préparer l'enquête de terrain et analyser les résultats.

1.2.1 Conceptions du cycle de vie

Plusieurs chercheurs ont étudié les conceptions qu'ont les apprenants du cycle de vie végétal. Les études de Hickling et Gelman (1995), de Bautier et al (2000), de Nyberg (2004) et de Benkowitz et Lehnert (2010) seront présentées ici. D'après une étude menée par Hickling et Gelman (1995) les enfants commencent à développer une compréhension cyclique à partir de quatre ans et demi. Trois enquêtes ont été menées par ces chercheuses. Dans la première, Hickling et Gelman (1995) se sont interrogées sur les représentations qu'ont les élèves américains de 4 ans sur l'origine des graines et les conditions nécessaires à la croissance. Elles se sont appuyées sur des études préliminaires qui ont montré que les enfants de 4 ou 5 ans n'attribuent pas encore de cause naturelle à certains phénomènes botaniques ; les fleurs ou les fruits seraient, par exemple, fabriqués par les humains. Hickling et Gelman remarquent cependant que les fleurs et les fruits sont très souvent manipulés par les adultes devant les enfants. Elles cherchaient ainsi à savoir si les enfants de 4 ans attribuaient une cause naturelle à l'origine des graines ou plutôt artificialiste (orienté sur l'humain, notamment par la fabrication de graines). L'âge de 4 ans semble être un âge crucial pour la compréhension de l'espèce et du pouvoir intrinsèque des graines à germer. Les justifications données par les élèves sur l'origine des graines montrent qu'il y a bien une évolution vers des représentations de cause naturelle et un déclin des croyances artificialistes dans le domaine botanique entre 4 et 5 ans. Il en est de même pour les conceptions de la notion d'espèce (les graines ne peuvent pas être originaires d'une plante d'une autre espèce). Dans leur deuxième enquête, Hickling et Gelman ont interrogé des enfants de 4 ans sur la provenance d'une plante et celle des graines. Plus précisément, les enfants devaient dire si l'élément représenté sur l'image devant eux, provenait d'une graine (dans un premier temps) ou s'il contenait des graines (dans un deuxième temps). Avant l'âge de 4 ans et demi, il semble y avoir une discontinuité entre la provenance de la plante (graine → plante) et celle des graines

(plante → graines) pour ces enfants. Dans leur troisième enquête, Hickling et Gelman ont cherché à savoir si des enfants de 4 ans ont une représentation cyclique du développement des plantes. Les enfants ont dû placer trois images dans l'ordre de développement (graine, plante et fruit ou fleur) et expliquer ce placement. D'après Hickling et Gelman ce n'est qu'à partir de 4 ans ½ au plus tôt que les enfants conceptualisent le développement des plantes de manière cyclique et cela indépendamment de l'image de départ. Avant, ils ne seraient pas encore en mesure de faire un lien entre les différents stades de développement (graine → plante → graine).

Dans son étude, Nyberg (2004) a relevé les conceptions des élèves suédois du cycle de vie de plantes à fleurs tels les pois et les haricots, de crustacés et de mouches. Une enseignante a encadré 25 élèves de 9 ans et une autre, 45 élèves de 11 ans. Les élèves ont été évalués par écrit lors d'un pré-test avant l'enseignement, d'un post-test placé juste après l'enseignement et, pour finir, lors d'un post-test décalé, 6 mois après l'enseignement. Les deux enseignants ont fait des plantations et de l'élevage pour permettre aux élèves d'observer et de discuter le cycle de vie des êtres vivants étudiés. L'ensemble de l'enseignement effectué était de 15-20 heures pendant 10 semaines. Les tests écrits étaient de 3 types : mise en ordre d'images représentant différentes phases du cycle de vie d'un être vivant, problème à choix multiples et problème à réponse ouverte. Pour les trois types d'exercice, les élèves ont dû justifier leurs réponses. Les items étaient parmi d'autres les suivants :

- 1) Quel est le bon ordre ? Les enfants ont dû placer 4 images d'une plante de haricot dans l'ordre chronologique. Cependant, ces images n'étaient pas à la même échelle, notamment pour éviter que les enfants les placent en fonction de leur taille ;
- 2) Le vieux chêne. Situation problème autour de la dissémination des graines et des fruits à laquelle les enfants ont dû répondre : « *Dans une forêt, il y a un seul chêne. A la fin d'un automne, une forte tempête a déraciné le chêne (il y a une image du chêne tombé avec toutes ses racines en l'air). Y a-t-il une chance pour qu'un nouveau chêne puisse à nouveau pousser dans cette forêt ? Explique ton raisonnement*²⁵ » (Nyberg et Andersson, 2004, p. 6) ;
- 3) La ruche. Situation problème autour de la pollinisation et la formation des pommes à expliquer par les enfants : « *Deux voisines, Lilian et Kerstin, discutent. Lilian dit à Kerstin qu'elle a installé une ruche dans son jardin. Kerstin remarque que maintenant elle allait avoir plus de pommes sur ses pommiers*²⁶ » (Nyberg et Andersson, 2004, p. 6).

²⁵ « In a forest there is only one oak. Late one autumn, a heavy storm uproots the oak (there is a picture of a fallen oak with almost all its roots in the air). Is there a chance that a new oak will begin to grow in the forest? Explain your reasoning! » (traduction personnelle)

²⁶ « Two neighbours, Lilian and Kerstin, are talking. Lilian tells Kerstin that she has installed a bee hive in her garden. Kerstin remarks that now she'll get more apples on her apple trees » (traduction personnelle)

La compréhension de l'ordre chronologique du développement d'une plante semble croître avec l'âge puisque lors du pré-test, 56% des enfants de 9 ans et 75% de ceux de 11 ans ont placé les images dans le bon ordre (1). Une importante évolution concernant la conception du cycle de vie des plantes à fleurs n'a pas pu être observée entre le pré-test et le post-test (donc après enseignement). Cependant tous les élèves ont planté des pois, mais n'ont pas pu observer le cycle complet (de la graine plantée aux graines récoltées) avant le post-test et les vacances scolaires. D'après Nyberg, c'est essentiellement la compréhension du lien entre une génération et la suivante qui reste compliquée et par là, la compréhension de la reproduction sexuée. L'apprentissage d'un cycle de vie particulier ne semble pas être problématique à condition que l'enfant ait la possibilité d'observer et de discuter du sujet. Concernant le vieux chêne (2), « *les élèves ont tendance à répondre qu'il y a une chance pour qu'un nouveau chêne puisse pousser dans la forêt soit "si quelques racines ont subsisté" ou "si les arbres avaient quelques graines/glands"*²⁷ » (Nyberg et Andersson, 2004, p. 8). Il n'y a pas de vraies différences dans les réponses après enseignement. Cette situation problème indique cependant que la conception du cycle "de la graine aux graines" n'est pas généralisée pour les élèves de l'étude. Concernant la situation problème sur la ruche, 71 élèves ont répondu comme suit lors du pré-test :

- Les abeilles endommagent le pommier ; il n'y avait donc pas plus de pommes (22) ;
- Il y a un transfert des fleurs vers les abeilles et donc plus de pommes (13) ;
- Il y a un lien entre les abeilles et la formation des pommes sans spécifier (10) ;
- Les abeilles fécondent les fleurs (3) ;
- Modèle impliquant des parties mâle et femelle (4) ;
- Autres (23) ;
- Ne sait pas (20) ;
- Pas de réponse (1).

Ces résultats montrent que les mécanismes de la reproduction (pollinisation et fécondation) ne sont pas conceptualisés par la plupart des élèves de l'étude. Pendant l'enseignement et les tests, Eva Nyberg a pu observer une confusion entre la pollinisation et la dissémination ainsi qu'entre nectar et pollen.

Bautier et al. (2000) mettent cependant en garde concernant l'interprétation d'une narration sur le cycle de vie. En effet, le concept du cycle de vie diffère de celui du

²⁷ « The students tend to respond that there is a chance that a new oak will begin to grow in the forest either 'if there are some roots left' or 'if the trees had some seeds/acorns' » (traduction personnelle)

développement d'un individu. Alors que dans le second cas, les successions des stades de développement de la naissance à la mort sont mis en avant, dans le premier cas, c'est l'idée de perpétuation de l'espèce. Une narration, écrite ou orale, est nécessairement linéaire si celle-ci ne comporte pas « *des indications du type "et ça recommence dans le même ordre à chaque fois" ou "ça tourne"* ; car la succession complète des différentes étapes dans l'ordre chronologique et sans recouvrement ne suffit pas à manifester une compréhension de l'idée de cycle » (Bautier *et al.*, 2000, p. 148). Un exposé sur le développement de l'individu a tendance à commencer par la graine et la germination. Si c'est le cycle de vie qui est décrit, le point de départ de la narration est indifférent. Bautier *et al.* (2000, p. 148) précisent cependant : « *On peut aussi bien partir de l'arbre, du fruit ou de la graine. Cependant, la fleur comme appareil reproducteur, a une place privilégiée (c'est l'option choisie par le commentaire du document source). Si le problème est conçu de façon anthropocentrique et utilitariste, c'est la cerise qui constitue le point de départ ou le point d'arrivée. La façon dont les élèves procèdent à cette coupure dans la linéarisation peut de ce fait servir d'indice sur le point de vue qu'ils adoptent* ».

Dans le cadre de sa thèse, interrogeant l'importance des jardins scolaires pour la sensibilisation à la biodiversité, Dorothee Benkowitz mène des entretiens semi-directifs auprès d'élèves de classe 1 et 2, âgés de 6 à 8 ans, au *Baden-Württemberg*. Les élèves ont dû placer des pots contenant chacun un stade de développement de la plante de moutarde (graine-plantule-plante avec bourgeon-plante en fleurs-plante avec fruits-plusieurs graines) dans l'ordre chronologique de développement. Puis, ils ont dû justifier ou expliquer leur placement. Les résultats de cette étude ainsi que ceux de quelques mémoires effectués par des étudiants de l'École Supérieure de Pédagogie de Karlsruhe, montrent que le raisonnement cyclique, d'une graine à plusieurs graines, croît avec l'âge (Figure 5). Par ailleurs, le fait d'avoir des expériences personnelles d'ensemencement a une influence significative ce sur le placement ($p < 0.001^{**}$).

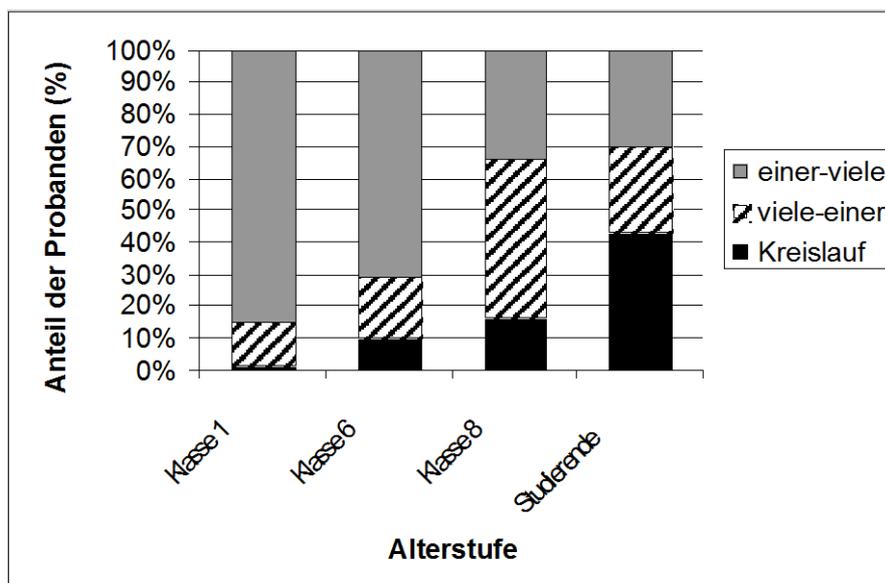


Figure 5 : « Placement des pots de graines dans l'ordre en fonction de la tranche d'âge, regroupé par catégories "une-plusieurs" → le placement commence avec le pot contenant une graine suivi de celui avec plusieurs ; "plusieurs-une" → le placement commence avec le pot contenant plusieurs graines suivi par celui en contenant une ; "cycle" → le placement commence avec une et termine avec plusieurs graines » ; traduction personnelle du titre original (Benkowitz et Lehnert, 2010, p. 36)

1.2.2 Conceptions des concepts et processus-clés du cycle de vie végétal

Certains chercheurs se sont intéressés, non pas au cycle complet, mais à différents stades ou processus, telles la fleur (Helldén, 2000), la reproduction végétale (Boyer, 1998) ou encore la graine et la croissance (Cherubini, Rasmussen, Gash et McCloughlin, 2002; Barman, Stein, Mc Nair et Barman, 2006).

La reproduction végétale

Gustav Helldén (2000) a effectué une étude longitudinale, interrogeant 24 élèves suédois à 10, 11, 13 et 15 ans sur le rôle des fleurs dans la reproduction des plantes. A l'âge de 10 ans, deux questions étaient posées aux élèves : 1) pourquoi les plantes ont-elles des fleurs ? 2) Pourquoi les fleurs sont-elles colorées ? Entre ce premier entretien et le suivant, les élèves ont été confrontés aux fleurs et au rôle des insectes pour la reproduction végétale. A l'âge de 11 et 13 ans, ces élèves ont à nouveau été interrogés sur la couleur des fleurs. A 15 ans, la question de l'entretien portait sur l'importance des fleurs colorées pour les plantes. Ces élèves ont également écouté les enregistrements des années passées et ont dû les commenter. Helldén cherchait par ce biais à identifier les facteurs qui influencent la

construction des connaissances des enfants et à comprendre le développement de ces connaissances. Son objectif était de pouvoir suggérer des démarches permettant aux élèves de « *développer des compréhensions plus scientifiques de phénomènes naturels*²⁸ » (Helldén, 2000, p. 48). A l'âge de 10 ans, pour chaque question posée, 5, des 24 élèves, affirmaient ne pas savoir. Les autres avaient une réponse :

- S'approchant des conceptions biologiques actuelles : 3 élèves ont décrit les fleurs comme faisant partie du système de reproduction ; 6 que les fleurs sont colorées pour attirer les insectes ;
- Centrée sur l'humain : 9 pensaient que les fleurs étaient là pour "faire beau" ; 5 que les couleurs étaient "utiles" à l'humain ;
- Autre : 3 élèves considéraient les fleurs comme des ressources pour la plante en utilisant l'eau et le soleil, permettant de la nourrir ; 3 expliquaient que les fleurs existent pour nourrir les insectes ; 8 donnaient une explication non-biologique à la coloration des fleurs (par exemple « *Il était une fois quelqu'un qui a coloré les fleurs avec de la couleur végétale puis l'a planté quelque part. Après ça s'est dispersé* » ou « *Peut-être que la graine absorbe un aliment particulier puis la fleur devient jaune*²⁹ » (Helldén, 2000, p. 52)).

Un an après ce premier entretien, parmi ces mêmes élèves, 15, de l'âge de 11 ans, font le lien entre la couleur des fleurs et la reproduction des végétaux ou la dissémination des graines. En effet, Gustav Helldén a remarqué des difficultés des élèves interrogés à différencier la pollinisation de la dissémination des graines. 10 élèves pensaient notamment que les insectes transportent du pollen ou des graines et lorsque ces éléments tombent sur le sol, une nouvelle plante pourra y pousser. Il y a donc confusion entre le transport du pollen d'une fleur vers une autre (par les insectes, le vent, etc.) et la dissémination des graines (après pollinisation, fécondation et formation des fruits et des graines) par le vent, les animaux, l'eau, etc. D'après Helldén, cette confusion vient entre autres du fait que les graines et le pollen proviennent de la fleur, qu'ils soient « *impliqués dans la reproduction des végétaux*³⁰ » (Helldén, 2000, p. 55) et que les modes peuvent être identiques (par le vent, les animaux, etc.). Elle apparaît à tous les âges interrogés et à l'âge de 15 ans 10 élèves confondent toujours la pollinisation et la dissémination, malgré l'enseignement dispensé à 11 et 13 ans. Dans les entretiens que Helldén mène auprès des élèves de 11, 13 et 15 ans, des conceptions anthropomorphiques persistent pour 3 élèves ; 3 élèves maintiennent leur conception des

²⁸ « Develop more scientific understandings of natural phenomena » (traduction personnelle)

²⁹ « Once upon a time somebody has dyed the flower with plant dye and then planted it somewhere. Then it has dispersed », « Perhaps the seed takes up a special kind of food and then the flower becomes yellow » (traduction personnelle)

³⁰ « Involved in plant reproduction » (traduction personnelle)

fleurs qui servent de ressource (pour la plante ou les insectes) et de protection (pour la plante) ; 11 élèves peuvent décrire la pollinisation de manière plus ou moins complète à l'âge de 15 ans.

Dans le cadre de sa thèse Catherine Boyer (2000, p. 155) a effectué une « *recherche longitudinale et développementale* » sur la conceptualisation de la reproduction végétale par des élèves français du CP au CE2. Elle a mené des actions didactiques au CP et au CE1 et a relevé les conceptions de ces élèves lors de pré-tests et post-tests basés sur des questionnaires et des dessins. En CE2 seul un post-test a été effectué suivi par un entretien clinique critique avec 10 élèves. Se référant au cadre théorique des champs conceptuels de Vergnaud, Catherine Boyer a relevé différents théorèmes-en-acte :

- « *Une graine pousse si on la plante* » (Boyer, 2000, p. 158) ;
- La relation entre la fleur et le fruit n'est pas identifiée par tous les élèves, ni pour toutes les plantes à fleurs ; les arbres fruitiers ont un statut particulier : « *après les fleurs, il y a un fruit* », pour les autres plantes, « *la fleur n'a aucun rôle sinon celui "de faire beau"* » (Boyer, 2000, p. 159) ;
- Le fruit au sens quotidien est un « *obstacle particulièrement résistant* ». Les élèves ont des difficultés à définir ce qu'est un fruit : il peut « *contenir du jus* », « *se manger en dessert* », « *être sucré* » (Boyer, 2000, p. 160) ;
- La fleur n'est pas mise en relation avec la reproduction sexuée : « *seuls les pétales et le cœur définissent la fleur* », le pollen « *est associé à l'abeille et au miel, voire parfois "à des maladies", c'est-à-dire aux allergies* » (Boyer, 2000, p. 162).

Catherine Boyer utilise le dessin d'une fleur pour évaluer le niveau de conceptualisation des élèves. D'après elle, « *les élèves n'ayant pas rompu avec leurs conceptions quotidiennes continuent à dessiner un cercle rempli de petits traits entouré de pétales.* » (Boyer, 2000, p. 162). « *L'ambiguïté des mots* » (Boyer, 2000, p. 168) a également été relevée, dans le sens où un énoncé, comme « *le cœur de la fleur* » (Boyer, 2000, p. 168) peut désigner le centre sans donner une fonction aux différents éléments de la fleur ou représenter par exemple le pistil. Par ailleurs, un même énoncé n'est pas forcément valable pour toutes les catégories de plantes. Par exemple, « *une fleur donne un fruit* » (Boyer, 2000, p. 168) ne peut être valable que pour les arbres fruitiers. L'élève n'aura cependant pas généralisé la transformation de la fleur en fruit pour toutes les plantes à fleurs. Il est ainsi important, pour connaître le niveau de conceptualisation, de recueillir les conceptions autour de plusieurs cas particuliers. « *Une définition décontextualisée peut être d'ordre scientifique ou quotidienne* » (Boyer, 2000, p. 168) et n'est pas forcément transposable sur les différents cas.

Les graines

Natalie Jewell (2002) a interrogé des élèves de cinq écoles primaire d'Angleterre, âgés de 4-5 ans, 7-8 ans et 10-11 ans, sur leurs conceptions des graines, de leur devenir (germination) et leur origine (formation des graines). Les élèves semblent avoir une vision relativement restrictive de ce qu'est une graine : « *de petite taille, ronde ou en forme de larme et non comestible pour les humains* »³¹ (Jewell, 2002, p. 120). Moins de 42 % des élèves considèrent ainsi les noix comme des graines et moins de 38% le font pour les noix de coco. « *Très peu de dessins d'enfants de la structure interne d'une graine comportaient de quelconques caractéristiques scientifiquement correctes* »³² (Jewell, 2002, p. 121). Seuls 22% des élèves les plus jeunes pensent que les graines sont des plantes, puisque les graines, par exemple, n'ont pas de tronc ou de feuilles. Ce taux augmente cependant avec l'âge des élèves. Il a été très difficile pour les élèves de donner une explication sur l'origine des graines de pommier. La plupart des élèves ne savaient pas (37,3%). Parmi les élèves qui ont donné une réponse, certains évoquaient la croissance (10,2%), la croissance simultanée avec la pomme (6,8%), la croissance de la pomme autour des graines (5,1%) ou disaient que c'est la pomme qui les fait (6,8%), qu'elles proviennent du pommier (11,9%).

Cherubini et al (2002) ont également relevé les conceptions des élèves irlandais, âgés de 4 et 5 ans, sur l'origine des graines et des plantes. La relation entre les graines et les plantes n'est pas toujours établie. Certains élèves considèrent par exemple les graines comme une ressource nutritive ou une aide pour la croissance des plantes. Certains élèves expliquent que les graines sont fabriquées par les humains ou proviennent du sachet ou d'un pays lointain, d'autres les trouvent dans le sol ou pensent qu'elles proviennent des plantes, sans pouvoir donner plus de précisions. Aucun élève n'a cependant mentionné les fruits. Cette étude portait en fait sur la réalisation d'un outil digital permettant d'observer le cycle de vie d'un pommier. Les élèves peuvent influencer sur les conditions environnementale (lumière, eau, température, etc. et expérimenter ainsi les effets produits sur la plante. Pour pouvoir observer le cycle complet, les conditions doivent être favorables. Les élèves peuvent intervenir à 12 stades et le cycle complet dure 15 minutes. Le dernier stade montre les graines à l'intérieur de la pomme. Plusieurs stades sont zoomés, les échelles ne sont ainsi pas respectées. Pour l'instant, je n'ai pas pu trouver d'étude portant sur son expérimentation.

³¹ « Small in size, a rounded or teardrop shape and inedible to humans » (traduction personnelle)

³² « Very few of the children's drawings of the internal structure of the seed had any scientifically correct features » (traduction personnelle)

1.2.3 La catégorisation et la typicalité des plantes

Barmann et al. (2006) dans leur étude demandent à des élèves américains de 7 à 13 ans d'identifier les images représentant une plante et de déterminer ce dont une plante a besoin pour pousser. 51 % des 8-10 ans et 37% des 11-13 ans considèrent que les graines sont des plantes. Contrairement à Jewell, Barmann et al. constatent donc une diminution de ce taux avec l'âge. Les explications données par les élèves étaient cependant les mêmes : ils identifient les plantes puisqu'elles possèdent des « *feuilles, des troncs, sont verts et poussent dans le sol*³³ » (Barman et al., 2006, p. 74). Plus de 80% des 7-10 ans considèrent que l'herbe, les fleurs, les chênes, l'arbuste, le pin et la fougère sont des plantes alors que ce taux baisse à 77-78% pour les 11-13 ans. Certains élèves argumentent en disant que l'herbe ne fait pas de fleur, ce n'est donc pas une plante. Les fleurs sont en effet le plus souvent identifiées comme des plantes à tout âge (97% à 7ans, 95% à 8-10 ans et 96% à 11-13 ans).

Dans l'étude sur la catégorie des plantes et leur typicalité, Benjamin Meunier et Françoise Cordier (2004) ont interrogé 26 élèves de grande section de maternelle, âgés de 5-6 ans, 27 élèves de CM2, âgés de 10-11 ans ainsi que 20 adultes. Les élèves avaient pour langue maternelle le français. Ils ont mis en évidence que les élèves de 5-6 ans ont encore des difficultés à nommer certaines catégories de plantes telles que les légumes ou les végétaux. Lorsque ces élèves avaient une planche de cinq images, par exemple de différents légumes, devant eux, ils n'ont pas trouvé une dénomination commune à la planche mais ont nommé chacune des images. « *Chez les enfants les plus jeunes, le réseau sémantique est encore partiel, cette incomplétude pouvant être caractérisé de deux façons : a) certains concepts se trouvent encore "éparpillés" (absence de catégorie englobante), isolés, sans liens systématisés, b) les catégories du niveau de base constituées à cet âge ne se trouvent pas encore en liaison réciproque grâce à un superordonné commun* » (Meunier et Cordier, 2004, p. 177). Les élèves plus âgés ont plus de facilité à trouver une dénomination commune à plusieurs images. Meunier et Cordier avancent ainsi que « *généraliser les conclusions données par une tâche d'induction de propriétés portant sur une fleur – un arbre – à l'ensemble des plantes peut être cohérent à 10-11 ans (car ces choses sont effectivement en lien dans le réseau sémantique), alors que c'est beaucoup plus problématique à 5-6 ans, où, si les catégories fleur et arbre sont bien constituées, elles ne font pas encore partie elles-mêmes d'un réseau couvrant l'ensemble de la catégorie ontologique correspondante* » (Meunier et Cordier, 2004, p. 177). Les élèves ainsi que les adultes ont également dû désigner les images (parmi arbres, arbustes, champignons, fleurs, plantes d'appartement, légumes et végétaux divers tels le roseau, l'algue, la mousse, la fougère et le lichen) qui représentent pour eux les plantes. Les fleurs et les plantes d'appartement

³³ « *Leaves, stems, are green, and grow in the ground/soil* » (traduction personnelle)

constituent les meilleurs représentants de la catégorie des plantes à tout âge. Alors que les enfants de 5-6 ans, dans leurs choix, excluent complètement les arbres, champignons et légumes de la catégorie, les élèves de CM2 sont encore peu nombreux à les inclure. Ce résultat n'est pas en accord avec celui de Barman et al (voir ci-dessus).

Anderson et al. (2014) ont demandé à 182 élèves, âgés de 5 à 7 ans, d'une école rurale aux Etats-Unis, d'effectuer un dessin d'une plante et de ses besoins. La plupart des élèves ont dessiné une ou plusieurs "fleurs" (plantes en fleur) (64% des 5-6 ans et 84% des 6-7 ans). Ils ont par la suite demandé aux élèves de classer des images en deux catégories : les plantes et les "non-plantes". Dans les deux classes, les graines ont été considérées comme des plantes par plus de 73%. Pour les élèves de 5-6 ans, c'est l'image d'un feuillus et celle de graines (82%) qui ont le plus souvent été classées parmi les plantes, pour les 6-7 ans celle de l'herbe (79%) suivi des fleurs (77%). Les plantes les moins typiques (Dionée attrape-mouche et les algues) ont plutôt été classées parmi les "non-plantes".

1.3 Considérations pour l'enquête exploratoire

Plusieurs études ont montré que le concept du cycle de vie n'est pas encore développé chez les élèves à l'entrée en école élémentaire (Boyer, 2000; Cherubini *et al.*, 2002; Nyberg et Andersson, 2004). Même un enseignement de plusieurs semaines à ce sujet n'amène que partiellement les élèves à développer un concept scientifique du cycle de vie des plantes (Boyer, 2000; Nyberg et Andersson, 2004). La difficulté principale semble résider en la compréhension du lien entre une génération et la suivante pour ainsi dire la notion de reproduction sexuée et de fécondation (Nyberg et Andersson, 2004). La compréhension du cycle végétal semble tout de même croître avec l'âge (Nyberg et Andersson, 2004; Benkowitz et Lehnert, 2009). Les enfants de moins de dix ans ont des difficultés à généraliser, notamment en ce qui concerne le développement de la fleur en fruit. Pour certains élèves cette transformation n'est valable que pour les arbres fruitiers (Boyer, 2000). Rares sont les élèves de moins de 11 ans pour lesquels, les fleurs sont des organes de reproduction. Elles existent surtout pour décorer (Boyer, 2000; Helldén, 2000). Pour d'autres, les fleurs servent de ressource pour la plante ou pour les insectes (Helldén, 2000). Aussi, les insectes, notamment les abeilles, ne sont pas toujours vus comme des pollinisateurs, mais peuvent par exemple empêcher la pollinisation voire endommager la plante (Nyberg et Andersson, 2004). Une confusion entre pollinisation et dissémination des graines semble répandue auprès des élèves de moins de 15 ans (Helldén, 2000; Nyberg et Andersson, 2004). Pour un certain nombre de jeunes élèves (4-5 ans voire jusqu'à l'âge de 7 ans), la conception de la graine est étroitement liée à celle de l'humain. Les graines seraient par exemple fabriquées par les

humains ou disponibles dans les supermarchés (Cherubini *et al.*, 2002; Benkowitz et Lehnert, 2009). Les graines doivent également être semées puis arrosées et exposées à des endroits bien ensoleillés afin qu'elles puissent germer (Barman *et al.*, 2006). Sans l'intervention humaine, il n'y aurait pas de nouvelles plantes. Selon leur âge et leur réseau sémantique, les élèves ne catégorisent pas les plantes uniformément (Meunier et Cordier, 2004); les conceptions qu'ont les élèves sur certains phénomènes peuvent ainsi varier en fonction des plantes abordées.

Le modèle du cycle de vie ne se résout pas à un seul concept. Il nécessite la compréhension d'interactions complexes entre les concepts des stades-clés (graine-fleur-fruit) et des processus-clés (pollinisation, fécondation, fructification, formation des graines et dissémination) (voir également Vosniadou & Brewer (1994) dans le cadre de leur étude sur les conceptions du cycle jour/nuit). Il s'agit en fait d'une construction mentale représentant, de manière simplifiée, une suite de phénomènes agissant les uns sur les autres. Ce concept complexe qu'est le cycle de vie, regroupe ainsi beaucoup de savoir relationnel. *« C'est un grand défi de comprendre la spirale des cycles de vie rendant possible la continuité de la vie dans le temps. Cela implique bien plus que la mémorisation de graphiques du cycle de vie ou même l'observation des changements des organismes durant l'année ou le cycle saisonnier, bien qu'une telle activité pratique puisse être un point de départ utile³⁴ »* (Driver, Rushworth, Squires et Wood-Robinson, 2005, p. 83). Avoir une conception du cycle de vie d'une plante à fleurs en accord avec celle des botanistes actuels, implique donc :

- La compréhension de la succession des générations (définition même du cycle de vie) ;
- La mise en relation des stades-clés (graines, fleurs et fruits) et des processus-clés (pollinisation, fécondation, formation des graines et des fruits, dissémination) ;
- La connaissance de l'ordre chronologique, de la succession des stades et processus indépendamment du point de départ ;
- Les connaissances liées à la reproduction sexuée : elle assure le brassage génétique et la perpétuation de l'espèce dans le sens où l'individu de la génération suivante naît de cette reproduction, capable à son tour de se reproduire et de procréer ;
- Les connaissances liées aux mécanismes permettant d'assurer la perpétuation de l'espèce : pollinisation, fécondation, dissémination.

³⁴ « It is a tremendous challenge for pupils to appreciate the spiral of life cycles enabling the continuity of life through time. It involves far more than the memorising life-cycle diagrams or even observing the changes in organisms through an annual or seasonal cycle, although such a practical study may be a useful starting point » (traduction personnelle)

Dans le cadre de l'étude exploratoire, il s'agira de relever les conceptions qu'ont les élèves du cycle de vie des plantes à fleurs en Alsace et au *Baden-Württemberg* ; en quelque sorte de faire un état des lieux des différents modèles mentaux existant auprès des élèves à la fin de l'école élémentaire et au collège. Je ne tenterai pas de recueillir les conceptions qu'ont les élèves de l'école maternelle pour deux raisons : premièrement, il n'y a pas d'enseignement scolaire avant la *Grundschule* au *Baden-Württemberg* ; deuxièmement, les études évoquées ci-dessus mentionnent qu'une pensée cyclique n'est possible qu'à partir de 4 ans et demi et que le concept du cycle de vie comporte un certain nombre de processus complexes. Il sera également important de tenir compte de la typicalité de la catégorie des plantes (Meunier et Cordier, 2004) et de relever d'éventuelles variations des conceptions en fonction du type de plante.

Chapitre 2 : Modèles mentaux du cycle de vie végétal

Cette enquête exploratoire vise à faire émerger les modèles mentaux qu'ont les élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg* du cycle de vie végétal. La revue de littérature a permis de préciser le questionnement qui sera le suivant :

- 1) Quels modèles conceptuels du cycle de vie de plantes à fleurs choisies développent des élèves après 5, 6 et 8 années d'enseignement ?
- 2) Les élèves ont-ils le même modèle pour des plantes différentes ?
- 3) À quels moments du cycle de vie végétal peut-on observer des points de rupture par rapport au modèle botanique ?
- 4) D'où les élèves tiennent-ils leurs connaissances ?

Les réponses à ces questions permettront de soulever des tendances, qui pourront être approfondies lors de l'enquête principale. Dans ce chapitre, je présenterai d'abord la méthodologie de l'enquête puis les résultats. A la fin, les résultats seront discutés et mis en lien avec les résultats d'autres recherches.

2.1 Méthodologie

2.1.1 Déroulement de l'enquête et recueil des données

Les données de l'enquête exploratoire sont recueillies dans une école élémentaire et un collège d'Alsace ainsi qu'une *Realschule* du *Baden-Württemberg*. Les participants ont été choisis de manière à ce qu'ils se différencient en fonction de leur âge, de leur lieu d'habitation et de leurs enseignements préalables sur le sujet (Tableau 2), permettant ainsi d'obtenir un spectre assez large de participants et par ce biais également de conceptions du cycle de vie végétal. Cette enquête ne vise pas à être représentative. Etant données les différences entre les participants d'Alsace et du *Baden-Württemberg* ainsi que du nombre de participants pour chaque niveau, une comparaison ne sera pas possible dans le cadre de cette enquête exploratoire.

Tableau 2 : Caractéristiques des participants et des lieux de l'enquête exploratoire

Caractéristiques	Lieu de l'enquête	
	Alsace	Baden-Württemberg
Secteur géographique des établissements	Urbain	Rural
Etablissements	1 école élémentaire 1 collège	1 <i>Realschule</i>
Niveau d'enseignement en années et (<i>nombre de classes participantes</i>)	5 (3), 6 (4), 8 (2)	5 (2), 6 (2), 8 (2)
Nombre d'élèves participant à l'entretien	30	19
Nombre d'élèves répondant au questionnaire*	208	157
Année d'enseignement du cycle de vie des plantes à fleurs	6	5 et 6
Nombre d'enseignants pour les classes interrogées	4 (école élémentaire) 1 (collège)	1

* Les résultats du questionnaire ne sont pas détaillés ; l'explication est donnée ci-dessous

Afin de recueillir les conceptions des élèves, j'ai eu recours à un entretien et à un questionnaire. Dans un premier temps, l'entretien de l'enquête exploratoire m'a permis d'avoir un aperçu du raisonnement des élèves et de poser des questions me permettant de mieux comprendre et d'approfondir ce qu'ils disent. Ces verbalisations ont été complétées par des informations plus générales, recueillies à l'aide de questionnaires, sur les caractéristiques sociologiques des élèves (âge, sexe, nationalité), sur leurs conceptions du développement et de la reproduction sexuée des plantes à fleurs ainsi que sur leurs pratiques et intérêts vis-à-vis des plantes. Les entretiens ont été menés avant que l'ensemble des classes interrogées ne répondent aux questionnaires.

2.1.2 Le questionnaire

Je choisis de ne pas présenter les résultats du questionnaire de l'enquête exploratoire puisque les items élaborés en fonction des études mentionnées dans la revue de littérature sont peu pertinents pour les propos défendus par la suite, notamment dans l'enquête principale. Son questionnement se base sur les résultats des entretiens. Bien que le nombre d'élèves ayant renseigné les questionnaires est relativement conséquent (n=365), aucune tendance ou hypothèse comparative ne peut être formulée à partir des résultats du

questionnaire puisque les cohortes (d'Alsace et du *Baden-Württemberg*) diffèrent (Tableau 2). Ce qui peut être comparé en revanche, ce sont les réponses données par les élèves des différents niveaux pour chacune des régions. Là encore les tendances n'alimenteront pas les propos qui vont suivre. Les facteurs, tels par exemple la pratique du jardinage ou l'intérêt pour les végétaux, pouvant influencer l'ordre de placement des différents stades de développement peuvent également être analysés. Cependant, la méthode choisie pour recueillir l'ordre de placement des différents stades de développement (numérotation des images), n'est pas concluante. D'une part, la lecture des images n'a pas été univoque pour l'ensemble des élèves ; cependant l'item, tel qu'il a été défini ne permettait pas aux élèves d'explicitier cette lecture. Aucune interprétation des placements ne peut donc être faite à partir des résultats. D'autre part, le fait d'avoir placé au préalable les images sur la feuille du questionnaire est susceptible de suggérer un ordre de numérotation et empêche tout placement cyclique ou linéaire. Les résultats de ce questionnaire, même s'il n'entre pas dans le cadre de cette recherche, pourront faire l'objet d'une publication ultérieure et être comparés aux résultats des études mentionnées dans la revue de littérature. Cela concerne essentiellement les items sur la fonction de la fleur, des fruits, sur la reconnaissance des fruits, la coloration des fleurs, le lieu de formation des graines et des fruits ou encore les dessins d'une fleur. McNair et Stein (2001) mentionnent à cet effet que « *Les images dessinées par un enfant peuvent révéler comment il ou elle perçoit un objet ainsi que le degré auquel l'enfant observe les détails et les représente*³⁵ » (McNair et Stein, 2001, p. 1364). Les dessins permettent de relever comment les élèves voient les fleurs et quels éléments leur sont attribués.

Les données recueillies, notamment par les questions ouvertes et les dessins, ont fait l'objet d'une analyse de contenu avec codification à l'aide du logiciel MAXQDA et d'une analyse quantitative à l'aide de SPSS. Dans le cadre d'un questionnement exploratoire et descriptif, l'analyse de contenu quantitative vise à « *filtrer des phénomènes particuliers dans un processus ouvert et inductif*³⁶ » (Mayring, 2012, p. 33). Il s'agit ainsi de relever la fréquence des différentes catégories et leur concordance ou non avec les conceptions scientifiques.

2.1.3 L'entretien thématique structuré

L'enquête exploratoire a pour objet de recueillir les conceptions que peuvent avoir des élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg*. L'utilisation de l'entretien comme outil de recueil me permet d'approfondir ce que disent les élèves. Cette étude repose sur les recherches

³⁵ « Pictures drawn by a child can reveal how he or she can perceives an object, and the degree to which a child observes details and represents them ». (traduction personnelle)

³⁶ « Das Herausfiltern von einzelnen Phänomenen in einem offenen, induktiv orientierten Prozess » (traduction personnelle)

effectuées par l'équipe de recherches de l'École Supérieure de Pédagogie de Karlsruhe. Je me réfère ainsi à leur méthode et outil pour définir la nature et le guide de mes propres entretiens. Il s'agit ainsi d'un entretien individuel, thématique et structuré dans lequel des plantes et des images de plantes sont utilisées pour éveiller la disposition des élèves au dialogue (H.-H. Krüger, 2006). Ces matériaux permettent également aux élèves de s'y référer lorsqu'ils ne trouvent pas leurs mots ou le vocabulaire adéquat. L'entretien sera individuel afin d'éviter une influence par les autres élèves. L'objectif est de comprendre la manière dont les élèves conçoivent le développement et la reproduction des plantes à fleurs. L'entretien collectif ne permettrait pas d'entrer dans le raisonnement de chaque élève et d'en dégager des modèles mentaux.

La situation de l'entretien peut être ressentie par les enfants comme une situation d'évaluation. Les enfants, surtout dans leur jeune âge, sont facilement influençables par les questions (notamment suggestives), par l'enquêteur, par le cadre et le contexte dans lequel sont réalisées les enquêtes. Il s'agit de veiller à ce que les personnes interrogées ne se sentent pas "testées" mais plutôt vues comme des experts. Il est sans doute difficile pour un enfant d'accepter que l'adulte cherche à savoir ce que l'enfant lui-même pense, comment il pense. Dans le milieu scolaire, il n'est pas rare que les élèves répondent ce que les enseignants attendent d'eux. Dans le cadre de la recherche, il s'agit de relever les conceptions des enfants et non de retrouver ceux de l'enquêteur. Les adultes (et notamment les parents ou les enseignants) sont souvent perçus par les enfants comme personnes compétentes, rationnelles et responsables. Les élèves sont attentifs aux signes externes, aux interlocutions, à l'attitude des personnes adultes, notamment des enseignants. Les enfants ont tendance à estimer que celui qui les interroge connaît la "bonne" réponse (Heinzel, 2000). Il est ainsi important de préciser aux élèves le contexte de l'enquête et les attentes du chercheur, avant l'entretien. Il me paraît utile de préciser qu'il ne s'agit justement pas d'une évaluation.

Le lieu de l'entretien peut également avoir une influence sur les personnes interrogées. Selon qu'il s'agit du bureau du directeur, d'une salle de classe (seul ou en présence d'autres élèves), du domicile de l'enfant ou d'un lieu plus neutre (tel un parc), l'ambiance et l'attitude de l'enfant peuvent changer (Mialaret, 2004). La présente recherche étudie les conceptions des élèves ainsi que leur contexte scolaire. Il me paraît ainsi adapté d'effectuer les entretiens dans les locaux de l'établissement, familiers à l'enfant. J'ai cependant veillé à être dans une salle ou salle de classe seule avec l'élève pour éviter qu'il ne soit distrait par d'autres personnes de l'établissement ou qu'il se sente observé par des personnes qu'il connaîtrait.

Pour augmenter la disposition des élèves à répondre aux questions et à « dévoiler » leurs conceptions pendant l'entretien, j'ai veillé à n'interroger oralement que des élèves volontaires bien que tirés au sort (à l'échelle de la classe). Une autorisation parentale est

obligatoire, notamment en raison de l'enregistrement audio et vidéo. Celui-ci est nécessaire puisque des matériaux visuels sont utilisés et que les élèves peuvent les montrer au lieu de les verbaliser ou de les décrire. Cet enregistrement permet également à l'enquêteur de se concentrer davantage sur l'entretien et l'observation de la situation que sur la prise de notes (Witzel, 2000). La caméra est placée à côté de l'enquêteur, ayant dans son champ de vision l'élève, ainsi que le matériel disposé devant celui-ci sur une table (Figure 6).



Figure 6 : Situation d'entretien lors de l'enquête exploratoire en 2010 dans une école élémentaire d'Alsace. L'élève en face est en train de placer les images. Les plantes situées à gauche de l'élève ont servi au début de l'entretien

Pendant l'entretien, il est important de mettre l'enfant ou le jeune à l'aise en adoptant une posture aimable, encourageante, rassurante et patiente, à l'écoute des paroles et des gestes des jeunes, comme préconisé par Heinzl (2000). Aussi, je ne limite pas l'entretien dans le temps. Les élèves disposent du temps qui leur est nécessaire pour réfléchir et développer leurs réponses. La première question est primordiale puisqu'elle définit le rôle des interlocuteurs et met en place le climat de l'entretien (Krieger, 2008). Pour « briser la glace » les élèves sont amenés à effectuer une manipulation (placement des différents stades de développement d'une plante à fleurs) et à l'expliquer. La possible « gêne » de la première réponse peut ainsi être atténuée. Je m'efforce d'éviter les questions suggestives. Tous les entretiens sont effectués par moi-même.

L'entretien, qui permet d'aller en profondeur, nécessite cependant un temps relativement important tant pour sa réalisation que pour le dépouillement des enregistrements.

2.1.4 Déroulement et structuration de l'entretien

Dans toutes les classes participantes, deux à trois élèves sont tirés au sort et participent à un entretien individuel d'une trentaine de minutes. En tout 46 élèves sont interrogés sur le cycle de vie des plantes à fleurs. Seuls les élèves de CM2 de l'école élémentaire de Strasbourg n'avaient à ce jour pas eu d'enseignement sur le sujet (Tableau 2). Quatre phases structurent l'entretien :

- 1) Placement des stades de la plante de moutarde ;
- 2) Placement des images représentant les différents stades de développement du cerisier, pommier, plante de poivron et de petit pois ;
- 3) Définition du cycle de vie/de développement d'une plante à fleur ;
- 4) Deux situations à expliquer.

L'élément central de l'entretien est un test dans lequel les élèves doivent placer différentes plantes à fleurs dans leur ordre de développement. (1) La première plante, identique pour tous les élèves, est une plante locale, la moutarde blanche (*Sinapis alba*). Il s'agit d'une plante réelle qui a déjà été utilisée dans le cadre d'autres recherches au sein de l'équipe de recherche de l'École Supérieure de Pédagogie de Karlsruhe. Elle est choisie pour sa croissance rapide (délais pour avoir tous les stades de développement nécessaires pour les entretiens), sa taille et sa transportabilité. A l'œil nu, il est possible de distinguer les graines dans les siliques (fruits). Les graines sont semées, disposées dans une armoire climatique et cultivées pendant environ 6 à 8 semaines. Pour chaque stade, la plante la plus représentative a ensuite est choisie avant chaque série d'entretiens (Figure 7). Pour ce premier exercice, les élèves ont devant eux six pots contenant chacun la plante de moutarde à un stade de développement différent (une graine disposée sur la terre – une plantule – une plante avec des bourgeons – une plante en fleurs – une plante portant des fruits – plusieurs graines disposées sur la terre). Je prends soin d'utiliser des pots identiques pour chaque stade.



Figure 7 : Les différents stades de développement de la plante de moutarde : de la graine aux graines (photo extrait de Benkowitz et Lehnert, 2009, p. 3)

Les élèves doivent par la suite mettre trois séries d'images dans l'ordre de développement (2), parmi les images de pommier (bleu³⁷), de cerisier (rouge), de plante de poivron (jaune) et de petit pois (vert). Les images sont empilées par plante (et donc par couleur) ; seule la couleur (dos des cartons) est visible par les élèves. Ces derniers choisissent alors une couleur, au maximum trois successivement. Après chaque choix, les cartons sont retournés et disposés devant l'élève. Les stades représentés sur les cartons sont les suivants : une graine – une plantule – une plante ou partie de plante en fleurs – une plante ou partie de plante avec fruit – plusieurs graines (Figure 8). Les élèves doivent ensuite placer les différents stades dans l'ordre de développement de la plante et justifier leur placement. Des questions de compréhension et d'approfondissement sont posées par la suite.

³⁷ Les images des différents stades sont collées sur des cartons de couleur ; couleur figurant entre parenthèses. Au dos aucune image ne figure



Figure 8 : Les différents stades de développement de la plante de poivron³⁸

Les élèves sont ensuite questionnés sur leur familiarité avec les expressions de “cycle de vie” et “cycle de développement” ainsi que sur le contexte dans lequel ces notions ont été entendues (3). Les élèves doivent alors définir “le cycle de vie d’une plante à fleurs”.

Dans la dernière partie de l’entretien, les élèves doivent expliquer deux situations. Chacune est présentée par une illustration et un texte raconté (inspiré par Nyberg et Andersson, 2004). La première situation, “le vieux chêne” (Figure 9), permet de relever les conceptions concernant la dissémination des graines et le développement des graines en nouvelle plante.

³⁸ La plupart des images ont été réalisées par Denise Feketitsch (publiées dans la revue *Grundschule Sachunterricht* (« Obst und Gemüse », 2004) ; les stades manquants ont été dessinés personnellement



Figure 9: Illustration de la situation-problème “le vieux chêne” (dessin personnel)

L'image est accompagnée du texte suivant :

« Dans une forêt se trouve un seul chêne. Un jour d'automne, une forte tempête fait tomber ce chêne et les racines sont en l'air. Est-il possible que l'année suivante un nouveau chêne puisse pousser dans cette forêt ? Explique ta réponse. » (adapté d'après Nyberg et Andersson, 2004, p. 6)

La deuxième situation, “la ruche” (Figure 10), permet de relever les conceptions concernant la pollinisation et le développement des fruits plus précisément concernant le rôle des abeilles pour la formation des pommes.

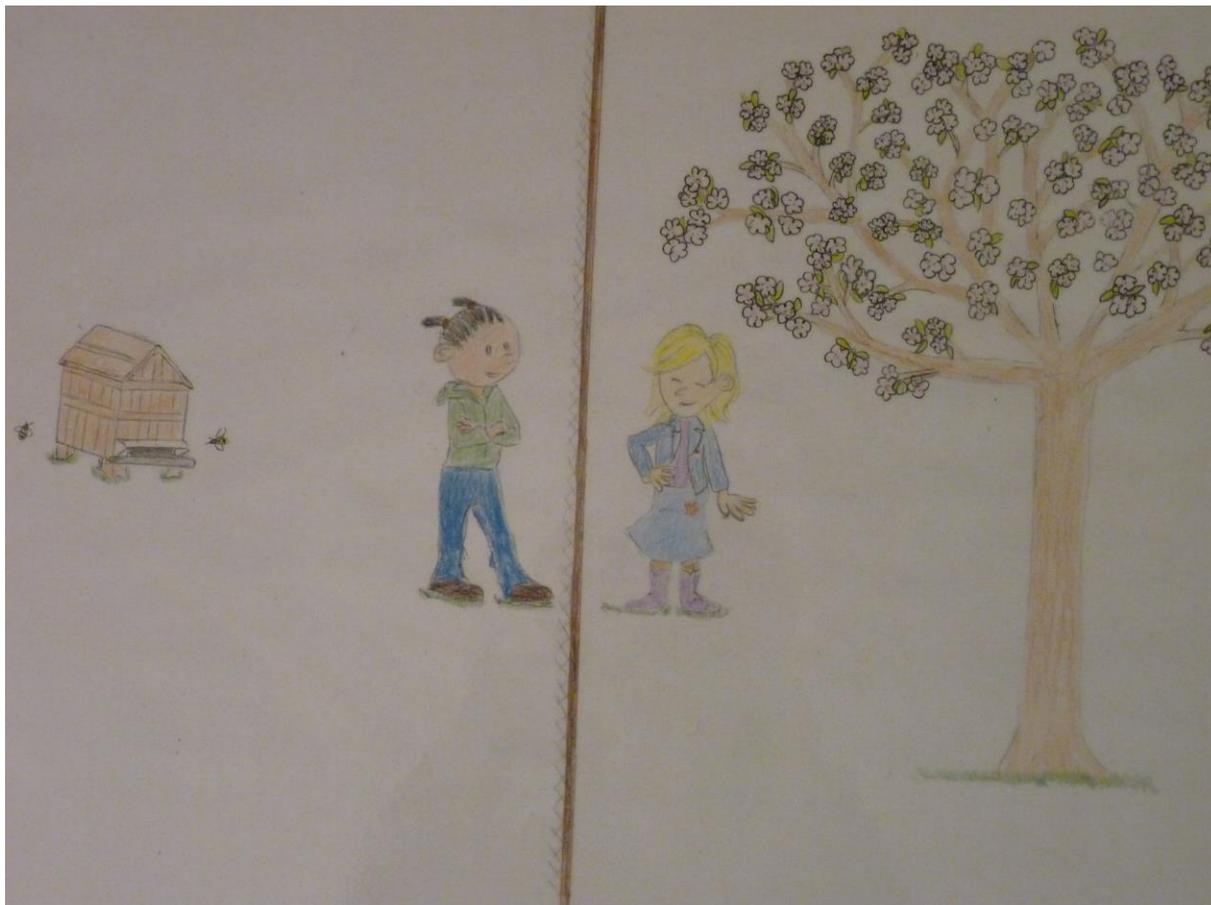


Figure 10: Illustrations de la situation problème “la ruche” (dessin personnel)

L'image est accompagnée du texte suivant :

« Deux voisines, Liliane et Carine, discutent ensemble. Liliane raconte à Carine qu'elle a installé une ruche dans son jardin. Carine dit : Ouais chouette, maintenant je vais avoir plus de pommes sur mon pommier. Qu'en penses-tu ? Explique ta réponse » (adapté d'après Nyberg et Andersson, 2004, p. 6)

2.1.5 Préparation des données des entretiens

Avant toute analyse, les données recueillies sont “préparées”. A cet effet, les entretiens sont intégralement retranscrits à l'aide du logiciel Videograph (Rimmele 2005) au format texte puis importés dans le logiciel d'analyse qualitative MAXQDA (Verbi GmbH, version 10). Ces textes contiennent des indications temporelles (début et fin de séquence, d'entretien et de pauses prises par les élèves) ainsi que des éléments visuels (attitudes particulières, éléments désignés par un geste, les placements). Les paroles des élèves sont précédées d'un “E :”, ceux de l'enquêteur d'un “I :”. Les commentaires personnels sont mis entre crochets. Les temps de pause sont indiqués par des “+” en fonction de leur durée.

2.1.6 L'analyse des entretiens

Les entretiens de l'enquête exploratoire sont soumis à une analyse de contenu qualitative, telle qu'elle est définie par Mayring (2012). Il évoque quatre types d'analyse : la formation inductive de catégories, l'analyse récapitulative, l'analyse explicative et de structuration ou déductive. Le caractère exploratoire et l'approche compréhensive de cette étude expliquent l'application d'une codification inductive et ouverte. En effet, le matériel est dans un premier temps regardé dans son ensemble puis des codes ainsi que des "mémos"³⁹ sont attribués pour chaque document ou chaque élève à l'aide du logiciel d'analyse de contenu MAXQDA. Ces codes sont pour partie des codes *in vivo*, c'est-à-dire une reprise textuelle de ce qui a été dit ou écrit par l'élève et pour partie des codes résumant le sens de ces verbalisations. Dans un deuxième temps, ces codes sont regroupés en catégories et sous-catégories. La troisième phase consiste à reprendre et à vérifier le matériel à partir de l'arbre de codification élaboré.

Pour les entretiens, le système de codification comporte dès le départ plusieurs rubriques thématiques correspondant aux différentes parties de l'entretien. Pour chaque rubrique, la codification ouverte est effectuée comme décrite ci-dessus. Des mémos résumant le profil de chaque élève avec les réponses principales sont rédigés. Afin de vérifier si les profils et les codifications correspondent, j'ai établi pour chaque élève un "*One-Case-Model*" à l'aide du logiciel d'analyse qualitative MAXQDA. Ces "*One-Case-Model*" regroupent autour de l'élève les différents codes en fonction de leur catégorie et sous-catégories ainsi que l'énonciation correspondante (Figure 11). A partir de là, les données peuvent être interprétées.

³⁹ Dans le logiciel MAXQDA il est possible d'ajouter des notes (« mémos ») aux documents importés ou aux codes. J'ai utilisé cette fonction pour créer des fiches portrait pour chaque élève comportant des remarques générales et les conceptions concernant le cycle de vie ainsi que les concepts et processus-clés.

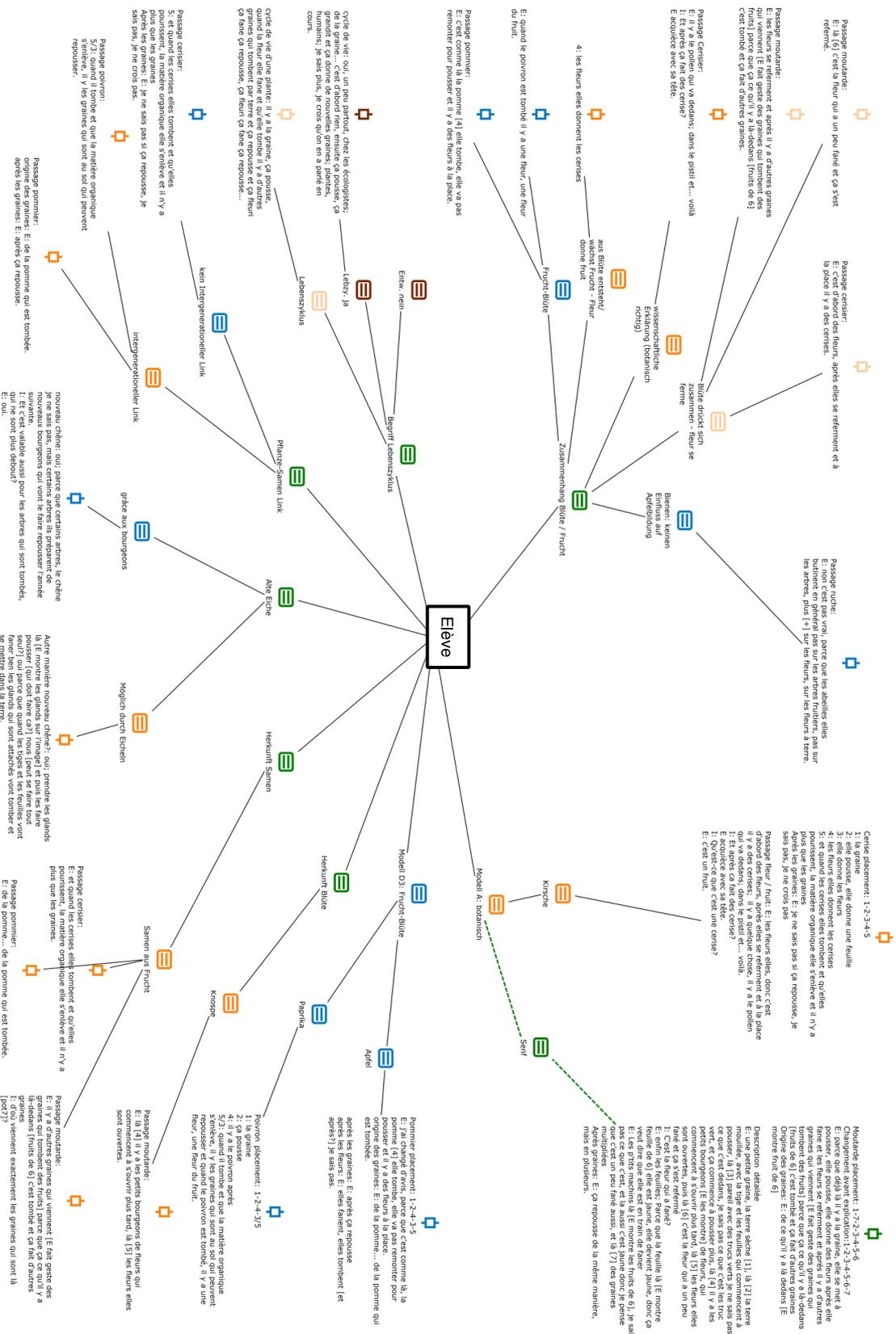


Figure 11 : Exemple de "One-Case-Modeller" réalisé à l'aide du logiciel MAXQDA

Afin de garantir une certaine objectivité de l'analyse, une partie du matériel (11 sur 22 entretiens complets) a été vérifiée par des pairs (test de fiabilité inter-codeur) (Mayring, 2010). Leur analyse correspondait à la mienne.

2.2 Résultats et discussion des entretiens de l'enquête exploratoire

Les principaux résultats issus de cette enquête exploratoire sont les modèles mentaux recueillis à partir des entretiens. Ces modèles mentaux ont été élaborés à partir des réponses et explications données par les élèves aux différents placements (quatre plantes) et des situations à expliquer. Tous les entretiens n'ont pas pu être pris en compte, puisque incomplets. Des 49 entretiens effectués, seuls 22 ont été considérés pour élaborer les modèles mentaux (13 entretiens avec des élèves d'Alsace et 9 avec ceux du *Baden-Württemberg*). Ils seront par la suite présentés en détails. Les autres entretiens ont pu être exploités partiellement.

2.2.1 Modèles mentaux

Cinq catégories de modèles mentaux du cycle de vie végétal ont pu être développées à partir des 22 entretiens (figures 1-10). L'une d'elles est le modèle botanique actuel (modèle B). Les quatre autres dévient de ce modèle scientifique et illustrent les points de rupture (PR) suivants :

- PR intervention humaine (modèles IH) : l'humain est responsable du bon développement de la plante ;
- PR graines (modèles G) : les réponses aux questions "comment naissent les graines, d'où viennent-elles, que deviennent-elles ?" dévient du modèle scientifique ;
- PR fleur-fruit (modèles FF) : les fleurs ne sont pas reconnues comme organes reproducteurs ; le concept de la formation du fruit dévie du modèle scientifique ;
- PR graine-fleur-fruit (modèle P⁴⁰) : ce point de rupture se compose du PR graines (modèles G) et du PR fleur-fruit (modèles FF).

⁴⁰ La lettre "P" fait référence à Plusieurs points de rupture

Les différentes catégories de modèles mentaux ainsi que leurs variantes seront par la suite nommées, leurs caractéristiques expliquées et représentées sous forme de schémas⁴¹. Les différents modèles seront illustrés par des énonciations d'élèves. Les citations des élèves allemands sont sur fond gris et traduites personnellement en notes de bas de page. Les points de suspension entre crochets "[...]" symbolisent la coupure d'une partie de l'entretien. Toutes les remarques personnelles sont également mises entre crochets. Afin de faciliter la lecture et clarifier les propos, les mots répétés ainsi que les interjections sont supprimés dans les citations ci-dessous.

Commençons par le modèle B. Il représente le cycle de vie au sens botanique (Figure 12). Les élèves utilisant ce modèle avancent les concepts suivants :

- Les graines proviennent des fruits ;
- La fleur se développe en fruit contenant des graines.

Les élèves qui ont ce modèle scientifique sont également en mesure d'expliquer les mécanismes tels que la pollinisation, la formation du fruit et la dissémination. Le niveau de formulation varie cependant d'un élève à l'autre.

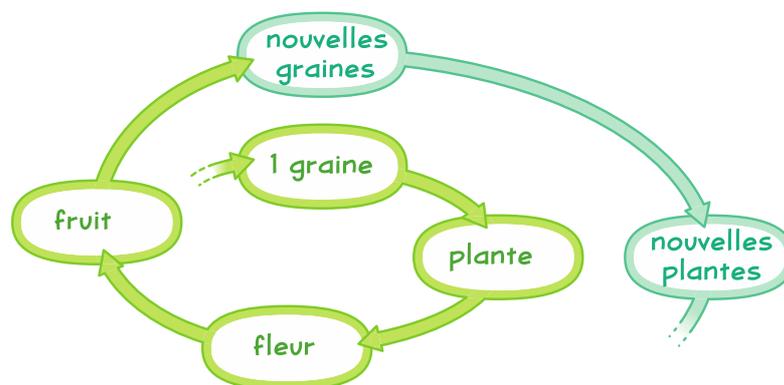


Figure 12: Modèle B - cycle de vie au sens botanique actuel

Des énonciations types d'élèves à propos de ce modèle sont :

« Au début c'est juste un noyau. Le noyau se développe, il germe et ça donne un petit cerisier. Quand il est grand, il fait des fleurs. Les fleurs fanent et donnent des cerises, c'est les fruits. Dans les cerises, il y a les noyaux. Après ça recommence comme ça tout le temps. [...] Les fleurs sont fécondées et ça donne des fruits. [...] il y a des grains de pollen qui doivent aller dans le pistil pour féconder les ovules » (garçon, 12 ans, Collège Alsace).

« Hier ist wieder der Samen. Aus dem Samen kommt der Baum raus. Hier sind dann die Blüten. Aus den Blüten werden die Kirschen. In den Kirschen sind ja auch Samen drin. Nach einer Zeit werden die Kirschen bräunlich und nach einer Zeit bleiben dann

⁴¹ Ces schémas ont tous été réalisés par Laurent Schmitt (laurentschmitt.pro@free.fr)

nur noch die Kerne übrig. Die fallen dann wieder runter und dann kommt ein neuer Baum [...] Die Biene streicht ja sozusagen über die Blume, die Pollen bleiben an ihrem Fell hängen. Dann bleiben die Pollen am Stempel hängen und durch den Stempel kommt da die Frucht⁴² » (fille, 11 ans, Realschule (RS) Baden-Württemberg).

Concernant les modèles de catégorie IH "intervention humaine", les élèves partent du principe que les plantes ne peuvent pas pousser sans la participation de l'humain. Une personne doit à chaque fois semer les graines. Pour cela elle les prélève soit du fruit (modèle IH1, Figure 13) soit d'une autre partie de la plante (modèle IH2, Figure 14).

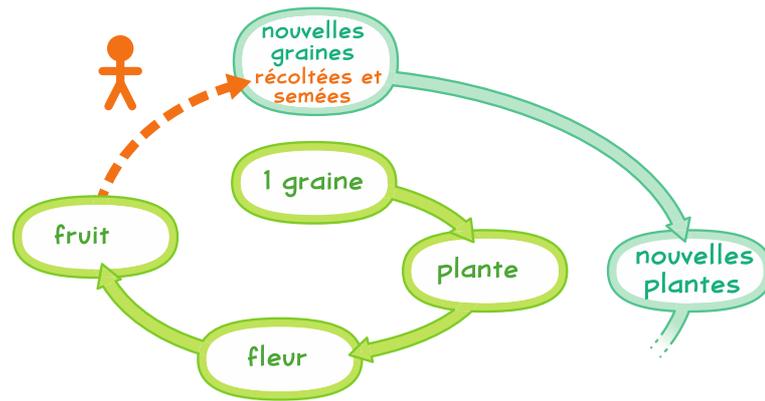


Figure 13: Modèle IH1 - intervention humaine, les graines provenant du fruit

Voici les énonciations types d'élèves répondant à la question "les graines peuvent-elles se répandre naturellement sans l'intervention de l'Homme ?" :

« Non parce qu'il faut l'enterrer parce que si on la laisse [la graine] dans le jardin et qu'on ne l'a pas enterrée, la graine ne va pas pouvoir se développer parce que les graines si on ne les plante pas dans la terre pendant qu'il fait jour, la graine va pourrir et ne sera plus bonne et le cerisier ne pourra plus pousser » (garçon, 10 ans, école élémentaire Alsace).

« Das wäre ein bisschen komisch, weil es dann auch richtig warm sein müsste. Mein Vater lässt die Samen schon ein bis zwei Wochen austrocknen. Wenn die Paprika dann schimmelt und dann die Samen übrig bleiben - also bis sie trocken sind - braucht es schon eine Weile, und dann sind sie ja schon in der Erde und die Erde ist feucht. Ich glaube das würde nicht gehen⁴³ » (garçon, 12 ans, RS Baden-Württemberg).

⁴² « Ici c'est à nouveau la graine. De la graine sort l'arbre. Ici ce sont les fleurs. Les fleurs deviennent les cerises. Dans les cerises il y a aussi des graines. Après un certain temps, les cerises brunissent et après un certain temps il ne reste plus que les pépins. Ils tombent à nouveau et après un nouvel arbre vient [...] L'abeille frôle la fleur, les grains de pollen restent accrochés à son pelage. Après les grains de pollen restent accrochés au pistil et par le pistil vient le fruit » (traduction personnelle)

⁴³ « Ce serait un peu étrange parce qu'il faudrait alors qu'il fasse aussi vraiment chaud. Mon père laisse tout de même sécher les graines une à deux semaines. Lorsque le poivron pourri et que les graines restent – enfin jusqu'à ce qu'elles soient sèches – il faut quand même un moment et puis elles sont aussi déjà dans la terre et la terre est humide. Je pense que ça n'irait pas » (traduction personnelle)

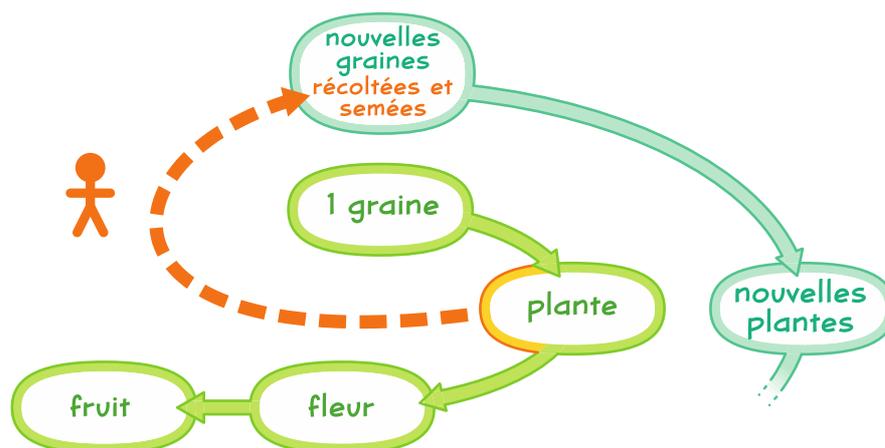


Figure 14 : Modèle IH2 - intervention humaine, les graines provenant d'une autre partie de la plante

Une réponse type à la question "d'où viennent les graines ?" est : « Là, dans la plante, dans la tige, ça commence à former des graines pour les récupérer ensuite » (garçon, 10 ans, école élémentaire Alsace).

Pour le modèle de catégorie G, le point de rupture se trouve au niveau des graines. Il existe quatre variantes :

(1) L'origine des graines n'est pas connue et la description du développement se termine par l'apparition et la pourriture du fruit ou la mort de la plante. Les élèves ont ainsi une conception au sens du développement d'un individu de sa naissance au fruit ou à sa mort (modèle G1, Figure 15).

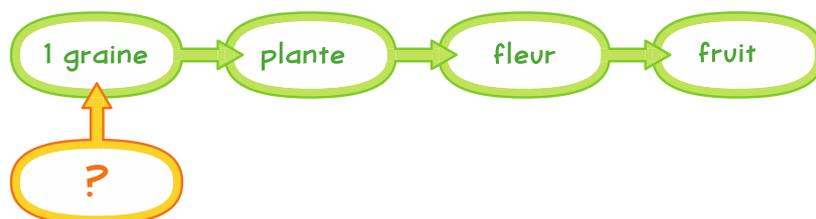


Figure 15 : Modèle G1 – développement au sens de l'individu de la graine au fruit ou à la mort de la plante, origine de la graine non connue

A la question sur l'origine des graines, une élève (10 ans ½, école élémentaire Alsace) a répondu : « Il y a des magasins où on peut les acheter [...] peut-être qu'ils les prennent d'un jard... je sais pas, parce qu'on ne peut pas les trouver comme ça les graines. » Cette élève mentionne également après leur formation, les pommes ou les cerises peuvent être cueillies. Si ce n'est

pas fait, ces fruits pourrissent. La plante forme ses fruits « *pour que les hommes puissent manger et pour faire à manger, peut-être de la compote* ». L'aspect utilitaire pour les humains y est certes mis en avant ; cependant la description du développement s'arrête avec la formation du fruit et aucun lien intergénérationnel n'est mentionné. Dans les modèles précédents illustrant l'intervention humaine (modèles IH1 et 2), les graines semées sont issues de la plante-mère ; le lien intergénérationnel y est donc formulé.

(2) Une graine se divise ou se multiplie. Ainsi plusieurs graines se développent à partir d'une seule graine (modèle G2, Figure 16).

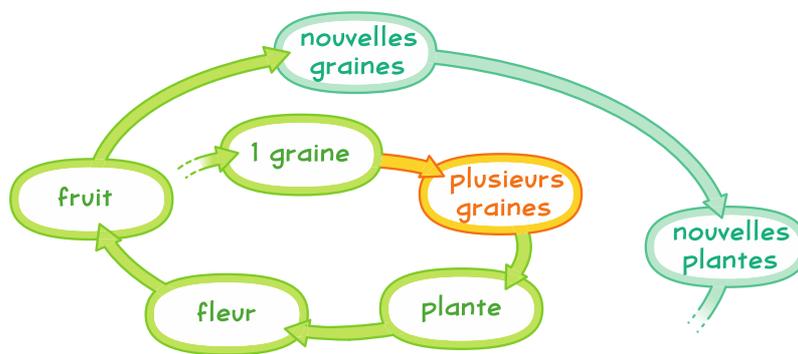


Figure 16 : Modèle G2 – une graine se divise ou se multiplie

Voici des exemples d'énonciations type pour ce modèle :

« *Après il y a la graine qui se divise* » (garçon, 13 ans, Collège Alsace).

„*Aus dem Samen kommen dann noch mehr Samen*⁴⁴“ (fille, 11 ans, RS⁴⁵, Baden-Württemberg).

„*Weil da der einzelne Samen ist ; da vermehrt er sich erst mal, dann entsteht die Pflanze mit ihren Wurzeln*⁴⁶“ (garçon, 14 ans, RS Baden-Württemberg).

(3) Ce n'est pas le fruit, mais la fleur qui comporte et dissémine les graines. Cette variante sera appelée cycle floral (modèle G3, Figure 17).

⁴⁴ « De la graine viennent encore plus de graines » (traduction personnelle)

⁴⁵ Par la suite, la Realschule sera abrégé par RS

⁴⁶ « Parce que là, il y a la graine individuelle ; alors elle se reproduit d'abord, puis la plante se développe avec ses racines » (traduction personnelle)

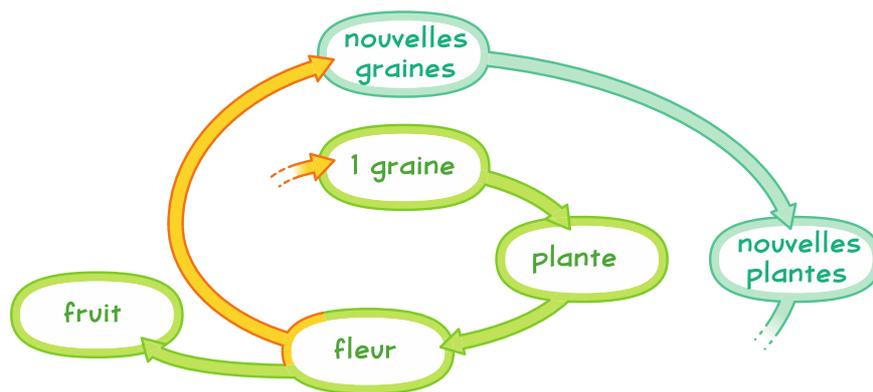


Figure 17 : Modèle G3 - cycle floral, graines issues de la fleur

A la question sur l'origine des graines, une réponse type d'élève est : « *Je dirai que celles-ci sont cédées par les fleurs. Peut-être en automne lorsqu'elles tombent*⁴⁷ » (garçon, 15 ans, RS Baden-Württemberg). Pour cet élève, le fruit se développe cependant dans la fleur « *au milieu sort alors une pomme*⁴⁸. » D'autres élèves n'identifient pas de fruit ou le confondent avec les bourgeons de fleurs. C'est essentiellement le cas pour la plante de moutarde.

(4) Les graines ne proviennent ni du fruit ni de la fleur, mais d'une autre partie de la plante comme par exemple de la tige ou des racines (modèle G4, Figure 18).

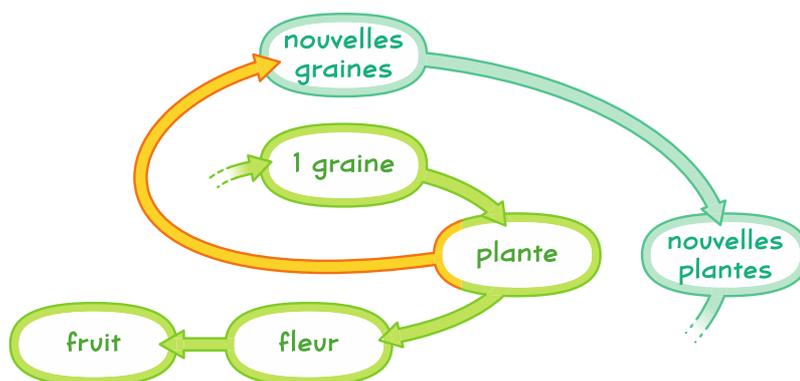


Figure 18 : Modèle G4 - graines issues d'une autre partie de la plante

⁴⁷ « Die würde ich sagen geben die Blüten ab. Also im Herbst vielleicht, wenn sie runter falle » (traduction personnelle)

⁴⁸ « Also in der Mitte kommt dann so ein Apfel raus » (traduction personnelle)

A la question sur l'origine des graines, une élève (11 ans, *RS Baden-Württemberg*) répondit : « *Aus der Erde. Ich glaube durch die Wurzeln kann ein Samen entstehen. Ich glaube, es muss auch ein Apfelbaum sein*⁴⁹. »

Le modèle de catégorie FF concernant le point de rupture “fleur-fruit” présente trois variantes (figures 8-10) :

(1) L'ordre chronologique correspond à celui du modèle botanique actuel (modèle B). Les élèves ne voient cependant pas de lien sexuel entre la fleur et le fruit (modèle FF1, Figure 19).

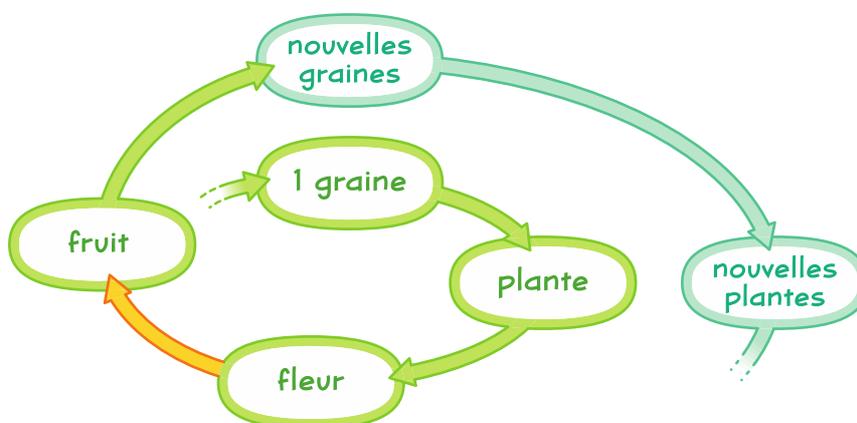


Figure 19 : Modèle FF1 - ordre chronologique, pas de lien entre la fleur et le fruit

Une énonciation type concernant ce modèle est : « *parce que les fleurs viennent avant les cerises*⁵⁰ » (garçon, 12 ans, *RS Baden-Württemberg*). Cet élève ne pense pas qu'il y a un lien entre la fleur et la cerise. Pour lui, le cerisier a ses fleurs « *pour que ça fasse aussi un peu joli [...]. Un arbre doit, tout comme l'homme, montrer comment il est [...] afin que les gens l'admirent*⁵¹ ».

(2) Les fleurs et les fruits se trouvent en même temps sur la plante sans lien sexuel (modèle FF2, Figure 20).

⁴⁹ « De la terre. Je crois par les racines, une graine peut se développer. Je crois, cela doit également être un pommier » (traduction personnelle)

⁵⁰ « Weil die Blüten früher kommen als die Kirschen » (traduction personnelle)

⁵¹ « Damit es auch ein bisschen schön aussieht [...] Ein Baum muss ja wie der Mensch zeigen, wie er ist [...] damit die Leute den Baum bewundern » (traduction personnelle)

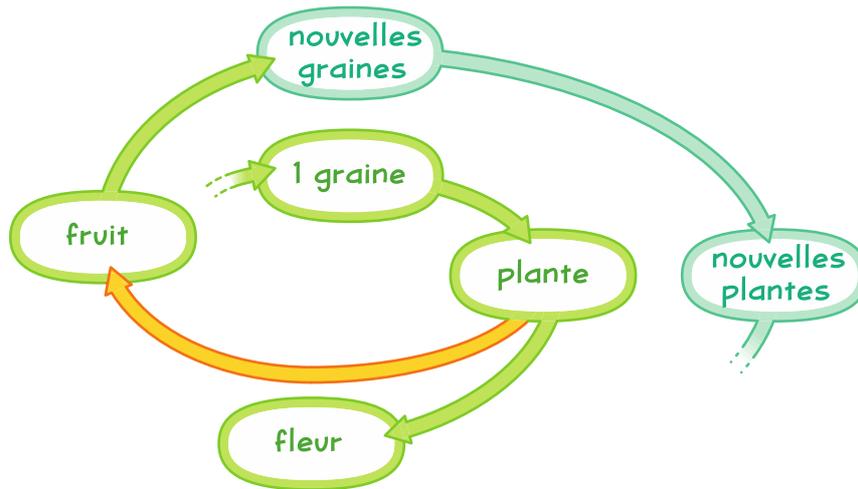


Figure 20 : Modèle FF2 - fleur et fruit sont en même temps sur la plante

Voici une énonciation d'élève pour ce modèle-ci :

„In der Nähe von der Blüte erscheint dann immer die Paprika. So war das halt immer bei uns ; da war die Blüte und dann in der Nähe so daneben beim Stock ist dann die Paprika gewachsen. Wahrscheinlich weil die Blüte direkt Kohlenstoffdioxid einatmet und das geht dann direkt in die Paprika da, dass dann die Paprika gleich wachsen kann⁵²“ (garçon, 12 ans, RS Baden-Württemberg).

(3) La fleur apparaît après le fruit (modèle FF3, Figure 21).

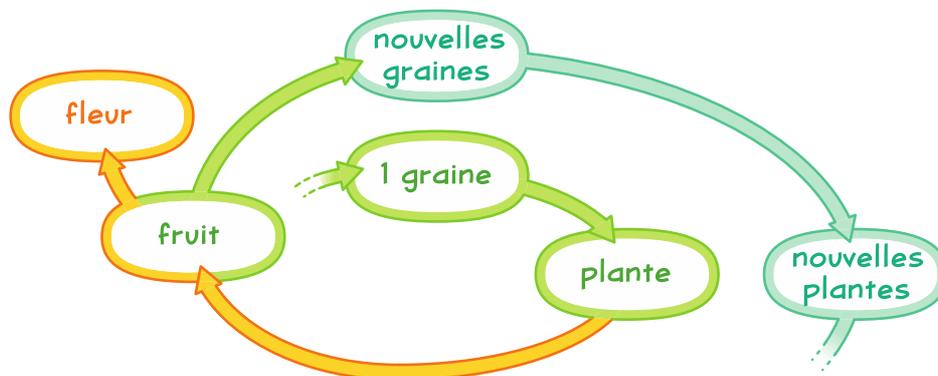


Figure 21 : Modèle FF3 - fruit puis fleur

Exemples d'énonciations type :

⁵² « A côté de la fleur apparaît alors toujours le poivron. C'était comme ça chez nous ; il y avait la fleur puis à côté près de la tige le poivron a alors poussé. Probablement parce que la fleur inspire directement le dioxyde de carbone et ça va alors directement dans le poivron là, pour que le poivron puisse alors de suite pousser » (traduction personnelle)

« La graine ; ça pousse ; il y a le poivron après ; quand il tombe et que la matière organique s'enlève, il y a les graines qui sont au sol qui peuvent repousser et quand le poivron est tombé, il y a une fleur, une fleur du fruit. » (fille, 12 ans, Collège Alsace).

„Zuerst wieder die Samen, dann wächst es, dann kommt die Paprika und dann blüht das. [...] Dass dann die Samen von der Paprika in die Erde und dann wächst wieder eine neue Paprikapflanze⁵³“ (fille, 12 ans, RS Baden-Württemberg).

Pour le modèle P, le point de rupture se réfère aux graines, à la fleur et au fruit. Les élèves qui utilisent ce modèle énoncent des concepts à la fois du modèle de catégorie G et du modèle de catégorie FF.

Une énonciation type d'élève est : « De la graine sort alors la plante ; ici viennent alors les fleurs ; des fleurs viennent les pommes et des fleurs sont toujours accrochées ; des fleurs viennent alors à nouveau des graines⁵⁴ » (modèle G3). Plus tard, cette fille (11 ans, RS Baden-Württemberg) rejette ce qu'elle a dit et ne croit plus que les pommes se développent à partir des fleurs, mais plutôt que les pommes et les fleurs se trouvent au même moment sur l'arbre (modèle FF2). Elle pense par ailleurs « Une graine peut se développer par les racines⁵⁵ » (modèle G4).

Aucune analyse statistique n'a été faite à partir des résultats sur les modèles mentaux, puisque le nombre de participants n'est pas représentatif. Ce sera l'objet de l'enquête principale. Cependant, certaines tendances concernant ces modèles peuvent être exprimées. Quelques élèves ont développé selon la plante des modèles mentaux différents. Ainsi une élève (12 ans, Collège Alsace) avait par exemple le modèle FF3 (fruit puis fleur) pour la plante de poivron et pour le pommier et le modèle B (au sens botanique) pour la plante moutarde et le cerisier ; un autre élève (11 ans, école élémentaire Alsace) avait le modèle IH1 (intervention humaine, graines du fruit) pour le pommier et le cerisier et le modèle IH2 (intervention humaine, graine d'une autre partie de la plante) pour la plante de moutarde et de poivron. Dans les deux premiers modèles (cerisier et pommier), l'élève a identifié les graines dans la pomme ou la cerise, « parce que quand je recrache un noyau, ça ressemble à ça ». Pour les deux autres plantes, il n'a ni identifié les graines ni les fruits au sens botanique (ou les contenants des graines). Il reste à savoir si les élèves catégorisent les plantes, tels que Meunier & Cordier (2004) l'avaient indiqué et s'ils développent au sein d'une catégorie de plante un modèle mental particulier. Même si les modèles mentaux diffèrent d'une plante à l'autre, les variantes

⁵³ « D'abord à nouveau les graines, puis ça pousse, après vient le poivron et puis ça fleurit. [...] Après les graines du poivron [vont] dans la terre et après une nouvelle plante de poivron pousse à nouveau » (traduction personnelle)

⁵⁴ « Aus dem Samen kommt dann die Pflanze raus ; hier kommen dann die Blüten ; aus den Blüten kommen Äpfel und Blüten hängen ja noch dran ; aus den Blüten kommen dann noch mal Samen » (traduction personnelle)

⁵⁵ « Durch Wurzeln kann ein Samen entstehen » (traduction personnelle)

se réfèrent la plupart du temps au même point de rupture. Une élève (10^½, école élémentaire Alsace) avait par exemple le modèle G1 (au sens du développement d'un individu) pour le cerisier et le pommier, le modèle G3 (cycle floral) pour la plante de moutarde et le modèle G4 (graines d'une autre partie de la plante) pour la plante de poivron. Tous ces modèles dévient du modèle scientifique au niveau de la graine, plus précisément au niveau de l'origine des graines.

Tous les élèves ayant une conception scientifique du développement d'un fruit, affirmaient l'avoir appris à l'école. D'autres conceptions ont été influencées par des observations et expériences extra-scolaires. Une élève (10 ans ½, école élémentaire Alsace) raconte par exemple : « *parce que mon voisin chez ma maman, il a un jardin et y a des fleurs et bien ils perdent des graines et alors il les ramasse et les replante et ça donne des fleurs* ». Cette élève n'évoque pas de fruit et ne sait pas d'où tombent les graines, seulement que « *les graines tombent et les fleurs se fanent [...] vite en fait* ». Certains élèves tentent d'unir leurs propres conceptions avec ce qu'ils ont appris à l'école. Un élève (12 ans, RS Baden-Württemberg) par exemple a appris à l'école que les végétaux ont besoin de dioxyde de carbone pour synthétiser de la matière organique et libèrent à cet effet du dioxygène (principe de la photosynthèse). Il sait également que le feu libère du dioxyde de carbone. Il en tire la conclusion suivante : « *s'il devait y avoir un feu, alors la plante brûlerait ou absorberait du dioxyde de carbone*⁵⁶ ». D'après cet élève, les végétaux ne pourraient pas vivre sans les humains puisqu'il « *n'y aurait pas non plus de feu. En fait, s'il n'y avait pas d'arbres, nous ne vivrions pas non plus puisque nous avons besoin d'oxygène*⁵⁷ ». Il y a donc une interdépendance entre les végétaux et les humains. Dans un autre exemple un élève (15 ans, RS Baden-Württemberg) a été interrogé sur l'origine des graines du cerisier :

E.⁵⁸: Je crois, les fleurs les cèdent [les graines], mais je ne suis pas sûr.

I.⁵⁹: Pourquoi les as-tu alors posées ainsi ? [images du fruit puis de plusieurs graines]

E.: Je l'ai comme ça en mémoire, mais je ne peux pas y répondre à 100%.

I.: Est-ce que tu l'as déjà vu quelque part?

E.: En cours de biologie avant, en classe 5. Je crois dans une sorte de film. [...] Je sais seulement encore que des oiseaux quelconques ont arraché des fruits et les

⁵⁶ « Wenn's brennen würde, dann würde die Pflanze verbrennen oder sie würde Kohlenstoffdioxid aufnehmen » (traduction personnelle)

⁵⁷ « Würde es auch kein Feuer geben. Eigentlich wenn's keine Bäume geben würde, würden wir auch nicht leben, weil wir brauchen ja den Sauerstoff » (traduction personnelle)

⁵⁸ E. : élève

⁵⁹ I. : enquêteur

transportent avec eux alors et ensuite laissent les graines posées et qu'ainsi quelquefois quelque chose de nouveau peut se former⁶⁰.

Cet exemple montre que la confrontation entre les conceptions et les discours de l'enseignement peut aboutir à des conflits cognitifs. La différence entre les concepts semble provoquer chez certains élèves des incertitudes sans pour autant effacer ou modifier les conceptions initiales.

2.2.2 Notions de cycle de vie et de développement

Les élèves ont dû définir ce qu'est pour eux le "cycle de vie des plantes à fleurs". La plupart des élèves d'Alsace, qui n'avaient pas d'enseignement sur le sujet auparavant, ont associé à cette notion une conception au sens du développement d'un individu : de la graine à la plante ou jusqu'à la mort de la plante. Après enseignement (voir également Tableau 2), les élèves ont davantage donné une explication cyclique (de la graine aux graines). 19 élèves d'Alsace sur 24 et 10 de ceux du *Baden-Württemberg* sur 14 ont entendu les notions de cycle de vie et/ou de développement. Les élèves ont essentiellement entendu ces notions en cours. Certains élèves d'Alsace ont cependant perçu ces notions dans les médias, par exemple dans des films documentaires ou des livres.

2.2.3 Réponses aux situations à expliquer

Le vieux chêne

Pour cette situation, 18 entretiens du *Baden-Württemberg* et 28 d'Alsace ont été considérés. Parmi eux, 11 élèves du *Baden-Württemberg* et 19 d'Alsace expliquent qu'un nouveau chêne peut pousser à partir des glands. C'est essentiellement des élèves d'Alsace (n=5) qui ont répondu qu'une intervention humaine était nécessaire : « *J'pense pas qu'il peut [y avoir un nouveau chêne], à part si [...] quelqu'un remet des graines pour que ça fasse un arbre, sinon j'pense pas* » (fille, 11 ans, école élémentaire d'Alsace). Dans l'étude de Nyberg, les élèves ont également eu tendance à évoquer le renouvellement du chêne soit à partir des glands soit à partir de l'ancien chêne.

⁶⁰ E. : Ich meine, die geben die Blüten ab, aber ich bin mir nicht sicher ; I. Warum hast du sie dann so gelegt? ; E. : Ich hab's so in Erinnerung, aber ich kann es nicht 100%ig beantworten; I : Hast du es schon irgendwo gesehen? ; Im Bio-Unterricht früher in der 5. Klasse. Ich glaube in einer Art Film. [...] Ich weiß nur noch, dass irgendwelche Vögel Früchte abreißen und dann die Früchte mit sich rumtragen und die Kerne dann liegen lassen und dadurch sich manchmal auch etwas Neues bilden kann. (traduction personnelle)

La ruche

Les réponses données dans les 37 entretiens considérés ont été regroupées en trois catégories. 1) Quatre élèves pensent qu'il y aura moins de pommes. Ils ont répondu que les abeilles en butinant prennent quelque chose de la fleur ce qui empêche la formation des pommes voire la formation des fleurs et donc des pommes : « *ça butine les fleurs et après il n'y aura plus de fleurs et moins de pommes* » (fille, 11 ans, école élémentaire d'Alsace). 2) Sept élèves disent qu'il n'y a pas de rapport entre la ruche et la formation de pommes. 3) Finalement 26 élèves sont d'accords avec Carine qu'il y aura plus de pommes. Les explications suivantes ont alors été données :

- Les abeilles transportent le pollen d'une fleur vers une autre (13) ;
- Les abeilles contribuent à la formation des pommes (sans spécifier) (5) ;
- Les abeilles, en transportant le pollen d'une fleur vers une autre, contribuent à la formation de plus de fleurs. Il y a donc plus de pommes puisqu'il y a plus de fleurs (3) ;
- Les abeilles transfèrent les étamines sur le pistil (1) ;
- Les abeilles prennent quelque chose (pour que la pomme puisse se développer) (1) ;
- Les abeilles apportent de la vie en prenant le nectar (1) ;
- Autres (2).

Ainsi, le fait que les abeilles prennent du pollen dans les fleurs ne signifie pas pour tous les élèves la même chose. Certains vont davantage penser à la fabrication du miel, d'autres que les abeilles empêchent par cette action la formation des pommes et encore d'autres que le transport du pollen d'une fleur vers une autre permettra la fécondation et la formation des pommes. Ces résultats correspondent à ceux trouvés par Nyberg (2004). Helldén (2000) et Nyberg (2004) ont souligné que certains élèves confondaient la pollinisation et la dissémination. J'ai également pu remarquer cette confusion auprès des élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg*. Un élève (13 ans, collège d'Alsace) dit par exemple : « *Après ils [les abeilles] vont lâcher du pollen un peu partout [...] sur la terre ; ça va faire d'autres pommiers* ». Un élève (14 ans, *RS Baden-Württemberg*) a même utilisé la notion de graine pour parler du pollen, notamment de son transport. Un autre (12 ans, *RS Baden-Württemberg*) utilise le terme de « *poussière de graine*⁶¹ » pour désigner la « *poussière de fleurs*⁶² », le pollen. Le mode

⁶¹ « Samenstaub » (traduction personnelle)

⁶² « Blütenstaub » ou « Pollen » : termes utilisés en langue allemande pour désigner le pollen.

de pollinisation et de dissémination est également confondu, dans ce cas essentiellement par des élèves du *Baden-Württemberg*. Ainsi, une élève (11 ans, *RS Baden-Württemberg*) évoque la « *dissémination par les animaux*⁶³ » pour expliquer que les pommes se forment grâce à la pollinisation des fleurs par les abeilles. Une autre élève parle de « *fécondation par le vent* » en décrivant la pollinisation par le vent : « *il existe aussi la fécondation par le vent, le vent souffle le pollen jusqu'au pistil et après c'est à nouveau la même chose avec le fruit*⁶⁴ » (11 ans, *RS Baden-Württemberg*). De manière générale, j'ai pu remarquer tout au long des entretiens, que certains élèves utilisent des termes telles par exemple fécondation, pollinisation et dispersion sans pour autant en avoir un concept botanique. La situation de l'entretien m'a permis de demander des précisions aux élèves quant aux termes utilisés.

2.3 Résumé et conclusion de l'enquête exploratoire

Les différents modèles mentaux sont représentés sur la Figure 22, regroupés en fonction des points de rupture ; le modèle au sens botanique se trouvant au centre. Aucune représentation n'a été faite du point de rupture P (plusieurs modèles), puisqu'il s'agit d'une combinaison de plusieurs des modèles déjà représentés. Les conceptions en rupture avec le modèle botanique actuel sont récapitulées dans le Tableau 3, regroupées en fonction des concepts-clés.

⁶³ « *Tierverbreitung* » (traduction personnelle)

⁶⁴ « *Es gibt ja auch Windbefruchtung, der Wind weht den Pollen zum Stempel und dann ist es wieder das gleiche mit der Frucht* » (traduction personnelle)

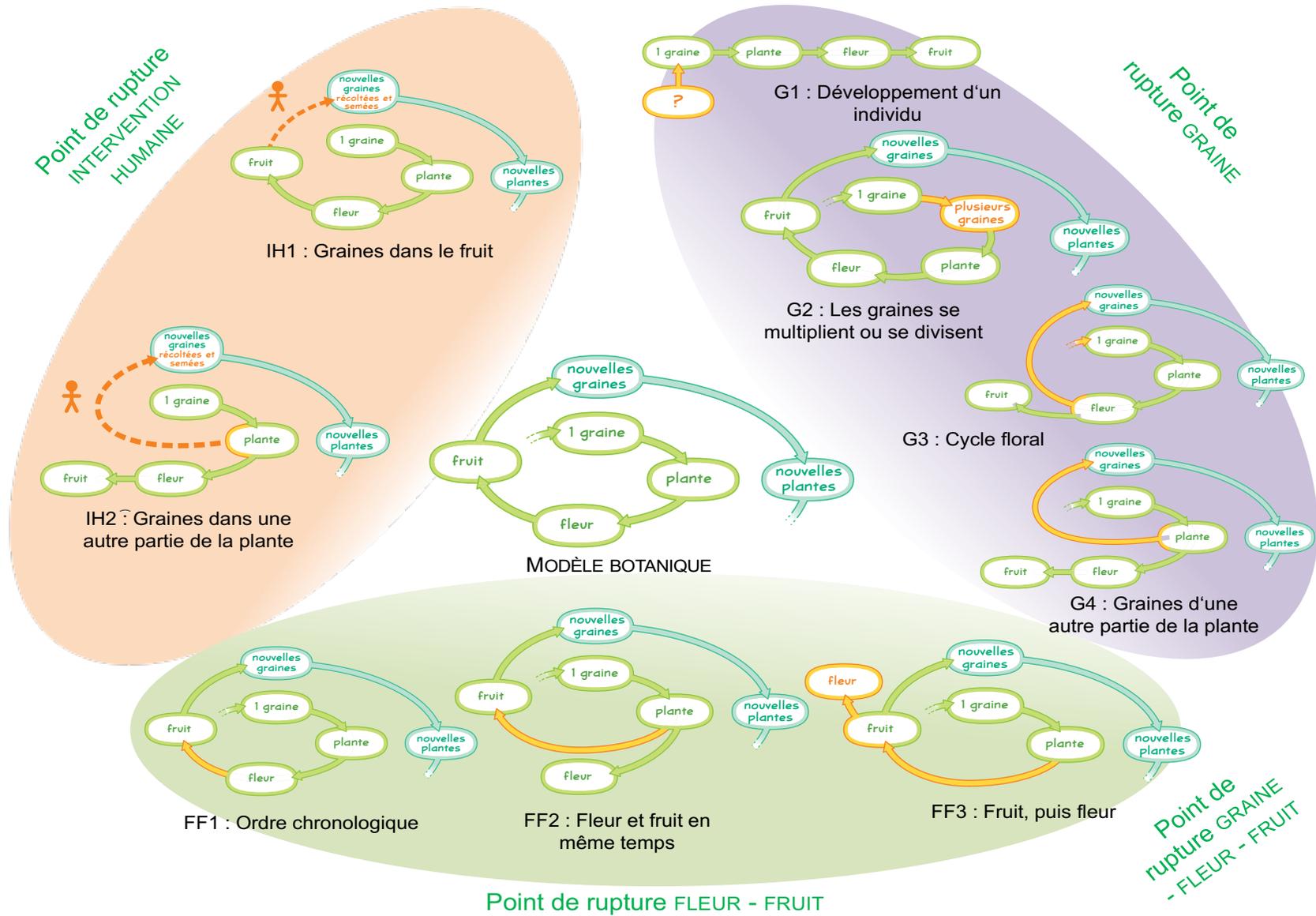


Figure 22 : Ensemble des modèles mentaux regroupés en fonction de leur point de rupture autour du modèle botanique actuel (au centre)

Tableau 3 : Dans les entretiens avec 49 élèves, les conceptions suivantes, en rupture celles des botanistes actuels, ont pu être identifiées lors de la description du cycle de vie végétal

Conceptions en rupture avec le modèle botanique					
	Graine	Fleur	Fruit	Plante	Pollen
Provenance	Plante Fleur Racines Tige Acheté Récolté par l'humain	Graine Feuille	Tige Pousse sur un arbre Graines de la fleur Graines	D'une fleur plantée Graine plantée, semée ou crachée par une personne humaine	Le pollen d'une plante peut polliniser une plante d'une autre espèce
Devenir	Une graine se multiplie / se divise Les graines traversent la plante pour arriver dans le fruit Intervention humaine nécessaire	Fleurs fécondées forment des fleurs Fleur ou plante en fleur = « aboutissement final » Développement en fruit	Le fruit se développe en fleur Fruit = « produit final »	Intervention humaine nécessaire pour que la plante puisse pousser (arroser, etc.)	Disséminé au sol pour faire pousser de nouvelles plantes Disséminé pour faire plus de fleurs (sur l'arbre)
Fonction	/	Esthétique Aucune fonction particulière Dissémination, libération des graines	« Etre mangé »	/	Provoquer des allergies Donner vie aux plantes Faire pousser d'autres fleurs (sur les branches) ou d'autres plantes
Catégorisation	Les glands ne sont pas des graines (ne permettent pas la naissance d'un chêne)	Fleurs (plantes qui ne forment pas de fruits au sens botanique)	Fruits (sucrés, juteux, pour le dessert) par opposition aux légumes (pour le repas)	Arbres fruitiers, plantes potagères avec légumes, plantes avec « fleurs »	
Confusion	Graine et pollen	Fleur / plante à fleurs	Fruit et graine (par exemple pour la plante du petit pois)		Graine et pollen

A partir des résultats de l'enquête exploratoire, trois principaux obstacles peuvent être dégagés. Le premier obstacle est une vision non pas centrée sur les végétaux, mais sur les apports de ces derniers pour l'humain ou les animaux. C'est une vision plutôt utilitaire. Ainsi par exemple, les végétaux ou leurs organes n'ont pas de fonction propre à la plante, mais servent uniquement la cause humaine ou animale. Considérer le fruit ou la fleur comme stade "final" afin qu'une personne puisse cueillir l'élément à des fins alimentaires ou de décoration met en arrière-plan ou omet toute fonction de reproduction de la plante. Il en est de même pour la définition du fruit comme élément comestible, souvent sucré et consommé par l'humain en dessert. Le pollen est alors perçu comme étant allergisant, mais aucune fonction de reproduction ne lui est attribué. Cet obstacle est directement lié au second qui concerne la catégorisation des plantes. Catégoriser les différentes plantes à fleurs, notamment en plantes qui *a priori* ont des fruits et ceux qui n'ont "que" des fleurs, ne permet pas de voir la similarité des différents processus pour l'ensemble des plantes à fleurs (au sens botanique). La non reconnaissance du fruit, empêche de comprendre l'ensemble de la reproduction sexuée de ces plantes (composée non seulement de la formation des graines mais aussi de celle des fruits contenant ces graines) et favorise la conception de la dissémination des graines à partir de la fleur (cycle floral). Il est ainsi très important de casser cette image du fruit comestible et sucré, d'élargir au maximum les exemples de fruits (au sens botanique) et de dégager leurs caractéristiques communes. Comme le mentionne Catherine Boyer (2000), c'est une conception particulièrement résistante. En ce sens, le fruit est un élément central dans la catégorisation des végétaux.

Le troisième obstacle est lié au lexique. En effet, le vocabulaire utilisé dans un registre commun ou dans un registre botanique n'est pas toujours identique et des confusions peuvent être faites. Par exemple, le terme de fleur signifie dans le registre commun tantôt la plante (à fleurs) tantôt la partie florale de la plante. Seule la partie de la plante comportant les organes de reproduction sera utilisée dans le registre botanique. Le fruit, fait également partie du registre diététique, par opposition au légume. En botanique, le fruit a une tout autre définition et certains légumes sont des fruits (comme par exemple la courgette ou l'aubergine) et d'autres ne le sont pas (comme par exemple la carotte). En allemand, la notion de graine ("*Same*") signifie d'une part la graine au sens botanique et d'autre part le sperme. Alors que la première est le "résultat" de la reproduction sexuée, le second intervient directement dans ce processus (tel le pollen). Ces difficultés lexicales seront étudiées plus en détail dans la deuxième partie de cet ouvrage. De fait, ces résultats, ainsi que la revue de littérature m'ont permis de mieux cerner le sujet de recherche et de préciser mon questionnement.

L'enquête exploratoire a montré qu'il existe effectivement différents modèles mentaux déviant du modèle botanique actuel. L'école, mais aussi les observations et expériences extra-

scolaires, semblent avoir une influence sur les conceptions qu'ont les élèves du cycle de vie végétal. Le langage semble également jouer un rôle important puisqu'il véhicule des conceptions culturelles (comme explicité précédemment avec la notion de fruit ou de graine). Il paraît ainsi essentiel de définir le contexte socio-culturel, y compris scolaire, de chaque région et de relever les similitudes et les différences. Existe-t-il des conceptions communes ? Ou des conceptions qui sont propres à une culture définie ? Y-a-t-il des modèles mentaux du cycle de vie végétal qui sont plus répandus auprès des élèves d'Alsace ou de ceux du *Baden-Württemberg* ? D'autres ne le sont-ils que rarement ? Existe-il encore d'autres modèles ? Les modèles mentaux sont-ils effectivement différents pour un même élève selon la catégorie de plante ? Les modèles mentaux sont-ils effectivement différents selon le type de plante ?

La lecture des programmes scolaires de France et du *Baden-Württemberg* a montré que l'expression même de cycle de vie n'apparaît que dans les textes français. Pourquoi est-ce le cas ? Cette expression est-elle moins courante dans la langue allemande ? Ou est-ce uniquement dans le milieu scolaire ? Qu'en est-il dans le milieu des sciences naturelles au niveau académique ? Depuis quand cette notion fait-elle partie du vocabulaire utilisé par les chercheurs ? J'ai choisi d'utiliser le cadre de la transposition didactique pour tenter de trouver des réponses à ces interrogations. Ce cadre sera défini au chapitre suivant, alimenté par des éléments théoriques et méthodologiques de l'éducation comparée.

L'enquête exploratoire a permis, non seulement de cibler davantage le questionnement de cette recherche, mais a également soulevé quelques points critiques, qu'il s'agira de considérer lors de l'enquête principale. La représentation graphique des modèles mentaux est valable pour la cohorte de l'enquête exploratoire. Il se peut, que cette représentation doive être adaptée, voire abandonnée, en fonction des résultats de l'enquête principale. Par ailleurs, la taille des plantes utilisées est prépondérante pour leur placement. Certains élèves placent ainsi les plantes dans l'ordre de grandeur. Ceci a également été constaté par Benkowitz (2014) et Nyberg (2004). Dans le cadre des entretiens, j'ai pu approfondir les explications données par les élèves, mais une enquête par questionnaire, par exemple, ne permet pas de le faire.

PARTIE 2 : ANALYSES CONTEXTUELLES

INTRODUCTION DE LA DEUXIEME PARTIE

Cette analyse contextuelle vise à mettre en avant, les particularités historiques, sociétales et scolaires quant au cycle de vie des plantes à fleurs ainsi qu’au rapport des humains à la nature et à l’environnement. Le cadre théorique de la transposition didactique a été choisi puisqu’il décrit, à différents niveaux, les références et conceptions véhiculés notamment par les chercheurs, les membres d’une communauté, les ministères, les auteurs et éditeurs de manuels, les enseignants et les élèves. Ce cadre théorique, alimenté par des éléments du champ de l’éducation comparée, sera précisé au chapitre 3. Les chapitres 4, 5 et 6 précisent les références issues de l’histoire des sciences et les aspects socio-culturels. Les chapitres 7 et 8 présentent les analyses du “*curriculum* à enseigner”, étudié à partir des programmes et manuels scolaires d’Alsace et du *Baden-Württemberg*.

Chapitre 3 : La transposition didactique et l'éducation comparée

La théorie de la transposition didactique proposée par Yves Chevallard puis complétée et approfondie par Jean-Louis Martinand (pratiques sociales de référence) et Pierre Clément (systèmes de valeurs) me paraît particulièrement adaptée puisqu'elle s'intéresse non seulement aux conceptions et aux acquis des apprenants mais prend également en compte le contexte sociétal et institutionnel : les "références" telles que définies par Pierre Clément (2006). En effet, pour cette analyse comparative, les connaissances scientifiques, le contexte socio-culturel avec ses pratiques sociales et ses systèmes de valeurs semblent être des facteurs importants pour comprendre d'éventuelles ressemblances ou différences quant aux conceptions qu'ont les apprenants. Je vais dans un premier temps définir la théorie de la transposition didactique telle que je l'entends. L'approche interrégionale et internationale apportera des informations complémentaires pour mieux comprendre les facteurs influençant les conceptions des apprenants. Et dans un deuxième temps, le cadre de l'éducation comparée sera fixé.

3.1 La transposition didactique

Mon travail s'inscrit dans la théorie de la transposition didactique selon le modèle décrit par Pierre Clément (2006). Il a repris et adapté son modèle à partir du travail effectué par Yves Chevallard, didacticien en mathématiques. C'est en 1985 qu'Yves Chevallard avait décrit la transposition didactique pour expliciter le passage du "savoir savant" au "savoir enseigné". Il reconnaît trois niveaux : le "savoir savant", le "savoir à enseigner" et le "savoir enseigné". Le "savoir savant" est produit par les institutions scientifiques (Bronckart et Plazaola Giger, 1998), principalement par les chercheurs (Astolfi *et al.*, 2008). A partir de celui-ci, un "contenu de savoir" sera désigné comme "savoir à enseigner". Chevallard nomme le passage entre le "savoir savant" et le "savoir à enseigner" une "noosphère", appartenant à ceux qui établissent les contenus d'enseignement notamment les didacticiens, les inspecteurs, les auteurs de manuels, etc. Finalement ce "savoir à enseigner" sera transposé en objet d'enseignement ou "savoir enseigné" (Astolfi *et al.*, 2008).

La transposition didactique est différenciée en transposition externe et interne. La première décrit les processus de sélection des contenus du "savoir savant" au "savoir à

enseigner” par une « *décontextualisation*⁶⁵ » (Paun, 2006, p. 5), la seconde comment les “savoirs à enseigner” sont transposés pour être enseignés en fonction du public d'apprenants. Dans le cadre de certaines recherches en didactique, notamment des sciences, la transposition didactique est utilisée pour analyser ce processus de sélection ainsi que la transposition en objets d'enseignement (Clément, 2006). Les “savoirs à enseigner” ont en quelque sorte un statut intermédiaire entre les “savoirs savants” et les “savoirs enseignés”. Lorsque les “savoirs savants” sont modifiés par l'évolution des connaissances scientifiques ou que les “savoirs à enseigner” sont intégrés aux savoirs communs, les “savoirs à enseigner” sont reconstruits et adaptés « *en fonction des besoins didactiques et sociaux* » (Astolfi *et al.*, 2008; Bronckart et Plazaola Giger, 1998). Arsac (cité par (cité par Astolfi *et al.*, 2008) mentionne également des objets d'enseignement qui sont créés à des fins didactiques et qui n'existent pas dans le “savoir savant”. Nous verrons au chapitre 4 que la représentation graphique du cycle de vie a également été créée par les chercheurs à des fins didactiques. Nous verrons dans le chapitre 7 que le concept du cycle de vie a été transposé dans les “savoirs à enseigner” en France, mais pas dans ceux du *Baden-Württemberg*.

D'autres chercheurs ont par la suite complété et approfondi ce modèle initial. Ainsi Jean-Louis Martinand a élargi la théorie de la transposition didactique par les pratiques sociales de référence. Pour lui, le “savoir savant” ne peut constituer la seule référence au “savoir à enseigner” puisque « *certaines pratiques scolaires résultent ainsi de pratiques sociales* » (Astolfi *et al.*, 2008, p. 184). Jean-Louis Martinand décline les pratiques sociales de référence en trois aspects : 1) « *ce sont des activités objectives de transformation d'un donné naturel ou humain (pratique)* » ; 2) « *elles concernent l'ensemble d'un secteur social, et non des rôles individuels (sociale)* » ; 3) « *la relation avec les activités didactiques n'est pas d'identité : il y a seulement terme de comparaison (“de référence”)* » (Martinand, 1986, cité par Astolfi *et al.*, 2008, p. 132-133). L'activité scolaire par laquelle le cycle de vie des plantes à fleurs peut être étudié est celle du jardinage. Au niveau sociétal et culturel, cette activité est pratiquée dans le domaine de l'agriculture mais également dans le cadre du jardinage familial. Pour Martinand, les “savoirs savants” décrits par Chevallard font partie, en tant que savoirs issus de la pratique de recherche scientifique, des pratiques sociales de référence (Astolfi *et al.*, 2008).

Michel Develay (1995, p. 27) évoque l'activité non seulement de « *didactisation* » qui « *vise à rendre opérationnelles des situations d'apprentissage* » mais également « *d'axiologisation* » permettant de choisir « *des contenus recelant certaines valeurs en jeu* ». Pour lui, la transposition didactique ne s'arrête pas au “savoir enseigné” mais les transformations s'effectuent jusqu'au

⁶⁵ Le cadre référentiel scientifique est remplacé par le cadre scolaire. Les contenus sélectionnés doivent ainsi être « recontextualisés » dans un contexte pédagogique (Paun, 2006).

« *savoir assimilé* » par l'élève (Develay, 1995, p. 26). A chaque niveau du processus de transposition correspondent des acteurs différents (les concepteurs des programmes, les enseignants et les élèves). La figure suivante illustre ces différents propos de la transposition didactique de Chevallard, de Martinand et de Develay.

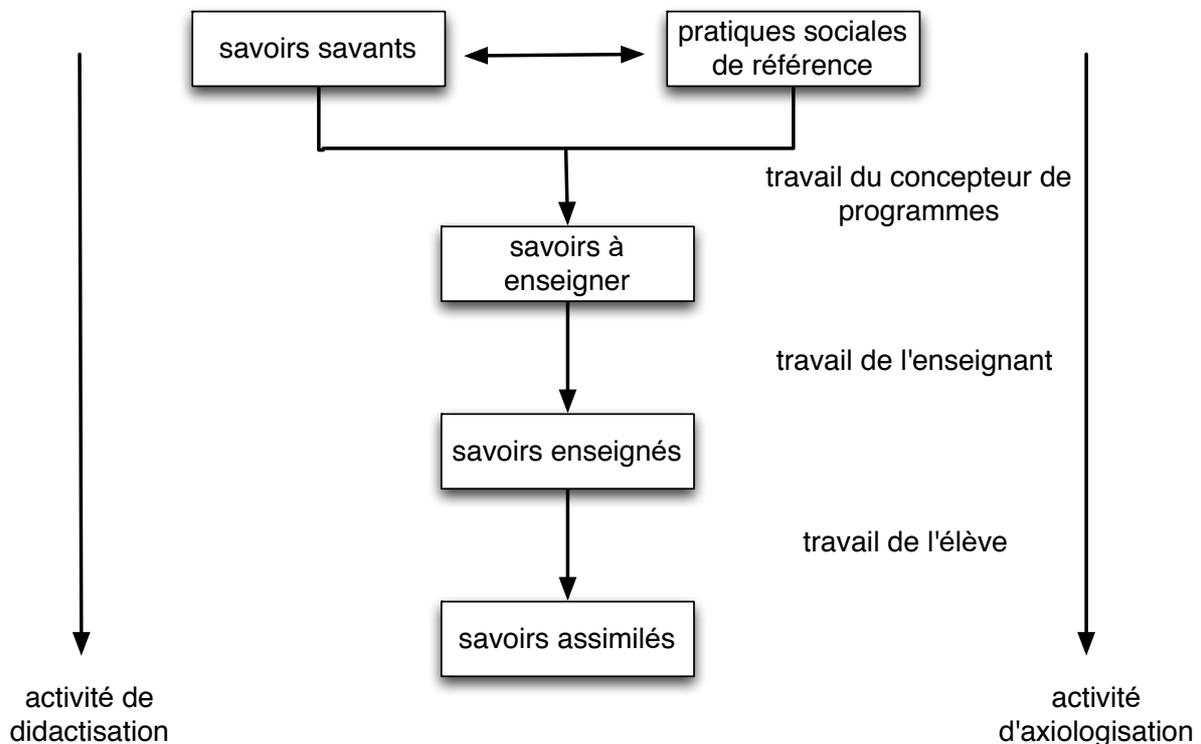


Figure 23 : La transposition didactique (d'après Develay, 1995, p. 27)

Pierre Clément (Clément, 2006) affirme que la transposition des savoirs est bien plus complexe et comporte les niveaux suivants : les « *références* » (publications scientifiques, pratiques sociales et valeurs dominantes), « *différents niveaux de vulgarisation scientifique* », les « *programmes scolaires* », les « *manuels scolaires* », « *ce qui est enseigné* » et « *ce qui est appris* » (Clément, 2010, p. 62) (Figure 24). Aussi, chaque niveau a non seulement une action sur le niveau suivant mais sur tous ceux qui suivent. Ainsi les objets enseignés par les enseignants ne sont pas uniquement issus des programmes et des manuels scolaires, mais peut également émaner d'autres vulgarisations scientifiques, de reportages, etc. Ces derniers font plutôt partie des « savoirs savants » popularisés. Dans la transposition didactique proposée par Pierre Clément, « *le savoir est remplacé par les interactions KVP qui caractérisent les conceptions des acteurs à chaque étape de la transposition* » (Clément, 2010, p. 63). Il définit les conceptions comme une interaction entre trois pôles : les connaissances scientifiques (K), les valeurs (V) et les pratiques sociales (P) telles que définies par Jean-Louis Martinand (voir ci-dessus). Il définit les valeurs (V) par « *ce qui fonde le jugement [...] retrouvé à la base des opinions, des*

croyances, des idéologies, des positions philosophiques, morales ou éthiques » (Clément, 2010, p. 64). Les connaissances scientifiques « renvoient à ce qui a été publié [...] dans des revues reconnues par la communauté scientifique » (Clément, 2010, p. 63) et fait référence au “savoir savant” décrit par Chevallard en 1985. La lettre K, désignant le *Knowledge*, a été choisie pour éviter le débat entre les notions de *connaissance* et de *savoir*⁶⁶ (Castéra et Clément, 2010). Pierre Clément insiste sur la nécessité d'analyser les conceptions des acteurs aux différents niveaux de la transposition didactique. Cette analyse peut s'avérer utile pour comprendre le processus même de cette transposition. Clément rend attentif au fait que les savoirs scientifiques peuvent être “justes” à une période ou époque et s'avérer “faux” par la suite (Clément, 2006). L'histoire des sciences illustre bien ce propos.

Par ailleurs, Pierre Clément a utilisé dans ses études (entre autres sur l'éducation à l'environnement ou dans le projet Biohead-Citizen) deux approches « *contrastives* » (2004, p. 56) pour décrire le développement et l'enseignement des savoirs scientifiques. L'approche internationale permet entre autres d'identifier des similitudes et des différences entre les connaissances scientifiques à enseigner ou enseignées et de les mettre en lien avec « *les caractéristiques socioculturelles de chaque pays* » (Clément, 2010, p. 63). Une analyse historique permet de comparer ces phénomènes éducatifs à différentes époques au sein d'un pays ou d'une région ou « *d'analyser l'évolution des connaissances scientifiques* » (Clément, 2004, p. 55).

⁶⁶ Tiberghien (Tiberghien, 2002) associe la connaissance à l'individu alors que le savoir émerge dans le cadre d'une institution sociale après validation par les pairs.

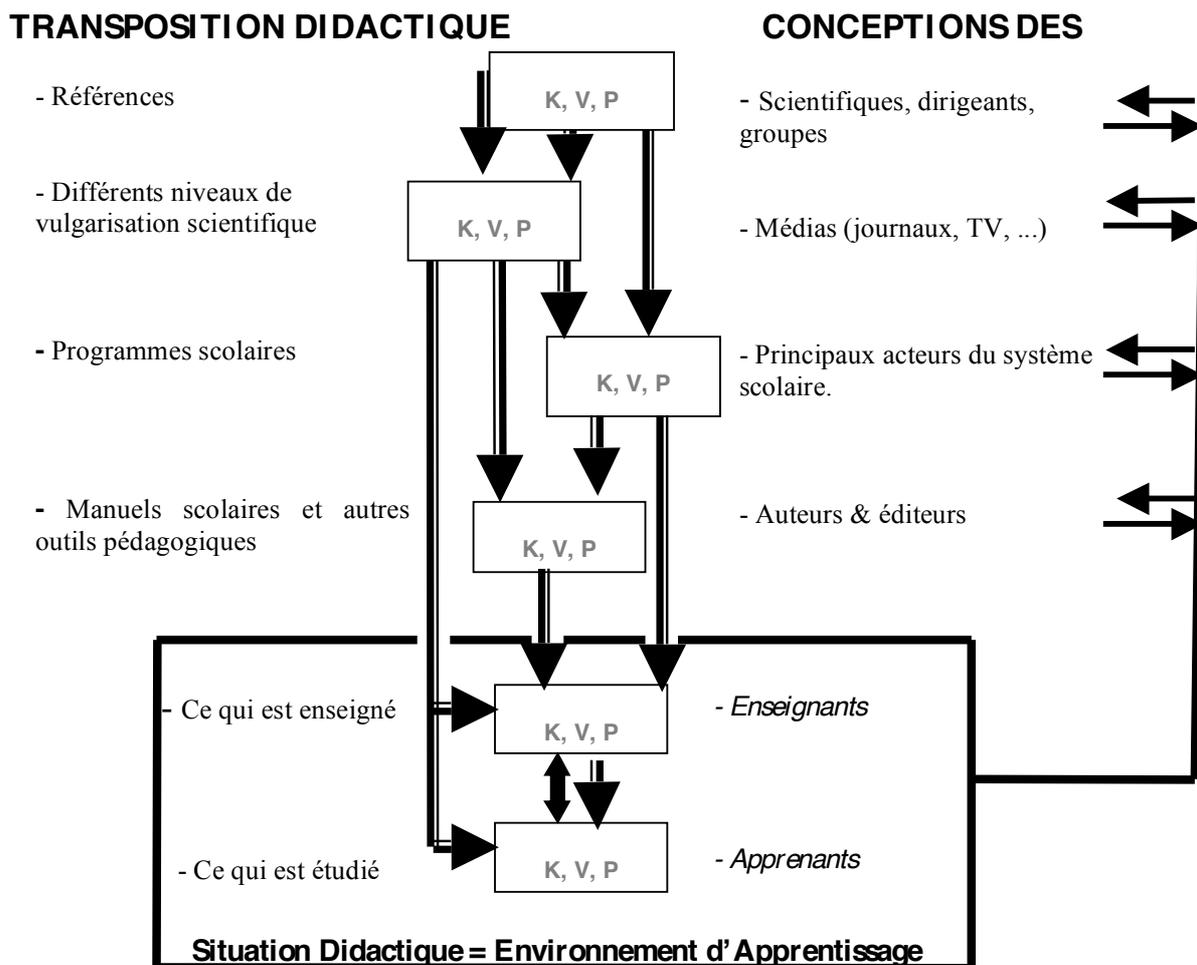


Figure 24 : La transposition didactique associée aux conceptions des différents acteurs établie par Pierre Clément (2014)

Je vais illustrer par la suite le modèle de la transposition didactique tel que je l'ai adapté à mon sujet de recherche (Figure 25). J'ai décliné le modèle en quatre niveaux : les références scientifiques et socioculturelles, le "curriculum à enseigner", le "curriculum enseigné" et les conceptions comportant les "connaissances restituées". J'utiliserai également la double approche évoquée ci-dessus. Ainsi les références scientifiques seront analysées par une approche historico-épistémologique et les références socioculturelles par une approche comparative entre l'Allemagne et la France. La culture scolaire fera partie des références socioculturelles. Le "curriculum à enseigner" sera étudié à travers les programmes et les manuels scolaires. J'utiliserai ici une approche comparative entre l'Allemagne (plus précisément le *Baden-Württemberg*) et la France. Le "curriculum enseigné" et les "connaissances restituées" seront relevés dans mes études de terrain à partir des conceptions des enseignants et des élèves. Cependant le "curriculum enseigné" sera très peu développé,

puisque j'ai fait le choix d'approfondir davantage les conceptions des élèves comme cela a été défini par l'objet du présent travail de recherche. Je m'efforcerai de tenir compte des trois pôles KVP tels qu'ils ont été définis par Pierre Clément et qui sont contenus dans le sens donné au concept de *curriculum* (voir ci-dessous). Cela sera essentiellement possible pour l'analyse du contexte scientifique et socioculturel ainsi que pour celle du "*curriculum* à enseigner". Cependant, ni les pratiques, ni les valeurs ne seront relevées explicitement dans les enquêtes de terrain. La Figure 25 illustre les différents éléments de la transposition didactique. Elle fournit également des indications quant à la méthodologie et l'approche utilisées pour relever les conceptions propres aux différents acteurs et/ou véhiculées dans les textes.

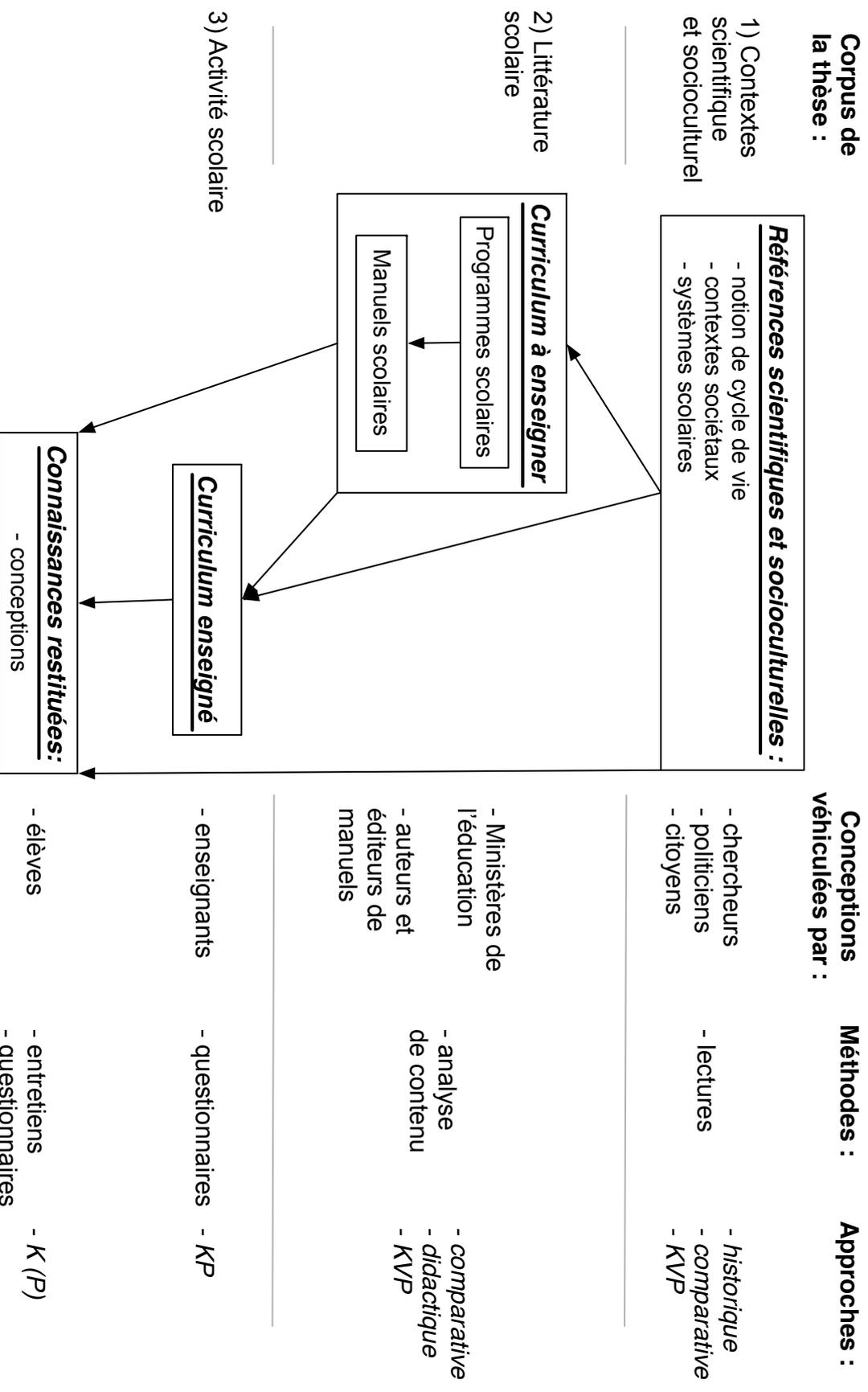


Figure 25 : Schéma de la transposition didactique adapté au présent sujet de recherche

Je tiens à préciser le sens donné au terme de *curriculum*. Celui-ci est à comprendre dans un sens large et général tel qu'il est défini notamment par Jean-Claude Forquin ou par Demeuse, Strauven et Roegiers.

Dans l'introduction de son ouvrage *Sociologie du curriculum*, Forquin (2008) décline les différents sens du terme de *curriculum* (du plus strict au plus large).

Tableau 4 : Sens donnés au terme de *curriculum* par Forquin (2008, p. 8)

Un curriculum c'est :	
Du plus strict	<p>« un programme ou un plan d'étude [...] considéré dans sa globalité systémique, dans sa cohérence didactique, dans sa continuité chronologique »</p> <p>« ce qui est réellement enseigné dans les classes »</p> <p>« le "contenu latent" de l'enseignement ou de la socialisation scolaire », « le curriculum caché »</p>
au plus large	<p>« la dimension cognitive et culturelle de l'enseignement », « le fait que l'école véhicule et transmette (ou vise à transmettre) ce qu'on appelle généralement, dans le langage ordinaire de la pédagogie, "des contenus", connaissances, compétences, représentations, valeurs »</p>

C'est ce dernier sens (au plus large) qui me paraît intéressant pour ce travail de recherche puisqu'il comporte les trois pôles énoncés par Pierre Clément pour décrire les conceptions. Demeuse, Strauven et Roegier (2006, cité par Rey, 2010, p. 3) mettent également l'accent sur « les valeurs qu'une société souhaite promouvoir ». Ils déclinent le *curriculum* par ailleurs « comme une vision d'ensemble des directives pédagogiques comprenant :

- Les apprentissages à installer ;
- Les stratégies pédagogiques et les processus didactiques à mettre en œuvre ;
- Les supports didactiques ou les aides pédagogiques (dont les documents et manuels scolaires) ;
- Les contenus-matières ou contenus disciplinaires ;
- Les résultats attendus et les modalités d'évaluation ;
- Les modalités de gestion du curriculum. »

L'évaluation ne sera cependant pas considérée dans le présent propos. L'accent sera plutôt mis sur une réflexion comparative entre les formes curriculaires incluant la culture

scolaire⁶⁷ en France et en Allemagne avec une analyse historique et didactique à partir des programmes officiels et des manuels scolaires ainsi que les conceptions des élèves. Comme évoqué ci-dessus, les conceptions des élèves émanent non seulement du cadre scolaire mais également de leur contexte socioculturel.

3.2 L'éducation comparée

L'éducation sera comprise dans cette étude comme « a) la composante pluridisciplinaire des sciences de l'éducation ; b) qui étudie des phénomènes et des faits éducatifs ; c) dans leurs relations avec le contexte social, politique, économique, culturel, etc. ; d) en comparant leurs similitudes et leurs différences dans deux ou plusieurs régions, pays, continents, ou au niveau mondial ; e) afin de mieux comprendre le caractère unique de chaque phénomène dans son propre système éducatif et de trouver des généralisations valables ou souhaitables ; f) dans le but final d'améliorer l'éducation » (Van Daele, 1993,16-17).

Plusieurs éléments essentiels et propres à l'éducation comparée sont mis en avant dans cette définition. Au-delà d'une démarche comparative, l'éducation comparée est considérée comme une « spécialité au sein des sciences de l'éducation » (Groux, 1997). Le phénomène éducatif est considéré dans son contexte global avec la prise en compte des aspects historiques, socio-économique et politique. Chaque système ou institution éducative est le fruit de son histoire, de sa culture et a, de ce fait, ses spécificités, ses cohérences et ses contradictions (Perez, Groux et Ferrer, 2002). La théorie de la transposition didactique telle que je l'ai définie au début du chapitre, tient également compte de ces différents aspects. Dans le cadre de l'éducation comparée, ces particularités seront relevées, considérées pour l'analyse et comparées. Cette comparaison peut avoir lieu au niveau international, mais également intranational en comparant un phénomène dans des contextes différents. L'éducation comparée explique les différences et les similitudes en se référant aux différents contextes évoqués ci-dessus (Groux, Pérez, Porcher, Rust et Tasaki, 2003). Enfin, dans cette définition, les fins de l'éducation comparée sont énoncées : une fin cognitive et herméneutique cherchant à comprendre « des faits expliqués par leur interprétation en référence aux intentions qui les ont inspirés » (Meuris, 2006) ; ainsi qu'une fin pragmatique visant l'amélioration de l'existant.

En ce sens, le présent travail de recherche s'inscrit dans le champ de l'éducation comparée, puisque j'étudie les conceptions des apprenants (b) issus de deux régions (Alsace

⁶⁷ Culture scolaire : « ensemble de connaissances, de compétences, de références ou de valeurs qui font l'objet d'une transmission délibérée dans le cadre de programmes d'études formellement prescrits » (Forquin, 2008).

et *Baden-Württemberg*), de deux pays (France et Allemagne) (d), en lien avec le contexte scientifique, socio-culturel et scolaire (c), et que je cherche à comprendre les similitudes et les différences (e) dans le but de proposer des stratégies didactiques (f). Cependant une généralisation (e) ou un transfert de pratiques ne seront pas recherchés. Ce qui m'importe dans ce travail, c'est de comprendre les conceptions qu'ont les apprenants sur le cycle de vie des végétaux en Alsace et au *Baden-Württemberg* : quelles sont ces conceptions et quels sont les facteurs qui les influencent ? Les apprenants d'Alsace et du *Baden-Württemberg* ont-ils des conceptions identiques ou différentes ? Je cherche à expliquer d'éventuels différences ou similitudes par la comparaison en tenant compte du contexte dans lequel baignent les apprenants : à savoir dans un espace géographique (la France / l'Allemagne, l'Alsace / le *Baden-Württemberg*), un espace culturel (avec les systèmes de valeurs qui y sont véhiculés), un espace scolaire (système scolaire, enseignement soumis à des programmes et utilisant des manuels scolaires) ainsi qu'un espace personnel (marqué par les expériences, les pratiques, les intérêts).

La comparaison entre ces deux groupes, permettra d'obtenir des informations complémentaires et de mieux cibler les facteurs d'influence ou d'identifier des conceptions transversales indépendantes des facteurs scolaires. En ce sens, « *la lecture des points communs et des différences relatives à un problème général apporte des informations plus intéressantes que celles qu'apporterait une lecture de ce même problème, dans un seul contexte* » (Groux, 1997).

Pour mieux expliquer les différentes dimensions qui seront retenues pour cette étude comparée, je me suis appuyée sur le schéma proposé par Bray et Thomas (1995). Leur "cube" (Figure 26) illustre l'interaction entre les niveaux géographiques, les groupes démographiques et les aspects de l'éducation et de la société étudiés. Bray et Thomas y décrivent sept niveaux, six groupes et sept aspects.

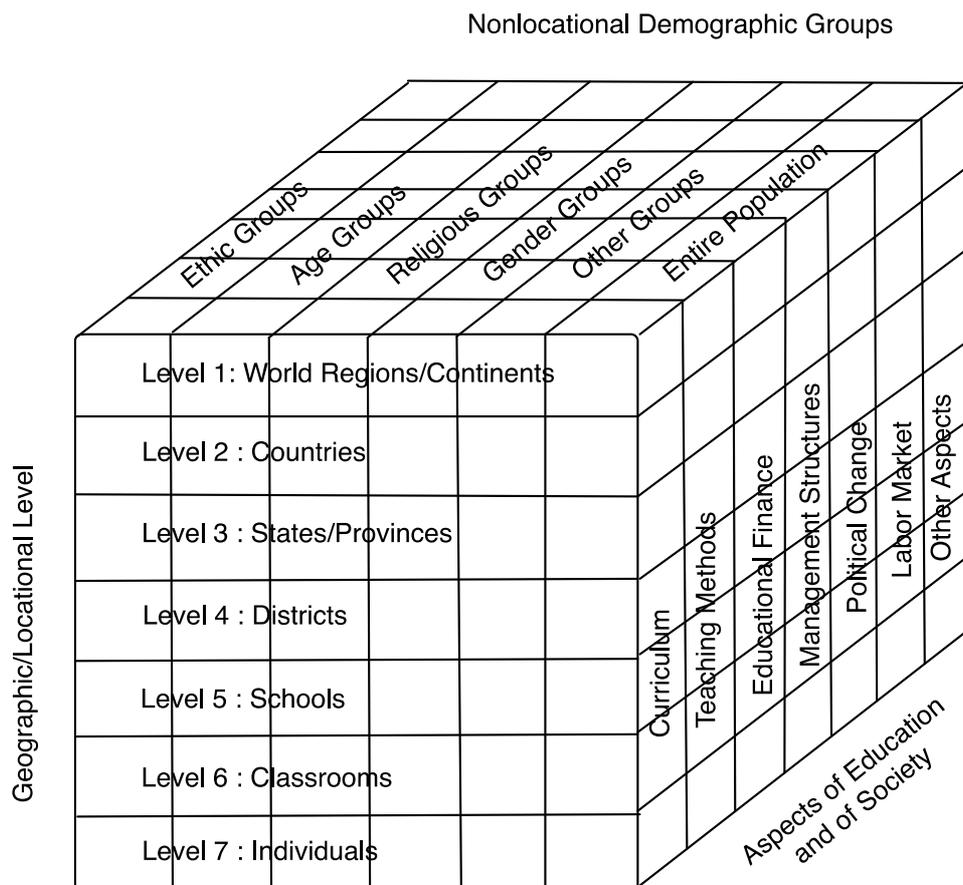


Figure 26 : Cube de Bray et Thomas décrivant les dimensions de l'éducation comparée (d'après Bray, Adamson et Mason, 2010, p. 21)

Les études qui se sont appuyées sur ce schéma ont étendu et adapté les différentes dimensions à leur terrain. Pour mon étude il me paraissait important d'utiliser une analyse à multi-niveaux ce qui permet de prendre en compte les contextes nationaux et régionaux avec des études de cas au niveau de l'individu. Manzon (2010, p. 104) cite à cet effet le « *principe en psychologie qui conçoit le développement des individus comme situé dans un nid d'environnements écologiques, "chacun à l'intérieur de l'autre, comme un set de poupées russes" (Bronfenbrenner 1979, p. 3)* ». Il me semble qu'étudier et comparer uniquement les conceptions des apprenants sans tenir compte de leur milieu de vie et de leur milieu scolaire, ne me permettrait pas de dégager des facteurs d'influence possible ni d'expliquer d'éventuelles similitudes ou différences. C'est ainsi que j'ai adapté le schéma de Bray et Thomas comme suit (Figure 27).

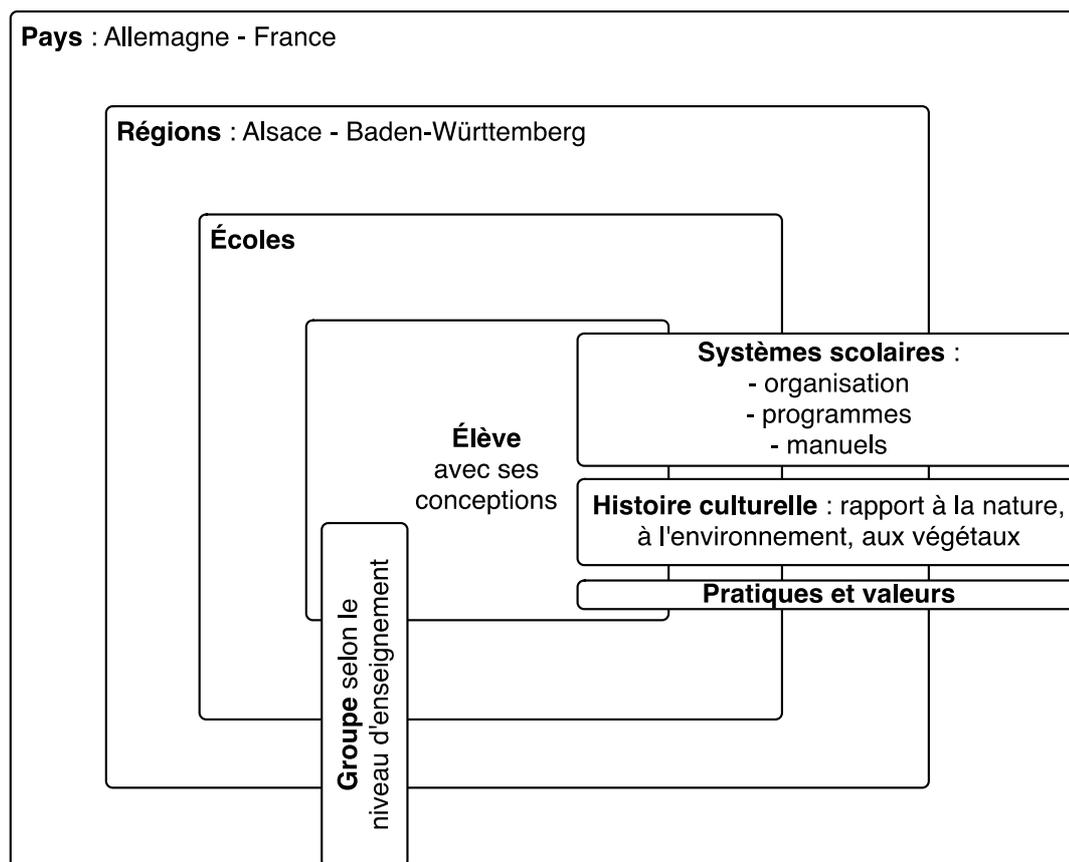


Figure 27 : Objets, unités et dimensions considérés pour l'étude comparée des conceptions des apprenants en Alsace et au *Baden-Württemberg*

Les niveaux géographiques dans notre cas sont les deux pays (Allemagne et France), les deux régions (Alsace et *Baden-Württemberg*), les écoles et l'individu qu'est l'élève. Notre étude ne peut en effet pas se restreindre à étudier les pays sans les régions, puisque nous avons besoin d'un terrain commun pour la comparaison. La politique éducative étant centralisée en France et gérée par les *Länder* en Allemagne, il ne nous était ainsi pas possible de considérer l'Allemagne comme entité. L'élève est le niveau le plus petit. Il fréquente l'école, cette école est située dans une région et la région fait partie du pays. L'élève baigne ainsi dans des cultures, comprenant les pratiques et les valeurs, propres à chacun des autres niveaux géographiques. Ces pratiques et valeurs, que nous retrouvons dans le modèle de la transposition didactique, font partie des "aspects de l'éducation et de la société" (décrit par le modèle de Bray et Thomas) tout comme les systèmes scolaires et l'histoire culturelle détaillés dans la Figure 27. Par ailleurs, je n'étudierai pas l'ensemble des élèves, mais je me restreindrai à certains niveaux d'enseignement (notamment de la 5^e année à la 8^e année d'enseignement).

Cette étude comparative s'appuie sur plusieurs unités d'analyse, l'unité principale étant la comparaison des conceptions des élèves. Mais la comparaison des lieux (avec leurs cultures et valeurs) et celle des systèmes scolaires (avec leurs programmes d'enseignement)

seront également étudiées puisqu'elles font partie du contexte évoqué ci-dessus. Je serai ainsi amenée à rechercher des similitudes et des différences, des éléments transculturels et des spécificités pour chaque unité d'analyse.

L'analyse à multi-niveaux est renforcée par l'utilisation de méthodes de recueil et d'analyse qualitatives et quantitatives. Une approche quantitative permet d'obtenir des tendances et d'exprimer les points clés par des chiffres et des pourcentages. Cependant la compréhension, l'explication des faits par interprétation des contextes, requièrent des méthodes qualitatives, permettant d'approfondir les aspects. La triangulation de ces méthodes permet de renforcer et de valider les résultats (Allemann-Ghionda, 2010).

Cependant, une comparaison ne peut avoir lieu que s'il existe un « *tertium comparationis* » (Allemann-Ghionda, 2010, p. 21), des critères de comparabilité qui permettent « *d'établir une comparaison valide et une hypothèse qui valide la comparaison* » (Bereday, 1964, cité par Manzon, 2010, p. 92). J'utiliserai la méthode de George Bereday pour établir ces critères de comparabilité. Selon son approche, l'analyse comparée devrait se faire en quatre étapes : la description, l'interprétation, la juxtaposition et la comparaison. La première étape consiste à décrire les données pédagogiques de chaque pays étudié, la seconde à l'interprétation et l'évaluation de ces données en les mettant en perspective avec les contextes politique, social, économique et historique. La troisième étape permettra alors de juxtaposer ces données interprétées et d'identifier les différences et les similitudes permettant d'établir les catégories comparables et de formuler l'hypothèse de la comparaison. De cette manière, les données sont ordonnées et préparées pour la comparaison qui suivra. C'est à la dernière étape qu'une comparaison simultanée sera effectuée en se basant sur les catégories à comparées et les hypothèses formulées (Bereday, 1967; Manzon, 2010).

Dans la présente recherche, la comparaison au sens de Bereday n'aura lieu qu'à partir des données de l'enquête principale. Ce modèle comporte les phases suivantes :

1. Description des données pédagogiques ;
2. Interprétation des données pédagogiques en fonction du contexte (politique, historique, social, ...) ;
3. Juxtaposition pour établir les similarités et les différences et formuler les hypothèses ;
4. Comparaison avec vérification des hypothèses et conclusion.

Dans cette deuxième partie du manuscrit, les références scientifiques et socio-culturelles sont simplement décrites afin de pouvoir les mettre en perspectives avec les résultats des analyses concernant les "*curricula* à enseigner" et les conceptions des apprenants voir des enseignants (partie 3). Afin de pouvoir générer des critères de

comparabilité, le *curriculum* à enseigner sera juxtaposé, mettant ainsi en évidence les différences et les similitudes. Ces critères contiendront également le cadre terminologique qui sera utilisé pour l'enquête de terrain dans les deux régions. Les résultats de l'enquête exploratoire ont été décrits précédemment. A partir de toutes ces analyses, des hypothèses seront formulées. La comparaison, à proprement parler, se fera à partir des données de l'enquête principale qui seront éclairées par les descriptions et interprétations précédentes.

INTRODUCTION AUX REFERENCES EN SCIENCES NATURELLES ET DANS LE CHAMP SOCIO-CULTUREL

Les trois chapitres suivants présentent, d'une manière assez large, le contexte scientifique et socio-culturel du sujet de recherche. En effet s'intéresser aux conceptions qu'ont les élèves du cycle de vie des plantes à fleurs incite à s'appropriier à la fois le concept scientifique du cycle de vie végétal et de s'intéresser à l'élève en tant qu'apprenant au sein d'un pays, d'une culture. Dans le cadre de la théorie de la transposition didactique (chapitre 3), cette partie fait référence à ce que Chevallard nommait le "savoir savant", élargi des pratiques sociales de références et des valeurs. L'objectif de ces chapitres est double. D'une part l'analyse historico-épistémologique des conceptions sur le cycle de vie et la reproduction sexuée des plantes à fleurs me permettra de dégager les obstacles épistémologiques (chapitre 4). D'autre part, les aspects socio-culturels, dont font parties les systèmes scolaires, permettront de dégager certaines valeurs socio-culturelles et éducatives des deux pays concernant le rapport à la nature, à l'environnement et à l'éducation (chapitres 5 et 6).

Chapitre 4 : Analyse historico-épistémologique du cycle de vie des plantes à fleurs

L'analyse historico-épistémologique qui sera faite dans ce chapitre me permettra de dégager d'une part, l'évolution de la perception du temps et d'autre part, les principales connaissances concernant la reproduction des plantes à fleurs. Cette étude s'intéresse non seulement aux conceptions qu'ont les élèves de la reproduction sexuée des plantes à fleurs, mais interroge également leur mode de raisonnement, cyclique ou linéaire. Analyser l'évolution de la perception temporelle me permettra de présenter différentes représentations d'une pensée cyclique et linéaire. Pour faciliter la lecture et la compréhension de l'ensemble, j'aborderai ces deux éléments par période historique, en commençant par les Mésopotamiens pour arriver aux botanistes actuels. La présentation de ces éléments historiques ne sera pas exhaustive, mais permettra d'une part, d'éclairer les conceptions actuelles et plus particulièrement celles des élèves, et d'autre part, de relever les obstacles auxquels se sont heurtés les chercheurs avant de percer le "mystère" de la sexualité des plantes.

4.1 L'ancienne Egypte et la Mésopotamie

Les anciens Egyptiens et les Mésopotamiens (entre autres les Babyloniens) cultivaient de nombreuses plantes potagères, des céréales, des fleurs, des arbres et arbustes fruitiers ainsi que des palmiers. Leur conception du temps s'inscrivait « *dans un double cycle lunaire et saisonnier* », avec l'alternance du soleil et de la lune ainsi que les changements écologiques au cours des saisons (Cosnard, 2005, p. 71). Ils pratiquaient la pollinisation artificielle du palmier-dattier en rapprochant les inflorescences mâles des inflorescences femelles. Ils avaient ainsi connaissance du caractère dioïque du palmier-dattier (Jahn, 1998). Cependant la formation des fruits qui en résultait était considérée comme divine, du fait des dieux (Wit, 1993). Cette pratique a par la suite été observée et décrite par d'autres civilisations. C'est également dans l'ancienne Egypte que fut retrouvée la plus ancienne représentation de l'Ouroboros⁶⁸ – le serpent qui se mord la queue (Figure 28). Il est symbole de l'éternel recommencement et de la perpétuité cyclique puisqu'il réunit en lui le début et la fin, sans interruption. Il symbolise également le mouvement ce qui se traduit par la forme en cercle du serpent et par la puissance interne qu'utilise l'animal pour avancer sans membres

⁶⁸ Etymologie : du grec ourá : "queue" et boròs ("vorace, glouton, dévorant")

(Charbonneau-Lassay, 1990) bien que certains Ouroboros ne soient pas représentés par des serpents mais plutôt par des dragons. L'image de « *la perpétuité du renouvellement de la vie* » est donnée par le fait que le serpent vit de sa propre chair (en se mordant la queue), ce qui sous-entend qu'il se reconstitue au fil du temps tel un lézard auquel on couperait la queue (Charbonneau-Lassay, 1990, p. 3). La figure de l'Ouroboros a par la suite été reprise par d'autres civilisations, entre autres par les philosophes grecs de l'époque antique.

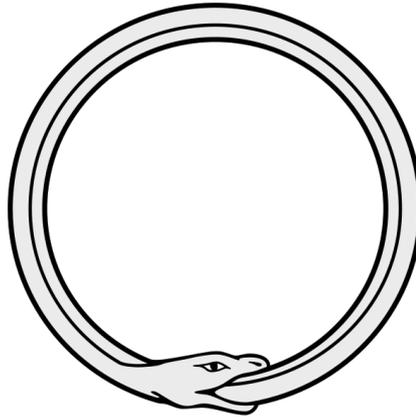


Figure 28 : Représentation simple de l'Ouroboros⁶⁹

4.2 Les philosophes grecs de l'époque antique – premiers éléments de l'étude des plantes

Pour les philosophes grecs le renouvellement de la vie est une suite ininterrompue de naissances et de disparitions, de générations et de corruptions. On y retrouve l'idée d'unité et de permanence de la matière tant pour les êtres animés qu'inanimés. Les réalités observées sont expliquées par la composition (chez Empédocle) ou par la transmutation (chez Aristote) des quatre éléments, feu, air, terre et eau (Haguenauer, 1991). Leur idée de la circulation de la vie était intuitive. Pour Empédocle, deux principes, l'Amour et la Haine, activent l'évolution et la combinaison de ces quatre éléments. La différenciation des sexes résulte de ces principes : de l'Amour qui unit et de la Haine qui sépare (Daugey, 2015).

Certains de ces philosophes s'intéressaient aux plantes. Ainsi Anaxagore (499 à 428 av. J.-C.) décrit que les plantes sont engendrées lorsque les semences (dans le sens *spermata*⁷⁰) contenues dans l'air sont précipitées avec la pluie (Wit, 1992). Menestor de Sybaris décrit la germination des graines, le développement des racines et des fruits (Morton,

⁶⁹ Source : Par AnonMoos [Public domain], via Wikimedia Commons

⁷⁰ Spermata : « particules incompréhensiblement nombreuses, invisibles et petites [...] qualitativement différentes, mais immuables et en perpétuel mouvement » ils se forment « dans l'atmosphère par l'agglomération de particules d'air » (Wit, 1992, p. 323-324, 1993, p. 168-169)

1981). Dans la botanique hippocratique, l'idée était répandue que les fruits se développent grâce au liquide huileux et épais que les plantes extraient du sol. Lorsque ce liquide atteint le sommet de la plante, celui-ci se transforme sous l'action du soleil en fruit. Si la plante n'arrive pas à extraire assez de liquide du sol, aucun fruit ne peut se former (Wit, 1993). Aristote (348-322 av. J.-C.) a attribué aux plantes et aux animaux des caractéristiques communes en tant qu'êtres vivants, tels que l'alimentation, la croissance, le mouvement (dans le sens développement). Les plantes étaient cependant considérées comme des êtres inférieurs puisque dépourvues d'émotion et de pensée (Morton, 1981), dotées d'une seule âme nutritive contrairement aux animaux qui ont à la fois une âme nutritive et sensitive (Bretin-Chabrol et Leduc, 2009). L'utilité des plantes pour les êtres vivants supérieurs (dont l'Homme) justifierait leur existence (Magnin-Gonze, 2009). Il exprimait d'autres analogies entre ces deux êtres :

- Les plantes sont des « *animaux enracinés* » ;
- Les graines des plantes sont comme les œufs des animaux, constituées d'un embryon et d'une substance nutritive ;
- Les plantes se nourrissent par leurs racines qui correspondent d'un point de vue fonctionnel et morphologique à la bouche et à la tête des animaux (Morton, 1981, p. 28).

Cependant, Aristote ne conçoit pas une sexualité propre aux plantes (Duris et Gohau, 1997) bien qu'il décrive « *le rôle fécondant de la poussière prolifique des fleurs* » (Haguenaer, 1991, p. 90) pour le palmier-dattier tel que pratiqué avec la pollinisation artificielle par les Mésopotamiens. La sexualité dans le sens d'une rencontre entre deux sexes est pour Aristote une caractéristique propre aux animaux et non pas aux végétaux puisque ces derniers ont une âme de rang inférieur. Il accepte par contre l'idée de reproduction des plantes, puisqu'elles fructifient. Cependant la plupart des plantes ont à la fois un sexe mâle et femelle réunis ; une rencontre entre les deux n'est ainsi pas nécessaire. Au-delà de la caractéristique sexuelle, la nature mâle et/ou femelle d'une plante est avant tout une caractéristique culturelle : « *Ils projettent en effet sur les plantes la représentation culturelle du masculin et du féminin qu'ont les sociétés antiques* » (Bretin-Chabrol et Leduc, 2009, p. 205). Les caractéristiques du mâle sont en ce sens la résistance, la robustesse et une taille plus grande, celles de la femelle la fragilité, la petitesse, mais également la capacité à porter les fruits (Bretin-Chabrol et Leduc, 2009; Magnin-Gonze, 2009). Aristote avait compris la fonction du pollen, comme une matière nutritive permettant de déclencher la formation du fruit à partir d'un germe déjà présent. Cette idée sera reprise par Malpighi et Grew au XVII^e siècle (Wit, 1993).

Dans la pensée d'Aristote, le développement des plantes suit le cycle des saisons. Par la suite Théophraste (372-287 av. J.-C.), élève d'Aristote, attribue quatre caractéristiques à la

matière : le chaud et le froid, l'humide et le sec. Il observe les différentes manifestations des plantes en fonction de ces caractéristiques et des saisons : « *les feuilles des arbres poussent au printemps, avec le chaud et l'humide, les qualités de l'air ; elles tombent en automne, avec le froid et le sec, qualités de la terre* » (Haguenauer, 1991, p. 22). Il approfondit l'étude des plantes et établit la botanique comme science à part entière. Dans son ouvrage *Causes des plantes* il décrit le développement et la reproduction des végétaux. Il instaure une analyse méthodique et systématique. Il crée sa propre terminologie et distingue les parties durables (racine, tronc, branche) des parties éphémères (feuille, fleur, fruit, tige et graine) de la plante (Morton, 1981; Wit, 1992). Tout comme Aristote, Théophraste considère que la fonction définit l'organe. Une tige a ainsi pour fonction de véhiculer les aliments recueillis par les racines (Magnin-Gonze, 2009). Quant à la formation des graines et des fruits, il n'arrive pas à définir une théorie cohérente (Morton, 1981). D'après lui, la formation des graines se fait après ou avec la fleur. Par contre les deux ne sont pas nécessairement liées puisqu'il décrit également des plantes qui produisent apparemment des fruits sans qu'il y ait eu de fleurs (le figuier qui a une sycone⁷¹) ou qui ont des fleurs fertiles et stériles (tel que le concombre avec ses fleurs mâles et femelles⁷²). Pour lui, les fleurs stériles du concombre sont des fleurs incomplètes qu'il faut ôter puisqu'elles empêchent la croissance même du concombre. Théophraste livre le récit de la pollinisation du figuier par les Blastophages (Insectes Hyménoptères) ainsi que celle du palmier-dattier (Wit, 1993). Cependant d'après lui, secouer l'inflorescence mâle sur le palmier femelle permet à ce dernier de conserver les fruits (Daugey, 2015). La plupart des plantes observées par Théophraste développent des fruits et des graines après les fleurs. D'ailleurs il se détourne plus ou moins de l'idée de génération spontanée (avancée par Aristote) et pense que les graines sont issues du développement de la plante ou apportées par la dissémination en se référant aux travaux d'Anaxagore (Morton, 1981). Théophraste attribuait au fruit et à la graine les mêmes fonctions : force de germination et croissance. Pour lui, il s'agissait du même organe même s'il les démarquait morphologiquement (Wit, 1993).

Aristote et Théophraste attribuaient une nature femelle aux plantes qui donnaient des fruits. Les éléments mâle et femelle étaient souvent définis par des caractéristiques opposées : chaud/froid, sauvage/domestique, grand/petit, un bois plus ou moins dur... (Daugey, 2015).

⁷¹ L'inflorescence est à l'intérieur de ce que l'on pourrait qualifier de jeune figue (dans la langage quotidien) qui doit être pollinisée et fécondée avant de se développer en figue comestible telle que nous la connaissons. Le réceptacle floral est donc refermé sur lui-même, ce qu'on appelle un conceptacle.

⁷² Seules les fleurs femelles se développent en fruits mais nécessitent tout de même le pollen de la fleur mâle.

4.3 L'époque romaine

Les travaux de Théophraste ont été utilisés à la fin de l'Antiquité, à l'époque romaine par des écrivains romains dans le domaine de l'agriculture (Morton, 1981). Ainsi plusieurs écrits professionnels sur l'agriculture ont vu le jour parmi lesquels on peut citer ceux de Portius Cato (234-149 av. J.-C.) et Lucius Junius Columella (I^e s. ap. J.-C.) (Jahn, 1998). Les observations et descriptions de Théophraste, notamment concernant la reproduction des plantes, leur habitat et leur milieu (caractéristiques du sol, du climat, etc.) ont pu être utilisées en agriculture (Morton, 1981). Ces écrits ont eu des répercussions jusqu'au Moyen-Âge. Par ailleurs, d'après Cosnard (2005, p. 72), « *les Romains conjuguent deux approches de la notion de temps. Un temps linéaire destructeur personnifié par Cronos et un temps cyclique régénérateur représenté par Chronos-Saturne* ». En effet, Chronos est le dieu grec du temps et de la durée, assimilé à Saturne dans la mythologie romaine alors que Cronos est représenté par un ogre qui dévore ses enfants. Le développement du christianisme au Moyen-Âge a cependant modifié la conception du temps.

4.4 Le Moyen-Age – caractère utilitaire des plantes

Au Moyen-Âge, avec l'affirmation du christianisme, une nouvelle approche du monde a eu des répercussions à la fois sur la représentation de la nature et sur la perception du temps. Contrairement à la pensée des philosophes grecs de l'Antiquité et à l'idée d'un monde éternel, la Bible décrit que ce dernier résulte d'un acte planifié chronologiquement, organisé par son créateur Dieu⁷³ (Haguenaer, 1991; Jahn, 1998). Avec la Genèse et l'idée de la fin des temps (apocalypse), la conception temporelle devient linéaire (avec un début et une fin). Sur certains aspects, la description de la nature dans la Bible est en rupture avec les découvertes des anciens philosophes grecs. Les plantes ont été créées au troisième jour en même temps que le ciel, la terre et l'eau. Elles font ainsi partie du monde inanimé puisqu'elles sont immobiles (Jahn, 1998). Seul Dieu est à l'origine de la naissance et de la croissance des végétaux et des animaux, y compris des humains. Il est présenté comme source de vie. Par ailleurs, « *la vie n'est pas vue dans la bible comme primaire biologique, c'est-à-dire comme un phénomène des sciences physiques et naturelles, mais en première ligne existentielle, dans une dimension temporelle (=durée de vie)⁷⁴* » (Jahn, 1998, p. 97). La végétation quant à elle, n'est

⁷³ Il faut cependant préciser que l'idée d'une « intelligence créatrice » organisant les phénomènes de la nature existait déjà dans l'ancien royaume d'Égypte ainsi que chez les Grecs de l'Antiquité. Notamment Platon attribuait ainsi la création du monde à l'œuvre d'un « artisan divin » (Mayr, 1989, p. 98).

⁷⁴ « *Leben wird in der Bibel nicht primär biologisch, d.h. als ein naturwissenschaftliches Phänomen, sondern in erster Linie existenziell, in seiner zeitlichen Dimension (=Lebensdauer) gesehen* » (traduction personnelle)

pas décrite d'après une classification botanique (comme cela a été le cas pour les anciens), elle met en avant l'utilité pour les humains et les animaux. Ainsi les plantes ont été créées par Dieu de manière à produire de suite des graines et des fruits (Jahn, 1998) permettant de nourrir les humains et les animaux. Cette représentation de la nature modifiera également le rapport entre les humains et la nature (ce sera l'objet du chapitre suivant). La conception du temps subit également une rupture entre un temps divin et infini symbolisé par le cycle et un temps humain et fini linéaire (Cosnard, 2005). Cette rupture permettra cependant l'évolution de la science et de la technique notamment agricole au Moyen-Âge (Petit, 1997). Les connaissances en botanique n'ont pas beaucoup évolué à cette époque et l'étude des plantes était essentiellement rattachée à la pharmacologie, à la médecine et à l'agriculture (Jahn, 1998; Morton, 1981). Je nommerai cependant Albert le Grand (~1200-1280) qui s'est appuyé sur les œuvres d'Aristote pour rédiger son ouvrage *De vegetabilibus*. Les plantes y sont étudiées pour elles-mêmes et non pas dans un but utilitaire tel que c'était le cas pour les herbiers et les recueils de recettes caractéristiques de l'époque. En ce sens, il ne se contente pas de la seule explication divine des phénomènes naturels (Jahn, 1998). Il décrit en détail les différents éléments d'une fleur (calice, corolle, étamines et pistil, sans utiliser ces termes et sans percevoir leur signification). Il avance que « *les fleurs annonçaient les fruits* » (Wit, 1993, p. 395) et associe ainsi la fleur à la fructification. Il désignait comme "fleur" uniquement celle qui pouvait donner un fruit. Ainsi les chatons mâles du noisetier, et d'autres plantes à fleurs précoces (qu'il avait étudiées) sont définis comme des éléments non essentiels, assimilables à des excréments. Tout comme ses prédécesseurs, il ne différencie pas morphologiquement le fruit de la graine (Wit, 1993).

Ce n'est qu'à la Renaissance que les écrits de Théophraste ont été redécouverts notamment dans l'ancien espace romain par leur disponibilité en langue latine.

4.5 La Renaissance – formation des fruits et des graines comme caractéristique de l'espèce

André Césalpin (1519-1603), italien, observe en détail la morphologie des végétaux. Il reprend et approfondit les écrits d'Aristote. Pour lui, les graines sont la finalité de la création des plantes (Wit, 1993). Il désigne le tronc, les racines, les feuilles ainsi que les organes liés à la fructification comme caractéristiques des plantes supérieures. Il décrit par ailleurs que les graines sont composées d'un embryon et d'un ou de deux cotylédons (les termes de plantes mono- et dicotylédones sont actuellement utilisés en botanique) ayant une fonction nutritive (Magnin-Gonze, 2009; Morton, 1981). D'ailleurs, c'est le mélange de l'eau avec le « *contenu laiteux des graines* » qui permet la croissance de la racine, de la tige et des cotylédons sous

l'action de la chaleur enfermée dans la graine (Wit, 1993). Il détaille l'apparition de la racine et de la tige avec une croissance vers le bas ou vers le haut imposée (Magnin-Gonze, 2009; Wit, 1992). La germination peut être épigée ou hypogée (Morton, 1981). Animiste, il compare les animaux et les végétaux. La fleur est alors décrite comme enveloppe protégeant les jeunes graines qui sont issues de la « *moelle de la tige* » sous l'effet de la chaleur vitale (Wit, 1993, p. 198). Cependant, la fleur n'est qu'une « *excrétion de matière non utilisée* » (Wit, 1993, p. 197) qui dépérit lorsque la fructification est engendrée. Par ailleurs Césalpin considère qu'une vraie fécondation est superflue ; il explique la pollinisation artificielle du palmier-dattier par le transfert de chaleur de la fleur mâle vers la fleur femelle permettant ainsi la formation du fruit. « *C'est l'arrivée de la nourriture [sous l'effet de la chaleur] qui détermine l'apparition du fruit* » (Wit, 1993, p. 198). Cependant il reconnaît le fruit comme étant « *le maillon principal pour la pérennité* » qui donne des informations sur les liens de parenté (Wit, 1992, p. 200). Il établit ainsi un nouveau système de classification basé sur le nombre de graines et d'éléments du fruit (Haguenauer, 1991; Jahn, 1998). Celle-ci met en avant la notion d'espèce (Duris et Gohau, 1997). Son contemporain, Conrad Gesner (1516-1561), médecin naturaliste suisse, utilise les fleurs et les fruits pour classer les végétaux, ce qui offre une approche par le genre et par l'espèce (Haguenauer, 1991). Gesner et Césalpin considèrent la reproduction comme principale caractéristique d'une espèce (Magnin-Gonze, 2009). Par ailleurs, Gesner illustra toutes les plantes qui lui étaient connues de manière détaillée en incluant à chaque fois les fleurs, les fruits et les graines (Morton, 1981). Joachim Jung (1587-1657), en Allemagne, a approfondi l'étude des inflorescences, des corolles et de la disposition des feuilles (phyllotaxie). Pour lui également le fruit succède à la fleur (Morton, 1981). Son système de classification repose uniquement sur les aspects morphologiques des organes et de leurs éléments (Jahn, 1998). En 1592, Adam Zaluzianski (1558-1613) indique dans son ouvrage que la fructification d'une fleur femelle ne peut avoir lieu qu'en présence de pollen ; en son absence, son transport devient nécessaire. Prospero Alpino (1553-1616), la même année, décrit le pollen comme une substance fécondante pour la formation des dattes (Wit, 1993).

4.6 Découverte de la sexualité des plantes

Avec l'utilisation du microscope, les recherches en botanique ont pris une nouvelle forme. Nehemia Grew (1641-1712) et Marcello Malpighi (1628-1694) ont notamment observé comment les tissus et les organes se forment pendant leur croissance. Ils décrivent les Astéracées comme composées d'une multitude de petites fleurs individuelles. Malpighi compare par ailleurs la fleur des Astéracées à celle du figuier. Cependant pour lui, les étamines avec les anthères sont considérées comme des organes d'excrétion (Morton, 1981; Wit, 1993)

et le pollen comme excrément (Haguenauer, 1991). Grew décrit la structure d'une plante pendant le cycle complet de son développement de la graine à la graine (Morton, 1981). C'est la première fois, vers 1680, que les étamines sont décrites comme organes sexuels mâles et les pistils comme organes sexuels femelles (Jahn, 1998). En 1682, John Ray définit le concept d'espèce comme « *une suite continue de descendants qui ressemblent à leurs parents par certaines caractéristiques fondamentales ("generatio continuata")*. Seules les caractéristiques accidentelles peuvent être modifiées par des impacts extérieurs (varier)⁷⁵ » (Jahn, 1998, p. 237). Quelques années plus tard, en 1694, Rudolf Jacob Camerarius (1665-1721), démontre et décrit la sexualité des plantes dans son ouvrage *De sexu plantarum epistola*. A l'aide d'expériences de croisements, il montre l'action du pollen sur le pistil (Duris et Gohau, 1997; Jahn, 1998) à savoir, la formation du fruit contenant des graines. Il classe par ailleurs les fleurs en trois catégories : les hermaphrodites qui ont des fleurs comportant les organes sexuels mâle et femelle, les monoïques qui ont des fleurs mâles et femelles sur le même pied et les dioïques dont les fleurs mâles et femelles sont sur des pieds différents. Camerarius nommait les deux dernières catégories plantes de deuxième ou troisième classe (Morton, 1981).

Malgré ces découvertes, d'autres idées étaient véhiculées. Notamment Joseph Pitton de Tournefort (1656-1708) qui était persuadé que ce sont les pétales qui purifient la sève en transformant ses substances nutritives. Cette sève arrivant au fruit, le fait grossir. Pour lui, les anthères permettent de rejeter les déchets (Wit, 1993). Giulio Pontedera (1688-1757) avance que les graines se développent « *dans l'ovaire à la suite du déplacement du nectar venant des glandes situées au voisinage* » (Wit, 1993, p. 223). Les abeilles, en butinant les fleurs, récoltent le nectar et le pollen et empêchent ainsi la formation des graines (Wit, 1993). Ainsi pour Tournefort et Pontedera la formation du fruit et des graines n'est pas liée au processus de reproduction sexuée.

La découverte de la sexualité des plantes fait émerger chez les botanistes une opposition entre les préformationnistes et leurs opposants, comme cela a été le cas en zoologie (Haguenauer, 1991). Pour les pollinistes, c'est le pollen qui est à l'origine de l'embryon, pour les ovistes l'embryon est déjà dans l'ovaire et le pollen n'a qu'une fonction nutritive. Étienne François Geoffroy (1672-1731) prétendait que le pollen entre dans le canal styloïde avant de pénétrer dans l'ovaire le munissant d'un germe (Magnin-Gonze, 2009; Wit, 1993). Sébastien Vaillant (1669-1722) le contredit en avançant que « *le pollen ne pénètre pas dans l'ovaire. L'agent fertilisant est donc un "esprit volatil" ou aura seminalis dérivé du pollen* »

⁷⁵ « Als lückenlose Reihen von Nachkommen aufzufassen, die ihren Eltern in bestimmten wesentlichen Merkmalen ähnlich sind (generation continuata). Nur die akzidentiellen Merkmale können durch äußere Einflüsse verändert werden (variieren) » (traduction personnelle)

(Magnin-Gonze, 2009, p. 122). Mais ce n'est qu'au XIXe siècle que le tube pollinique sera découvert.

Par ailleurs la nécessité du contact entre le pollen et le pistil dans la formation des graines interroge sur les modes de dispersion du pollen. Camerarius identifiait le vent et la secousse comme moyen naturel de dispersion du pollen (Morton, 1981). Ce n'est qu'au siècle suivant que d'autres modes de dispersion du pollen ont été découverts.

Au cours du XVIIe siècle d'autres découvertes "cycliques" ont été faites : la circulation du sang en 1628 par William Harvey (1578-1657) (Baisch, 2009) ainsi que le cycle de l'eau par Pierre Perrault (1611-1680), Edme Mariotte (1620-1684) et Edmond Halley (1656-1742) (L'Hôte 1990).

4.7 Les mécanismes de la pollinisation et la morphologie des fleurs

En 1721, Philip Miller (1691-1771) décrit la pollinisation des fleurs par les insectes. Mais ce sera Joseph Gottlieb Kölreuter (1733-1806) qui établira ce mode de pollinisation par des observations systématiques de la visite des fleurs par les insectes et du dépôt du pollen sur le pistil. Il établit une liste des différents modes de pollinisation. Kölreuter mentionne par ailleurs qu'un certain nombre de plantes sont « *tellement dépendant des insectes pour la reproduction que si les insectes périssent, la plante périra également*⁷⁶ » (Morton, 1981, p. 321). Il avance une idée nouvelle (en contradiction avec les théories des pollinistes et ovistes) selon laquelle, l'embryon résulte d'une combinaison de "matière" mâle et femelle. Une substance se forme sur le stigmate pour descendre ensuite le style vers les ovules, lieu de formation de l'embryon. D'après sa théorie, l'embryon posséderait des « *propriétés proches, mais distinctes, de celle des "parents"* » (Magnin-Gonze, 2009, p. 159).

Contrairement à Kölreuter qui voit la pollinisation de la fleur par les insectes comme un « *heureux accident* », une « *chance* », Christian Conrad Sprengel (1761-1839) reconnaît que la structure de la fleur est faite de sorte à recevoir une telle pollinisation (Morton, 1981, p. 321). Ainsi Sprengel, dans son ouvrage en 1793, *Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen*⁷⁷, décrit les différents mécanismes d'adaptation des fleurs en rapport avec leur mode de pollinisation (Magnin-Gonze, 2009; Morton, 1981). Il évoque également la fonction du nectar, de la coloration et de l'odeur des fleurs. Il nomme la

⁷⁶ « Many plants are so dependent on insects for reproduction that if insects perished the plant would perish also » (traduction personnelle)

⁷⁷ « Le secret caché de la nature dans la structure et la fécondation des fleurs » (traduction personnelle)

dichogamie, la maturation différée dans le temps des étamines et des pistils, déjà observée par Kölreuter. Il reconnut également que la morphologie des fleurs avait pour finalité de prévenir l'autopollinisation (Morton, 1981; Wit, 1993). Ces travaux seront essentiellement repris par les entomologistes plutôt que par les botanistes. Charles Darwin (1809-1882) s'y intéressera quelques années plus tard (Morton, 1981).

Au XVIIe comme au XVIIIe siècle l'influence religieuse concernant la création du monde était toujours présente. Il en est ainsi par exemple pour Carl von Linné (1707-1778) qui a certes construit sa classification des végétaux sur leurs caractéristiques sexuelles (en 1737), mais croit néanmoins en un ordre de la nature créé par Dieu (Baisch, 2009; Jahn, 1998). La reconnaissance de la sexualité des plantes a permis d'attribuer cette caractéristique essentielle aux êtres vivants (animal comme végétal) et modifie « *l'image statique du monde vivant tel qu'il était présenté par la philosophie et la religion*⁷⁸ » (Morton, 1981, p. 287). Se pose ainsi la question de la génération et de son origine : génération spontanée ou par germes, fixisme ou transformisme ? Tout au long du XVIIIe siècle se développe l'idée que les organismes vivants se développent et se transforment dans le temps et ne restent pas inchangés depuis le moment de leur création divine telle que prêchée par la religion. Ces réflexions aboutiront à la théorie du transformisme de Lamarck (1744-1829) et à celle de l'évolution de Charles Darwin (1809-1882) au XIXe siècle.

Durant ce XVIIIe siècle, plusieurs découvertes scientifiques, notamment en physique et en chimie avec les lois établies par Newton et Lavoisier, font évoluer les raisonnements. S'appuyant sur Newton, Emmanuel Kant (1724-1804) en 1755 décrit le temps en termes de formation-dépérissement-formation dans son ouvrage sur l'origine des planètes, mais se dégage d'une origine spirituelle (selon laquelle Dieu est à l'origine de la création du soleil et des planètes ainsi que leur mise en mouvement). Quelques années plus tard, en 1799, Pierre-Simon Laplace (1749-1827) décrit mathématiquement le mouvement des planètes et l'origine du système solaire.

Dans le domaine de la chimie, Antoine Lavoisier énonce la loi de la conservation de la masse en 1777 : « ... *car rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art, ni dans celles de la nature, et l'on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération ; que la qualité et la quantité des principes est la même, et qu'il n'y a que des changements, des modifications.* »⁷⁹. Le cycle de la matière se dessine ainsi avec lui (Haguenaer, 1991).

⁷⁸ « The static picture of the living world presented by philosophy and religion » (traduction personnelle)

⁷⁹ Source : Lavoisier (1777) : *Traité élémentaire de la chimie*, p. 101 : http://www.lavoisier.cnrs.fr/ice/ice_book_detail-fr-text-lavosier-Lavoisier-89-6.html

En 1790, Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), décrit dans son ouvrage *Versuch die Metamorphose der Pflanze zu erklären* le développement d'une plante annuelle de la graine au fruit contenant une nouvelle graine par une succession de métamorphoses d'un même organe. Il s'inscrit dans la théorie de l'épigénèse de Caspar Friedrich Wolff (1734-1794). En tout il décrit six phases alternant expansion et contraction : une expansion de la graine vers une feuille verte, une contraction pour le développement du sépale, une expansion pour celui du pétale, une contraction en organes reproducteurs, la plus grande expansion avec le développement du fruit et une dernière contraction avec la formation de la graine. Huit ans plus tard, il publie son poème *Die Metamorphose der Pflanze*. Dans celui-ci Goethe reprend les six étapes du développement de la plante de la graine à la formation de la nouvelle graine, mais cette fois-ci en explicitant le cycle de la vie (v. 59-62) :

« Und hier schließt die Natur den Ring der ewigen Kräfte;
Doch ein neuer sogleich fasset den vorigen an,
Daß die Kette sich fort durch alle Zeiten verlänge
Und das Ganze belebt, so wie das Einzelne, sei. »⁸⁰

Il faut cependant préciser que Wolff était oviste et considérait le pollen comme nourriture. Pour lui une fécondation n'était pas nécessaire puisque la fructification « *correspond à un processus de croissance fortement ralenti (vegetatio restituta)* » (Wit, 1993, p. 400). La sexualité des végétaux (avec la fusion des gamètes sexuels mâle et femelle) ne sera définitivement prouvée qu'au XIXe siècle.

4.8 La biologie moderne – découverte de la fécondation

Je mentionnerai cependant encore Franz Joseph Schelver (1778-1832), *Naturphilosoph* allemand, qui a critiqué et nié la théorie de la sexualité des plantes telle que décrite par Goethe en 1812. Pour lui, les plantes, par leur nature passive, ne peuvent pas se reproduire activement comme les animaux. Il n'est donc pas question de sexualité bien qu'il accepte que la pollinisation puisse avoir lieu accidentellement dans la nature et puisse entraîner une fécondation. La pollinisation n'est cependant pas nécessaire. Selon lui, la fécondation a lieu dans la terre « *lorsque la graine (et le germe) sont mis au contact de l'eau, de*

⁸⁰ Source : Johann Wolfgang von Goethe (1827) : *Gedichte* (Ausgabe letzter Hand)

l'air et de la chaleur. [...] Une graine végétale doit [...] recevoir encore de l'extérieur "la vie" en supplément » (Wit, 1993, p. 409).

Des découvertes majeures de ce siècle concernant la reproduction des végétaux ont marqué le début de la biologie moderne. Ainsi Giovanni Battista Amici (1786-1863) découvre en 1823 le développement du tube pollinique vers l'ovule et Robert Brown (1773-1858) la formation de l'embryon en 1833. En 1875 Eduard Strasburger (1844-1912) découvre la fusion cellulaire lors de la fécondation des plantes à fleurs. En 1884 il découvrira la fusion de l'un des noyaux génératifs (mâles) avec le noyau de la cellule-œuf (Jahn, 1998) : la fécondation des végétaux. La fusion du deuxième gamète mâle du tube pollinique avec les deux noyaux polaires du sac embryonnaire a été observée et décrite par Serguei Gavrilovich Navashin (1857-1930) en 1898 (Magnin-Gonze, 2009). Il s'agit là de la double fécondation caractéristique des Angiospermes (plantes à fleurs).

Une découverte qui me semble particulièrement intéressante pour le présent sujet est celle de l'alternance morphologique des générations. Vers 1851 Wilhelm Hofmeister (1824-1877) a étudié le cycle de vie des mousses, fougères et Gymnospermes et a décrit l'alternance des générations qu'il a par la suite élargie aux Angiospermes, Gymnospermes, Bryophytes et Cryptogames supérieurs comme loi naturelle (Jahn, 1998; Magnin-Gonze, 2009). Cette alternance des générations consiste en une alternance de stades sexués et asexués (Jahn, 1998) : une phase avant la fécondation pendant laquelle les organes sexuels se forment et une phase de formation de la graine. Ce passage successif d'un stade à l'autre est représenté par un cercle fléché symbolisant le cycle de vie. Cette représentation est toujours d'actualité. On la retrouve dans divers manuels.

Ces découvertes ainsi que la compréhension du rôle des chromosomes et de la théorie cellulaire ont permis de mettre un terme au débat entre le préformationnisme et l'épigenèse, de donner son sens actuel à la fécondation (union d'un gamète mâle avec un gamète femelle) et d'avoir une vision plus claire du cycle de vie.

A partir de la deuxième moitié du XIXe siècle, l'écologie et cette nouvelle façon de penser émergent. Les phénomènes biologiques seront, dans le cadre de l'écologie, étudiés dans une approche systémique incluant un raisonnement cyclique. Au XXe siècle, la notion et le concept de cycle de vie sont de plus en plus présents chez les scientifiques. Cette notion apparaît dans les écrits scientifiques mais également dans les dictionnaires et encyclopédies tel qu'en 1929 le Larousse : « *on appelle cycle évolutif, l'évolution de l'être vivant qui partit de l'œuf aboutit à l'œuf* » (cité par Haguenaer, 1991, p. 296). De plus en plus d'auteurs utilisent la notion de cycle (de développement, d'évolution, de vie...) et la représente graphiquement à des fins didactiques puisque la compréhension et la mise en relation sont ainsi facilitées

(Haguenauer, 1991). Depuis 1980, la notion de cycle de vie figure dans les programmes scolaires français. Cette expression n'est cependant pas introduite dans les programmes des sciences naturelles du Baden-Württemberg.

Pour clore ce chapitre, la conception actuelle des botanistes concernant le cycle de vie des plantes à fleurs sera décrite.

4.9 Le cycle de vie des plantes à fleurs vu par les botanistes actuels

En biologie, la notion de cycle de vie est caractérisée par l'alternance de générations et fait référence à la perpétuation de l'espèce. Cette dernière est assurée par la reproduction sexuée permettant un brassage génétique et ainsi le maintien de la diversité génétique au sein d'une population (Meyer, Reeb et Bosdeveix, 2008). D'une génération à l'autre les mêmes stades de développement se succèdent. La reproduction sexuée permet la création d'une nouvelle cellule-œuf, d'un nouvel individu qui va croître, jusqu'à ce qu'il soit lui aussi en mesure de se reproduire. Ainsi on ne parle pas de "début" (conception, naissance) et de "fin" (mort), comme c'est le cas pour la notion de "développement d'un être vivant", mais bien d'une succession de phases de développement sur plusieurs générations.

Le cycle de vie des plantes à fleurs, illustré par le coquelicot (Figure 29), est caractérisé par les stades suivants : une plantule se forme à partir d'une graine. Elle grandit et développe en un temps donné des bourgeons et des fleurs. Celles-ci seront pollinisées et fécondées. Pendant que d'autres parties florales fanent, les fruits murissent. Dans ces derniers, les graines de la nouvelle génération se développent. Elles seront disséminées avant que de nouvelles plantes n'en poussent et entament les différents stades de développement selon le même modèle. Ce concept peut ainsi être représenté sous forme héliocoïdale puisqu'il s'agit bien d'une succession de génération qui entament les mêmes processus (Figure 30).

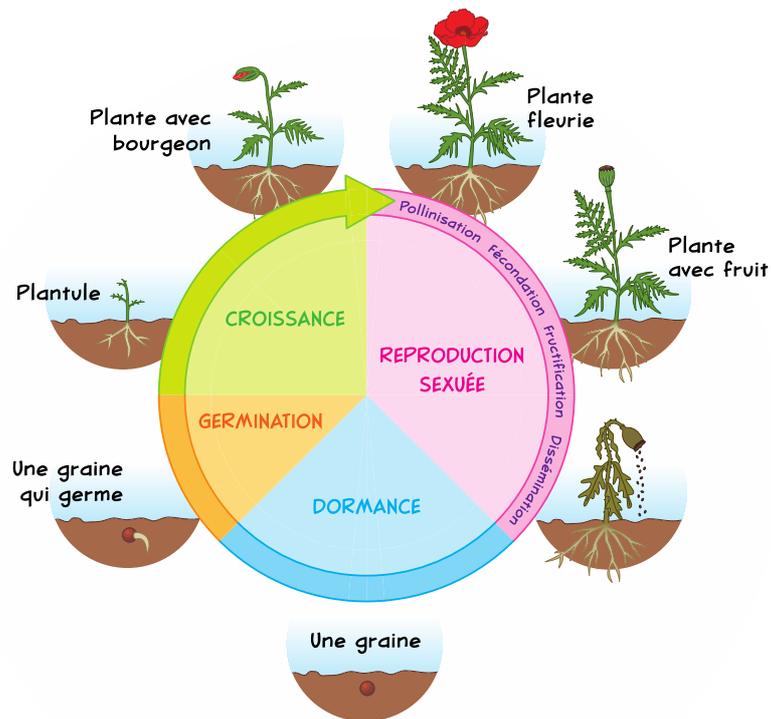


Figure 29 : Cycle de vie du coquelicot (*Papaver rhoeas* ; dessin personnel)⁸¹

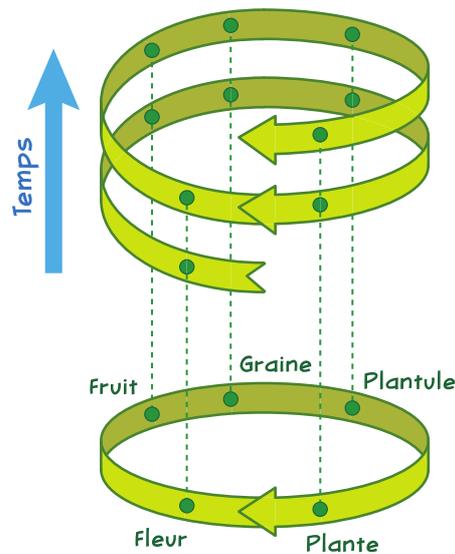


Figure 30 : Représentation hélicoïdale du cycle de vie végétal (dessin personnel)⁸²

Bien que seule la reproduction sexuée assure l'alternance de générations et le brassage génétique, la reproduction ou multiplication végétative (forme de clonage naturel) est très fréquente chez les espèces vivaces (Meyer *et al.*, 2008). Il existe différentes formes

⁸¹ Schéma réalisé par Laurent Schmitt (laurentschmitt.pro@free.fr)

⁸² Ibidem

de multiplication végétative comme la colonisation par les stolons (cas de la fraise) ou l'enracinement d'une bouture et son développement.

Le cycle de vie des plantes à fleurs est défini par trois stades clé – la fleur, le fruit et la graine – ainsi que par cinq processus clé – la pollinisation, la fécondation, la formation du fruit et des graines, la dissémination des graines et la germination.

Les fleurs contiennent les organes reproducteurs des Angiospermes. Elles ont des pièces stériles, comme les sépales et les pétales et des pièces fertiles, tels l'androcée (étamines) et/ou le gynécée (pistil) sur le réceptacle floral. La majorité des fleurs d'Angiospermes sont hermaphrodites possédant à la fois des organes reproducteurs mâles et femelles. 7% sont monoïques, c'est-à-dire que sur un même individu il y a une fleur femelle et une fleur mâle ; 4 % sont dioïques les organes mâles et femelles ne se trouvent pas sur la même plante. Il existe encore d'autres cas intermédiaires très variés (Meyer *et al.*, 2008).

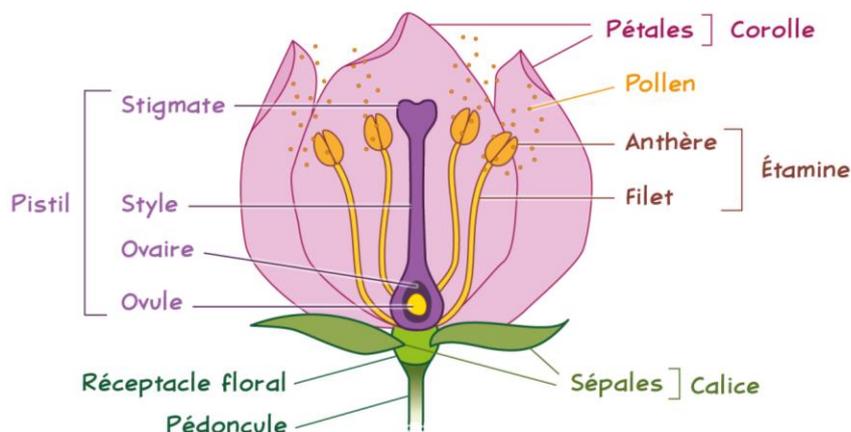


Figure 31: Fleur hermaphrodite à ovaire supère (dessin personnel)⁸³

La pollinisation est le transport du pollen des étamines au stigmate (du pistil). Il existe différents agents de pollinisation : le vent (anémophilie), les animaux (zoophilie) ou l'eau (hydrophilie). Chez les Angiospermes, l'anémophilie est considérée comme secondaire et « aurait été acquise en l'absence d'animaux pollinisateurs dans certaines zones » (Meyer *et al.*, 2008, p. 286). Dans le cas de la zoophilie, où la pollinisation se fait par les insectes, les oiseaux ou les mammifères en recherche de nourriture, d'un abri ou d'un partenaire. Quant à l'hydrophilie, c'est un mode de pollinisation que l'on retrouve essentiellement chez certaines Angiospermes aquatiques immergées.

Les animaux pollinisateurs recherchent dans la fleur du nectar, du pollen et/ou de l'huile. Les abeilles, par exemple, se nourrissent à la fois de nectar et de pollen alors que les

⁸³ Schéma réalisé par Laurent Schmitt (laurentschmitt.pro@free.fr)

papillons sont essentiellement à la recherche de nectar. Le pollen étant toujours situé sur les étamines, les nectaires peuvent se situer sur toutes les parties florales.

La pollinisation est suivie du développement du tube pollinique et de la fécondation. Il existe principalement deux modalités de fécondation : l'autogamie et l'allogamie. L'auto-fécondation ne permet pas la diversification génétique. Il s'agit simplement d'une recombinaison des allèles parentaux au moment de la méiose. Elle apparaît chez certaines Angiospermes dont les fleurs en fin de saison n'ont pas été fécondées par allogamie ou dont les fleurs sont fermées (cléistogamie). L'allogamie ou la fécondation croisée résulte de la fusion de gamètes issus d'individus différents. Celle-ci assure le brassage génétique. Pour empêcher l'autogamie, les Angiospermes ont développé différentes stratégies tel la dioécie ou l'herchogamie (séparation des sexes dans l'espace), la dichogamie (séparation des sexes dans le temps), l'hétérostylie (style et étamines plus ou moins longs) et d'un point de vue génétique l'auto-incompatibilité entre le pollen et le pistil (Demalsy et Feller-Demalsy, 1990; Meyer *et al.*, 2008).

Lorsque le pollen est déposé sur le stigmate, s'il y a compatibilité, le tube pollinique se développe et il y a double fécondation avec la formation d'un embryon et la formation de l'albumen (tissu de réserve) (Meyer *et al.*, 2008). Après la double fécondation, le(s) ovule(s) fécondé(s) se transforme(nt) en graine(s) et l'ovaire ou d'autres parties de la fleur, selon qu'il s'agit d'un fruit simple ou complexe, évoluent en fruit(s). Les parois de l'ovaire évoluent en péricarpe, la paroi du fruit. Les autres pièces florales flétrissent. La/les graine(s) et le fruit se développent en même temps (Nultsch, 2001).

Il existe néanmoins certaines plantes (telles que les bananes et les oranges sans pépins) qui peuvent produire des fruits sans qu'il y ait eu pollinisation auparavant et donc sans formation de graines : il s'agit du phénomène de la parthénocarpié. D'autres, tel que le pissenlit (*Taraxacum sp.*), forment des graines sans fécondation (uniquement par mitoses successives) ; ces graines sont ainsi génétiquement identiques à la plante-mère : c'est l'apomixie.

Les graines comportent trois parties : l'embryon, l'albumen qui sert de réserve à l'embryon et les téguments séminaux qui jouent un rôle protecteur à l'égard de la graine. La formation des graines est marquée par trois phénomènes importants : l'embryon et l'albumen accumulent des réserves qui seront utilisées lors de la germination de la plantule, la graine se déshydrate permettant sa dormance et des structures particulières se développent assurant la dissémination.

Lorsque la maturation des graines et des fruits est achevée, ceux-ci sont disséminés par des modalités très variées. Leurs morphologies et anatomies sont adaptées en fonction

de leur mode de transport par des vecteurs tels le vent (anémochorie), l'eau (hydrochorie), les animaux (zoochorie) ou par la plante elle-même (autochorie) ou encore par le poids de la semence (barochorie) (Meyer *et al.*, 2008). Selon le type de fruit, c'est l'ouverture, la rupture ou la destruction du péricarpe qui libère les graines. Selon l'espèce, c'est soit le fruit ou la/les graine/s qui sont disséminés, soit les graines qui peuvent être libérées lorsque le fruit est encore sur la plante ou une fois tombé / arraché.

Après un temps plus ou moins long de dormance, l'embryon reprend son activité vitale. C'est la germination de la graine. Celle-ci requiert des conditions de milieu favorables (humidité, oxygène, température, luminosité) permettant ainsi de reprendre la croissance. Pour certaines graines, la dormance doit être levée par le passage dans le tube digestif d'un animal. Le pouvoir germinatif est différent selon les espèces et varie de quelques jours à plusieurs années. La reprise de la croissance commence par la réhydratation qui entraîne le gonflement de la graine par absorption d'eau. Viennent ensuite la croissance successive de la radicule, de l'hypocotyle, des cotylédons et de la gemmule. Pour certaines plantes, les cotylédons sortent du sol : c'est la germination épigée (cas du haricot par exemple). Pour d'autres, les cotylédons restent dans le sol : c'est la germination hypogée (cas du pois par exemple). Après les cotylédons, le développement de la gemmule produit une tige feuillée. La jeune plantule utilise les réserves accumulées dans la graine pour sa croissance jusqu'au moment où les feuilles sont différenciées, capables d'effectuer la photosynthèse et que le système racinaire est suffisamment développé.

Après un temps plus ou moins long de croissance végétative, les plantes commencent à former des fleurs. Les mécanismes de la floraison ne seront pas abordés ici, mais il s'agit d'un mécanisme essentiel qui permettra par la suite la reproduction sexuée.

« Chaque pomme est une fleur qui a connu l'amour. » (Félix Leclercq (1961) : Le calepin d'un flâneur, Ed. Fides)

Ces explicitations botaniques montrent la complexité et surtout la grande variété de mécanismes relatives aux différents processus du cycle de vie des plantes à fleurs. Pour clore cette analyse épistémologique, je souhaite faire quelques remarques quant à l'expression choisie pour le présent sujet de recherche. Il existe, en biologie, les expressions "cycle de vie" et "cycle de développement", tant dans la langue française qu'en langue allemande (respectivement *Lebenszyklus* et *Entwicklungszyklus*⁸⁴). Cependant aucune réelle différence

84 Bien qu'en allemand, le terme de Zyklus peut être remplacé par son synonyme Kreislauf.

n'a pu être décelée concernant les définitions données par les ouvrages universitaires (Demalsy et Feller-Demalsy, 1990; Freudig, 2000; Marouf, 2000; Campbell, Reece et Markl, 2003; Campbell et Reece, 2007). J'ai choisi d'utiliser l'expression "cycle de vie", puisqu'à mon avis, elle traduit davantage l'idée de la continuité de la vie, au sens de la perpétuation de l'espèce.

4.10 Discussion et conclusion de l'analyse historico-épistémologique

Tout au long de ce chapitre deux aspects ont pu être mis en évidence : d'une part l'évolution du raisonnement dans une perception temporelle et d'autre part l'évolution des conceptions concernant la reproduction sexuée des plantes à fleurs.

Trois types de raisonnements ont pu être relevés : cyclique, systémique et linéaire. Il s'agit de différentes manières d'appréhender le monde au fil de l'Histoire, induites par certaines démarches, postures et découvertes. Ces types de raisonnements ne se succèdent pas, mais coexistent. Depuis des millénaires, la culture des plantes est influencée et structurée par les cycles lunaires et saisonniers. Aujourd'hui cette structuration du temps par les saisons est remise en cause avec les nouvelles méthodes et techniques agricoles (cultures sous serre) et l'effet de la circulation des marchandises ainsi que leur commercialisation. Nul besoin aujourd'hui de se questionner sur la provenance du fruit ou du légume que l'on peut acheter tout au long de l'année (comme par exemple les tomates ou les fraises en hiver). Pourtant le changement de ces produits en fonction des saisons permet entre autres aux enfants de structurer le temps.

Dans l'Antiquité, un raisonnement cyclique "global" avec un éternel retour a été mis en avant. Le raisonnement cyclique au niveau de l'individu, notamment chez les plantes à fleurs, a déjà été identifié chez Théophraste pour lequel, ce sont les plantes qui développent des graines (contrairement à Aristote qui avançait l'idée de génération spontanée). Cependant, avec la découverte de la sexualité des plantes au XVIIe siècle, la structuration de ce cycle de vie a pu être précisée et les notions d'espèce et de génération prennent tout leur sens. Avec la pensée écologique à partir du XIXe siècle (qui sera abordée au chapitre suivant), le raisonnement systémique va au-delà du simple raisonnement cyclique puisqu'il considère les relations entre individus.

L'idée de la création divine du monde, notamment avancée par les religions chrétiennes, traduit un raisonnement linéaire avec un début et une fin. Une approche

téléologique avec l'idée que les plantes ont une finalité, telle qu'elle a été par exemple avancée par Césalpin à propos des graines (p.104), correspond également à ce type de raisonnement.

Le deuxième aspect abordé dans ce chapitre concerne les conceptions sur la reproduction sexuée des plantes à fleurs. Ces conceptions sont d'abord classées en fonction des différents stades du cycle de vie. Les obstacles attenants sont ensuite détaillés en reprenant les quatre premiers éléments⁸⁵ du processus dynamique (Astolfi et Peterfalvi, 1993, p. 113) présenté dans le cadre théorique. Le dernier élément « *conditions de possibilité pour le franchissement de l'obstacle* » n'a pas de sens ici étant donné qu'il s'agit d'une analyse historique et qu'au vu des conceptions actuelles des botanistes, les obstacles ont été franchis.

Le Tableau 5 reprend les conceptions mentionnées dans ce chapitre et qui sont en rupture avec les conceptions actuelles des botanistes. A des fins de comparaison, ce tableau sera repris dans d'autres chapitres pour présenter les conceptions des élèves en rupture avec le modèle botanique. Pour certains stades, tels que le développement du germe en plante (stade 3) ou l'idée de recommencement (stades 6-7), aucune conception en rupture avec le modèle botanique n'a pu être trouvée dans les ouvrages consultés. Cependant, cette liste n'est pas exhaustive.

⁸⁵ 1) Obstacle, 2) Concept visé, 3) Ce que l'obstacle empêche de comprendre, 4) Le réseau d'idées associées

Tableau 5 : Conceptions en rupture avec celles des botanistes actuels en fonction des stades du cycle de vie des plantes à fleurs

Stades du cycle de vie (modèle botanique)	Conceptions en rupture avec le modèle botanique
Une fleur se forme	
Après pollinisation et fécondation certaines parties de la fleur se développent en graine(s) d'autres en fruit	<ul style="list-style-type: none"> - Développement du fruit sans fleur auparavant (p.102) - Les fruits se forment par la force divine (p.99) - Le fruit est issu de la "sève" de la tige (p.101, 106) - Pas d'accouplement puisque bisexuées (p.101) - Les fleurs stériles empêchent la croissance du fruit (p.102) - Fleurs = « excrétion de matière non utilisée », ne donne pas de fruits (p.105) - Formation du fruit par transfert de chaleur de la fleur mâle vers la fleur femelle (p.105) - Étamines = organes d'excrétion (p.105) - Le fruit se forme par croissance (p.106, 109) - Pollen = nourriture (p.109) - La pollinisation n'est pas nécessaire (p.109)
Le fruit contient de nouvelles graines qui sont disséminées	<ul style="list-style-type: none"> - La graine est issue des <i>spermata</i> contenues dans l'air (p.100) - La graine est issue de la "sève" de la tige (p.105) - Les graines se forment grâce au nectar → abeilles empêchent la formation des graines (p.106)
Plusieurs graines (issues des fruits de la plante-mère) se retrouvent dans ou sur le sol	<ul style="list-style-type: none"> - Apparition de la graine (génération spontanée) (p.102)
Une graine germe	<ul style="list-style-type: none"> - Germination par la chaleur vitale (p.105) - fécondation des graines dans la terre (p.109)
Le germe se développe en une pousse	/
La plante développe une ou plusieurs fleurs	

Le principal obstacle épistémologique d'ordre scientifique qui a pu être relevé dans ce chapitre est celui, de ne pas considérer les fleurs comme porteurs d'organes de reproduction (Tableau 6).

Tableau 6 : Principal obstacle épistémologique d'ordre scientifique dégagé à partir de l'analyse historico-épistémologique de l'évolution des conceptions relatives à la reproduction sexuée des plantes à fleurs (modifié d'après Astolfi et Peterfalvi, 1993, p. 113)

Déclinaison de l'obstacle	Conceptions connexes
Obstacle	Les fleurs ne contiennent pas d'organes reproducteurs
Ce que l'obstacle empêche de comprendre	<p>La différenciation des éléments mâle et femelle de la fleur (maintien d'une vision globale : « cœur » de la fleur)</p> <p>L'existence d'une reproduction sexuée chez les plantes à fleurs</p> <p>Les mécanismes de cette reproduction sexuée : pollinisation et fécondation</p> <p>La formation des graines et des fruits par fécondation ; l'origine des graines et des fruits</p> <p>La perpétuité de l'espèce avec brassage génétique : cycle de vie</p>
Réseau d'idées associées qui expliquent la résistance de l'obstacle	<p>Pas de "copulation" chez les plantes ; la reproduction n'est pas visible à l'œil nu</p> <p>Les plantes sont "statiques" → la rencontre entre les éléments mâle et femelle semble difficile voire impossible</p> <p>Pas de lien entre la fleur et le fruit (certaines fleurs ne font pas de fruits (Théophraste donne l'exemple des fleurs "stériles") ; d'autres produisent des fruits sans qu'il y ait de fleurs auparavant (Théophraste donne l'exemple du figuier))</p>
Concept visé	Les fleurs contiennent des organes reproducteurs

D'autres obstacles d'ordre culturel ont été mentionnés (telle que l'attribution d'une causalité divine aux différents processus de développement). Ils seront repris au chapitre suivant dans lequel l'aspect socio-culturel du rapport des humains à la nature sera analysé plus en profondeur.

Chapitre 5 : Contexte socio-culturel

L'évolution scientifique des découvertes concernant la reproduction sexuée des plantes à fleurs ainsi que celle de la pensée cyclique vient d'être présentée. Celles-ci ne peuvent cependant pas être décontextualisées. Dans ce chapitre j'aborderai dans un premier temps le cadre socio-culturel dans lequel ont évolué les conceptions scientifiques. J'évoquerai plus particulièrement l'évolution du rapport des humains à la nature ainsi que celui de la religion à la science. Non seulement le progrès technique, mais également les conceptions religieuses et éthiques ont marqué le rapport des humains à la nature (Meske, 2011). La religion véhicule en effet certaines conceptions, notamment les croyances et les valeurs. Geertz (1973, p. 90) définit la religion comme suit :

(1) a system of symbols which acts to (2) establish powerful, pervasive, and long-lasting moods and motivations in men by (3) formulating conceptions of a general order of existence and (4) clothing these conceptions with such an aura of factuality that (5) the moods and motivations seem uniquely realistic⁸⁶.

En ce sens, la religion peut avoir un rôle éclairant et explicatif des phénomènes liés à l'existence, elle satisfait ainsi la curiosité des humains et « *entre en conflit avec la science* » (Freud, 1936, p. 97). Ce conflit a également marqué les découvertes sur la sexualité des plantes. La notion de nature sera comprise à la fois comme un milieu dit naturel (terrestre, aquatique ou marin), incluant la faune et la flore, qui est régit par des principes biologiques, physiques, chimiques, géologiques, tectoniques et météorologiques et comme un « *environnement terrestre, en tant qu'il sert de cadre de vie à l'espèce humaine, qu'il lui fournit des ressources* »⁸⁷.

L'émergence de l'écologie en tant que science a non seulement apporté des connaissances sur les écosystèmes, mais a également modifié le raisonnement (plus global) et le rapport des humains à la nature et à l'environnement. Dans un deuxième temps, je décrirai l'évolution de la conscience environnementale⁸⁸ en France et en Allemagne depuis l'avènement des mouvements écologistes dans les années 70. De par le passé, les Allemands et les Français se sont vus attribuer des "étiquettes" concernant leur conscience

⁸⁶ Traduit par Léo Legendre (<http://www.paris-valdeseine.archi.fr/extranet/file/l1/legendre/religion.pdf>) : « La religion, c'est un système de symboles qui agit de manière à susciter chez les hommes des motivations et des dispositions puissantes, profondes et durables, en formulant des conceptions d'ordre général sur l'existence et en donnant à ces conceptions une telle apparence de réalité que ces motivations et ces dispositions semblent ne s'appuyer que sur du réel » (consulté le 26.06.2016)

⁸⁷ Source : <http://www.cnrtl.fr/definition/nature> (consulté le 26.06.2016)

⁸⁸ La conscience environnementale ou écologique est définie par les attitudes (incluant le positionnement et les valeurs) envers la nature et l'environnement ainsi que les connaissances en matière de destruction et de protection de l'environnement (Eschenhagen, Kattmann et Rodi, 2006)

environnementale. Ainsi, le stéréotype des “Allemands-verts” est largement répandu parmi les Français, encore aujourd’hui (Caillaud, 2010). Il me semble pertinent d’aller au-delà de ces étiquettes, même si cela ne prétendra pas à l’exhaustivité. Je m’intéresserai ainsi aux événements, mouvements et courants qui ont contribué au développement des consciences environnementales allemande et française et qui ont marqué le rapport à l’environnement et à l’écologie au sein des deux populations. Je terminerai sur les aspirations actuelles au sein desquelles j’évoquerai « *les différences dans la similarité en matière d’écologie* » (Caro, 2009, p. 468).

Les particularités linguistiques (françaises et allemandes) concernant certaines notions relatives au cycle de vie végétale seront abordées dans la troisième partie. L’objet de ce chapitre sera non seulement de dégager les obstacles culturels et lexicaux, mais également les valeurs et les pratiques sociales des populations française et allemande en matière d’environnement.

5.1 Approche sociétale de l’évolution des découvertes scientifiques

5.1.1 La religion et la découverte de la sexualité des plantes

Autant les conceptions religieuses à l’époque des philosophes antiques que celles dégagées par le christianisme ont marqué l’avancement des découvertes scientifiques concernant la sexualité des plantes. Dans leur culture polythéiste, les philosophes grecs étaient imprégnés par les conceptions religieuses théorisées dans les mythes (Daugey, 2015). D’ailleurs Emile Durkheim (1912, p. 42) définit les mythes par « *des représentations ou des systèmes de représentations qui expriment la nature des choses sacrées, les vertus et les pouvoirs qui leur sont attribués, leur histoire, leurs rapports les unes avec les autres et avec les choses profanes* ». Dans les mythes grecs, les végétaux n’avaient pas de sexualité propre, mais représentaient au contraire la virginité. Les exemples suivants de la mythologie grecque illustreront ce propos. Dans le mythe d’Apollon et de Daphné ainsi que dans celui de Pan et de Syrinx, la métamorphose en végétal permet aux deux nymphes de préserver leur virginité, puisqu’elles deviennent inaccessibles à leur persécuteur. La métamorphose de Crocus en fleur, permet à la nymphe Smilax de mettre un terme aux avances et à l’activité sexuelle de son séducteur pour se débarrasser de celui-ci. Dans un autre mythe, la déesse romaine Flore (Chloris dans la mythologie grecque) est capable d’engendrer la grossesse de Junon en la touchant avec une fleur, la dispensant de tout rapport sexuel (Daugey, 2015). Cependant, la symbolique des

fleurs balançait entre pureté et luxure : un culte impudique est par exemple voué à la déesse Flore avec les jeux floraux qui « *célébraient non seulement le renouveau végétal, mais aussi les joies de la vie et les plaisirs en général* » (Daugey, 2015, p. 60). La rose a également cette symbolique bivalente : d'une part attribut de la déesse de l'amour, de la beauté et de la séduction et d'autre part associée à la pureté et la virginité (Daugey, 2015).

Avec l'émergence de l'église chrétienne primitive, les fleurs sont associées au paganisme et à la luxure et de ce fait bannies ; les guirlandes ornant les statues et les prêtres sont proscrits. Toutefois, au cours du temps la rose, le lys et d'autres retrouvent leur symbolique : « *symbole de la Vierge* », le lys : « *symbole de la pureté de la Vierge et du Christ* » (La Ferme Ornée de Carrouges, 2014, p. 15). Le végétal est plutôt considéré comme pur (car n'ayant pas de sexualité) alors que l'animal serait impur (Daugey, 2015). La reproduction sexuée des végétaux est inconcevable pour les religieux et son idée est combattue. Dans la Genèse (I, v. 10), c'est Dieu qui créa les végétaux : « *Puis Dieu dit : que la terre produise de la verdure, de l'herbe portant de la semence, des arbres fruitiers donnant du fruit selon leur espèce et ayant en eux leur semence sur la terre*⁸⁹ ». Ce récit est aussi avancé par les théologiens, notamment par Nicolas Malebranche (1638-1715) et Honoré Fabri (1607-1688) : les plantes n'ont pas besoin d'une reproduction sexuée pour générer la semence, puisque Dieu a non seulement créé les plantes, mais également leurs semences pour les plantes à venir (Daugey, 2015).

Comme je l'ai présenté au chapitre précédent, les végétaux ont été créés par Dieu pour nourrir les humains et les animaux (Genèse I, v. 29-30). C'est une vision téléologique de la nature qui est mise en avant (Kattmann, 1997). Dans la Genèse (II, v.15), Dieu place l'Homme dans le jardin d'Eden « *pour le cultiver et le garder*⁹⁰ ». Les deux fonctions du jardin ressortent dans ce récit : la culture et la préservation. La nature est présentée comme un objet de ressource (nourriture) pour les humains : une vision anthropocentrique, utilitaire. Il y a cependant une certaine ambiguïté, évoquant l'interdépendance des humains et de la nature, qui ressort dans ce verset. En effet, les humains ont besoin du jardin (entre autre) pour se nourrir ; le jardin a besoin d'être cultivé par les humains sans quoi il devient sauvage. Si les humains ne travaillent pas la nature, ils ne peuvent y survivre, si le jardin n'est pas cultivé, il n'existe plus en tant que tel (Kattmann, 1997). La vision anthropocentrique est également mise en avant lorsque l'homme, après avoir goûté le fruit défendu, est contraint à cultiver le champ pour se nourrir (Genèse II, v. 18). Il en est de même pour l'évangile de Marc (chapitre 4, v. 26-29), parabole de la semence qui pousse toute seule. C'est l'homme qui jette la semence sur

⁸⁹ Source : <http://www.info-bible.org/lsg/01.Genese.html> (consulté le 26.04.2016)

⁹⁰ Source : <http://www.info-bible.org/lsg/01.Genese.html#2> (consulté le 26.04.2016)

la terre et qui en récolte les fruits. La germination est présentée comme relevant de la volonté de Dieu ou est du moins mythifiée, puisque l'homme ignore les facteurs permettant cette germination.

Je vais dès à présent passer à une approche plus globale concernant le rapport d'une part entre la religion et la science et d'autre part entre les humains et la nature. Pour ce faire, je vais structurer le sous-chapitre suivant en référence aux quatre types dégagés par Oldemeyer (1983) pour caractériser le rapport des humains à la nature :

- Un rapport à la nature magique et mystique ;
- Une pensée globale avec identification des éléments de la nature ;
- Une nature-objet ;
- Une nature comme un système global ouvert⁹¹.

5.1.2 Rapport entre les humains et la nature

Un rapport à la nature magique et mystique

Dans l'Antiquité grecque ainsi que chez les anciens Egyptiens et Mésopotamiens, dans une culture polythéiste, la nature est divinisée, elle est à la fois bénéfique, puisque nourricière, mais peut également être menaçante (Giordan, 2011). Il existe une réciprocité entre les humains et la nature, « *l'intervention humaine dans l'équilibre naturel sera ainsi limitée à couvrir les besoins essentiels*⁹² » (Meske, 2011, p. 27).

Une pensée globale avec identification des éléments de la nature

Pour les philosophes, la nature est « *productrice de sens* » (Giordan, 2011, p. 1). Il y a une prise de distance avec la nature qui permet de l'observer et de se faire une image d'elle. L'objectif n'est donc ni de s'identifier, ni de communiquer avec elle. Elle est ainsi placée en-dehors d'une « *relation de réciprocité personnelle*⁹³ » (Oldemeyer dans Meske, 2011, p. 28).

⁹¹ Intitulés originaux des types : « Magisch-mystisches Verhältnis zur Natur » ; « Biomorph-ganzheitliches Denken der Natur » ; « Natur als Gegenstand und Gegenbegriff » ; « Natur als offenes, umgreifendes Gesamtsystem »

⁹² « Die Eingriffe in den Naturhaushalt beschränkten sich auf die Sicherung des notwendigen Bedarfs » (traduction personnelle)

⁹³ « Personaler Gegenseitigkeitsbeziehung » (Traduction personnelle)

Vers une nature-objet

Avec l'émergence du monothéisme, notamment du christianisme au Moyen-Âge, la nature est dédivinisée puisqu'elle est présentée comme le reflet (imparfait) de Dieu (Gauthier et Tardif, 2005). Dans cette vision du monde, Dieu est placé au centre des considérations, mais il est extérieur au monde des humains et ne fait plus partie de la nature même. La dédivinisation de la nature a rendu possible l'exploitation de celle-ci (Meske, 2011). Par ailleurs, d'après la Genèse, les végétaux avaient été créés pour nourrir l'homme et la femme ainsi que les animaux (Genèse 1, v. 29-30).

Le rapport de la religion et de la science a été considérablement bouleversé par la découverte de l'héliocentrisme par Nicolas Copernic (1473-1543), soutenu par Galilée (1564-1642) et prouvé mathématiquement par Isaac Newton (1642-1727). Cette théorie de l'héliocentrisme a remis en cause la perception commune du soleil qui se lève et qui se couche et opposé la science comme vérité au sens commun (Petit, 1997). La révolution copernicienne avait également provoqué un clivage entre le dogme chrétien, porté par l'institution religieuse, et la science, notamment avec la condamnation de Galilée pour la diffusion de ses thèses héliocentriques qui étaient interprétées comme une atteinte aux écrits de la Bible. Galilée cependant sépare la religion de la science. Ainsi, il écrit dans une lettre à la grande-duchesse Christine : « *l'intention du Saint-Esprit est de nous enseigner comment on doit aller au ciel, et non comment va le ciel* » (Nicolle, 2006, p. 92). A la même époque, René Descartes (1596-1650) décrit la nature comme matière et la désacralise : « *Sachez donc que par la Nature je n'entends point ici quelques déesse, ou quelque autre sorte de puissance imaginaire, mais je me sers de ce mot pour signifier la Matière* » (Descartes cité par Petit, 1997, p. 24). La nature avec sa faune et sa flore sera « *l'objet d'une intelligibilité à conquérir* » (Giordan, 2011, p. 2), « *un dépôt inépuisable pour le progrès humain*⁹⁴ » (Meske, 2011, p. 29) dont il faut connaître les lois. Les caractéristiques sensorielles non mesurables, tels que le goût, l'odeur et la beauté, ne seront pas prises en compte (Meske, 2011). L'Homme est ainsi placé au-dessus de la nature puisque grâce à son savoir il est considéré comme « *maître et possesseur de la nature* » (Giordan, 2011, p. 2; Petit, 1997).

Parallèlement à cela, l'essor de l'humanisme à partir de la Renaissance contribue à une « *prise de conscience de l'homme par lui-même* » cherchant son accomplissement dans la nature et la communauté humaine (Gauthier et Tardif, 2005, p. 66). Les progrès techniques de la civilisation occidentale, la rationalisation ainsi que cette pensée anthropocentrique, renforcée par le protestantisme, expliquent l'exploitation des ressources de la nature et son "façonnage". L'humain avec sa spécificité à créer met en évidence « *l'emprise de la culture sur*

⁹⁴ « Zum unerschöpflichen Warenlager für den menschlichen Fortschritt » (traduction personnelle)

la nature » (Chézaud, 2000) notamment dans l'art du jardin. Tourné vers la nature (considérée comme le reflet de Dieu), il cherche, par l'art du jardin, à « fabriquer un monde analogue à la perfection de la création divine qui lui fournit ses modèles » (Gauthier et Tardif, 2005, p. 69). L'humain est ainsi le créateur de son propre paysage selon ses représentations, au style plutôt contrôlé et ordonné (tel que le jardin français du XVII^e siècle) ou plutôt sauvage avec l'artifice caché (tel que le jardin anglais du XVIII^e siècle).

Emmanuel Kant, au siècle des Lumières, accentue la rupture entre la science et la religion. Il prétend dans son ouvrage *Kritik der reinen Vernunft*, en 1751, qu'il n'est pas possible de déduire expérimentalement et analytiquement l'existence de Dieu. Il place ce dernier du côté des croyances et non pas du savoir et oppose ainsi la vérité religieuse à la vérité technique et rationnelle. La nature a au XVIII^e siècle un statut scientifique. Elle est régie par des lois physiques, identifiables et quantifiables. Certains, notamment les physiocrates, tentent de concilier l'idée d'une nature finalisée à celle d'une nature mécanique⁹⁵. A cette époque, le monde à analyser est placé dans un système de causalité linéaire. Cette approche est appuyée par les avancées techniques de plus en plus complexes. L'humain devient dans ce cadre également objet d'étude. Dans sa dixième édition du *Systema Naturae* (1758), Linné place les humains, parmi l'ordre des Primates (Van Damme, 2015). Mais déjà dans la version de 1735, il distingue les humains des animaux. Contrairement aux animaux, seuls les humains sont capables de se désigner en tant qu'humain (Kattmann, 1997; Pichot, 2011).

On retrouve également à cette époque l'opposition entre une nature sauvage et une nature cultivée. Pour les uns, la nature sauvage est signe de dépérissement (De Buffon), pour les autres de beauté, de bonté et de pureté (Rousseau). Georges-Louis Leclerc, comte De Buffon (1707-1788) met en avant la nécessité de l'intervention humaine pour enjoliver cette nature sauvage : « *La nature brute est hideuse et mourante ; c'est moi, moi seul qui peut la rendre agréable et vivante [...] Qu'elle est belle, cette nature cultivée ! Que par les soins de l'homme elle est brillante et pompeusement parée !* » (Leclerc, 1812, p. 19). Jean-Jacques Rousseau (1712-1778) au contraire trouve la beauté dans la nature sauvage : « *Vous ne voyez rien d'aligné, rien de nivelé ; jamais un cordeau n'entra dans ce lieu ; la nature ne plante rien au cordeau [...] Tout ce que vous voyez sont des plantes sauvages ou robustes qu'il suffit de mettre en terre, et qui viennent ensuite d'elles-mêmes. D'ailleurs la nature semble dérober aux yeux des hommes ses vrais attraits, auxquels ils semblent trop peu sensibles, et qu'ils défigurent quand ils sont à leur portée ; elle fuit les lieux fréquentés ; c'est au sommet des montagnes, au fond des forêts, dans les îles désertes qu'elle étale ses charmes les plus touchants* »⁹⁶ (extrait de *La Nouvelle Héloïse*, lettre XI). Rousseau

⁹⁵ Source : <http://expositions.bnf.fr/lumieres/arret/00.htm> (consulté le 26.06.2016)

⁹⁶ Source : <http://visualiseur.bnf.fr/Visualiseur?Destination=Gallica&O=NUMM-101488> (consulté le 25.06.2016)

évoque ici le jardin à la française caractérisé par sa symétrie et sa rigueur, domptant la nature (La Ferme Ornée de Carrouges, 2014).

Vers une considération de la nature comme un système global ouvert incluant les humains

Les romantiques allemands (fin du XVIIIe au XIXe siècle) (notamment les *Naturphilosophen* tels que Johann-Wolfgang von Goethe (1749-1832) et Friedrich Schiller (1759-1805)) ont fait un vrai éloge de la nature sauvage. Dans ce courant (contre-courant), qui s'est également développé en France (notamment avec Rousseau et Chateaubriand (1768-1848)), la nature est perçue comme un organisme dynamique contrairement au point de vue rationaliste et technique du siècle des Lumières. Les romantiques partagent une vision harmonieuse entre les humains et la nature où les sentiments et l'affect jouent un rôle essentiel. Ils utilisent des métaphores autour des plantes notamment sur les arbres, les graines et les fleurs pour représenter leur vision de l'organisme dynamique et du cycle éternel de la vie. Le summum de la continuité organique est symbolisé par la fleur⁹⁷. Comme évoqué au chapitre précédent, Goethe dans sa *Métamorphose de la plante* décrit le cercle des forces éternelles de la nature : « *Und hier schließt die Natur den Ring der ewigen Kräfte* » (von Goethe, 1829, p. 200). Il mettait également en avant une vision holistique de la nature (Meske, 2011). Je présenterai plus loin quelques particularités allemandes du rapport des humains à la nature (voir 5.1.3), issues de ce courant de pensée.

La théorie de l'évolution de Charles Darwin (1809-1882) a également modifié la place des humains par rapport à la nature. Cette théorie inclut l'humain, en tant qu'élément de la nature, dans l'histoire et les processus de l'évolution. Une approche téléologique de la nature n'a plus son sens, étant donné que tous les êtres vivants sont "soumis" aux processus de l'évolution. Cependant la théorie de l'évolution a mis en avant une certaine justification biologique de la position "exceptionnelle" de l'humain dans la nature⁹⁸ (Kattmann, 1997). La "suprématie" de l'humain à la nature a déjà été avancée par les philosophes grecs, notamment en attribuant une âme supérieure aux animaux et aux humains par rapport aux végétaux (chapitre 4), et par la théologie chrétienne (voir ci-dessus). Les théories de la relativité et des quanta d'Albert Einstein (1879-1955) ont, quant à elles, modifié l'image du chercheur objectif, puisque les affirmations ne seront plus que des « *lois probables, dépendantes de la perception humaine*⁹⁹ » (Meske, 2011, p. 30).

⁹⁷ Source : <http://www.umweltunderinnerung.de/index.php/kapitelseiten/verehrte-natur> (consulté le 25.06.2016)

⁹⁸ « Postulat der biologischen Sonderstellung » (Kattmann, 1997)

⁹⁹ « Wahrscheinlichkeitsgesetze, die von der menschlichen Wahrnehmung abhängen » (traduction personnelle)

A cette époque le terme d'écologie a été évoqué pour la première fois par Ernst Haeckel en 1866. L'écologie a ses racines dans le domaine des sciences naturelles, mais son lien avec les sciences sociales est aujourd'hui indéniable. Ce propos sera détaillé un peu plus loin. L'écologie étudie les relations et interactions entre les organismes et leur environnement. Il y a eu une prise de distance par rapport à une biologie réductionniste qui étudie des unités de plus en plus petites, pour, au contraire, considérer le contexte (Siebenhüner, 1995). L'écologie a mis en avant une vision plus globale de la nature.

Avec l'industrialisation à partir du XIXe siècle, l'exploitation et la manipulation des ressources naturelles ainsi que la déforestation augmentent notamment par l'utilisation des machines. La productivité et les rendements sont amplifiés sans tenir compte des conséquences environnementales. Cette période est caractérisée par la destruction et l'exploitation. En 1962, Rachel Carson publie son ouvrage *Silent spring*. Les conséquences, pour les humains, de l'intervention humaine dans la nature (non-humaine), notamment par l'utilisation de l'insecticide DDT, y sont exposées. Une prise de conscience émerge à partir de là que les humains sont partis intégrante de la nature, que leur action dans la nature a des conséquences sur eux-mêmes (à plus ou moins long terme). Ils ont ainsi une double position : ils façonnent et interviennent dans la nature, sont son vis-à-vis, mais font également partie d'elle (Kattmann, 1997).

C'est dans ce contexte qu'émerge une conscience écologique où l'humain destructeur et perturbateur devient protecteur voire restaurateur (Barroca-Paccard, 2011). Des associations de protection de la nature puis de l'environnement voient le jour et des conférences et sommets au niveau international se tiennent aux XXe et XXIe siècles. Ces derniers seront détaillés au chapitre 6 dans le cadre de l'éducation au développement durable. Citons seulement la Conférence des Nations Unies sur l'environnement humain organisée à Stockholm en 1972 qui stipule : « *Défendre et améliorer l'environnement pour les générations présentes et à venir est devenu pour l'humanité un objectif primordial¹⁰⁰* ». Ainsi la nature n'est plus simplement perçue comme une ressource ou un décor pour les activités humaines, mais passe à un statut « *d'entité fonctionnelle au sein de laquelle se développent les sociétés humaines* » (Barroca-Paccard, 2011, p. 2). Avec cette conscience environnementale, s'impose également la projection dans le temps : « *Le développement durable, c'est s'efforcer de répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité de satisfaire ceux des générations futures¹⁰¹* ». La terminologie utilisée a également évolué : passant de l'environnement au développement

¹⁰⁰ Source : <http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=97&ArticleID=1503&l=fr> (consulté le 26.06.2016)

¹⁰¹ Source : http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/sites/odyssee-developpement-durable/files/5/rapport_brundtland.pdf (consulté le 26.06.2016)

durable. L'environnement est défini dans la circulaire de 1977 concernant l'éducation en matière d'environnement par « *l'ensemble, à un moment donné, des aspects physiques, chimiques, biologiques et des facteurs sociaux et économiques susceptibles d'avoir un effet direct ou indirect, immédiat ou à terme, sur les êtres vivants et les activités humaines*¹⁰² ». Le concept du développement durable ajoute justement l'idée de durabilité mettant en balance « *les considérations environnementales, sociétales et économiques dans une perspective de développement et d'amélioration de la qualité de la vie* » (UNESCO, 2012, p. 3).

Avant d'aborder l'écologie et le développement de la conscience environnementale en France et en Allemagne, je vais présenter certains aspects spécifiques allemands quant au rapport des humains à la nature. Ces aspects mettront en avant une certaine dimension affective dans le rapport à la nature.

5.1.3 Rapports particuliers à la nature en Allemagne

Les Allemands ont développé un rapport particulier à la forêt. La forêt allemande¹⁰³ a été utilisée comme métaphore pour décrire le paysage tant souhaité¹⁰⁴. Elle est notamment issue des contes, légendes et mythes allemands décrits par les écrivains romantiques. Dès la fin du courant romantique (fin du XIXe siècle), la forêt allemande a été instrumentalisée politiquement et idéologiquement. Contrairement aux jardins anglais et français, la forêt symbolisait la nature sauvage et fut déclarée comme exclusivement allemande. Cette symbolique de la forêt a été reprise par le national-socialisme : « *La force et le caractère authentique d'un peuple de la forêt, promulgués par les idéologues de la forêt, ont pu être interprétés comme une suprématie raciale au sein des peuples européens*¹⁰⁵ » (Lehmann, 2001, p. 6).

Encore aujourd'hui, la forêt est considérée comme élément important du paysage culturel allemand. Je citerai quelques exemples sans entrer dans les détails. Ainsi les jardins d'enfants de forêt¹⁰⁶, issus des pays scandinaves, se sont développés dans l'ensemble du pays. Le *Baden-Württemberg* compte aujourd'hui plus de 110 jardins d'enfants de forêt ou de nature. Dans ces jardins d'enfants, les enfants passent tout leur temps à l'extérieur (sauf en cas d'intempérie forte), utilisant les matériaux qu'ils ont à disposition dans la forêt ou la nature.

¹⁰² Source : http://media.eduscol.education.fr/file/EEDD/21/8/circulaire1977_115218.pdf (consulté le 26.06.2016)

¹⁰³ « Der deutsche Wald » (traduction personnelle)

¹⁰⁴ « Sehnsuchtslandschaft » (traduction personnelle)

¹⁰⁵ « Die von den Waldideologen verkündete Kraft und Ursprünglichkeit eines Waldvolkes ließ sich als rassistisch bedingte Überlegenheit innerhalb der europäischen Völker interpretieren » (traduction personnelle)

¹⁰⁶ « Waldkindergarten » (traduction personnelle)

La pédagogie de la forêt¹⁰⁷ a vu le jour au début du XXe siècle pour éduquer et rapprocher les jeunes de la nature et de leur *Heimat*¹⁰⁸. Cette pédagogie s'appuie sur un apprentissage holistique selon la pédagogie de Pestalozzi incluant des aspects cognitif, affectif/sensoriel et manuel. Un autre exemple est la mise en place des "cimetières-forêt" et des enterrements au pied des arbres qui montrent également l'importance et la symbolique de l'arbre et de la forêt en Allemagne. Il en est de même pour la feuille de chêne présente sur la monnaie allemande : sur l'ancien *Pfennig* et sur le *Cent* actuel.

Mentionnons par ailleurs que la notion et l'idée de durabilité¹⁰⁹ sont issues de la gestion sylvicole allemande au XVIIIe-XIXe siècle. Les origines sont à retrouver dans les aspirations mercantiles de l'utilisation des forêts. Le principe de l'économie sylvicole étant de ne pas abattre plus de bois qu'il n'en repousse¹¹⁰. Ce principe garantit le renouvellement de la forêt (Höltermann et Oesten, 2001).

Après la seconde guerre mondiale, en 1947, s'est mise en place une communauté pour la protection de la forêt allemande¹¹¹ (*SDW*). Celle-ci a entre autre été créée pour protéger les forêts du déboisement massif effectué par les alliés. Dans la zone d'occupation française, Baden et Württemberg-Hohenzollern, les habitants parlaient de "coups des Français¹¹²", de manière générale de "coups de réparation¹¹³". En effet, 10% de la superficie forestière allemande a été abattue, à des fins d'exportation et de reconstruction entre autres¹¹⁴. La *SDW* a également mis en place le jour de l'arbre, le 25 avril. Tous les ans à cette date, les communes, les écoles, etc. plantent un arbre en commémoration de la durabilité. Le premier jour de l'arbre a eu lieu en 1952.

Les Allemands ont en ce sens été très touchés par le dépérissement de la forêt allemande¹¹⁵ thématiquement dans les médias depuis les années 80. La pollution atmosphérique, et les pluies acides qui en résultent ont été avancées notamment par le géologue Bernard Ulrich pour expliquer ce dépérissement. Suit alors une médiatisation dramatisante annonçant que les premières forêts allemandes allaient mourir en l'espace de quelques années. Le sud du pays fut particulièrement touché. En France, le problème des pluies acides est dans un premier

¹⁰⁷ « Waldpädagogik » (traduction personnelle)

¹⁰⁸ Le mot *Heimat* peut être compris ici par le lieu de naissance et/ou celui où l'individu à grandi, où ont lieu les premières expériences de socialisations. Cet endroit est souvent lié à un sentiment d'appartenance, le "chez soi"

¹⁰⁹ « Nachhaltigkeit » (traduction personnelle)

¹¹⁰ « Es darf nicht mehr Holz eingeschlagen werden, als wieder nachwächst. Ständig muss sich der Wald verjüngern. »

¹¹¹ « Schutzgemeinschaft deutscher Wald » (traduction personnelle)

¹¹² « Franzosenhiebe » (traduction personnelle)

¹¹³ « Reparationshiebe » (traduction personnelle)

¹¹⁴ Source : http://www.sdw-bw.de/2011/cms/front_content.php?idcat=116

¹¹⁵ « Waldsterben » (traduction personnelle)

temps minimisé et le dépérissement des forêts est peu constaté sur le territoire. Les Alsaciens, ayant accès à la télévision allemande, ont été davantage inquiets (Caro, 2009). D'après l'Office National des Forêt en Alsace, les causes du phénomène des pluies acides sont encore présentes. Il s'est avéré qu'elles sont complexes et de différentes natures : « *sécheresse en 1976, pollution, dépôts atmosphériques, carence nutritive*¹¹⁶ ».

Le mouvement de la *Heimatbewegung*¹¹⁷ à la fin du XIXe siècle a également marqué le rapport à la nature des Allemands. Ce courant s'est mis en place en contestation à la forte industrialisation, le développement des réseaux routiers et la canalisation des rivières dans le but de préserver la nature et les coutumes. Les "Heimatromane" et "Heimatfilme", avec en coulisses la nature et la forêt, sont issus de ce mouvement (Caro, 2009).

Dès le XIXe siècle s'est mis en place le "mouvement de réforme de la vie"¹¹⁸. Un courant qui visait le retour à un mode de vie "naturel" et dénonçait l'urbanisation et l'industrialisation. Il comprenait entre autres la culture du corps libre¹¹⁹, mouvement naturiste prônant la pratique de la nudité ainsi que celui des naturopathes¹²⁰ (Vogt, 2001). C'est aussi à cette époque qu'ont été installés les jardins ouvriers¹²¹ permettant aux personnes pauvres de se nourrir à moindre coût. La relation à la nourriture se voyait également modifiée par ce courant prônant le végétarisme et une réforme alimentaire au sein de laquelle la qualité dans la production alimentaire était mise en avant (Vogt, 2001). Ainsi l'agriculture naturelle refusait l'utilisation d'engrais chimiques et de fumier. Elle s'appuyait sur les connaissances en bactériologie pour assurer la fertilité du sol et utilisait notamment le compostage et les déchets organiques rous (Vogt, 2001).

Je ne détaillerai pas les différents courants de l'agriculture biologique ou écologique (en allemand *ökologische Landwirtschaft*), nés à partir des années 30. Il me semble cependant important de mentionner que la France a rattrapé l'Allemagne en ce qui concerne les surfaces agricoles biologiques. L'intérêt pour la production et la consommation du « bio » a augmenté dans les deux pays ces dernières années¹²². Visiblement dans ce domaine, la conscience écologique avec l'idée d'une culture de la terre durable et respectueuse de l'environnement se développe de plus en plus. En France, il y a eu une forte augmentation des surfaces agricoles

¹¹⁶ Source : <http://www.onf.fr/alsace/sommaire/onf/connaître/environnement/20080317-113521-298010/@@index.html> (consultée le 26.04.2016)

¹¹⁷ Pourrait être traduit par « mouvement natif »

¹¹⁸ « Lebensreformbewegung » (traduction personnelle)

¹¹⁹ « Freikörperkultur » (traduction personnelle)

¹²⁰ « Naturheilpraktiker » (traduction personnelle)

¹²¹ « Schrebergarten » (traduction personnelle)

¹²² Source : <http://www.agencebio.org>

biologiques depuis 2006. L'Allemagne reste cependant le premier pays consommateur de produits biologiques (32%, 2012). La France est en deuxième position avec 19%¹²³.

5.2 L'écologie – lien entre la science et la société

« Le développement et les applications de la théorie des écosystèmes induisent l'apparition d'une idéologie écologiste systémique qui transformera les représentations sociales des relations nature-société dans les sociétés industrielles » (Aspe, 1989).

Avant de développer l'écologie comme lien entre le domaine des sciences naturelles et des sciences sociales (comme illustré dans la citation ci-dessus), les termes d'écologie (écologue) et d'écologisme (écologiste) doivent être clarifiés. L'écologie est clairement une science qui étudie les conditions d'existence et les interactions entre les organismes et leur environnement (Lévêque, 2013), qui étudie donc les écosystèmes¹²⁴. L'écologie pratique cette science alors que l'écologiste appartient à un mouvement politique bien que ce dernier se base entre autres sur les apports scientifiques de l'écologie et adopte sa vision systémique.

L'écologie analyse les processus biologiques, chimiques et physiques qui animent les écosystèmes. Elle est de plus en plus amenée à communiquer avec les sciences de l'Homme et de la société, puisque la société humaine en dépend et affecte ces processus (Barbault, 2008) (Figure 32). A travers l'étude des écosystèmes, l'écologie moderne est confrontée aux problèmes d'environnement qui sont non seulement induits, entre autres, par l'activité humaine, mais ont également des conséquences sur les sociétés. L'humain est dépendant des « services écosystémiques » et intervient en même temps dans ces écosystèmes. Par son intervention, il est responsable pour les générations futures. Il ne s'agit pas ici d'idéaliser une nature exempte des humains, telle qu'elle peut être véhiculée par une certaine vision idéologique dans laquelle « *la nature, par essence bienveillante, est mise en danger par l'homme* » (Lévêque, 2013, p. 37), mais plutôt de montrer la relation entre écologie et société.

La politique environnementale (ou écologie politique) tente de mettre en place des actions permettant de résoudre ou d'améliorer les problèmes d'environnement affectant la société en mobilisant les connaissances de l'écologie scientifique. Cette dernière étant en lien étroit avec les sciences de la terre et les sciences de l'Homme et de la société (Barbault, 2008).

¹²³ Source : <http://www.agencebio.org> (rapport 2015, chiffres de 2012)

¹²⁴ Le terme d'écosystème a été défini par l'Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire comme suit : « Un écosystème est un complexe dynamique composé de plantes, d'animaux, de micro-organismes, et de la nature morte environnante agissant en interaction en tant qu'unité fonctionnelle. Les êtres humains sont partie intégrante des écosystèmes. » (source : (Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire (EM), 2003)

« Il est impossible de concevoir une politique environnementale efficace si elle n'est basée sur une information scientifique de qualité » (Kofi Annan cité par Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire (EM), 2003).

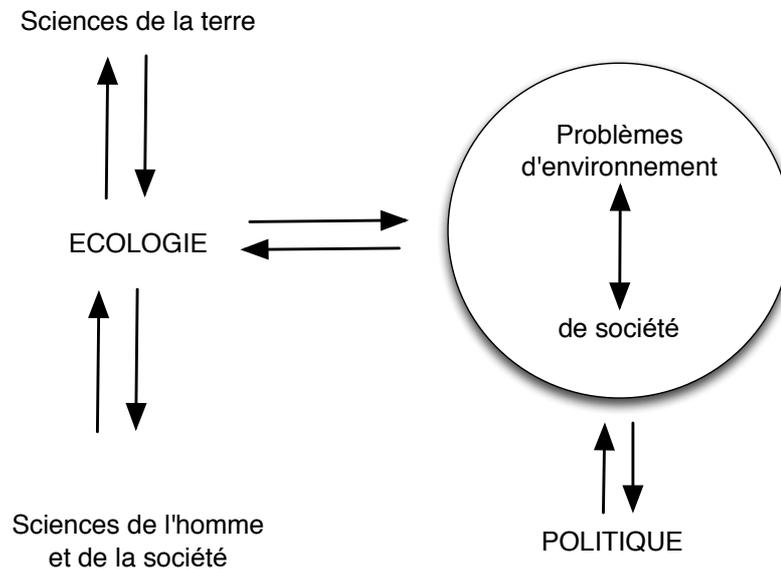


Figure 32 : La rencontre entre écologie scientifique et politique (Barbault, 2008, p. 8)

L'écologie, au-delà des apports scientifiques avec « l'accroissement des connaissances sur la structure et la dynamique de la biosphère » véhicule également une façon de penser (le monde, la place des humains dans le monde) et des valeurs (éthiques, politiques, économiques et sociales) (Barbault, 2008, p. 331).

Si l'on prend l'exemple du livre *Silent spring* de Rachel Carson en 1962, cette pensée écologique systémique (ou écosystémique) est pour la première fois mise en avant publiquement : « *Damit erhielt zum ersten Mal eine systemische Betrachtungsweise von Naturprozessen einen prominenten Platz in der öffentlichen Debatte über den Umgang mit Natur*¹²⁵ » (H. Lange, 2011, p. 617). En effet, dans le cadre d'un raisonnement systémique, il ne s'agit pas de considérer un organisme en soi, mais de considérer cet organisme dans son milieu avec les interactions qui en résultent. Ces écosystèmes servent d'unité de base pour l'écologie. Ils sont des créations mentales qui permettent « d'étudier non seulement la dynamique de leur progression vers une intégration et une plus grande stabilité, mais aussi les interactions, les chevauchements, les synergies ou les antagonismes avec les autres écosystèmes » (Deléage, 1994, p. 120). Une pensée systémique est en ce sens à comprendre comme la mise en réseau de systèmes ouverts régie par une relation interactive tant au sein même des systèmes qu'entre les systèmes.

¹²⁵ « C'est ainsi que l'approche systémique des processus de la nature obtint une place éminente dans le débat public concernant le maniement avec la nature » (traduction personnelle)

Alors que la science “classique” raisonne davantage en causalités linéaires avec une succession temporelle, l’écologie le fait en causalités circulaires avec un principe de rétroaction (Lévêque, 2013; Siebenhüner, 1995), c’est-à-dire que « *l’effet revient vers la cause et la modifie* » (Lévêque, 2013, p. 67). Ce raisonnement serait ainsi plutôt représenté par un processus cyclique. En considérant le réseau relationnel du système, une cause peut par ailleurs avoir plusieurs conséquences, notamment sur les autres systèmes. Ainsi tous les éléments en réseau interagissent sur la base du principe de cause et d’effet (Siebenhüner, 1995).

Par la suite, je vais essayer de caractériser les approches sociétales face aux problèmes d’environnement. Comme précisé par l’éducation comparée, les élèves baignent dans une culture. Ce que j’ai esquissé jusqu’à présent concernait un rapport des humains à la nature plutôt général, propre à la culture européenne. Il me reste donc à préciser les particularités de la culture allemande et de la culture française. Je vais dans un premier temps évoquer le développement des mouvements écologistes en Allemagne et en France puis énoncer dans un deuxième temps leurs approches divergentes en matière d’environnement.

5.2.1 Le développement des mouvements écologistes en Allemagne

L’Allemagne du XIXe siècle a été marquée par une rapide industrialisation qui engendra une pollution importante de l’air, des sols et des eaux. Par ailleurs la population était également soucieuse face à la pollution sonore, notamment dans les villes et les zones industrialisées.

Après la seconde guerre mondiale, dans les années 70, les pollutions atmosphériques venant de la RDA s’ajoutent à celles de la RFA. Ces différentes nuisances ainsi que les crises survenues dans les années 60 et 70 et l’accroissement de la pression urbaine ont fait émerger dans les années 70 une conscience de la crise écologique et une certaine sensibilité écologique en RFA (Caro, 2009). Par ailleurs, la médiatisation internationale, notamment avec les ouvrages de Rachel Carson (*Silent Spring*, 1962, concernant les conséquences de l’utilisation du DDT), de Barry Commoner (sur les retombées radioactives liées aux essais d’armes nucléaires), de Jean Dorst (*Avant que nature meure*, 1965), du “Club of Rome” (*The limits to growth*, 1972) ainsi que l’évolution psychologique de la population ont contribué au développement de la conscience écologique et d’un mouvement général de la société s’intéressant à la nature et à l’environnement.

A partir de là, des débats et discussions entre les politiques et la population se sont installés et les mouvements écologiques ont été créés. D’après Caro (2009, p. 151), « *les*

attentes écologiques d'une partie de la population semblent se développer parallèlement aux réflexions menées par les autorités ». Ce qui n'a pas été le cas en France où ce mouvement touche dans un premier temps des « *élites cultivées* » (Charles et Kalaora, 2007, p. 123). De nombreuses associations sociales et des regroupements sous forme de *Bürgerinitiativen*, défendant des intérêts locaux, ont vu le jour en Allemagne. Ces *Bürgerinitiativen* se regroupant « *autour d'un discours idéologique commun et fédérateur* » et s'ancrant « *autour d'une réflexion critique* » (Caillaud, Kalampalikis et Flick, 2010, p. 628) ont été importants à la fois dans la durée et en ce qui concerne le nombre d'adhérents.

Malgré la mise en place d'un programme immédiat¹²⁶ du gouvernement socio-démocrate (1969-1974) sous Willy Brand, dans lequel des mesures contre les pollutions de l'air, de l'eau et sonore sont prises, le manque d'un ministère fédéral de l'environnement pose des difficultés. Ainsi, la question de l'environnement est répartie entre divers ministères avec des intérêts différents, ce qui entrave l'efficacité et la cohérence. Les Länder, souvent dirigés par l'opposition, et l'Etat fédéral se partagent la compétence concernant la protection de l'environnement, ce qui rend la coopération compliquée. Les engagements pris par Willy Brand ne sont pas partagés par son successeur Helmut Schmidt : il met ainsi fin à la phase de réformes. Les écologistes allemands, ne croyant plus à un changement politique des partis établis, créent leur propre parti *Die Grünen* le 13 janvier 1980 à Karlsruhe (au *Baden-Württemberg*)¹²⁷. Auparavant, la première association de ce parti au niveau du Land¹²⁸ a été créée au *Baden-Württemberg* fin septembre 1979¹²⁹. Ils défendent des principes tels que l'écologie, le social, la démocratie ainsi que la non-violence.

Cependant il est important de souligner, que l'une des forces du parti *Die Grünen* est qu'il s'agit d'un parti uni malgré les divergences internes. En France au contraire, les divergences font éclater le parti écologique en trois partis en 1990 (Caro, 2009).

Depuis les premières élections du *Landtag* au *Baden-Württemberg* de 1984 auxquelles le parti *Die Grünen* a participé, ces derniers n'ont cessé d'augmenter le nombre de leurs électeurs (hormis en 2001, année durant laquelle il y a eu une petite baisse). En 2011, pour la première fois dans la politique allemande, le parti *Die Grünen* a, avec les socialistes, obtenu la majorité aux élections du *Landtag*. Ainsi il y a non seulement eu un changement gouvernemental en faveur des écologistes, mais également un virage des chrétiens démocrates vers les socialistes. La droite (CDU ou FDP¹³⁰) avait été au pouvoir depuis 58 ans

¹²⁶ « Sofortprogramm » (traduction personnelle)

¹²⁷ Pour plus de détails concernant la création du parti politique Die Grünen : cf. Caro (2009)

¹²⁸ Le « Landesverband » (traduction personnelle)

¹²⁹ Source : www.gruene-bw.de (consulté le 26.06.2016)

¹³⁰ Christlich Demokratische Union Deutschlands ; Freie Demokratische Partei

dans le *Land*. Le *Ministerpräsident*, Winfried Kretschmann (du parti *Die Grünen*), a pris ses fonctions en mai 2011, succédant à Stefan Mappus (CDU). En 2016, Winfried Kretschmann remporte à nouveau les élections du *Landtag*. La montée des *Grünen* s'est également ressentie lors des élections européennes : ainsi ils atteignent 15% au *Baden-Württemberg* en 2009, taux record depuis les élections de 1984.

Le mouvement Vert (avec son parti) en Allemagne est né non seulement de la prise de conscience des problématiques sociales et environnementales, mais également d'une frustration face à la politique menée par les partis en place et de la volonté de créer un parti nouveau et fédérateur en accord avec les valeurs morales et éthiques des écologistes. Nous allons voir par la suite comment les mouvements écologistes français se sont développés.

5.2.2 Développement des mouvements écologistes en France

S'appuyant sur l'ouvrage de Richard Groove, Céline Caro (2009) qualifie Bernardin de Saint-Pierre (1737-1814), Pierre Poivre (1719-1786) et Philibert Commerson (1727-1773) de pionniers de l'environnementalisme moderne. Ces savants auraient été sensibles à l'harmonisation de l'homme avec la nature dans les colonies françaises au XVIIIe siècle, cherchant à maintenir le "paradis". Dans cette idée, la gestion responsable de l'environnement paraissait comme une « *nécessité économique* » et une « *priorité esthétique et morale* » (Caro, 2009, p. 51).

Au XIXe siècle, la France a également connu des problèmes locaux liés à la pollution de l'air, des sols et de l'eau. Cependant l'industrialisation et l'urbanisation croissaient moins vite qu'en Allemagne. Dans les années 60, la population agricole en France était encore plus importante qu'en RFA, ce qui causa surtout des problèmes en terme de pollution des eaux et des sols ainsi qu'une contamination de la chaîne alimentaire par l'utilisation des produits chimiques. La densité de la population en 1970 était par ailleurs plus importante en RFA (244 hab./km²) qu'en France (90 hab./km²). Et pourtant la production de produits ménagers envahissant le paysage par les décharges sauvages et des traitements insuffisants était plus importante en France (300 kg/hab./an) qu'en Allemagne (250 kg/hab./an). Concernant la population, l'Alsace était cependant une exception : elle a été qualifiée de "zone de peuplement industriel ou urbain". La pollution des sols était également aggravée par la bétonisation du paysage (expansion urbaine, développement industriel, ...) ainsi que par l'augmentation du tourisme causant la détérioration de certaines « *zones naturelles fragiles* » (Caro, 2009, p. 76).

Si l'on compare l'opinion publique des deux côtés du Rhin concernant les problèmes environnementaux (Eurobaromètre 1986), les Français étaient globalement satisfaits et critiquaient surtout l'enlaidissement des paysages ainsi que la disparition des cultures. En Allemagne, la population était insatisfaite et craignait la pollution de l'air, de l'eau potable, la pollution sonore, l'enlaidissement des paysages et la disparition des cultures. La perception des problèmes d'environnement a été moins forte en France qu'en Allemagne dans les années 80 : 56% contre 80% des personnes interrogées considèrent la protection de l'environnement comme une priorité (Kramer, 1998). Cependant à partir des années 90 la sensibilisation des citoyens français augmente, jusqu'à atteindre 80% dans le sondage de 1992. En 2011, presque tous les Français (97%) et les Allemands (95%) sondés avançaient l'importance de la protection de l'environnement.

En Europe, ce sont entre autres deux Français, Jean Dorst (né en Alsace) et Jacques-Yves Cousteau qui ont alimenté les réflexions sur la gestion globale de la planète. Jean Dorst a ainsi publié en 1965 son ouvrage *Avant que nature meure* et Jacques-Yves Cousteau s'est entre autres, battu avec succès contre le projet d'enfouissement des déchets atomiques en Méditerranée.

Entre 1967 et 1980, la France a été confrontée à plusieurs catastrophes maritimes d'origine industrielle, touchant les riverains des côtes par les marées noires. Alors qu'en France les manifestations sur les côtes n'ont lieu qu'à partir de 78, notamment en Bretagne, une commission pour les accidents pétroliers fut créée dès 1968 (un an après le naufrage du "Torrey Canyon") en RFA.

Le premier ministère de l'environnement français, chargé de la protection de la nature et de l'environnement fut mis en place en 1971. Alors qu'en Allemagne, c'est le gouvernement de Willy Brandt (socialiste) qui met en place un programme environnemental, en France, c'est le gouvernement de droite avec notamment Valéry Giscard d'Estaing (au pouvoir de 1974 à 1981). Entre 1977 et 1981, les écologistes se rapprochent en France du Parti Socialiste qui prend plus au sérieux les problématiques environnementales. In fine, le parti Les Verts, Confédération écologiste – Parti écologiste voit le jour en 1984 suite à la fusion des partis VPE (Les verts parti écologiste) et V (Verts). Ce parti est maintenu jusqu'en 1990, puis, pour des raisons de divergences et de difficultés internes, a éclaté en trois partis : Les Verts, GE (Génération Ecologie) et MEI (Mouvement Écologiste Indépendant). En 2010, Les Verts ont changé de statuts et de dénomination et s'appellent désormais Europe-Écologie-Les Verts.

Venons-en aux résultats des différentes élections, présidentielles, régionales et européennes. La popularité des Verts (ou Europe-Ecologie) est très disparate. Pour les élections présidentielles par exemple, ce parti obtient des résultats plutôt faibles par rapport

au Parti Socialiste (PS) ou au parti Union pour un Mouvement Populaire (UMP¹³¹). Cependant pour les élections régionales ou européennes, les résultats d'Europe-Écologie des dernières années sont assez proches de ceux du PS, voire dépassent même le score du PS. Cela a été le cas lors des élections européennes de 2009 (16,88% pour Europe-Ecologie contre 15,88% pour le Parti Socialiste)¹³². Je noterai par la même occasion que ce score a également dépassé le résultat des *Grünen* lors de ces mêmes élections (qui était de 15%). Cela a été le cas aussi pour les élections européennes de 1999 lorsque 12,13% des Alsaciens avaient voté les Verts contre 9,8% de la population du *Baden-Württemberg*.

J'ai par ces propos pu relever quelques différences quant à l'émergence des partis écologiques en Allemagne et en France. Cependant les derniers résultats des élections montrent bien que les populations des deux régions ne sont pas indifférentes à l'environnement. Je reprendrai ici une citation de Caillaud et al. (2010, p. 640) « *il ne s'agit donc pas de qualifier les uns plus écolos que les autres, mais bien de considérer qu'au sein de ces deux pays existent des lectures et a fortiori des interprétations différentes de la crise écologique* ». Je vais par la suite développer cette idée.

5.2.3 Différences dans les approches

Prenons l'exemple des conseillers en environnement ou éco-conseillers (*UmweltberaterInnen*¹³³) qui sont nés en Allemagne à partir des années 1985 et qui ont par la suite également été mis en place en Alsace. Au XXe siècle en Allemagne, ces conseillers sont issus du mouvement social critiquant les normes de la société occidentale. Ils s'adressent directement aux consommateurs et ont pour fonction de rendre des connaissances scientifiques accessibles et compréhensibles permettant d'agir, à partir de la diffusion de ces connaissances et des conseils pratiques, sur les pratiques quotidiennes et sociales. « *Les UmweltberaterInnen [...] s'appuient sur la population et sur les modifications des comportements quotidiens comme moyens de pression sur le marché et sur la politique* » (Rudolf, 1998, p. 33). C'est ainsi par les comportements et les pratiques "écologiques" des individus ou des regroupements de la société que la conscience environnementale, entre autres d'un point de vue éthique (Caillaud *et al.*, 2010), doit être légitimée dans les sphères institutionnelles et politiques. Encore aujourd'hui, les *UmweltberaterInnen* agissent dans tous les domaines sociaux (secteur public, entreprises, associations, syndicats et églises). Leurs missions sont

¹³¹ Devenu depuis "Les Républicains"

¹³² Source : <http://www.france-politique.fr> (consulté le 26.06.2016)

¹³³ Désigne à la fois les *Umweltberater* (écoconseillers) et les *Umweltberaterinnen* (éco-conseillières)

assez larges : du simple conseil au citoyen au management de l'environnement (avec la récolte et l'analyse de données, la mise en évidence des interactions, causes et effets, l'élaboration de stratégies pour la résolution de problèmes, etc.). Ils peuvent être médiateur ou animateur et ont également à charge de motiver et de persuader¹³⁴. A la fin du XXe siècle en France en revanche, les éco-conseillers ou éco-conseillères, s'adressent, non pas aux consommateurs, mais aux décideurs. Il s'agit là de conseiller notamment les ministères et les collectivités qui prennent les décisions politiques. « *La population n'intervient qu'en bout de chaîne comme soutien des décisions prises à un niveau supérieur* » (Rudolf, 1998, p. 33). Aujourd'hui, leur mission est de conseiller et d'aider à la décision, de réaliser des projets (de la conception à leur évaluation), de communiquer, sensibiliser et de concerter. Les éco-conseillers ou éco-conseillères interviennent auprès des collectivités territoriales, des chambres consulaires ou organisations professionnelles, des entreprises, des bureaux d'étude ou de conseil et des associations. Une des particularités françaises, qui a été mise en place dès le début, est qu'il existe une formation spécifique pour devenir éco-conseiller alors qu'en Allemagne, il s'agit plus d'une reconnaissance des compétences et d'un titre attribué en fonction de celles-ci. D'ailleurs l'ECO Conseil, association qui a notamment mis en place les premiers postes d'éco-conseiller et leur formation en partenariat avec l'INSA (à l'époque ENSAIS¹³⁵), est localisé à Strasbourg.

Cette différence entre une « *institutionnalisation par le bas* » (pour les Allemands) et une « *institutionnalisation par le haut* » (pour les Français) (Rudolf, 1998, p. 52) rejoint ce que soulignent Caillaud et al. (2010, p. 640) qui avancent un « *ancrage éthique du mouvement Vert allemand* » et un « *ancrage politique du mouvement Vert français* ». Leur étude sur les représentations sociales et les pratiques écologiques des Allemands et des Français montre que les premiers ont davantage des motifs moraux pour leur pratique et que les seconds affichent davantage les valeurs en mettant en avant le « *caractère symbolique accordé aux pratiques* » (Caillaud et al., 2010, p. 640). Pour les Allemands, « *les pratiques écologiques sont prises dans une sorte de tension entre un intérêt pour soi, immoral (égoïsme) et un intérêt plus moral (empathie, altruisme), dirigé vers un Autre* » (Caillaud et al., 2010, p. 636). Pour les Français, « *les pratiques écologiques viennent s'inscrire dans une tension entre l'expression de ses valeurs personnelles (forme de liberté) et une soumission aux contraintes imposées par la société (sorte d'obligation)* » (Caillaud et al., 2010, p. 638).

¹³⁴ Source : <http://www.bund.de/Content/DE/DEBehoerden/B/bfub/Bundesverband-fuer-Umweltberatung-eV.html> (consulté le 27.06.2016)

¹³⁵ Institut National des Sciences Appliquées ; Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries de Strasbourg

Avant de conclure ce chapitre, il me reste à soulever certaines particularités linguistiques françaises et allemandes qui semblent importantes notamment pour comprendre d'éventuelles confusions ou obstacles lexicaux.

5.3 Particularités des notions relatives au cycle de vie végétal en langue française et allemande

Certaines notions relatives au cycle de vie ont un sens différent dans le langage courant et en botanique. Il en est par exemple le cas pour le fruit ou la fleur. Le fruit, au sens commun, désigne généralement un organe végétal charnu, comestible, à goût sucré et consommé en dessert. Dans le vocabulaire botanique, le fruit est avant tout le produit de la transformation de l'ovaire d'une fleur après sa fécondation. Il n'est donc pas obligatoirement comestible pour les humains ou les animaux. Certains, comme la courgette ou l'aubergine, le sont en revanche. Dans le langage courant, celles-ci seraient plutôt désignées comme légume, faisant ainsi référence à l'alimentation humaine et au registre diététique. En réalité, les légumes, au sens commun, peuvent être des organes végétaux de diverses origines : de la tige (fenouil ou poireau), de la racine (carottes), des feuilles (salade, épinards), des fleurs (artichaut) ou inflorescences (brocoli), des bourgeons (chou de Bruxelles), des fruits (courgette, tomate), etc. La fleur, quant à elle, peut désigner, dans le langage courant, à la fois la plante comportant une fleur ou uniquement la fleur. Celle-ci est généralement identifiée par ses pétales et son "cœur". Elle est essentiellement utilisée à des fins décoratives. En botanique, la fleur est la partie de la plante qui comporte les organes reproducteurs. Elle a pour fonction d'assurer la reproduction sexuée et ainsi la perpétuation de l'espèce, par la formation de nouvelles graines. Les Angiospermes sont les "plantes à fleurs", portant, à un moment donné, une ou plusieurs fleurs. Ainsi toutes ces plantes à fleurs sont susceptibles de former un ou plusieurs fruits : une rose ou un coquelicot, par exemple, peuvent se développer en fruit après la fécondation de l'ovule (chapitre 4). Cela implique également que les pommiers ou les plantes de poivrons (pour ne désigner qu'un arbre fruitier et une plante potagère) sont aussi des plantes à fleurs. Nous avons vu dans le cadre de l'enquête exploratoire (chapitre 2) que certains élèves semblent catégoriser les plantes. Dans certains entretiens les élèves décrivaient le cycle floral, les graines étant issues de la fleur. Il serait intéressant de voir, si les élèves perçoivent justement le fruit de ces plantes. Ce sera l'objet de l'enquête principale (chapitre 11).

L'utilisation de la notion de fruit, au sens commun, existe également dans la langue allemande. Deux termes peuvent être utilisés en ce sens : *Frucht* ou *Obst*. Il est intéressant de noter que le mot *Frucht* est contenu dans d'autres termes, appartenant au registre

botanique *Fruchtknoten*¹³⁶ (“nœud du fruit”), *Fruchtblatt*¹³⁷ (“feuille du fruit”) et *Befruchtung*¹³⁸, ou au registre culinaire *Fruchtfleisch*¹³⁹ (“viande du fruit”). Il en est de même pour les éléments composants l’organe mâle de la fleur qui comportent le mot *Staub*¹⁴⁰ : *Staubblatt*¹⁴¹ (“feuille de poussière”), *Staubbeutel*¹⁴² (“sac à poussière”), *Staubfaden*¹⁴³ (“fil de poussière”) ou encore *Blütenstaub*¹⁴⁴ (“poussière des fleurs”). Le terme de *Blatt* est également repris dans *Kronblatt* (“feuille de couronne”) ou *Blütenblatt* (“feuille de fleur”), dans *Kelchblatt* (“feuille de calice”), *Keimblatt* (“feuille de germe”), *Fruchtblatt* (“feuille du fruit”) et *Staubblatt* (“feuille de poussière”). Ces termes sont, pour la plupart, composés de deux termes issus du langage courant. Ainsi, les élèves peuvent, par analogies, se faire une conception de ce que le terme peut vouloir dire. Ces termes peuvent toutefois prêter à confusion ou faire émerger des conceptions en rupture avec celles des botanistes actuels (Berck, 2001). Il existe, dans la langue allemande, des termes équivalents, d’origine latine, qui sont également utilisés (Tableau 7). Parfois même, il existe plusieurs termes équivalents pour une seule notion. Les didacticiens mettent notamment les enseignants en garde face à l’utilisation de différents termes pour décrire un même objet (Berck, 2001).

Concernant la notion de fleur (au sens commun) évoquée ci-dessus, il existe dans la langue allemande le terme commun de *Blume*. Celui-ci désigne justement l’aspect décoratif. Il s’agit soit de la partie florale, se situant sur la tige, soit de la plante en fleurs avec des fleurs frappantes. En botanique, plus précisément en écologie de la pollinisation, la *Blume* (= *Anthium*) désigne l’unité fonctionnelle biologique d’une plante à fleurs servant à la pollinisation (Scherf, 1997). Elle peut être composée d’une seule ou de plusieurs fleurs. Le tournesol ou la camomille sont par exemple des *pseudanthia* : ils ressemblent à une seule “fleur”, mais sont composés de plusieurs fleurs avec des fonctions différentes (celles à l’extérieure sont stériles et servent à attirer les insectes pollinisateurs, d’autres portent les organes mâles et encore d’autres les organes femelles) (Bresinsky, Körner, Kadereit, Neuhaus et Sonnewald, 2008). Lorsque la fleur est suffisamment grande et attractive, elle peut, à elle-seule, être l’*anthium*. Dans ce cas, il est question d’*euanthium* tels par exemple chez le coquelicot ou la rose. Chez les Angiospermes, la *Blüte* ou fleur est la partie de la plante

¹³⁶ Ovaire (traduction personnelle)

¹³⁷ Carpelle (traduction personnelle)

¹³⁸ Fécondation (traduction personnelle)

¹³⁹ Pulpe (traduction personnelle)

¹⁴⁰ Poussière (traduction personnelle)

¹⁴¹ Étamine (traduction personnelle)

¹⁴² Anthère (traduction personnelle)

¹⁴³ Filet (traduction personnelle)

¹⁴⁴ Pollen (traduction personnelle)

comportant les organes mâles, les étamines, et femelles, le ou les carpelles formant le pistil. Elle permet la reproduction sexuée¹⁴⁵.

Tableau 7 : Quelques correspondances entre les termes techniques français et allemands relatifs à l'anatomie de la fleur

Terme français	Termes techniques	
	en allemand	d'origine latine
Anthère	Staubbeutel	Anthere
Carpelle	Fruchtblatt	Karpelle
Étamine	Staubblatt	Stamen
Filet	Staubfaden	Filament
Ovaire	Fruchtknoten	Ovarium
Ovule	Samenanlage	Ovulum
Pétale	Blütenblatt, Kronblatt	Petalum
Pistil	Stempel	Pistill
Pollen	Blütenstaub	Pollen
Sépale	Kelchblatt	Sepalum
Stigmate	Narbe	Stigma
Style	Griffel	Stylus

Une dernière particularité sera soulevée avec le terme de *Samen* qui désigne à la fois la graine, au sens botanique et le sperme. Là encore des confusions peuvent être faites puisque la graine (au sens botanique) est le résultat de la fécondation de l'ovule, de la rencontre des gamètes mâles et femelles, alors que le sperme contient justement les gamètes mâles.

Je vais dès à présent lier les différents aspects soulevés dans cette analyse socio-culturelle au contexte du sujet de recherche. Cela permettra de tisser le lien avec les chapitres à venir. Je rappelle ainsi que cette analyse socio-culturelle a été faite dans le but de pouvoir éclairer les résultats des analyses qui vont suivre : comparaison des programmes et manuels scolaires, analyse des conceptions des élèves. Les liens seront ainsi mis en évidence à la fin des chapitres correspondants.

¹⁴⁵ Source : <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/bluete/9548> (consulté le 16.05.2016)

5.4 Discussion et conclusion de l'analyse socio-culturelle

Nous avons vu dans ce chapitre l'évolution du rapport de l'humain à la nature. En accord avec Schneekloth (1989, p. 15), j'ai identifié plusieurs éléments historiques expliquant l'anthropocentrisme de notre culture par la considération supérieure de l'être humain et l'attribution d'une fonction utilitariste ou « *d'arrière-plan* » aux végétaux : 1) dès l'Antiquité, les animaux, contrairement aux plantes, ont été considérés comme étant pourvus d'une âme sensitive ; une différence hiérarchique a ainsi été faite entre ces deux règnes (chapitre 4) ; 2) ce clivage est accentué par le Christianisme, attribuant à l'humain une âme, contrairement aux animaux dépourvus de conscience ; 3) avec le rationalisme de Descartes l'humain est distingué des animaux et des végétaux puisqu'il est capable de penser ; la nature est plutôt vue comme objet à étudier ; 4) Linné place certes les humains parmi l'ordre des primates, mais maintient leur suprématie ; 5) enfin, au XIXe siècle avec l'industrialisation, l'exploitation et la maîtrise de la nature par l'activité humaine prend son essor. Les différentes images de la nature et de la place de l'humain sont résumées dans le Tableau 8. Concernant les végétaux, Rumsaïs Blatrix et Doyle McKey (2012) avancent que

« L'Homme a toujours considéré les plantes moins élaborées que les animaux. Pourtant, les résultats des travaux récents prouvent qu'elles le sont tout autant : elles perçoivent les sons, la lumière et les odeurs, elles communiquent entre elles et avec les animaux, elles sont adaptées aux conditions les plus extrêmes. Et surtout, elles ont développé des associations avec d'autres organismes, tels les champignons et les fourmis [...] »

En ce sens, une nouvelle expression a été introduite dans le vocabulaire américain en 1998, celle de *plant blindness*¹⁴⁶. Elle met en avant le manque de perception des plantes dans notre environnement qui conduit à une conception anthropocentrique, considérant les plantes comme étant inférieures aux animaux, voire soumises à la considération humaine. L'incapacité à reconnaître l'importance des plantes dans la biosphère et les affaires humaines caractérise également cette idée de *plant blindness*¹⁴⁷. Il serait pertinent et important de considérer ces aspects dans l'enseignement des sciences de la nature.

¹⁴⁶ Aveuglement à l'égard des plantes (traduction personnelle)

¹⁴⁷ Source : <http://botany.org/PlantScienceBulletin/psb/2001/psb47-1.html> (consulté le 27.06.2016)

Tableau 8 : Les différentes et principales facettes du rapport des humains à la nature, caractéristiques de chaque époque et correspondants aux idées religieuses ou scientifiques.¹⁴⁸

Epoque	Mouvement / religion	Vision de la nature	Place de l'humain
Antiquité	Polychéisme	Nature divinisée, vénérée ; végétaux dépourvus d'âme ;	Réciprocité entre humain et nature ; Homme supérieur aux végétaux, observateur
Moyen-Âge	Christianisme / Monothéisme	Nature dédivinisée, ressource indispensable à l'Homme	Homme comme créature, au-dessus de la nature et des végétaux
A partir :			
de la Renaissance	Matérialisme et Rationalisme	Nature -objet, à étudier	Homme-objet et -sujet
	Humanisme	Nature façonnée, dominée ; opposition entre nature sauvage et nature cultivée	Homme--créateur
du XIXe siècle	Romantisme	Eloge de la nature (nature aimée et perçue par les émotions et l'empathie)	Homme avec la nature
	Industrialisation	Nature exploitée, dominée	Homme--exceptionnel (au-dessus de la nature)
du XXe siècle	Crise écologique	Nature menacée	Homme destructeur
	Conscience écologique	Nature vécue	Homme faisant partie de la nature et étant son vis-à-vis, y intervenant et la façonnant

¹⁴⁸ Inspiré par Planché (2011) et par Kattmann cité par Eschenhagen, Kattmann et Rodi (2006, p. 134)

La vision de la nature et de la place de l'humain a une influence sur la façon d'aborder l'environnement et par là sur l'approche de l'éducation à l'environnement (Eschenhagen, Kattmann et Rodi, 2006). Eschenhagen et al. (2006) ont ainsi identifié différentes conceptions pédagogiques et didactiques en fonction de l'image de la nature (Tableau 9).

Tableau 9 : Images de la nature et conceptions pédagogiques et didactiques s'appuyant sur celles-ci (d'après Eschenhagen et al., 2006, p. 134-136)

Images de la nature	Conceptions pédagogiques et didactiques	Remarques
Nature menacée, nature nécessaire	"biologie de l'existence" ¹⁴⁹	L'enseignement traite des questions de survie et vise à faire adopter un comportement permettant d'assurer l'existence de l'Homme.
Nature perçue	Pédagogie basée sur l'expérience dans la nature ¹⁵⁰	Perception par les émotions et l'empathie
Nature aimée	Idée de dispenser des soins attentifs envers les animaux, les végétaux, le paysage, les écosystèmes...	L'image d'une nature aimée comporte, selon ces auteurs, l'idée d'équité, de protection de la nature, des animaux et des végétaux
Nature vécue	Education pour la durabilité ¹⁵¹ , éthique de l'environnement	Compréhension écologique de la nature ¹⁵²

Nous verrons au chapitre suivant comment cette éducation à l'environnement est définie en France et en Allemagne (au *Baden-Württemberg*). Nous verrons également par la suite quelles visions de la nature et des végétaux sont mises en avant dans les programmes scolaires des deux régions (chapitre 7). Les particularités allemandes, quant au rapport des humains à la nature, qui ont été relevées dans ce chapitre, mettent en avant une dimension affective. Cette dernière transparait-elle dans les programmes scolaires ?

Dans la deuxième partie de ce chapitre, j'ai également relevé des approches différentes des Français et des Allemands quant à l'émergence de la conscience environnementale. Cette différence ressort-elle également dans les programmes et manuels scolaires ? L'approche de l'éducation à l'environnement diffère-t-elle alors qu'il existe des

¹⁴⁹ « Existenzbiologie » (traduction personnelle)

¹⁵⁰ « Naturerlebnispädagogik » (traduction personnelle)

¹⁵¹ « Bildung für Nachhaltigkeit » (traduction personnelle)

¹⁵² « Ökologisches Naturverständnis » (traduction personnelle)

textes européens ? D'après l'analyse socio-culturelle, on pourrait s'attendre à ce qu'en Allemagne, les élèves soient amenés à développer une approche environnementale comportant à la fois une dimension affective et cognitive (connaissances et prise de conscience des problèmes environnementaux) et une disposition à agir. En France, il semble que la dimension cognitive (connaissances des problèmes environnementaux) et la responsabilisation au sens du devoir devraient être davantage mises en avant. J'y reviendrai au chapitre 6, dans le cadre de l'éducation au développement durable. Pour revenir aux divergences soulevées dans les pratiques sociales relatives à l'environnement, leurs origines est peut-être à chercher au niveau du référentiel culturel : « *Si les physiciens allemands et les physiciens français éprouvent des difficultés à travailler ensemble, c'est parce que la physique française est l'héritière de Descartes alors que l'allemande descend de Kant* » (Porcher, 1997, p. 6)

Pour clore ce chapitre, j'évoquerai encore les obstacles d'ordre culturel puis lexical. La croyance en une force divine qui génère différents processus du développement d'une plante (telles que la germination ou la formation du fruit) empêche de comprendre les processus "naturels" et l'essence même du cycle de vie au sens de la perpétuation de l'espèce. Cela reste au niveau de la croyance et non pas du savoir académique. L'utilisation des termes identiques dans le langage courant et celui des sciences naturelles, mais définis différemment, peut faire émerger des conceptions en rupture avec celles des botanistes actuels. J'ai, en ce sens, déjà mentionné la catégorisation des élèves relative au fruit à la fin du chapitre 2. Le chapitre suivant abordera l'organisation des systèmes scolaires français et allemand en s'attachant plus particulièrement à l'éducation aux sciences naturelles, à l'environnement et au développement durable.

Chapitre 6 : Comparaison des systèmes scolaires en France et au *Baden-Württemberg*

Avant de m'intéresser à la place du cycle de vie végétal au sein des programmes scolaires, j'aborderai les particularités des systèmes scolaires français et du *Baden-Württemberg*. L'apprentissage scolaire se fait dans un cadre bien particulier : l'organisation des établissements, les méthodes et contenus d'enseignement sont spécifiques à un pays (comme c'est le cas de la France) ou à un *Land* (comme c'est le cas du *Baden-Württemberg*). Préciser ces particularités permettra au lecteur de se familiariser avec la culture scolaire des deux régions. Pour les enquêtes de terrain, il sera également important de connaître les spécificités de chaque région et d'en tenir compte quant au choix de la cohorte et des sujets interrogés ainsi que pour l'analyse des résultats. Dans la première partie "organisation des établissements scolaires" un aperçu global sera donné. J'aborderai ensuite l'enseignement scientifique et enfin l'éducation au développement durable. Cette présentation s'appuie sur l'organisation scolaire telle qu'elle était en 2014. Des réformes ont été mises en place pour la rentrée de 2015 (en France) et sont prévues pour la rentrée 2016 (en France comme au *Baden-Württemberg*). Je ne tiendrai pas compte de ces réformes, puisque les élèves ont été interrogés en 2010 et 2014.

6.1 Organisation des établissements scolaires

La structuration des établissements scolaires en Alsace (France) et au *Baden-Württemberg* (Allemagne) diffère essentiellement dans l'agencement et le regroupement des niveaux (Figure 33), l'âge d'entrée au collège, le corps enseignant et la structuration de la journée. Dans ce sous-chapitre, les particularités des deux pays seront mises en évidence, d'abord en décrivant les structures de l'école primaire et du collège, puis l'organisation des programmes scolaires.

ALSACE		Âge	BADEN-WÜRTTEMBERG		
			GYM GSS	RS	HS WRS
		16			
		15			
3 ^e	Collège	14	10.	10.	10.
4 ^e		13	9.	9.	9.
5 ^e		12	8.	8.	8.
6 ^e		11	7.	7.	7.
CM2	Ecole élémentaire	10	6.	6.	6.
CM1		9	5.	5.	5.
CE2		8	4.		
CE1		7	3.		
CP		6	2.		
GS	Ecole maternelle	5	1.		
MS		4	Kindergarten		
PS		3			
TPS		2			

Figure 33 : La structuration des systèmes scolaires en France (à gauche) et au *Baden-Württemberg* (à droite)¹⁵³

En Allemagne, chaque *Land* garde la responsabilité de l'éducation et de l'enseignement dispensés. Ce sont ainsi les différents *Kultusministerien* (Ministères de l'Education et des affaires culturelles) qui élaborent les programmes scolaires (*Bildungsplan*) propres à chaque *Land*. C'est également le *Land* qui fixe la durée de la scolarité obligatoire. Pour le *Baden-Württemberg* elle est de 9 ans (4 années d'enseignement à la *Grundschule* et 5 années dans un établissement secondaire). Il existe cependant une institution fédérale, la *Kultusministerkonferenz* (KMK), qui permet aux différents *Länder* de garantir les standards de qualité au sein des établissements ainsi que la concordance et l'équivalence des diplômes¹⁵⁴. En France, les textes officiels des programmes scolaires sont définis par le Ministère de

¹⁵³ GYM : Gymnasium ; GSS : Gesamtschule ; HS : Hauptschule, elle est au fur et à mesure intégrée dans la Werkrealschule. Aujourd'hui, il n'existe plus que quelques Hauptschulen dans tout le Baden-Württemberg. Les programmes scolaires de la Hauptschule ont été remplacés par ceux de la Werkrealschule (pouvant aller jusqu'à la classe 10 : zone hachurée) introduite en 2012 ; WRS : Werkrealschule ; TPS : toute petite section ; PS : petite section ; MS : moyenne section ; GS : grande section ; CP : cours préparatoire ; CE1, CE2 : Cours élémentaires 1 ou 2 ; CM1, CM2 : cours moyens 1 ou 2

¹⁵⁴ Source : <https://www.kmk.org/kmk/aufgaben.html> (consulté le 25.06.2016)

l'Education Nationale et en vigueur au niveau national. La scolarité obligatoire se termine à la fin du collège.

Dans la plupart des établissements scolaires du *Baden-Württemberg*, les enseignements disciplinaires et cognitifs sont prioritairement dispensés le matin, cinq jours par semaine. Des ateliers ou activités plutôt physiques ou artistiques peuvent cependant avoir lieu l'après-midi. Seules les *Ganztageschulen* assurent un enseignement toute la journée. En France, depuis la rentrée 2014, les élèves ont une semaine de quatre journées entières et d'une demi-journée (mercredi). Les rythmes scolaires ont été réformés à deux reprises dans les dernières années passant d'une semaine de quatre journées et demi (samedi) à une semaine de quatre journées entières puis à la structuration actuelle.

L'organisation des niveaux d'enseignement diffère également dans les deux pays : une organisation par cycle depuis la maternelle en France et une organisation par classe depuis la *Grundschule* au *Baden-Württemberg*. Je vais par la suite préciser les similitudes et les différences aux différents niveaux d'enseignement.

6.1.1 L'école primaire, le *Kindergarten* et la *Grundschule*

En France, l'école primaire est composée de l'école maternelle et de l'école élémentaire et les apprentissages sont organisés en trois cycles :

- Cycle 1 : cycle des apprentissages premiers (petite section (PS), moyenne section (MS) et grande section (GS))¹⁵⁵
- Cycle 2 : cycle des apprentissages fondamentaux (cours préparatoire (CP), cours élémentaire 1(CE1))
- Cycle 3 : cycle des approfondissements (cours élémentaire 2 (CE2), cours moyen 1 (CM1), cours moyen 2 (CM2))¹⁵⁶

Au *Baden-Württemberg*, le *Kindergarten* n'est pas une école, mais plus un lieu d'accueil collectif destiné aux enfants préscolaires (à partir de 3 ans, Tableau 10). Le *Kindergarten* n'est pas à confondre avec une crèche (ou *Kinderkrippe*) pouvant accueillir les enfants jusqu'à trois ans. Bien qu'il n'y ait pas d'enseignant ni de programmes scolaires dans les *Kindergarten*, les éducatrices doivent toutefois suivre des directives pédagogiques.

¹⁵⁵ Depuis 2013, le cycle 1 correspond aux classes de la maternelle (avant 2013 le cycle 1 était à cheval entre l'école maternelle et élémentaire).

¹⁵⁶ A partir de la rentrée 2016, le cycle 3 (cycle de consolidation) sera à cheval entre l'école élémentaire et le collège (CM1, CM2 et 6e). Le CE2 fera partie du cycle 2.

En France, dans certains cas, les enfants peuvent aller en maternelle à partir de 2 ans, en toute petite section. « *Il s'agit notamment d'un moyen efficace de favoriser sa réussite scolaire, en particulier lorsque, pour des raisons sociales, culturelles ou linguistiques, sa famille est éloignée de la culture scolaire. Cette scolarisation précoce doit donc être développée en priorité dans les écoles situées dans un environnement social défavorisé*¹⁵⁷ ». Le tableau suivant présente le fonctionnement du *Kindergarten* en comparaison avec celui de l'école maternelle.

Tableau 10 : L'école maternelle et le *Kindergarten*

	France	Baden-Württemberg
Âge	A partir de 2 ans	A partir de 3 ans
Niveaux	(Toute petite section), petite section (PC), moyenne section (MS), grande section (GS)	/
Personnel encadrant	Professeurs des écoles, Agents territoriaux spécialisés des écoles maternelles (ATSEM)	Educateurs de jeunes enfants, assistantes et pédagogues sociaux
Textes officiels	Programmes scolaires dans le Bulletin officiel du Ministère de l'Education Nationale	<i>Orientierungsplan</i> , directives éducatives du Ministère de la culture, de la jeunesse et du sport (depuis 2005)
Structuration de l'enseignement	Six domaines d'activités dont "découverte du monde" (éveil scientifique)	Six "champs d'éducation et de développement" ¹⁵⁸
Frais scolaires	Ecoles publiques gratuites	Calculés en fonction du revenu des parents et des subventions allouées par la commune

L'école élémentaire et la *Grundschule* se ressemblent davantage. Je soulignerai deux particularités essentielles (Tableau 11) : au *Baden-Württemberg* la durée de la *Grundschule* n'est que de quatre ans (cinq en France) et l'éducation scientifique se fait au sein d'un regroupement disciplinaire incluant l'éducation artistique.

¹⁵⁷ Source : http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?cid_bo=66627 (consulté le 26.06.2016)

¹⁵⁸ « Bildungs- und Entwicklungsfelder » (traduction personnelle)

Tableau 11 : L'école élémentaire et la *Grundschule*

Caractéristiques	France	Baden-Württemberg
Âge	De 6 à 10 inclus	De 6 à 9 ans inclus
Niveaux	Cours préparatoire (CP), cours élémentaires 1 (CE1) et 2 (CE2), cours moyens 1 (CM1) et 2 (CM2)	De la classe 1 à la classe 4
Personnel encadrant	Professeurs des écoles	<i>GrundschullehrerInnen</i>
Textes officiels	Programmes scolaires dans le Bulletin officiel du Ministère de l'Education Nationale	<i>Bildungsplan</i> du <i>Ministerium für Kultus, Jugend und Sport</i>
Enseignement scientifique	Découverte du monde (CP et CE1), sciences expérimentales et technologie (CE2, CM1 et CM2)	<i>Mensch, Natur und Kultur</i> (regroupement disciplinaire)

6.1.2 Le collège et la *Sekundarstufe I*

Au *Baden-Württemberg*, il existe au secondaire plusieurs types d'établissements : le *Gymnasium* (GYM), la *Realschule* (RS) et la *Werkrealschule* (WRS), la *Hauptschule* (HS) ainsi que la *Gesamtschule* (GSS). Les élèves choisissant le *Gymnasium* se dirigent vers des études supérieures universitaires, ceux de la *Realschule* visent des voies professionnelles dans des écoles supérieures professionnelles (*Berufsfachschule*) et ceux de la *Werkrealschule* ou *Hauptschule* pourront intégrer les lycées professionnels avec apprentissage à mi-temps (*Duale Ausbildung*). La *Gesamtschule* est un établissement regroupant les élèves des différents niveaux scolaires. Ceux-ci peuvent y obtenir les mêmes diplômes qu'au *Gymnasium*, à la *Realschule* ou à la *Werkrealschule / Hauptschule*. Les classes 5 et 6 représentent la *Orientierungsstufe*. Durant ces deux années scolaires, les élèves sont susceptibles de changer d'établissement si leur niveau ou leur ambition ne semble pas correspondre avec l'établissement choisi. L'enseignement scientifique est quelque peu différent selon le type d'établissement (Tableau 12). Le collège français est constitué de trois cycles :

- Le cycle d'adaptation : classe de 6^e
- Le cycle central : classes de 5^e et 4^e
- Le cycle d'orientation : classe de 3^e¹⁵⁹.

Pour clore les aspects généraux de l'organisation scolaire, j'évoquerai maintenant celle des programmes scolaires. Cependant, préciser les nuances des termes de compétence et

¹⁵⁹ A partir de la rentrée 2016, il n'y aura plus qu'un cycle au collège : cycle 4 des approfondissements de la 5e à la 3e

de *Kompetenz* utilisés dans les deux pays sera nécessaire à la compréhension non seulement des programmes scolaires, mais également de l'éducation au développement durable. Je n'entrerai cependant pas dans le débat lié à ce concept, ce serait une recherche en soi. Il s'agit ici uniquement d'exposer les définitions telles qu'elles sont données par les textes officiels.

Tableau 12 : Le collège et la Sekundarstufe 1

	France				Baden-Württemberg						
Caractéristiques	Collège		Hauptschule (HS)		Werkrealschule (WRS)		Realschule (RS)		Gymnasium (GYM)		
	Âge	De 11 à 14 ans inclus		De 10 à 14 ans inclus		De 10 à 15 ans inclus		De 10 à 15 ans inclus		De 10 à 15 ans inclus	
Niveaux	De la 6 ^e à la 3 ^e		De la classe 5 à la classe 9		De la classe 5 à la classe 9 ou 10		De la classe 5 à la classe 10		De la classe 5 à la classe 10		
Textes officiels	Programmes scolaires dans le Bulletin officiel du Ministère de l'Education Nationale				<i>Bildungsplan du Ministerium für Kultus, Jugend und Sport</i>						
Enseignement scientifique	Sciences de la Vie et de la Terre				Mensch, Natur und Technik		Mensch, Natur und Technik		Naturwissenschaftliches Arbeiten		Biologie

6.1.3 Précision des termes de compétence et *Kompetenz*

En France, le terme de compétence est réservé aux compétences clés énoncées dans le socle commun de connaissances et de compétences (elles seront développées un peu plus loin). Ces compétences clés se réfèrent à celles énoncées dans le cadre de référence européen pour l'éducation et la formation tout au long de la vie, publié en 2006. Les compétences clés sont définies dans ce cadre comme étant « *particulièrement nécessaires à l'épanouissement et au développement personnels des individus, à leur inclusion sociale, à la citoyenneté active et à l'emploi*¹⁶⁰ ». Dans le socle commun de connaissances et de compétences de 2006, les compétences sont définies comme suit : « *chaque grande compétence du socle est conçue comme une combinaison de connaissances fondamentales pour notre temps, de capacités à les mettre en œuvre dans des situations variées mais aussi d'attitudes indispensables tout au long de la vie, comme l'ouverture aux autres, le goût pour la recherche de la vérité, le respect de soi et d'autrui, la curiosité et la créativité.* » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008b, p. 3).

Ainsi les compétences sont caractérisées par les mots-clés suivants :

- « *Transversalité* : les compétences recouvrent plusieurs disciplines, elles s'exercent dans des situations variées ;
- *Contextualisation / décontextualisation* : la compétence doit être maîtrisée et évaluée à travers des situations concrètes, les plus proches possibles de celles rencontrées dans la vie réelle ;
- *Complexité* : les tâches, les situations de mise en œuvre des compétences sont par essence complexes, requérant la mobilisation de savoirs, savoir-faire, capacités, attitudes variées ;
- *Intégration* : les compétences intègrent diverses disciplines, diverses facettes (capacités, attitudes, connaissances) » (Houchot et Robine, 2007).

En Allemagne une *Kompetenz* est « *la faculté complexe, qui se compose de discernement juste, de jugement et de pouvoir agir et qui nécessite au préalable la compréhension des faits les plus importants* »¹⁶¹ (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004a, p. 8). Dans les décisions de la *Kultusministerkonferenz* (2005, p. 7) les *Kompetenzen* sont « *les capacités cognitives et savoir-faire disponibles auprès des individus, ou pouvant être acquis par eux,*

¹⁶⁰ Source : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=URISERV:c11090&from=FR> (consulté le 25.06.2016)

¹⁶¹ « *Komplexe Fähigkeit, die sich aus richtigem Wahrnehmen, Urteilen und Handelnkönnen zusammensetzt und darum notwendig das Verstehen der wichtigsten Sachverhalte voraussetzt* » (traduction personnelle) ; définition donnée dans l'introduction du Bildungsplan de 2004, identique à tous les types d'établissement de la Grundschule et du secondaire inférieur

pour résoudre des problèmes spécifiques ainsi que les dispositions et capacités motivationnelles, volontaires et sociales qui y sont rattachées, afin de pouvoir appliquer les solutions aux problèmes avec succès et de manière responsable dans des situations variables »¹⁶².

A mon sens, les connaissances en tant que telles, sont davantage mises en avant dans la définition française, alors qu'en Allemagne, les connaissances, ne sont pas une fin en soi, mais sont plutôt considérées comme outil indispensable pour comprendre, émettre un jugement et agir. En ce sens, il me semble qu'il y a, dans la définition allemande, une dimension morale et éthique supplémentaire. Cette dimension ressortira également dans la comparaison de l'enseignement scientifique en France et au *Baden-Württemberg*. Avant de préciser ces propos, il me reste à présenter l'organisation des programmes scolaires.

6.1.4 Organisation des programmes scolaires

Avec la réforme des programmes scolaires de 2004 au *Baden-Württemberg*, il y a eu un changement de perspective, passant d'un *Lehrplan*¹⁶³ à un *Bildungsplan*¹⁶⁴. Dans les premiers était mis en avant ce qui devait être enseigné, dans les seconds ce que les apprenants doivent apprendre. La fonction de cette *Bildung* est de « *soutenir les jeunes personnes dans leur développement et la fortification de leur personne en leur intégralité, afin qu'elles soient à la fin, le sujet de ce processus*¹⁶⁵ » (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004a, p. 7). Elle se compose de :

- L'éducation personnelle : « *ce que l'Homme qui s'instruit cherche à faire de soi* »
- L'éducation pratique : « *le savoir et les capacités, les attitudes et les comportements, qui lui permettent de s'orienter dans un monde où vivent ses semblables et de survivre dans une société se partageant le travail* »
- L'éducation politique : « *ce qui permet à la communauté de perdurer, de manière civilisée et en paix, en liberté et avec une revendication au bonheur*¹⁶⁶ » (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004a, p. 9).

¹⁶² « Die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können » (traduction personnelle)

¹⁶³ Plan d'enseignement (traduction personnelle)

¹⁶⁴ Plan d'éducation (traduction personnelle)

¹⁶⁵ « Sie soll junge Menschen in der Entfaltung und Stärkung ihrer gesamten Person fördern – so, dass sie am Ende das Subjekt dieses Vorgangs sind » (traduction personnelle)

¹⁶⁶ « Persönliche Bildung » : « das, was "der sich bildende Mensch" aus sich zu machen sucht » ; « Praktische Bildung » : « Das Wissen und die Fertigkeiten, die Einstellungen und Verhaltensweisen, die ihm ermöglichen, sich in der von seinesgleichen ausgefüllten Welt zu orientieren und in der arbeitsteiligen Gesellschaft zu überleben. » « Politische

Ainsi, le *Bildungsplan* du *Baden-Württemberg* s'oriente aux *Kompetenzen* que les élèves doivent maîtriser ; les contenus proposés ne sont que marginaux. Bien qu'en France, les programmes scolaires soient construits sur la base des compétences-clés à acquérir (voir ci-dessous), les contenus à enseigner restent très présents.

Dans les deux pays, il existe un "cadre national" définissant les compétences à acquérir à la fin de la scolarité obligatoire. Les programmes scolaires français déclinent ces compétences en fonction du niveau d'enseignement. Cependant, le cadre national (directive de la *Kultusministerkonferenz*) et les *Bildungspläne* du *Baden-Württemberg* ont été élaborés simultanément (en 2004). Le *Bildungsplan* du *Baden-Württemberg* ne s'appuie donc pas directement sur ces directives. A posteriori, la conformité des *Bildungspläne*, notamment pour les contenus d'enseignement des mathématiques et de l'allemand, a été vérifiée ; cela n'a pas été le cas pour les sciences naturelles. Les *Bildungspläne* de la *Werkrealschule* publiés en 2012 sont en accord avec les directives nationales.

En France, le socle commun de connaissances et de compétences « présente ce que tout élève doit savoir et maîtriser à la fin de la scolarité obligatoire¹⁶⁷ ». Le socle commun a été introduit dans la loi depuis 2005 et est défini par le décret du 11 juillet 2006¹⁶⁸. Depuis 2011, sept compétences-clés doivent être maîtrisées pour obtenir le diplôme national du Brevet : 1) la maîtrise de la langue française, 2) la pratique d'une langue vivante étrangère, 3) les principaux éléments de mathématiques et la culture scientifique et technologique, 4) la maîtrise des techniques usuelles de l'information et de la communication, 5) la culture humaniste, 6) les compétences sociales et civiques, 7) l'autonomie et l'initiative. Le socle commun est décliné en trois paliers définis par les cycles, respectant les rythmes d'apprentissage. Ces paliers doivent être atteints :

- A la fin du CE1 : Palier 1
- A la fin du CM2 : Palier 2
- A la fin de la scolarité obligatoire (3^e) : Palier 3.

Le socle commun est accompagné de divers outils tels les "grilles de références pour l'évaluation et la validation des compétences du socle commun", "les livrets personnels de compétences" ainsi que des documents d'appui "aide au suivi de l'acquisition des

Bildung » : « was der Gemeinschaft erlaubt, gesittet und friedlich, in Freiheit und mit dem Anspruch auf Glück zu bestehen. » (traduction personnelle)

¹⁶⁷ Source : <http://www.education.gouv.fr/cid2770/le-socle-commun-de-connaissances-et-de-competences.html> (consulté le 25.06.2016)

¹⁶⁸ A la rentrée 2016, ce socle commun sera redéfini dans le cadre de la « loi d'orientation et de programmation pour la refondation de l'École de la République » du 8 juillet 2013. Il s'intitulera « socle commun de connaissances, de compétences et de culture ».

connaissances et des capacités du socle commun” déclinant les connaissances, capacités et attitudes à acquérir à la fin de chacune des classes du collège.

Les programmes scolaires contiennent les connaissances, compétences et capacités à développer dans les classes (collège) ou les cycles (école primaire). Ils sont fixés par un arrêté signé par le Ministre de l'Éducation Nationale et publiés dans le Bulletin Officiel (BO). Ils sont nationaux et obligatoires. Les programmes scolaires de l'école primaire (BO de 2008) contiennent un préambule, les programmes par cycle et par matière ainsi que des « repères pour organiser la progressivité des apprentissages » par cycle. Au collège, les programmes des Sciences de la Vie et de la Terre (BO de 2008) comportent une introduction commune à toutes les disciplines scientifiques dans laquelle sont définis : la culture scientifique, les compétences du socle commun, la démarche d'investigation, l'utilisation des technologies numériques, des thèmes de convergences avec d'autres disciplines ainsi que l'utilisation d'outils en langue étrangère. Cette introduction est suivie d'un préambule propre aux SVT et des programmes pour chaque classe. Ces derniers comportent les objectifs scientifiques et pédagogiques ainsi qu'un tableau (par sujet) avec les connaissances et les capacités à acquérir et des commentaires. Nous verrons concrètement au chapitre suivant les connaissances, compétences, contenus et capacités mis en avant dans le cadre de l'enseignement scientifique lié au cycle de vie des végétaux.

Le “Portail national des professionnels de l'éducation” (Eduscol) propose également des ressources pour l'enseignement primaire ainsi que pour le secondaire (notamment en SVT). Ces ressources sont des aides et ne sont pas obligatoires. Elles sont publiées par la Direction Générale de l'Enseignement Scolaire (DGESCO) et pour partie mises en œuvre par le Centre National de Documentation Pédagogique (CNDP, devenu CANOPÉ). Elles respectent le principe de “liberté pédagogique”.

Au *Baden-Württemberg* les *Bildungspläne* sont publiés par le ministère des affaires culturelles de la jeunesse et du sport¹⁶⁹ du *Land*. Ils ont une introduction commune pour tous les types d'établissements. Celle-ci précise les termes de la réforme (de 2004) et les missions de l'école. Les objectifs en terme d'attitudes, de capacités et de connaissances ainsi que les principes didactiques et méthodiques y sont également déclinés. On notera que les trois aspects qui définissent les compétences-clés d'après le cadre de référence européen (voir ci-dessus) sont respectés. Cette introduction est identique dans tous les *Bildungspläne* (primaire et secondaire). Suite à cette introduction sont déclinés des programmes par disciplines ou regroupements disciplinaires. Ces derniers sont introduits par les idées directrices¹⁷⁰

¹⁶⁹ « Ministerium für Kultus, Jugend und Sport » (traduction personnelle)

¹⁷⁰ « Leitgedanken »

contenant les tâches principales, les compétences générales et les principes didactiques. Suivent ensuite les *Bildungsstandards* définissant les compétences disciplinaires, personnelles, sociales et méthodologiques dont les élèves doivent disposer à l'issue des niveaux de classe spécifiés. Ces *Bildungsstandards* ainsi que leurs paliers sont définis différemment pour chaque type d'établissement :

- Pour la *Grundschule* : à l'issue des classes 2 et 4
- Pour la *Werkrealschule* : à l'issue des classes 5-6, 7-9 et 10
- Pour la *Realschule* : à l'issue des classes 5-10
- Pour le *Gymnasium* : à l'issue des classes 6, 8 et 10

Les *Niveaunkonkretisierungen* explicitent le niveau attendu des *Bildungsstandards*. Ils présentent à l'aide de situations-problèmes le profil moyen exigé et définissent le « couloir des performances » comme ligne directive obligatoire pour l'organisation des cours et la vérification des réussites de l'enseignement¹⁷¹.

Les *Umsetzungsbeispiele* (exemples de transposition) sont des aides non obligatoires qui permettent d'illustrer différentes compétences des programmes scolaires et leur transposition possible en cours.

Les particularités quant à la structuration et l'organisation des temps scolaires ont pu être mises en évidence dans ce sous-chapitre. Il s'agira maintenant d'approfondir ces particularités dans le domaine de l'enseignement scientifique, le cycle de vie des plantes à fleurs étant situé dans le domaine de la biologie.

6.2 L'enseignement scientifique

Partant des constats et revendications européennes sur l'enseignement des sciences, j'aborderai l'éducation des sciences basée sur l'investigation avant d'évoquer les spécificités de cet enseignement en France et en Allemagne plus particulièrement au *Baden-Württemberg*.

¹⁷¹ « Niveaunkonkretisierungen verdeutlichen das Anforderungsniveau der Bildungsstandards. Sie bilden anhand exemplarischer Problemstellungen ein mittleres Anforderungsprofil ab und definieren einen Leistungskorridor als verbindliche Leitlinie für die Unterrichtsplanung und die Überprüfung des Unterrichtserfolgs »

6.2.1 Constats et revendications européennes

Plusieurs études internationales, telles ROSE¹⁷² (Relevance of Science Education, 2010), PISA¹⁷³ (Programme for International Student Assessment), l'Eurobaromètre en 2001, 2005 ("Les Européens, la science et la technologie") et 2008 ("Les jeunes et la science") ou encore les travaux de l'OCDE, ont évalué l'intérêt que les jeunes portent aux sciences¹⁷⁴ (plus précisément à l'enseignement des sciences et aux contenus enseignés), aux études et carrières scientifiques. Il semble exister une désaffection des jeunes pour les cours des sciences et l'intérêt porté à ces enseignements dépend du genre et de l'âge des jeunes. Les filles s'intéresseraient davantage aux contenus biologiques, les garçons à la physique et la chimie (Elster, 2007). Cela ne serait pas dû au désintérêt pour la science, la technologie ou la recherche scientifique, mais plutôt au caractère sélectif des filières scientifiques dans le milieu scolaire et à une réputation de difficulté des matières scientifiques au niveau universitaire (Musset, 2009). Par ailleurs l'enseignement ne serait pas assez contextualisé et pertinent pour les jeunes (Elster, 2007). D'après le rapport de Michel Rocard (Commission Européenne et Direction générale de la recherche Science, économie et société, 2007), il existerait une relation entre l'enseignement des sciences, en particulier les méthodes d'enseignement utilisées, et les attitudes des jeunes vis-à-vis des sciences. Plusieurs projets ont été mis en place pour tenter de motiver les jeunes, mais sans vrai succès. L'Union Européenne semble cependant affirmer l'importance de l'éducation scientifique¹⁷⁵ ainsi que celle de la culture scientifique des citoyens car « *les compétences scientifiques et technologiques sont de plus en plus nécessaires pour participer au débat public, à la prise de décision et à l'action législative. Le citoyen doit avoir une compréhension de base des mathématiques et de la science pour pouvoir comprendre les problèmes et faire des choix circonstanciés, même dans des domaines non techniques* » (Commission Européenne et Direction générale de la recherche Science, économie et société, 2007, p. 7). D'autre part, le développement économique et technologique de l'Europe dépend entre autres de sa capacité d'innovation et de la qualité de sa recherche ; il est ainsi crucial de garantir la formation et le maintien d'un nombre suffisant de scientifiques et d'ingénieurs de haut niveau (Commission Européenne et Direction générale de la recherche Science, économie et société, 2007).

Aujourd'hui, la Commission Européenne appelle donc à une rénovation de l'enseignement scientifique, notamment en appliquant des démarches d'investigation tout au

¹⁷² Source : <http://roseproject.no> (consulté le 25.06.2016)

¹⁷³ Source : <http://www.oecd.org/pisa/> (consulté le 25.06.2016)

¹⁷⁴ Le mot "sciences" désigne les sciences physiques, la chimie et les sciences de la vie et de la terre. Dans le rapport de Michel Rocard, ce mot incorpore également les sciences et technologies informatiques ainsi que les mathématiques.

¹⁷⁵ Source : <http://www.education.gouv.fr/cid22643/-l-apprentissage-des-sciences-dans-l-europe-de-la-connaissance.html> (consulté le 26.06.2016)

long de la scolarité obligatoire. Le cadre d'évaluation de PISA 2006 a précisé que « *ce qu'on attend aujourd'hui comme produit d'une éducation scientifique est en priorité le savoir (y compris la connaissance de la démarche scientifique) et une appréciation de la contribution des sciences à la société* » (OCDE, 2006, p. 24).

L'Union Européenne et le Conseil ont publié en décembre 2006 les compétences-clés pour l'éducation et la formation tout au long de la vie. Les compétences de base en sciences et technologies sont définies comme suit :

« Les compétences en sciences se réfèrent à la capacité et à la volonté d'employer les connaissances et méthodologies utilisées pour expliquer le monde de la nature afin de poser des questions et d'apporter des réponses étayées. Les compétences en technologies sont perçues comme l'application de ces connaissances et de ces méthodologies pour répondre aux désirs et besoins de l'homme. Les compétences en sciences et technologies supposent une compréhension des changements induits par l'activité humaine et de la responsabilité de tout individu en tant que citoyen. » (Parlement Européen et Conseil de l'Union Européenne, 2006, p. 15)

Elles sont déclinées en connaissances, aptitudes et attitudes :

« Pour les sciences et les technologies, les connaissances essentielles comprennent une connaissance des principes élémentaires de la nature, des notions, principes et méthodes scientifiques de base, et de la technologie et des produits et procédés technologiques, ainsi qu'une compréhension des conséquences de la science et de la technologie sur l'environnement naturel. Ces compétences devraient permettre aux individus de mieux saisir les progrès, les limites et les risques des théories et applications scientifiques et des technologies dans les sociétés en général (s'agissant de la prise de décisions, des valeurs, de l'éthique, de la culture, etc.).

Les aptitudes comprennent l'utilisation et le maniement des outils technologiques et des machines, ainsi que des données scientifiques pour atteindre un but ou pour, preuve à l'appui, parvenir à une décision ou une conclusion. Les individus devraient aussi être capables de reconnaître les caractéristiques essentielles d'une enquête scientifique et de communiquer des conclusions et le raisonnement les sous-tendant.

Sur le plan des attitudes, il faut faire preuve de jugement critique et de curiosité, d'un intérêt pour les problèmes éthiques et de respect tant de la sécurité que de la durabilité, notamment au regard des progrès scientifiques et technologiques vis-à-vis de soi-même, de la famille, de la collectivité et des problèmes mondiaux. » (Parlement Européen et Conseil de l'Union Européenne, 2006, p. 15)

Deux initiatives, Pollen¹⁷⁶ (à portée internationale avec 12 pays européens participants dont la France et l'Allemagne, au niveau de l'école primaire) et Sinus-Transfert¹⁷⁷ (testé dans 13 *Länder* d'Allemagne au niveau primaire et secondaire) ont réussi à accroître l'intérêt et les résultats des élèves en sciences. Les deux initiatives proposent une approche pédagogique basée sur l'investigation. Elles cherchent à soutenir et à améliorer l'enseignement scientifique

¹⁷⁶ Source : http://cordis.europa.eu/result/rcn/51592_en.html (consulté le 30.05.2016)

¹⁷⁷ Source : <http://www.sinus-transfer.de/startseite.html> (consulté le 30.05.2016)

et à assurer un apprentissage solide par les élèves tout en mettant l'accent sur la formation et la motivation des enseignants et en mettant à leur disposition des matériaux pédagogiques. Les enseignants ont la possibilité de travailler en réseau, mais gardent leur indépendance. Ces réseaux favorisent la collaboration et les échanges entre les différents acteurs (Commission Européenne et Direction générale de la recherche Science, économie et société, 2007).

Avant de présenter l'enseignement des sciences de la nature tel qu'il est préconisé dans les programmes scolaires et les directives nationales en France et régionales au *Baden-Württemberg*, je vais préciser la notion d'enseignement scientifique basé sur la démarche d'investigation ou encore l'*inquiry based science education* (IBSE).

6.2.2 L'*inquiry based science education* ou la démarche d'investigation

J'évoquerai dans un premier temps l'IBSE, dénomination donnée au niveau international, notamment dans les rapports. Nous verrons par la suite qu'en France, la démarche d'investigation (DI), telle qu'elle est préconisée dans les programmes scolaires, a une acception plus restrictive.

Une investigation est « *un processus intentionnel de diagnostic des problèmes, de critique des expériences réalisées, de distinction entre les alternatives possibles, de planification des recherches, de recherche d'hypothèses, de recherche d'informations, de construction de modèles, de débat avec des pairs et de formulation d'arguments cohérents* » (Linn, Davis & Bell cité par (Commission Européenne et Direction générale de la recherche Science, économie et société, 2007, p. 9). En ce sens, l'IBSE est une approche inductive dans laquelle l'élève est amené à construire ses propres connaissances et sa propre compréhension des idées scientifiques. L'enseignant guide l'investigation et amène l'élève à réaliser lui-même des expériences, consulter des livres ou d'autres sources d'informations, s'adresser à des experts, discuter et argumenter avec des pairs (National Science Foundation cité par Harlen et Allende, 2006; Commission Européenne et Direction générale de la recherche Science, économie et société, 2007). Au vu de préciser ce qu'est l'IBSE et notamment une investigation pour l'enseignement et l'apprentissage, le National Research Council (Olson et Loucks-Horsley, 2000, p. 13) en a donné la définition¹⁷⁸ suivante :

« Inquiry is a multifaceted activity that involves making observations ; posing questions ; examining books and other sources of information to see what is already

¹⁷⁸ Définition qui a été reprise entre autre pour l'ESFI (Evaluation des Programmes d'Enseignement Scientifique Fondés sur l'Investigation)

known ; planning investigations ; reviewing what is already known in light of experimental evidence ; using tools to gather, analyze, and interpret data ; proposing answers, explanations, and predictions ; and communicating the results. Inquiry requires identification of assumptions, use of critical and logical thinking, and consideration of alternative explanations¹⁷⁹ »

L'élève est ainsi mis dans une situation de recherche. Son activité est au centre de l'apprentissage et de l'enseignement des sciences comme cela a déjà été prôné par les pédagogues tels John Dewey (1859-1952), Henri Wallon (1879-1962), Célestin Freinet (1896-1966) et Jean Piaget (1896-1980).

6.2.3 L'enseignement scientifique en France

L'enseignement scientifique tel qu'il est préconisé dans les textes officiels en vigueur (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008a a, 2008c b) est basé sur le plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école (du 8 juin 2000) et l'opération *La main à la pâte*¹⁸⁰ initiée par le professeur Charpak et l'Académie des Sciences depuis 1996. Je ne vais pas retracer l'histoire de l'enseignement des sciences. Je préciserai simplement que la nécessité d'une nouvelle dynamique de l'enseignement des sciences reposait sur un « *contexte de régression de l'enseignement des sciences à l'école*¹⁸¹ ». D'après l'Académie des sciences « *moins de 5% des classes primaires françaises pratiquaient un enseignement de science*¹⁸² » en 1996. Les outils et méthodes utilisés par *La main à la pâte* ont été diffusés par les ambassades françaises au moyen de coopérations et de partenariats avec plus de 40 pays aujourd'hui. Cependant l'adaptation au contexte culturel et institutionnel reste à la charge des pays. En Allemagne, l'Ambassade de France et la Freie Universität de Berlin ont monté le site « *Sonnentaler – La main à la pâte*¹⁸³ » adapté pour les *Kindergarten*, les *Grundschulen* et les classes 5 et 6 du secondaire. Depuis 2010, le Ministère de l'Éducation Nationale a mis en place l'action ASTEP (accompagnement en science et technologie à l'école primaire), « *permet à l'enseignant d'être secondé par un scientifique - étudiant, chercheur, ingénieur ou technicien d'entreprise - pour concevoir et conduire des séquences de classe permettant aux élèves*

¹⁷⁹ « L'investigation est une activité qui a de multiples facettes et qui inclut la réalisation d'observations ; poser des questions ; analyser des livres et d'autres sources d'information afin de voir ce que l'on sait aujourd'hui ; planifier des investigations ; faire le point sur ce qui est connu à la lumière des preuves expérimentales ; utiliser des outils pour rassembler, analyser et interpréter les données ; proposer des réponses, des explications et des prédictions ; et communiquer les résultats. L'investigation nécessite l'identification de supposition, l'utilisation d'une pensée critique et logique et la prise en considération d'explications alternatives » (traduction personnelle)

¹⁸⁰ Source : <http://www.fondation-lamap.org> (consulté le 25.06.2016)

¹⁸¹ Source : <http://eduscol.education.fr/cid46572/presentation-du-plan-de-renovation.html> (consulté le 25.06.2016)

¹⁸² Source : <http://www.academie-sciences.fr/activite/enseign/ecole.htm> (cette page n'est plus accessible ; voir annexe numérique)

¹⁸³ Source : <http://www.sonnentaler.net> (consulté le 26.06.2016)

de construire des connaissances scientifiques dans une démarche d'investigation. L'accompagnement favorise les échanges de savoirs et de pratiques, le partage de ressources et de compétences et contribue ainsi à rendre les sciences et les techniques accessibles au plus grand nombre. » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2010, p. 1).

Aujourd'hui, l'enseignement des sciences de la nature figure à la fois dans les programmes scolaires (de l'école primaire et du collège) et dans le socle commun de connaissances et de compétences. L'objectif visé par cet enseignement étant « *la maîtrise des principaux éléments de culture scientifique et technologique*¹⁸⁴ ». Celle-ci s'acquiert « *d'une part en mobilisant les connaissances des différents champs du socle dans des situations simples de la vie courante, d'autre part en pratiquant une démarche scientifique ou technologique*¹⁸⁵ ». Il s'agit pour les élèves de comprendre et de savoir décrire le monde (voir ci-dessous) ainsi que de maîtriser une démarche d'investigation. L'éducation scientifique est basée sur la construction du savoir par l'élève. Elle est fondée sur les connaissances et les compétences à acquérir tout au long de la scolarité obligatoire ainsi que sur une éducation à la responsabilité civile.

Contrairement aux programmes scolaires d'autres pays (notamment ceux du *Baden-Württemberg*), les connaissances, capacités et attitudes à acquérir sont souvent liées à des contenus bien précis et limitées par les disciplines. Par exemple :

« On attend de l'élève sortant du collège qu'il puisse connaître les caractéristiques du vivant [...] les modalités de reproduction, de développement et du fonctionnement des organismes vivants [...] » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008c, p. 21)

La démarche d'investigation est préconisée dès le cycle 3 de l'école primaire et selon l'esprit de l'opération *La main à la pâte*. Elle s'articule autour de sept moments clés (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008a, 2008c, Ministère de l'Éducation Nationale, de la jeunesse et de la vie associative, 2011a, 2011b; Saltiel, 2007) :

- La situation de départ : elle doit susciter la curiosité des élèves, le questionnement permettant ainsi de formuler un problème ;
- L'appropriation du problème par les élèves : il fait émerger ses conceptions initiales et permet des explications possibles ;
- La formulation d'hypothèses : leur formulation permet également de proposer un protocole et de formuler des prévisions ;

¹⁸⁴ Source : http://media.eduscol.education.fr/file/socle_commun/72/9/evaluation-grillesDNB_117729.pdf (consulté le 26.06.2016)

¹⁸⁵ Source : http://media.eduscol.education.fr/file/socle_commun/72/9/evaluation-grillesDNB_117729.pdf (consulté le 26.06.2016)

- L'investigation par l'élève : elle permet de mener un dispositif expérimental par l'expérimentation, le tâtonnement expérimental, la recherche documentaire, la modélisation, l'observation ;
- L'échange argumenté autour des propositions élaborées : les résultats sont constatés et confrontés aux hypothèses de départ (à valider ou invalider) ;
- L'acquisition et la structuration des connaissances : une synthèse des hypothèses validées et invalidées est rédigée permettant de répondre au problème posé ainsi que de se confronter au savoir établi. L'accent est également mis sur l'utilisation d'un vocabulaire scientifique à l'écrit ainsi qu'à l'oral ;
- La mobilisation des connaissances : les connaissances sont réinvesties dans une nouvelle situation en classe ou de la vie courante.

Les intitulés et les objectifs de l'enseignement scientifique évoluent au cours de la scolarité, de la proximité vers une prise en compte plus globale du monde. A l'école maternelle, dans le cadre de "découvrir le vivant", « *l'enfant découvre le monde proche* » par l'observation et le questionnement (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008a, p. 15). A l'école élémentaire, au cycle 2 "découvrir le monde du vivant", l'accent est mis sur l'acquisition des connaissances du monde et du vocabulaire spécifique correspondant par l'observation et la manipulation. Au cycle 3, dans le cadre des "sciences expérimentales et technologie", il s'agira pour l'élève de « *comprendre et décrire le monde réel, celui de la nature et celui construit par l'Homme, d'agir sur lui, et de maîtriser les changements induits par l'activité humaine* » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008a, p. 24). Au collège l'enseignement des Sciences de la Vie et de la Terre doivent permettre à l'élève « *de mieux comprendre la nature et le monde construit par l'Homme* », « *Il s'agit d'expliquer le réel* » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008c, p. 1 et 9). D'après ces intitulés, il semble y avoir un clivage entre la nature et le monde dans lequel l'humain intervient. Cependant, il n'est nullement précisé si l'humain fait partie de cette nature ou non. Nous verrons au chapitre suivant les contenus préconisés pour cet enseignement. Cela me permettra de préciser la place de l'humain par rapport à la nature.

Nous allons voir par la suite l'enseignement des sciences naturelles est quelque peu différent au *Baden-Württemberg*.

6.2.4 L'enseignement des sciences au *Baden-Württemberg*

En Allemagne, l'enseignement de la biologie est basé sur quatre champs de compétences, définis par la *Kultusministerkonferenz* en 2004 :

- « *Le savoir disciplinaire : connaître les êtres vivants, les phénomènes biologiques, les notions, principes et faits et les associer aux concepts de base ;*
- *L'acquisition de connaissance : observer, comparer, expérimenter, utiliser des modèles et appliquer des techniques de travail ;*
- *La communication : s'approprier les informations se référant à la matière et la discipline et échanger ;*
- *L'évaluation, le jugement : reconnaître les faits biologiques dans des contextes diversifiés et les évaluer / juger¹⁸⁶ »* (Kultusministerkonferenz, 2005, p. 7).

Le savoir disciplinaire permet d'acquérir une compréhension biologique élémentaire nécessaire pour l'évaluation des applications biologiques notamment concernant l'environnement ou le développement durable. La maîtrise des savoirs disciplinaires permet également de participer à des débats sociétaux.

L'accroissement actuel des savoirs biologiques exige, pour l'enseignement de la biologie, une réduction des contenus à l'essentiel et une démarche basée sur l'exemplarité. Le savoir disciplinaire est ainsi articulé autour de trois concepts de base, à savoir : « *le système, la structure et la fonction, le développement* »¹⁸⁷ (Kultusministerkonferenz, 2005, p. 7). La biologie moderne s'est détournée d'une biologie purement descriptive au profit d'une science plutôt explicative prenant en compte les systèmes biologiques de la nature vivante par l'analyse et la compréhension de ces structures et fonctions. Ces systèmes vivants sont caractérisés par le développement puisqu'ils se modifient au cours du temps. C'est par ces concepts de base que les élèves doivent pouvoir structurer et décrire les connaissances scientifiques et comprendre la « *complexité des faits biologiques* »¹⁸⁸ (Kultusministerkonferenz, 2005, p. 9). L'enseignement de la biologie tel qu'il est décrit dans ce texte de la *Kultusministerkonferenz* (2005) vise à former à une pensée systémique et multi-perspectiviste. Ce texte précise également la place de l'humain par rapport à la nature (chapitre 5). Justement, ce dernier est considéré comme faisant partie de la nature et comme étant face à elle. En ce

¹⁸⁶ « Fachwissen : Lebewesen, biologische Phänomene, Begriffe, Prinzipien und Fakten kennen und Konzepten zuordnen ; Erkenntnisgewinnung : Beobachten, Vergleichen, Experimentieren, Modelle nutzen und Arbeitstechniken anwenden ; Kommunikationskompetenz : Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen ; Bewertungskompetenz : Biologische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten » (traduction personnelle)

¹⁸⁷ « System, Struktur und Funktion, Entwicklung » (traduction personnelle)

¹⁸⁸ « Die Komplexität biologischer Sachverhalte » (traduction personnelle)

sens, l'humain est lui-même objet de l'enseignement de la biologie et contribue ainsi « *au développement de la compréhension personnelle individuelle et à une action émancipatrice*¹⁸⁹ » (Kultusministerkonferenz, 2005, p. 6). Ces derniers sont considérés comme la base d'une action en accord avec l'environnement puisque « *si l'humain est partie intégrante de la nature, alors sa relation avec soi et avec son concitoyen fait également partie de la relation avec la nature*¹⁹⁰ » (Eschenhagen *et al.*, 2006, p. 135). Il en sort une double dimension de l'enseignement de la biologie : une contribution « *à la compréhension de soi et du monde*¹⁹¹ » (Gropengießer, Kattmann, Krüger et Etschenberg, 2010, p. 22). Cette approche de structuration centrée sur l'humain, qui a émergé dans les années 1970, consiste à relier les connaissances biologiques avec des questions individuelles et sociales (Eschenhagen *et al.*, 2006).

Les programmes scolaires du *Baden-Württemberg* sont axés sur les *Kompetenzen* à atteindre, les contenus n'étant explicités que sommairement. Contrairement aux programmes scolaires français, il n'y a pas une seule démarche expérimentale proposée, mais l'enseignement se base sur plusieurs principes didactiques appuyés par des méthodes de travail type. La nature de l'enseignement des sciences au *Baden-Württemberg* dépend entre autres du type d'établissement.

A la *Grundschule*¹⁹², l'enseignement sur le monde vivant est rattaché à l'enseignement de l'art visuel et musical, à la philosophie et à l'éducation civique¹⁹³. Dans ce regroupement disciplinaire, *Mensch, Natur und Kultur*¹⁹⁴ (MeNuK), l'élève est compris dans son intégralité avec ses connaissances cognitives, ses émotions, sa curiosité, sa culture.... La nature, par exemple, y est également abordée par l'aspect artistique et non seulement par son côté scientifique. L'objectif de cet enseignement est une « *Bildung fundamentale*¹⁹⁵ » qui permet l'épanouissement personnel, le savoir-agir, la capacité de perception et de jugement ainsi que l'appropriation de l'environnement naturel et culturel¹⁹⁶. Cet enseignement est structuré en neuf champs de compétences organisés en trois domaines : le premier domaine est centré

¹⁸⁹ « Zur Entwicklung individuellen Selbstverständnisses und emanzipatorischen Handelns » (traduction personnelle)

¹⁹⁰ « Wenn der Mensch Teil der Natur ist, so ist sein Umgang mit sich selbst und dem Mitmenschen auch ein Teil des Umgangs mit der Natur » (traduction personnelle)

¹⁹¹ « Zum Selbst- und Weltverständnis » (traduction personnelle)

¹⁹² Toutes les informations concernant l'enseignement des sciences à la Grundschule sont issues du Bildungsplan correspondant du Baden-Württemberg de 2004 (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004a, p. 96-99)

¹⁹³ « Gemeinschaftskunde » (traduction personnelle)

¹⁹⁴ « Humain, Nature et Culture » (traduction personnelle)

¹⁹⁵ « Grundlegende Bildung » (traduction personnelle)

¹⁹⁶ « Persönlichkeitsentwicklung », « Handlungskompetenz », « Wahrnehmungsfähigkeit », « Urteilsfähigkeit », « Erschließung der natürlichen und kulturellen Umwelt » (traduction personnelle)

sur l'enfant en tant qu'individu, le second sur l'enfant au sein de la communauté et le troisième sur l'enfant en tant que futur citoyen. Les détails notamment ceux concernant les compétences relatives au cycle de vie végétal seront abordés au chapitre suivant. Les principes didactiques préconisés se réfèrent à une pédagogie basée sur une démarche d'investigation, exploratoire, de découverte active, créative, orientée sur les projets et les thématiques, l'application et les problématiques et qui favorise l'apprentissage actif et autoguidé¹⁹⁷.

L'enseignement matière-nature-technique¹⁹⁸ dispensé à la *Werkrealschule*¹⁹⁹ est basé sur un enseignement pluri-perspectiviste se référant à la biologie, la chimie, la physique et les technologies, et les activités domestiques. Il vise la capacité à agir²⁰⁰ et une compréhension fondamentale de l'être humain, de la nature et de l'environnement ainsi que des relations et interactions. L'enseignement est basé sur les principes didactiques²⁰¹ suivants : l'apprentissage par problème, par la découverte, par l'investigation, la pensée en structures et modèles²⁰². La mise en pratique des méthodes de travail tels qu'observer, analyser, planifier, examiner, expérimenter, construire, fabriquer et juger est préconisée.

A la *Realschule*²⁰³, l'accent est mis sur les méthodes de travail scientifiques²⁰⁴ réunissant les modules de biologie, chimie et physique. L'objectif pour les élèves étant d'acquérir une culture scientifique²⁰⁵ telle qu'elle a été définie par l'OCDE dans le cadre d'évaluation PISA en 1999 : « *La culture scientifique est le fait de pouvoir utiliser des connaissances scientifiques, d'identifier les questions et de tirer des conclusions fondées sur des faits, en vue de comprendre le monde naturel et de prendre des décisions à son propos, ainsi que de comprendre les changements qui y sont apportés par l'activité humaine*²⁰⁶. » (OCDE, 1999, p. 68; Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004b, p. 96). Il s'agit de bâtir une relation émotionnelle et d'analyser de manière compréhensible des phénomènes naturels et

¹⁹⁷ « Forschende Auseinandersetzung », « anwendungs- und problemorientiert, explorativ, aktiv-entdeckend, kreativ, themen- und projektorientiert », « aktiv und selbstgesteuertes Lernen » (traduction personnelle)

¹⁹⁸ « Materie-Natur-Technik » (traduction personnelle)

¹⁹⁹ Toutes les informations concernant l'enseignement des sciences à la *Werkrealschule* sont issues du Bildungsplan correspondant du Baden-Württemberg de 2004 (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2012, p. 122-123)

²⁰⁰ « Handlungsfähigkeit » (traduction personnelle)

²⁰¹ Les principes didactiques ont simplement été traduits et énumérés. Il va de soi que dans leur contexte, ces principes sont connotés. Cependant expliciter leur sens n'apporterait rien au sujet de recherche.

²⁰² « Problemorientierte, entdeckende und forschende Unterrichtsverfahren », « Denken in Strukturen und Modellen » (traduction personnelle)

²⁰³ Toutes les informations concernant l'enseignement des sciences à la *Realschule* sont issues du Bildungsplan correspondant du Baden-Württemberg de 2004 (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004b, p. 96)

²⁰⁴ « Naturwissenschaftliches Arbeiten » (traduction personnelle)

²⁰⁵ « Naturwissenschaftliche Bildung » (traduction personnelle)

²⁰⁶ « Naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, die die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen » (traduction personnelle)

techniques. L'expérimentation, la documentation et la réflexion (par soi-même) sont mises en avant pour acquérir des connaissances et des capacités. Cet enseignement vise à permettre aux élèves de participer à des débats concernant les innovations sociétales et technologiques ainsi que de prendre des décisions, d'être conscient de leurs responsabilités.

Au *Gymnasium*²⁰⁷ (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004), l'enseignement des sciences, se référant à la biologie, la chimie et la physique, vise également à transmettre une culture scientifique fondée²⁰⁸ telle qu'elle est préconisée à la *Realschule*. Les principes didactiques sont communs aux trois disciplines : il s'agit de travailler en projet, de réaliser des expériences, de mener une investigation sur des questionnements propres à l'élève²⁰⁹. Les *Kompetenzen* à acquérir dans ces disciplines résident notamment dans la mise en œuvre des méthodes de travail scientifiques, la compréhension et l'appropriation du monde par des principes scientifiques centraux ainsi que la reconnaissance de l'importance des sciences naturelles pour la société et la saisie du lien existant entre les sciences naturelles et leur application. En biologie en particulier (discipline à part entière), il s'agit de sensibiliser les élèves à un comportement responsable avec la nature. Ces derniers sont amenés à comprendre le monde vivant et à l'estimer ainsi qu'à saisir les connaissances biologiques et leurs domaines d'application²¹⁰.

6.2.5 Discussion sur l'enseignement des sciences naturelles

Il me semble qu'en France, l'éducation scientifique soit essentiellement basée sur la construction de connaissances permettant à l'apprenant de se faire une « *représentation globale et cohérente du monde* » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008c, p. 1). Cette importance pour les "connaissances" est mise en avant dans l'intitulé même du socle commun de connaissances et de compétences. Comme nous venons de le voir ci-dessus, les compétences comportent, parmi d'autres, des connaissances. Pourquoi alors les mentionner explicitement ? Dans leur rapport, Henriot et Granier-Fauquert (2010, p. 44), notent également cette « *contradiction entre le titre du socle qui dissocie connaissances et compétences et la présentation du décret qui place les connaissances comme une composante de la compétence* ». Bien que l'éducation à la responsabilité soit évoquée dans les programmes de 2008, celle-ci se

²⁰⁷ Toutes les informations concernant l'enseignement des sciences au Gymnasium sont issues du Bildungsplan correspondant du Baden-Württemberg de 2004 (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 172-173, 202-204)

²⁰⁸ « *Fundierte naturwissenschaftliche Bildung* » (traduction personnelle), la définition est identique à celle donnée dans le Bildungsplan de la Realschule et par l'OCDE, 1999

²⁰⁹ « *Projektarbeit, Schülerexperimente und das Erforschen selbst gefundener Fragestellungen* » (traduction personnelle)

²¹⁰ « *Werden für einen verantwortungsvollen Umgang mit der Natur sensibilisiert* » ; « *Verständnis unserer Lebenswelt* » ; « *Wertschätzung der Natur* » ; « *biologische Erkenntnisse und Anwendungsbereiche* » (traduction personnelle)

focalise sur la compréhension et l'acquisition de connaissances. Comme le souligne le préambule des programmes de l'école primaire (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008a, p. 10) : « donner à chaque enfant les clés du savoir et les repères de la société dans laquelle il grandit est la première exigence de la République et l'unique ambition de l'école primaire ». L'origine de cette « suprématie » des connaissances et de la dimension cognitive est sans doute à trouver dans l'histoire de l'éducation. Nous avons vu au chapitre précédent, que les humanistes mettaient justement la raison en avant. En France à la fin du XVIIIe siècle, Condorcet, par exemple, différencia l'instruction publique de l'éducation familiale (Heidenreich, 2006) ; l'instruction vise entre autres à former la raison, l'esprit, à l'inverse, l'éducation vise à la formation du cœur. L'analyse historique de l'éducation devrait être plus poussée pour déterminer et affirmer davantage les idéaux de l'école française. Cela ne me sera cependant pas possible dans le cadre de cette recherche. Toutefois, l'une des missions premières avancée dans le Code de l'Éducation français est la transmission de connaissances (Article L111-1). Pour Giordan (2010, p. 33) : « l'enseignement des sciences est surtout basé, dans l'état actuel, sur des concepts précis et l'idée d'une scientificité (rationalité, objectivité, rigueur, validité, reproductibilité, etc.) ». Cela étant, les préconisations des programmes scolaires français sont en accord avec les recommandations de l'Union Européenne.

L'enseignement scientifique tel qu'il est préconisé au *Baden-Württemberg* met en avant une éducation globale, non seulement basée sur les connaissances, mais également sur l'expérience. Les connaissances sont avant tout des outils pour accéder à la compréhension et entamer une démarche réflexive aboutissant à un jugement et une action. Le développement d'un jugement et le savoir-agir, me semble-t-il, sont davantage mis en avant dans le *Bildungsplan* du *Baden-Württemberg* que dans les programmes scolaires français. Je parlerai d'ailleurs plutôt d'une *Bildung* scientifique que d'une éducation scientifique, puisque la dimension "personnelle" est présente dans cet enseignement tout au long de la scolarité obligatoire. D'ailleurs, d'après la loi scolaire du *Baden-Württemberg*, la mission de l'école est de transmettre non seulement des connaissances, mais également des capacités, aptitudes et des savoir-faire²¹¹ (Land Baden-Württemberg, 1983, p. 2).

Dans les paragraphes précédents, j'ai surtout évoqué les particularités de l'enseignement scientifique français et de celui du *Baden-Württemberg*. Cependant il faut tout de même remarquer les tendances similaires, existant d'ailleurs au niveau international. Il s'agit par exemple de la démarche par investigation, du « pilotage par les compétences terminales », de la « valorisation de la formation à la citoyenneté responsable », de « l'intégration

²¹¹ « Vermittlung von Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten » (traduction personnelle)

des supports numériques » (que je n'ai pas explicité ici) (Hasni et Lebeaume, 2010, p. 4-5). Concernant le décloisonnement des enseignements spécialisés et l'approche intégrative, il me semble qu'ils sont davantage présents dans les *Bildungspläne* ; bien qu'en France, l'EIST (enseignement intégré de science et technologie) ait également été mis en place à titre expérimental, dans un premier temps (depuis 2005)²¹².

Nous allons voir maintenant comment l'éducation à l'environnement et au développement durable a été mise en place en France et en Allemagne / au *Baden-Württemberg*. Nous avons vu dans l'introduction que la compréhension de certains problèmes environnementaux est liée à la compréhension du cycle de vie. Son importance est soulignée dans la stratégie de Vilnius de 2005 :

« Pour être efficace, l'éducation en vue du développement durable devrait : [...] aider à mieux comprendre les problèmes d'environnement aux plans mondial, régional, national et local en les expliquant par le biais du cycle de vie, l'accent étant mis non seulement sur les incidences sur l'environnement mais aussi sur les conséquences économiques et sociales dans la perspective du milieu naturel et de l'environnement modifié par l'homme²¹³ » (article 33 d).

L'importance de l'éducation est également soulignée dans la devise de la COP 21 : *« sans éducation, pas de développement durable²¹⁴ ».*

6.3 L'éducation à l'environnement et au développement durable

« L'éducation revêt une importance critique pour ce qui est de promouvoir un développement durable et d'améliorer la capacité des individus de s'attaquer aux problèmes d'environnement et de développement. L'éducation de base constitue le fondement de toute éducation en matière d'environnement et de développement [...] » (chapitre 36 de l'Action 21²¹⁵)

Je ne retracerai pas l'histoire de l'éducation au développement durable. Le propos sera plutôt basé sur une comparaison de l'appropriation des textes internationaux par la France et par l'Allemagne. Un tableau, énumérant les différents sommets et conférences internationales concernant le sujet ainsi que les objectifs importants émis en matière d'éducation à l'environnement et au développement durable, se trouve toutefois en annexe. Celui-ci

²¹² Source : <http://eduscol.education.fr/cid57927/eist-en-sixieme-et-cinquieme.html> (consulté le 26.06.2016)

²¹³ Source : <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2005/cep/ac.13/cep.ac.13.2005.3.rev.1.f.pdf> (consulté le 26.06.2016)

²¹⁴ Source : <http://fr.unesco.org/news/education-honneur-debats-cop-21> (consulté le 26.06.2016)

²¹⁵ Source : <http://www.un.org/french/events/rio92/agenda21/> (chapitre 36 : Promotion de l'éducation, de la sensibilisation du public et de la formation) (consulté le 26.06.2016)

permettra au lecteur de situer le contexte dans lequel s'est développé l'éducation au développement durable en France et en Allemagne.

Je retiendrai des conférences et sommets internationaux, qu'il y a une évolution des concepts depuis les problématiques centrées sur l'environnement vers l'idée de développement durable, défini par « *un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs*²¹⁶ ». L'importance de l'éducation y est de plus en plus marquée. Je mettrai également l'accent sur la stratégie pour la Communauté Économique Européenne pour l'éducation en vue du développement durable qui précise en son article 33d : « *Pour être efficace, l'éducation en vue du développement durable devrait : [...] aider à mieux comprendre les problèmes d'environnement aux plans mondial, régional, national et local en les expliquant par le biais du cycle de vie, l'accent étant mis non seulement sur les incidences sur l'environnement mais aussi sur les conséquences économiques et sociales dans la perspective du milieu naturel et de l'environnement modifié par l'homme* »

Je vais maintenant décrire l'évolution de cette éducation en France et en Allemagne. Là aussi, des approches différentes dans l'appropriation des textes et cadres internationaux se font ressentir.

6.3.1 Vers l'éducation au développement durable en France

Le texte fondateur de l'éducation à l'environnement en France est la circulaire n°77-300 du 29 août 1977²¹⁷ précisant l'importance d'une « *éducation des élèves en matière d'environnement* » basée sur l'investigation et la découverte concrète de l'environnement. Ce texte a été influencé par la Charte de Belgrade de 1975. L'objectif de l'éducation en matière d'environnement était de « *développer chez les élèves une attitude d'observation, de compréhension et de responsabilité à l'égard de l'environnement* » (circulaire 1977). L'environnement y est défini comme « *l'ensemble, à un moment donné, des aspects physiques, chimiques, biologiques et des facteurs sociaux et économiques susceptibles d'avoir un effet direct ou indirect, immédiat ou à terme, sur les êtres vivants et les activités humaines* ». Cette éducation se veut donc interdisciplinaire et la coopération entre les différentes disciplines était vivement souhaitée. Par ailleurs, il y est écrit que la connaissance de l'environnement passe nécessairement par l'acquisition de certains concepts. Entre autre le concept du temps dans lequel s'inscrit la notion de cycle de

²¹⁶ Source : http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/sites/odysee-developpement-durable/files/5/rapport_brundtland.pdf (consulté le 26.06.2016)

²¹⁷ Source : http://media.eduscol.education.fr/file/EEDD/21/8/circulaire1977_115218.pdf (consulté le 26.06.2016)

vie plus exactement de cycle biologique : *« l'étude des cycles de croissance d'espèces végétales forestières par exemple sera l'occasion de saisir la notion de saison ou de cycle biologique ».*

Cependant les inspecteurs Bonhoure et Hagnerelle, dans leur rapport des inspections générales d'avril 2003, constatent que seuls 5 à 10% des élèves recevaient une éducation et formation « convenable » à l'environnement. Le constat d'échec de 30 ans d'éducation à l'environnement a été mis en avant dans ce rapport. Plusieurs causes ont pu être identifiées : l'absence de texte-cadre définissant l'éducation à l'environnement ; le manque de cohérence des programmes ; *« une interdisciplinarité difficile à mettre en œuvre »* ; un faible nombre de projets permettant l'implication personnelle des élèves ; l'optique du développement durable n'est pas explicitée dans les programmes (Bonhoure et Hagnerelle, 2003, p. 9).

En conséquence, la Stratégie Nationale du Développement Durable (SNDD) adoptée en juin 2003, contient l'axe 1 "le citoyen, acteur du développement durable". Celui-ci vise entre autre le développement de l'éducation à l'environnement pour un développement durable²¹⁸. Et c'est à partir de la rentrée 2004 en application de la circulaire n°2004-110 du 8 juillet 2004²¹⁹ que l'éducation à l'environnement pour un développement durable (EEDD) a été généralisée dans les établissements scolaires français. Cette circulaire remplace celle de 1977. Il est précisé que l'EEDD n'est pas à voir comme une nouvelle discipline, qu'elle est par contre ancrée dans toutes les disciplines. Cependant l'éducation à l'environnement doit désormais se placer dans la perspective du développement durable tel qu'il est défini dans le rapport Brundtland de 1987 (voir ci-dessus). Afin de garantir une cohérence tout au long de l'enseignement scolaire, l'EEDD doit prendre en compte différents aspects : des échelles de temps et d'espace différentes ; une approche systémique ; les composantes économiques, environnementales, sociales et culturelles ; une approche critique quant à la compréhension et la réaction face à la complexité des questions ; ainsi qu'une approche interdisciplinaire et transversale. L'objectif de l'EEDD est de permettre aux élèves *« d'acquérir des connaissances et des méthodes nécessaires pour se situer dans leur environnement et y agir de manière responsable. La prise de conscience des questions environnementales, économiques, socioculturelles doit, sans catastrophisme mais avec lucidité, les aider à mieux percevoir l'interdépendance des sociétés humaines avec l'ensemble du système planétaire et la nécessité pour tous d'adopter des comportements propices à la gestion durable de celui-ci ainsi qu'au développement d'une solidarité mondiale »* (Circulaire n°2004-110).

²¹⁸ Source : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/dossiers/developpement-durable/strategie-nationale.shtml> (consulté le 26.06.2016)

²¹⁹ Source : <http://www.education.gouv.fr/bo/2004/28/MENE0400752C.htm> (consulté le 26.06.2016)

En 2005 l'UNESCO a lancé la Décennie des Nations Unies pour l'Éducation en vue du Développement Durable (DEED) : « *Le but global de la Décennie est d'intégrer les principes, les valeurs et les pratiques du développement durable dans tous les aspects de l'éducation et de l'apprentissage. Cet effort éducatif encouragera les changements de comportement afin de créer un avenir plus viable du point de vue de l'intégrité de l'environnement, de la viabilité économique et d'une société juste pour les générations présentes et futures* » (UNESCO, 2005, p. 6). En France, la Charte de l'environnement²²⁰, souhaitée par le président de la République Jacques Chirac a été adoptée par le Parlement en 2005. Elle inscrit ainsi le droit et le devoir de l'éducation et de la formation à l'environnement (article 8) dans un cadre institutionnel.

La seconde phase de généralisation de l'éducation au développement durable (EDD) a été lancée en 2007 avec la circulaire n°2007-077 du 29 mars²²¹. Ce nouveau plan triennal (2007-2010) décrit trois axes prioritaires : « *Inscrire plus largement l'éducation au développement durable dans les programmes d'enseignement* » ; « *Multiplier les démarches globales d'éducation au développement durable dans les établissements et les écoles* » ; ainsi que « *former les professeurs et autres personnels impliqués dans cette éducation* ». A partir de mai 2007 a également été lancé le Grenelle de l'Environnement, initié par Nicolas Sarkozy.

Depuis les enjeux du développement durable ont été intégrés dans les programmes scolaires jusqu'à la fin de la scolarité obligatoire : à savoir dans les nouveaux programmes de l'école primaire ainsi que dans ceux du collège en 2008. L'éducation au développement durable « *permet d'appréhender la complexité du monde dans ses dimensions scientifiques, éthiques et civiques* » (Ministère de l'Éducation Nationale, de la jeunesse et de la vie associative, 2011a, p. 2). En mars 2008 a également été publié le socle commun de connaissances et de compétences qui inclut « *la connaissance de "l'impact sur l'environnement de nos activités techniques", il fait référence à une attitude de "responsabilité face à l'environnement, au monde vivant, à la santé", il mentionne le développement durable comme un moyen de "comprendre l'unité et la complexité du monde"* » (circulaire n°2007-077)²²².

Le Comité interministériel pour le développement durable a adopté en juillet 2010 la nouvelle Stratégie nationale de développement durable pour la période 2010 à 2013 qui s'intitule "vers une économie verte et équitable". Le défi n°2 "Société de la connaissance" comporte une partie "Éducation et formation". L'EDD y est décrit comme une éducation contribuant à la formation citoyenne « *par ses dimensions éthiques et sociales*²²³ ». Par ailleurs,

²²⁰ Source : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/spipwwwmedad/pdf/DICOM-Charte_Environnement_web_cle766cbf.pdf (consulté le 26.06.2016)

²²¹ Source : <http://www.education.gouv.fr/bo/2007/14/MENE0700821C.htm> (consulté le 26.06.2016)

²²² Source : <http://www.education.gouv.fr/bo/2007/14/MENE0700821C.htm> (consulté le 26.06.2016)

²²³ Source : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-9-defis-.html> (consulté le 26.06.2016)

« *l'apprentissage de la démarche scientifique pour comprendre les enjeux et les actions liés au développement durable*²²⁴ » fait partie intégrante de la généralisation du développement durable au niveau de la scolarité obligatoire et au-delà. Depuis 2013 l'éducation à l'environnement et au développement durable est inscrit dans le code de l'éducation et fait ainsi partie des missions de l'école. Il s'agira de former « *les élèves aux bonnes pratiques permettant de vivre ensemble dans un monde aux ressources limitées, mais aussi de leur transmettre les connaissances, la compétence et la culture qui leur permettront tout au long de leur vie, en tant que citoyens, de connaître, comprendre, décider et agir en fonction des enjeux du développement durable*²²⁵ ».

L'éducation à l'environnement et au développement durable est donc bien ancrée dans le curriculum français. Regardons maintenant le développement de cette éducation au *Baden-Württemberg*.

6.3.2 Vers une *Bildung für nachhaltige Entwicklung* au *Baden-Württemberg*

« *Bildung für nachhaltige Entwicklung [...] hat zum Ziel, die Menschen zur aktiven Gestaltung einer ökologisch verträglichen, wirtschaftlich leistungsfähigen und sozial gerechten Umwelt unter Berücksichtigung globaler Aspekte zu befähigen*²²⁶ »

En 1971 l'éducation à l'environnement (dans le sens *Umwelterziehung*, voir ci-dessous) est pour la première fois inscrite dans le programme (politique) de l'environnement adopté par le gouvernement fédéral²²⁷ (mentionné dans *Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung*, 1998). Ce programme (ibidem, p.10) précise qu'un « *comportement conscient de l'environnement doit être intégré dans les programmes scolaires à tous les niveaux éducatifs en tant qu'objectif général d'éducation*²²⁸ ».

En 1980, la *Kultusministerkonferenz* explicite les tâches à remplir par les établissements scolaires concernant la *Umwelterziehung* au sein de l'arrêt "Umwelt und

²²⁴ Source : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Education_et_formation.pdf (consulté le 26.06.2016)

²²⁵ Source : http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?cid_bo=85723 (consulté le 26.06.2016)

²²⁶ « L'éducation pour un développement durable a pour objectif de rendre les humains aptes à façonner activement un environnement écologiquement compatible, économiquement performant et socialement juste tout en considérant des aspects globaux » (traduction personnelle) Source : https://www.bibb.de/dokumente/pdf/bericht_bundesreg_bfne.pdf (consulté le 26.06.2016)

²²⁷ « Bundesregierung »

²²⁸ « Umweltbewußtes Verhalten muß als allgemeines Bildungsziel in die Lehrpläne aller Bildungsstufen aufgenommen werden. » (traduction personnelle)

Unterricht²²⁹”. Cette éducation à l’environnement souhaite développer la conscience des jeunes pour les questions environnementales, soutenir leur disponibilité pour agir de manière responsable avec l’environnement et les éduquer afin qu’ils aient un comportement conscient de l’environnement. La *Umwelterziehung* se veut interdisciplinaire, ancrée à la fois dans les domaines des sciences naturelles et des sciences sociales. Les objectifs à atteindre par les élèves sont surtout axés autour de la connaissance et de la reconnaissance (des lois, droits et obligations ; des relations écologiques, économiques, sociales ; des causes de la dégradation de l’environnement ; des conséquences internationales) ainsi que de la prise de conscience de l’importance de l’action responsable. A partir de 1986 apparaît également le concept de *Umweltbildung* (voir ci-dessous).

En 1992, l’Agenda 21²³⁰ a été adopté au niveau international. La notion *Bildung für nachhaltige Entwicklung*²³¹ a pris par ce biais également sa place en Allemagne. Les termes *Umweltbildung* et *Umwelterziehung* ont cependant été conservés.

L’expertise du programme de soutien de l’éducation pour un développement durable²³² établie par Gerhard de Haan et Dorothee Harenberg (1999) (publiée par la Bund-Länder-Kommission), critique l’éducation à l’environnement traditionnelle. L’objectif de celle-ci étant d’éduquer à un comportement environnemental juste. En ce sens l’enseignement des connaissances au sujet de l’environnement aboutirait à une modification des attitudes et comportements au quotidien concernant la gestion des ressources naturelles. Plusieurs études auraient cependant montrées qu’une telle éducation à l’environnement n’est pas très prometteuse (de Haan et Harenberg, 1999).

Une étude évaluant l’éducation à l’environnement en Allemagne (« Umweltbildung als Innovation » de Gerhard de Haan et al., 1997 ; évoquée dans de Haan et Harenberg, 1999)) mentionne, que seuls 2% du temps d’enseignement annuel est consacré à l’éducation à l’environnement. Différents problèmes sont soulevés dans cette étude : une domination de concepts d’enseignement disciplinaire, des structures figées quant aux méthodes d’enseignement, une “ambiance exotique” de l’éducation à l’environnement ainsi que des déficits concernant les contenus proposés dans les écoles.

²²⁹ Environnement et enseignement (traduction personnelle) ; Source : http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/1980/1980_10_17_Umwelt_Unterricht.pdf (consulté le 26.06.2016)

²³⁰ Source : <http://www.un.org/french/events/rio92/agenda21/action0.htm> (consulté le 26.06.2016)

²³¹ Education pour un développement durable (traduction personnelle)

²³² « Förderprogramm Bildung für nachhaltige Entwicklung » (traduction personnelle)

Suite à cette étude, la commission de l'état fédéral et des *Länder*²³³ a publié en 1998 un cadre d'orientation²³⁴, insistant sur le fait que l'éducation pour un développement durable doit être reconsidérée. Ce cadre précise les différentes qualifications clés nécessaires pour une éducation pour un développement durable efficace. Celles-ci sont regroupées en six principes didactiques : « *orientation au système et à la problématique* » ; « *orientation à la communication et aux valeurs* » ; « *orientation à la coopération* » ; « *orientation à la situation, à l'action et à la participation* » ; « *organisation personnelle* », « *intégrité*²³⁵ » (Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung, 1998, p. 27-34). Pour la présente étude, certaines qualifications-clés paraissent pertinentes, notamment la pensée systémique qui essaye de comprendre le système, les relations dans une dynamique d'ensemble (détaillée au chapitre précédent) ; le "savoir intelligent" qui se rapporte à un problème donné et ne se limite pas au savoir disciplinaire ; la pensée anticipatrice qui permet de considérer les conséquences possibles mais aussi celles qui sont improbables ; l'orientation aux valeurs qui permet de donner sens à sa vie et à ses actions ainsi que le pouvoir de leur donner un appui éthique ; la capacité à expérimenter et ressentir les phénomènes et problèmes de manière diversifiée et dans des dimensions variées ; la perspective globale. L'approche globale de l'apprentissage permet une perception sensuelle et culturelle des phénomènes. Il est également précisé dans ce cadre d'orientation que des « *décisions au sens du développement durable sont toujours implantées dans un champ de tension entre des éléments émotionnels et rationnels de la pensée et de l'action humaine*²³⁶ » (Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung, 1998, p. 33-34). Ce cadre d'orientation mentionne également des lignes directrices pour les établissements scolaires, plus précisément pour les programmes scolaires. Dans ces derniers, la quantité excessive des éléments à enseigner doit être remplacée « *par une multitude de possibilités d'actions et d'expériences durables*²³⁷ » (Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung, 1998, p. 47). Ainsi les programmes scolaires devraient surtout et avant tout imposer des objectifs et non pas des contenus. Cette approche garantit à la fois que les objectifs et contenus indispensables pour l'action durable²³⁸ soient enseignés et assure par là un espace de liberté pour des décisions pouvant être prises par les établissements, les

²³³ « Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung », BLK

²³⁴ « Orientierungsrahmen » (traduction personnelle)

²³⁵ « System- und Problemlöseorientierung » ; « Verständigungs- und Wertorientierung » ; « Kooperationsorientierung » ; « Situations-, Handlungs- und Partizipationsorientierung » ; « Selbstorganisation » ; « Ganzheitlichkeit » (traduction personnelle)

²³⁶ « [...] Entscheidungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung immer wieder in einem Spannungsfeld zwischen emotionalen und rationalen Elementen menschlichen Denkens und Handelns angesiedelt sind. » (traduction personnelle)

²³⁷ « Leitlinie soll sein, die Stofffülle traditioneller Lehrpläne durch eine Vielzahl nachhaltiger Handlungs- und Erfahrungsmöglichkeiten zu ersetzen. » (traduction personnelle)

²³⁸ « Nachhaltiges Handeln » (traduction personnelle)

enseignants et les élèves sur place. Par ailleurs, l'émotion, la réflexion et la participation sont à considérer comme des aspects centraux quant au travail et à l'apprentissage des élèves. Cette approche aura non seulement eu un impact sur l'éducation pour un développement durable, mais aura remis en cause l'éducation et les plans d'enseignement en vigueur en Allemagne. La réforme du *Bildungsplan* de 2004 a effectivement tenu compte de ces aspects ; ce ne sont donc plus les contenus à enseigner qui sont mis en avant mais bel et bien les élèves (dans une dimension globale) et les compétences qu'ils doivent acquérir.

Contrairement à l'éducation à l'environnement traditionnelle, l'éducation pour un développement durable n'incite plus à la consternation (de Haan et Harenberg, 1999). Cette dernière ne met donc plus en avant une image catastrophique et détruite de la nature, mais plutôt une perspective de prospection. Elle ne se base ainsi plus sur les scénarios menaçants (dépérissement des forêts, trou dans la couche d'ozone...), comme cela a été le cas de l'éducation à l'environnement traditionnel (Lindemann-Matthies et Stelzig, 2013).

C'est dans l'expertise de de Haan et Harenberg (1999) que la *Gestaltungskompetenz* fut décrite pour la première fois comme l'objectif d'apprentissage de l'éducation pour un développement durable. Par *Gestaltungskompetenz* ils entendent, « la capacité à se projeter en avant, à pouvoir modifier et modéliser, par une participation active et au sens de la durabilité, l'avenir de la société, dans laquelle on vit²³⁹ » (de Haan et Harenberg, 1999, p. 62). Elle comprend une pensée anticipatrice, un savoir vivant, complexe et interdisciplinaire accompagné de fantaisie et de créativité aboutissant à la résolution de problèmes. Deux aspects sont à prendre en compte : la conception et l'activité personnelle dans le contexte de la société ainsi que l'organisation collective de l'environnement proche et la participation compétente à des processus sociaux de décision. La *Gestaltungskompetenz* met ainsi en avant la fondation d'un jugement personnel assorti à la capacité à agir de manière innovante dans le champ de la durabilité et non plus une éducation moralisatrice à un comportement écologique. « L'éducation pour un développement durable sert particulièrement au gain de *Gestaltungskompetenz*²⁴⁰ » (de Haan, 2008, p. 31)

Cette expertise se fonde entre autres sur les études Delphi de 1997/98 (sur le savoir et l'éducation) du Ministère fédéral du savoir et de la recherche. Dans ces études, le savoir est décrit comme une troisième ressource pour un développement économique et social. Les deux premières étant le capital et le travail. En ce sens, le savoir n'est pas à voir comme une information disponible, mais plutôt comme « une capacité à exprimer et à transmettre des

²³⁹ « Mit Gestaltungskompetenz wird das nach vorne weisende Vermögen bezeichnet, die Zukunft von Sozietäten, in denen man lebt, in aktiver Teilhabe im Sinne nachhaltiger Entwicklung modifizieren und modellieren zu können. » (traduction personnelle)

²⁴⁰ « Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) dient speziell dem Gewinn von Gestaltungskompetenz » (traduction personnelle)

*affirmations structurées concernant des faits et des idées ainsi que de mobiliser consciemment dans son contexte une action (comportement) sociale*²⁴¹ » (de Haan et Harenberg, 1999, p. 31).

Entre 1999 et 2004 a été mis en place le “BLK-Programm “21”” (Rode, 2005). Plus de 200 écoles et 15 *Länder* (dont 17 établissements du *Baden-Württemberg*) ont participé à ce programme. Deux objectifs ont été définis : premièrement l’ancrage de l’éducation pour un développement durable de manière réglementaire dans les pratiques scolaires et deuxièmement la médiation de la *Gestaltungskompetenz* auprès des élèves. Le premier objectif a été réalisé puisque l’éducation pour un développement durable est ancrée dans les *Bildungspläne* du *Baden-Württemberg* depuis 2004. Pour faciliter la médiation de la *Gestaltungskompetenz* auprès des élèves, elle a été différenciée en huit *Teilkompetenzen* (sous-compétences)²⁴². Par la suite, le concept s’est élargi à 10 *Teilkompetenzen* en 2007 puis à 12 en 2008 en s’appuyant sur la définition des compétences-clés établie par l’OCDE en 2005²⁴³. On peut pointer une différence avec la France qui s’appuie sur le cadre des compétences clés défini par l’Union Européenne en 2006 pour la structuration du socle commun (voir ci-dessus).

Je ne détaillerai pas l’ensemble des 12 *Teilkompetenzen*, puisque celles-ci ne paraissent pas toutes pertinentes pour l’objet de cette recherche. Cependant trois d’entre elles le sont. Je vais donc les développer brièvement. L’idée du cycle de vie des êtres vivants est un modèle conceptuel qui permet de comprendre la continuité du développement des êtres vivants et la perpétuation des espèces. Ainsi trois *Teilkompetenzen* de la *Gestaltungskompetenz* peuvent être développées à partir du concept de cycle de vie :

- T2. Savoir analyser et juger des développements de manière prévisionnelle
- T3. Acquérir des connaissances de manière interdisciplinaire et agir
- T4. Savoir reconnaître et peser les risques, dangers et incertitudes.

Une compréhension globale du cycle de vie permet de prévoir, de peser et d’analyser les conséquences et les risques d’une intervention dans ce cycle (T2, T4). La compréhension de l’impact de l’activité humaine (au niveau du cycle de vie) peut influencer les décisions qui pourront être prises en conséquence (T3). Une compréhension plus approfondie du cycle de vie nécessite des connaissances écologiques ; celle-ci fait donc appel à plusieurs disciplines (T3). Le lecteur pourra se référer à l’introduction dans laquelle j’ai établi le lien entre le concept

²⁴¹ « Fähigkeit, geordnete Aussagen über Fakten und Ideen auszudrücken und zu übermitteln sowie im Kontext bewußt sozialen Handelns gestaltend einzusetzen. » (traduction personnelle)

²⁴² Par la suite la notion de « Teilkompetenz » sera gardée puisque celles-ci se réfèrent au concept de Kompetenz et non pas de compétence

²⁴³ Source : <http://www.oecd.org/pisa/35693273.pdf> (consulté le 26.06.2016)

de cycle de vie et les différents aspects du développement durable (environnement, économique, social, politique) à partir d'interventions humaines concrètes. Revenons maintenant au développement de l'éducation pour un développement durable.

Le "BLK-Programm "21"" a été poursuivi avec le programme "Transfer 21" entre 2004 et 2008. Environ 2500 établissements ont participé à ce programme, mais pas le *Baden-Württemberg*. Dans le cadre de ce programme de transfert, des aides pour l'acquisition de *Kompetenzen* de l'éducation pour un développement durable ont été développées et des critères de qualité des établissements EDD ont été formulés. C'est notamment dans ce cadre que les *Teilkompetenzen* de la *Gestaltungskompetenz* ont été reformulées et complétées une première fois.

En 2005, l'Allemagne publie son plan d'action national dans le cadre de la DEDD (décennie 2005-2014 pour l'éducation en vue du développement durable). Dans la même année, le *Baden-Württemberg* sort son propre plan d'action basé sur le plan d'action national. Il s'agira entre autre d'ancrer l'éducation pour un développement durable aux différents niveaux de l'éducation et de la formation (du jardin d'enfant à l'école supérieure), d'améliorer l'échange et l'interconnexion entre les acteurs, de renforcer la coopération internationale et à partir de 2009 (nouveau plan d'action) d'améliorer les conditions générales de l'éducation pour un développement durable. Le plan d'action de 2009 fait référence au plan d'orientation pour le domaine d'apprentissage du "développement global"²⁴⁴ dans le cadre de l'éducation pour un développement durable (Kultusministerkonferenz et Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, 2007). L'enseignement au développement global vise des *Kompetenzen* fondamentales et diversifiées permettant un façonnement personnel et professionnel, une participation dans la société ainsi qu'un partage de la responsabilité dans un cadre global. Pour cela trois champs de *Kompetenzen* ont été établis : « *reconnaitre, juger, agir*²⁴⁵ » (ibidem, p.72). Je ne vais pas détailler davantage le contenu de ce plan d'orientation, car il ne paraît pas pertinent pour le présent travail de recherche. Il porte néanmoins son importance dans le cadre de l'éducation pour un développement durable au *Baden-Württemberg* et plus généralement en Allemagne. Il me paraissait également important de montrer qu'en Allemagne, autant la connaissance que le jugement et l'action sont mis en avant.

Afin de garantir l'implantation de l'éducation pour un développement durable dans les pratiques éducatives, différentes instances (dont la *Kultusministerkonferenz*, la commission allemande de l'UNESCO, le ministère de la culture, de la jeunesse et du sport du *Baden-*

²⁴⁴ « Globale Entwicklung » (traduction personnelle)

²⁴⁵ « Erkennen, bewerten, handeln » (traduction personnelle)

Württemberg) ont publié des aides, des outils et des guides de bonnes pratiques. Dans le plan de l'environnement²⁴⁶ du *Baden-Württemberg* pour la période 2007 à 2012, un chapitre est pour la première fois consacré à l'éducation pour un développement durable.

6.3.3 Discussion relative à l'éducation au développement durable

La mise en place d'une éducation non plus à l'environnement (*Umwelt*) mais à la *Bildung für nachhaltige* puis *globale Entwicklung* a modifié toute une approche de l'éducation en Allemagne. L'enseignement et l'apprentissage, la place de l'élève ainsi que le rapport au savoir et à l'environnement (biologique et social) ont été repensés et restructurés. En France l'impression donnée par les textes officiels est davantage d'une transposition d'un cadre européen vers le cadre national. Bien que la définition de l'environnement, figurant dans la circulaire de 1977 (voir 6.3.1), « *annonce et anticipe celle du développement durable par l'attention accordée aux facteurs sociaux et économiques aux côtés de l'environnement et par la prise en compte du futur* » (Coquidé, Lange et Pincemin, 2009, p. 3-4). L'introduction d'une éducation au développement durable ne semble pas avoir affecté le système pour autant, même si la vision globale sur l'environnement s'est modifiée. Girault et Sauvé (2008) attribuent une posture « *acritique* » et du « *faire avec* » concernant l'éducation au développement durable en France. La première posture « *consiste à adopter les prescriptions institutionnelles comme des balises solides qui orientent et légitiment l'action éducative* » (ibidem, p. 17), la seconde à s'approprier par stratégie la prescription du développement durable dans le domaine de l'éducation. Lange et Martinand (2010, p. 148 et 131) notent que le modèle éducatif français est « *centré sur les savoirs* » alors que dans le cadre du développement durable, « *la nature et le rôle des savoirs nécessaires n'est pas le point de départ, c'est le problème : ils ne se situent pas au centre du dispositif à construire, mais doivent être fonctionnellement impliqués dans l'action éducative, inclus dans les pratiques d'action pour le développement durable* ». Je n'entrerai pas davantage dans le débat sur l'éducation au développement durable, puisque ce n'est pas l'objet de cette recherche. J'ai cependant voulu montrer deux aspects importants dans le cadre de la comparaison des systèmes scolaires français et allemand qui sont également mis en avant par l'éducation au développement durable : d'une part le rapport aux connaissances et aux compétences dans les deux systèmes et d'autre part leur appropriation des directives internationales et européennes. Je soulignerai également une dénomination changeante en France (éducation au développement durable, à l'environnement pour un développement durable, à l'environnement et au développement durable) alors qu'en Allemagne, il a toujours été

²⁴⁶ « Umweltplan » (traduction personnelle)

question d'éducation pour un développement durable. Comme l'ont montré entre autres Girault et Sauvé (2008), Coquidé, Lange et Pincemin (2009), l'approche de cette éducation en fonction de sa dénomination peut différer. Ainsi une éducation "  l'environnement" ou "au développement durable" n'est pas identique à celle "pour un développement durable". Dans le premier cas, cette éducation est « centrée sur les contenus », dans le second elle est « centrée sur un but, un projet de compréhension des problèmes d'environnement », des enjeux du développement durable (Coquidé et al., 2009, p. 3). J'ai mentionné à la partie précédente que les programmes scolaires français restent orientés sur les contenus et sur ce qui doit être enseigné alors qu'au *Baden-W rtemberg* l'approche est plus globale et centrée sur l'apprenant. Nous verrons au chapitre suivant, lors de l'analyse thématique des programmes scolaires français et du *Baden-W rtemberg*, si ces différences pourront également être soulevées et quel en sera l'impact quant aux conceptions qu'ont les apprenants du cycle de vie des plantes à fleurs.

6.4 Résumé du chapitre 6

Dans ce chapitre nous avons commencé par nous familiariser avec l'organisation scolaire française et celle du *Baden-W rtemberg*, tout en analysant l'enseignement scientifique y compris l'éducation au développement durable. J'ai point  plusieurs spécificités de chacun des systèmes éducatifs qui me semblent importantes quant au présent travail de recherche et aux enquêtes (de terrain)   venir. Le Tableau 13 résume ces particularités juxtaposant l'enseignement (scientifique) français à celui préconisé au *Baden-W rtemberg*.

Cependant, les deux systèmes scolaires se basent sur une culture humaniste et mettent en avant des valeurs républicaines telles que la responsabilité et la citoyenneté. Ils considèrent l'importance des conceptions des élèves et préconisent une approche constructiviste de l'apprentissage. Je dirai que c'est avant tout une perspective différente qui est adoptée en France et au *Baden-W rtemberg*. Pour les uns l'élément clé semble être la connaissance et le rapport au savoir, pour les autres, c'est plutôt l'individu dans ses dimensions cognitives, affectives et motrices. Au chapitre suivant, les programmes scolaires seront analysés sous deux aspects : 1) les valeurs mises en avant dans les programmes concernant le rapport à la nature, à l'environnement et à l'éducation scientifique et 2) les contenus d'enseignement concernant le cycle de vie des plantes à fleurs incluant leur reproduction sexuée. Je précise pour finir que le nouveau socle commun de connaissances, de compétences et de culture qui entrera en vigueur à la rentrée 2016, sera davantage centré sur l'élève. L'annonce qui en est faite ainsi que des programmes scolaires, consiste en un

changement de perspective de l'enseignement (centré sur les contenus à enseigner) vers l'apprentissage (centré sur ce que l'élève devra maîtriser).

Tableau 13: Particularités du système éducatif français et du *Baden-Württemberg*

Particularités	Système éducatif français	Système éducatif du <i>Baden-Württemberg</i>
Scolarisation	possible dès 2-3 ans ²⁴⁷	A 6 ans (socialisation en jardin d'enfant à partir de 3 ans)
Etablissement du secondaire	Collège unique	<i>Werkrealschule, Realschule, Gymnasium</i> ou <i>Gesamtschule</i>
Programmes scolaires	Présentent ce qui est à enseigner et les compétences clés → programme d'enseignement	Basés sur ce que les élèves doivent apprendre (les <i>Kompetenzen</i> et <i>Bildungsstandards</i>) → <i>Bildungsplan</i>
Enseignement scientifique		
- Objectif	La « maîtrise des principaux éléments de culture scientifique et technologique »	Une culture fondamentale et une culture scientifique ²⁴⁸
- Méthodes	Démarche d'investigation	Principes didactiques
- Approche	Plutôt rationnelle, par la compréhension	Globale (cognitive, affective, pratique)
- Approche systémique	Mentionnée	Mise en avant dans les programmes
- Regroupement disciplinaire	Pas en Alsace	Oui hormis au <i>Gymnasium</i> ou il y a un regroupement mais également les disciplines séparées (biologie, physiques, chimie)
- Education au développement durable	Acquisition de responsabilité	« <i>Gestaltungskompetenz</i> », « <i>Bewertungskompetenz</i> », « <i>Handlungskompetenz</i> »
	Approche systémique	Approche systémique
Opérations scientifiques (scolaires)	La main à la pâte Pollen	Sonnentaler Pollen Sinus-Transfert

²⁴⁷ D'après les RERS (Repères et Références Statistiques) de 2012, le taux de scolarisation des 3 à 5 ans est de 100% depuis 1994 en France métropolitaine.

²⁴⁸ « *Grundlegende Bildung* » et « *naturwissenschaftliche Bildung* » (traduction personnelle)

INTRODUCTION AUX “*CURRICULA A ENSEIGNER*” : ANALYSES DES PROGRAMMES ET MANUELS SCOLAIRES

Les deux chapitres suivants présenteront les “*curricula à enseigner*” à partir d’une analyse des programmes (chapitre 7) et des manuels scolaires (chapitre 8) de France et du *Baden-Württemberg*. Ces analyses viseront à dégager les conceptions sous forme de connaissances, pratiques et valeurs liées au cycle de vie des plantes à fleurs (chapitre 3, cadre théorique). La prise en considération des programmes et manuels scolaires est importante pour cette étude, puisque je recherche des facteurs pouvant influencer les conceptions des élèves. Certes, ni le contexte scientifique et socio-culturel, ni les *curricula à enseigner* ne pourront, à eux seuls, expliquer l’origine des conceptions d’élèves. Cependant le contexte socio-culturel et le contexte scolaire font partie des variables externes à considérer.

Pour l’analyse des programmes et des manuels scolaires des deux régions, je vais me référer au modèle de Bereday (chapitre 3, éducation comparée) afin de dégager les différences et les similitudes. Celles-ci me permettront par la suite d’établir des critères de comparabilité, de préciser le cadre des enquêtes sur le terrain à venir et de formuler des hypothèses quant aux conceptions qu’ont les élèves du cycle de vie des plantes à fleurs. Elles

permettront par ailleurs de préciser les valeurs sous-jacentes des *curricula*. Seuls les trois premières phases du modèle de Bereday seront pertinentes pour ces analyses ; il s'agit de la description des données pédagogiques, de l'interprétation de ces données et de leur juxtaposition. La description des données pédagogiques sera faite à partir d'une analyse de contenus. Les supports et textes analysés seront détaillés dans les chapitres correspondants. L'interprétation des données pourra se faire à partir des idées dégagées dans la première partie. Enfin pour permettre la juxtaposition, il est nécessaire d'avoir une dénomination commune concernant le niveau d'enseignement. C'est pourquoi je choisirai d'utiliser les années d'enseignement comme référence. Le Tableau 14 met en lien l'année d'enseignement, la dénomination des classes et des paliers (du socle commun) français ainsi que celle des *Bildungsstandards* du *Baden-Württemberg* en fonction du type d'établissement (chapitre 6). J'ai attribué à l'école maternelle l'année d'enseignement 0 puisqu'au *Baden-Württemberg* aucun enseignement à proprement parler n'y est effectué mais qu'en France certaines connaissances enseignées peuvent être liées au cycle de vie des plantes à fleurs. De ce fait, je ne voulais pas ignorer ce niveau.

Tableau 14 : Années d'enseignement attribuées aux classes et paliers du socle commun français ainsi qu'aux *Bildungsstandards* du *Baden-Württemberg*

Années d'enseignement	<i>Baden-Württemberg</i>	France	
	<i>Bildungsstandards</i> par type d'établissement	Classes	Paliers
0		PS, MS, GS	
1		CP	1
2	Klasse 2	CE1	
3		CE2	
4	Klasse 4	CM1	
5		CM2	2
6	Klasse 6 (WRS, GYM)	6 ^e	
7		5 ^e	
8	Klasse 8 (GYM)	4 ^e	
9	Klasse 9 (WRS)	3 ^e	3
10	Klasse 10 (WRS, RS, GYM)		

WRS : *Werkrealschule*, GYM : *Gymnasium*, RS : *Realschule*, PS : petite section, MS : moyenne section, GS : grande section, CP : cours préparatoire, CE1/CE2 : cours élémentaire 1 / 2, CM1/CM2 : cours moyen 1 / 2

Chapitre 7 : Analyse des programmes scolaires

« *Aucun contenu d'enseignement n'est neutre [...]. Ils se réfèrent tous à des valeurs morales, religieuses, politiques ou sociétales* » (Raulin, 2009).

Dans ce chapitre seront analysés les contenus d'enseignement et les valeurs sous-jacentes diffusées par les programmes scolaires au sens large. A cet effet, deux entrées thématiques ont été retenues : (1) l'image de la nature, des végétaux et la place de l'être humain et (2) les contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie des plantes à fleurs. Le choix de cette approche sera présenté dans la partie méthodologie qui suit. Cependant, l'organisation et le cadre juridique des programmes scolaires en France et au *Baden-Württemberg* a été précisé précédemment ; je ne vais donc pas y revenir dans ce chapitre, mais directement aborder son analyse.

7.1 Méthodologie de l'analyse des programmes scolaires

Nous avons vu au chapitre 5 que l'image de la nature ainsi que la place de l'être humain peuvent être diverses : une nature mythifiée, une nature-objet, une nature incluant ou excluant l'être humain, une nature nécessaire, aimée, vénérée, éprouvée, dominée, menacée, vécue²⁴⁹ (Eschenhagen *et al.*, 2006, p. 134) ; l'être humain, quant à lui, peut faire partie de cette nature ou se considérer comme supérieur ou inférieur à elle. L'image de la nature et celle de la place de l'être humain ont une influence sur l'enseignement entre autres dans le cadre des sciences naturelles et de l'éducation à l'environnement et au développement durable (chapitre 5). La nature peut être considérée comme un bien culturel, une ressource, un milieu terrestre, à étudier, à protéger, à exploiter... Une plante peut en ce sens être comprise comme un être vivant (partageant des caractéristiques communes telle que la reproduction sexuée avec les animaux incluant les humains), une ressource (par exemple alimentaire), un objet de connaissance à étudier ; une plante sauvage peut aussi être opposée à une plante de culture... Il me paraît ainsi important de relever l'image de la nature, des végétaux ainsi que celle de la place des êtres humains et par là, d'identifier les valeurs véhiculées dans les programmes scolaires en vigueur dans les deux régions. Ce sera ma première entrée thématique.

²⁴⁹ Die « benötigten », « geliebte », « verehrte », « erlebte », « beherrschte », « bedrohte » und « gelebte » Natur (traduction personnelle)

Comme nous l'avons détaillé dans le cadre théorique (chapitre 3), le *curriculum* à enseigner, par l'intermédiaire de l'enseignement et des supports didactiques mis à disposition (y compris les manuels scolaires), influence les conceptions construites par les élèves. Des différences quant à l'organisation des programmes scolaires, de l'enseignement scientifique et de l'approche de l'éducation au développement durable ont également pu être relevées au dernier chapitre. Nous y avons également vu que dans les programmes scolaires français, les connaissances à enseigner sont davantage mises en avant que dans ceux du *Baden-Württemberg*, basés essentiellement sur les *Kompetenzen*. Ainsi ma deuxième entrée thématique ciblera les contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie végétal, préconisés dans les programmes scolaires en vigueur dans les deux régions. Par contenus d'enseignement, j'entends l'ensemble des compétences (déclinées en connaissances, capacités et attitudes), des pratiques et activités, des *Kompetenzen* et des thématiques. Je m'attends à trouver des connaissances plus détaillées dans les programmes français que dans ceux du *Baden-Württemberg*. Cependant le thème du cycle de vie peut également être utilisé pour acquérir certaines *Kompetenzen* que je m'efforcerai d'identifier.

L'analyse des programmes scolaires sera effectuée sur plusieurs documents. En France, il s'agira d'étudier :

- le socle commun de connaissances et de compétences définissant « *ce que tout élève doit savoir et maîtriser à la fin de la scolarité obligatoire*²⁵⁰ » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008b)
- les programmes scolaires déclinant les connaissances, capacités et attitudes pour chaque cycle ou niveau d'enseignement et explicitant les différentes notions (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008a, 2008c).

Au *Baden-Württemberg*, l'analyse portera essentiellement sur les *Bildungspläne* des différents types d'établissement de la *Grundschule* et la *Sekundarstufe 1* (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, 2004, 2004, 2012). Pour l'analyse des contenus d'enseignement, seules les parties des programmes scolaires concernant l'enseignement des sciences naturelles seront considérées (Tableau 15).

Des documents spécifiques issus du "portail national des professionnels de l'éducation" (Éduscol) et de l'institut du Land pour le développement de l'école²⁵¹ seront également utilisés :

²⁵⁰ Source : <http://www.education.gouv.fr/cid2770/le-socle-commun-de-connaissances-et-de-competences.html> (consulté le 26.06.2016)

²⁵¹ « Landesinstitut für Schulentwicklung » (traduction personnelle)

- Les outils pour l'évaluation des compétences accompagnant le socle commun mis à disposition par le Ministère de l'Education Nationale et par la DEGSCO²⁵²
- Les progressions pour l'école élémentaire proposées par la DEGSCO²⁵³ (non obligatoires) et fournissant une aide à l'application des programmes seront également prises en compte
- Les *Niveaunkonkretisierungen* de l'*Institut du Land pour le développement de l'Ecole*²⁵⁴

Tableau 15 : Documents ou parties des documents considérés pour l'analyse des programmes scolaires

Pays ou Région	Intitulés des disciplines ou regroupements disciplinaires considérés	
	Primaire	Secondaire inférieur
France	Découvrir le monde (école maternelle), découverte du monde (CE1, CE2) Sciences expérimentales et technologie (CE2, CM1, CM2)	Sciences de la Vie et de la Terre
Allemagne	<i>Bildungsstandards pour la Biologie</i>	
Baden-Württemberg	<i>Mensch, Natur und Kultur</i>	<u>Werkrealschule</u> : <i>Materie, Natur, Technik</i> ; <u>Realschule</u> : <i>Naturwissenschaftliches Arbeiten</i> ; <u>Gymnasium</u> : <i>Naturwissenschaften, Biologie</i>

CE1, CE2 : cours élémentaire 1 et 2, CM1, CM2 : cours moyen 1 et 2

Un aperçu des objectifs et des méthodes utilisées pour effectuer l'analyse est détaillé dans le Tableau 16. Des précisions seront apportées par la suite. L'analyse s'appuie sur un champ sémantique défini. Afin de garantir la lisibilité, ce tableau contient uniquement les notions déclinées au singulier et sous forme de noms communs. Cependant les adjectifs, verbes et pluriels sont également recherchés dans les différents textes.

²⁵² DGESCO : Direction Générale de l'Enseignement Scolaire

²⁵³ DGESCO : Direction Générale de l'Enseignement Scolaire

²⁵⁴ « Landesinstitut für Schulentwicklung » (traduction personnelle)

Tableau 16 : Méthodes d'analyse des deux entrées thématiques

Entrée thématique	Approche	Objectifs	Champ sémantique et conceptuel
Image de la nature, des végétaux et place de l'être humain	Recherche sémantique Analyse de contenus avec codification inductive et ouverte puis regroupement sous forme de catégories et sous-catégories (Mayring, 2012) Logiciel MAXQDA	Identification des valeurs véhiculées (sur la nature, les végétaux et la place de l'Homme) par les programmes Juxtaposition	Nature, Monde (du) vivant, Plante, végétal, Être vivant Homme, humain, Environnement
Contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie des plantes à fleurs	Relevé de contenus	Identification des différentes connaissances, aptitudes, capacité, pratiques et <i>Kompetenzen</i> relatives au cycle de vie des plantes à fleurs énoncées dans les programmes Identification des convergences et divergences thématiques (juxtaposition)	Concepts et processus liés au cycle de vie végétal (graine, plante, fleur, fruit, germination, croissance, formation des graines et des fruits, pollinisation, fécondation, dissémination, développement, reproduction) Perpétuation de l'espèce Interaction entre êtres vivants (par exemple plante à fleurs et pollinisateurs) Compréhension cyclique vs linéaire Modélisation (pour l'explication de phénomènes tel que le cycle de vie)

7.1.1 Méthode d'analyse des images de la nature, de l'environnement et des végétaux

Une première lecture des documents à analyser a permis de cibler les passages comportant les notions nature, environnement et plantes (ainsi que leurs dérivés). Cependant tous n'ont pas été retenus. Les notions ont été définies au préalable et seuls les passages correspondants ont été retenus. Ainsi, la nature sera comprise comme un "milieu dit naturel (terrestre, aquatique ou marin), incluant la faune et la flore, qui est régi par des principes biologiques, physiques, chimiques, géologiques, tectoniques ou météorologiques" (cette définition a déjà été donnée au chapitre 5). La notion d'environnement sera élargie par l'idée d'interrelations entre les êtres vivants dans leur milieu naturel.

Après une première codification, pour partie sous forme de codes textuels ou de paraphrases, une seconde analyse a été faite afin de procéder à un regroupement et d'identifier des catégories. Ces catégories rejoignent les images de la nature définies par Kattmann (cité par Eschenhagen, Kattmann et Rodi, 2006 ; chapitre 5) : une nature ressource, aimée, vénérée, perçue, dominée, menacée et vécue. Cette typologie a été adaptée, afin de pouvoir l'utiliser pour définir non seulement les images de la nature, mais également celles de l'environnement et celles des végétaux (Tableau 17). Les passages retenus des documents analysés ont également été codifiés par une deuxième personne. Une troisième personne a vérifié la correspondance des deux codifications. Les taux de convergences étaient de 88,0% pour les images de la nature, de 92,3% pour celles de l'environnement et de 93,0% pour celles des végétaux. En cas de divergence, un consensus a été trouvé dans le cadre d'une discussion avec les trois personnes impliquées.

Tableau 17 : Typologie utilisée pour l'identification de l'image de la nature, des végétaux et de la place de l'Homme dans les programmes scolaires en France et au *Baden-Württemberg*

Typologie adaptée	Explications
Objet	Objet de connaissance, à étudier
Ressource	Utilisation par l'être humain (pour se nourrir, construire, se vêtir...)
Façonné	Gestion par, intervention de et modifications effectuées par l'être humain
Vécue	L'être humain fait partie de la nature/de l'environnement et agit sur elle/lui
Menacé	Problèmes d'environnement, pollution,...
Aimé	Entretenu par l'être humain, lié à la protection, la préservation, la responsabilité face à, l'estime, le respect, l'équité
Perçu	Perception par les émotions, les sens

7.1.2 Précisions méthodologiques pour l'analyse des contenus d'enseignement

La deuxième entrée thématique concerne les contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie des plantes à fleurs dans les programmes scolaires en France et au *Baden-Württemberg*. Deux aspects sont à considérer ici : 1) les contenus d'enseignement concernant d'une part les différents moments du cycle de vie (germination, croissance, développement, formation des graines et des fruits, dissémination...) et d'autre part les interactions entre les êtres vivants, notamment les plantes à fleurs et les pollinisateurs mais également 2) la pensée cyclique par opposition à une pensée linéaire. La compréhension cyclique se base sur la perpétuation de l'espèce et se départit « *du point de vue centré sur la vie d'un individu (pour lequel la succession serait : naissance, croissance, mort)* » (Bautier *et al.*, 2000, p. 149). Penser le développement des êtres vivants sous forme cyclique est en fait une modélisation qui décrit d'une manière simplifiée cette perpétuation : « *Au fond, le cycle de vie est un modèle de pensée, qui s'est avéré dans la science de la vie et qui décrit de manière simplifiée, comment une espèce se renouvelle et se reproduit*²⁵⁵ » (Benkowitz et Lehnert, 2010, p. 2). Rappelons que les scientifiques ont utilisé cette forme de représentation à des fins didactiques pour faciliter la compréhension (chapitre 4). Une modélisation permet en ce sens de représenter un système complexe de manière simplifiée et de mettre l'accent sur une particularité de ce système. Dans l'introduction, par exemple, j'ai utilisé le modèle du cycle de vie pour pointer différents facteurs qui influencent ce cycle voire qui l'interrompent.

Les deux sous-chapitres suivants, présenteront les résultats de chacune des deux entrées thématiques.

7.2 Images de la nature, des végétaux et de la place de l'être humain dans les programmes scolaires

Le Tableau 18 présente les images de la nature, de l'environnement et des végétaux qui sont véhiculées dans l'ensemble des documents analysés. Une telle présentation permet une lecture et une comparaison doubles : basées soit sur la comparaison de l'image donnée d'un concept (par exemple la nature) pour tous les documents, soit celle des images des différents concepts dans un document (par exemple les programmes du collège). Tous les passages retenus ont été considérés comme des objets de connaissances à étudier, puisqu'ils figurent dans les programmes scolaires. Je me contenterai dans le cadre de la présente

²⁵⁵ « Im Grunde ist der Lebenszyklus ein Denkmodell, das sich in der Wissenschaft vom Leben bewährt hat und vereinfacht beschreibt, wie sich eine Art „erneuert“ und „fortpflanzt“ » (traduction personnelle)

recherche, de formuler quelques remarques pour chacune des régions avant de pointer quelques convergences et divergences.

En France, le socle commun de connaissances et de compétences ainsi que les programmes scolaires du primaire et du collège mettent en avant une attitude de « *responsabilité face à l'environnement, au monde vivant* » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008b, p. 14). Le Tableau 18 montre également que cet environnement est très présent dans les programmes scolaires du collège. A l'école primaire s'ajoute l'image d'un environnement géré (façonné) par l'humain et qui connaît des problèmes (menacé). Au collège, l'humain gère, modifie et agit sur l'environnement (façonné). La nature est menacée par la « *surexploitation des ressources naturelles* » et « *les pollutions des milieux naturels* » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008c, p. 15 et 65). Les végétaux, en revanche, ne sont évoqués, en tant que tels, que dans les programmes scolaires ; le socle commun insiste davantage sur les connaissances concernant les êtres vivants de manière générale. Les végétaux, tout comme la nature et l'environnement sont présentés à la fois comme objet d'étude et comme ressource pour l'être humain. Ces premiers sont notamment cultivés par les humains pour satisfaire leurs besoins alimentaires ; des matériaux et des ressources peuvent être prélevés par l'humain dans l'environnement et la nature. Cependant, dans les programmes du collège, c'est notamment la pratique de la culture permettant la production alimentaire qui est mise en avant. L'humain quant à lui est décrit au collège comme faisant partie de la nature et agissant sur celle-ci : « *la compréhension des relations étroites entre les conditions de milieu et les formes de vie, ainsi que la prise de conscience de l'influence de l'Homme sur ces relations, conduisent progressivement à mieux connaître la place de l'Homme dans la nature et prépare la réflexion sur les responsabilités individuelles et collectives dans le domaine de l'environnement, du développement durable et de la gestion de la biodiversité* » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008c, p. 9). Cela n'empêche pas qu'une distinction entre « *ce qui est animal, végétal, minéral ou construit par l'Homme* » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008c, p. 31) soit faite. J'ai déjà mentionné au chapitre 6 ce clivage entre "le monde de la nature" (avec ou sans humains) et celui construit par l'humain. Il y a ainsi une certaine dualité : d'un côté une vision centrée sur les êtres vivants (et notamment les végétaux) en tant qu'objet de connaissance et de l'autre une vision anthropocentrée, caractérisé par l'intervention humaine dans la nature et l'environnement et par une mise en avant des aspects utilitaires et de leurs intérêts pour l'être humain. Une telle vision a déjà été soulevée par Thomas Forissier (2003) lors de son analyse des programmes scolaires des Sciences de la Vie et de la Terre pour collège de 2002.

Dans les *Bildungspläne* du *Baden-Württemberg* les aspects utilitaires transparaissent notamment par la différenciation faite entre les « *plantés utiles*²⁵⁶ » à l'humain ou les « *plantés de culture* » et les « *plantés sauvages* » dans les *Bildungspläne* de la *Realschule* et de la *Werkrealschule* (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 98, 2012, p. 124). Cette utilité des végétaux est également évoquée dans le *Bildungsplan* de la *Grundschule* : « *utilisation des plantés et des animaux comme base pour les aliments et mets*²⁵⁷ » (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 106). Au *Gymnasium* il est question de plantés de culture parmi les plantés à fleurs.

De manière générale, les images de la nature, de l'environnement et des végétaux apparaissent très hétérogènes dans les *Bildungspläne* des différents types d'établissement du *Baden-Württemberg*. La différence entre les *Bildungspläne* de la *Realschule* et du *Gymnasium* est d'autant plus flagrante que dans les deux cas, l'enseignement des sciences naturelles vise l'acquisition d'une culture scientifique. Ainsi, par exemple, l'environnement n'est évoqué à la *Realschule* que dans l'introduction du *Bildungsplan* comme objet à étudier. C'est le seul *Bildungsplan* qui n'évoque, ni la responsabilité, l'équité ou l'estime envers la nature, l'environnement ou les végétaux, ni le comportement de protection ou de préservation de la nature. La nature comme ressource est également décrite dans l'introduction, mais n'apparaîtra par la suite que dans les *Bildungspläne* de la *Grundschule*. La nature, en tant qu'objet de connaissance, mais également la nature perçue et aimée, est très présente dans le *Bildungsplan* de la *Grundschule*. Une analyse historique des *Bildungspläne* des différents types d'établissements du *Baden-Württemberg* pourrait sans doute expliquer ces différences.

Le Tableau 18 illustre également la fréquence de termes utilisés dans les programmes respectifs. Une tendance inverse est constatée entre les programmes scolaires du primaire et du secondaire en France et au *Baden-Württemberg*. Alors qu'en France, la nature l'environnement et les végétaux sont davantage mentionnés au collège, au *Baden-Württemberg*, ils le sont davantage à la *Grundschule*. Les aspects relatifs aux végétaux et à l'environnement sont bien plus détaillés dans les programmes de France que du *Baden-Württemberg*.

²⁵⁶ Respectivement : « *Nutzpflanzen* », « *Kulturpflanzen* », « *Wildpflanzen* » (traduction personnelle)

²⁵⁷ « *Nutzung von Pflanzen und Tieren als Grundlage von Nahrungsmitteln und Speisen* » (traduction personnelle)

Tableau 18 : Images de la nature, des végétaux et de l'environnement dans les programmes scolaires de France et du *Baden-Württemberg*

Images	France			<i>Baden-Württemberg</i>					
	Socle	Prim.	Coll.	Intro BP	GS	WRS	RS	GYM _Nat	GYM _Bio
NATURE									
Objet	2	3	17	6	32	4	7	5	8
Ressource			2	1	3				
Vécue			1					1	2
Façonnée		1			1	1		1	2
Perçue		1	1	1	9	1	2		1
Menacée			3						
Aimée		1		2	6	1		1	3
ENVIRONNEMENT									
Objet	2	6	58	1	6	4			14
Ressource			3						
Façonné		1	9						
Perçu			3						
Menacé		1	8		1	1			
Aimé	1	2	12		2	2			4
VÉGÉTAUX									
Objet		3	24		14	2	4		10
Ressource			3		4				
Façonnés			1						
Perçus					4		1		
Menacés									1
Aimés			1		3		1		1

Les documents analysés sont (dans l'ordre d'apparition dans le tableau) : le socle commun (socle), les programmes scolaires de l'école primaire (Prim.), du collège (Coll.), l'introduction aux *Bildungspläne* (Intro BP) de la *Grundschule* (GS), *Werkrealschule* (WRS), *Realschule* (RS) et *Gymnasium* partie phénomènes naturels (GYM_Nat) et biologie (GYM_Bio)

Dans les programmes scolaires du collège et les *Bildungspläne* du *Gymnasium*, l'être humain est à la fois partie intégrante de la nature et son vis-à-vis. La perception et l'approche sensible de la nature et/ou de l'environnement semblent avoir une place dans l'ensemble des programmes scolaires de France et du *Baden-Württemberg* (Tableau 19).

Tableau 19 : Perception de la nature ou de l'environnement dans les programmes scolaires de France et du *Baden-Württemberg*

Etablissement	Passages décrivant une nature ou un environnement perçu
Ecole primaire	« <i>Familiarisés avec une approche sensible de la nature</i> » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008a, p. 24)
Collège	« <i>La mise en contact avec le terrain. L'observation d'organismes vivants et de leurs activités est rendue possible : [...] par la mise en place d'élevage ou de cultures en classe ou au sein d'un "espace nature" qui pourra éventuellement être créé dans l'établissement</i> » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008c, p. 12)
Grundschule	« <i>Elargissent par l'observation précise de la nature et l'expérience sensorielle avec les animaux et les plantes, leur capacité de perception, de façonnement et d'expression musicale et artistique²⁵⁸</i> » (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 102)
Werkrealschule	« <i>Dans le cadre d'une rencontre immédiate avec la nature vivante et non vivante, les élèves acquièrent une compréhension fondamentale de l'Homme, de la nature et de l'environnement²⁵⁹</i> » (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2012, p. 123)
Realschule	« <i>Pour la compréhension de notre culture et de notre façon de vivre il est important d'avoir à la fois un rapport émotionnel à la nature et une analyse raisonnée des phénomènes naturels et techniques²⁶⁰</i> » (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 96)
Gymnasium	« <i>L'enseignement de la biologie permet aux élèves le contact direct avec les êtres vivants et la nature²⁶¹</i> » (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 202)

Il est à noter qu'une approche émotionnelle et sensible des végétaux n'est que prise en considération dans les *Bildungspläne* de la *Grundschule* et de la *Realschule* du *Baden-Württemberg*. Cela doit se faire dans le cadre d'une prise de soin et de l'entretien des plantes.

Alors que les programmes scolaires français mettent l'accent sur le développement de responsabilité dans plusieurs domaines (notamment environnement, santé, sexualité), les *Bildungspläne* du *Baden-Württemberg* pointent et explicitent la protection et la préservation de la nature, de l'environnement et des végétaux. Cette éducation à la responsabilité, notamment de l'environnement, est toutefois défini dans les programmes du collège par la formation de l'élève « à adopter une attitude raisonnée fondée sur la connaissance et de développer un

²⁵⁸ « Erweitern aus der genauen Naturbeobachtung und aus sinnlicher Erfahrung mit Tieren und Pflanzen ihre musikalischen und künstlerischen Wahrnehmungs-, Gestaltungs- und Ausdrucksfähigkeiten » (traduction personnelle)

²⁵⁹ « In unmittelbarer Begegnung mit der belebten und unbelebten Natur erwerben die Schülerinnen und Schüler ein grundlegendes Verständnis von Mensch, Natur und Umwelt » (traduction personnelle)

²⁶⁰ « Für das Verständnis unserer Kultur und Lebensweise ist sowohl der emotionale Bezug zur Natur als auch das verstandesmäßige Durchdringen natürlicher und technischer Phänomene wichtig » (traduction personnelle)

²⁶¹ « Der Biologieunterricht ermöglicht den Schülerinnen und Schülern die unmittelbare Begegnung mit Lebewesen und der Natur » (traduction personnelle)

comportement citoyen responsable vis-à-vis de l'environnement (préservation des espèces, gestion des milieux et des ressources, prévention des risques) et de la vie (respect des êtres vivants, des hommes et des femmes dans leur diversité) » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008c, p. 9). Les attitudes mises en avant dans les *Bildungspläne* de la *Grundschule* et du *Gymnasium* concernent non seulement la responsabilité, mais également l'estime de la nature et de sa valeur.

Cette analyse a ainsi permis de décrire les valeurs véhiculées dans les différents programmes scolaires concernant la nature, l'environnement et les végétaux. L'analyse des contenus d'enseignement qui va suivre se focalisera sur les végétaux en tant qu'objet d'étude.

7.3 Le cycle de vie végétal dans l'enseignement scientifique

Les contenus d'enseignement relevés seront dans un premier temps détaillés puis commentés pour chaque région. Dans un deuxième temps les différences et les similitudes sous forme de thèmes de convergence et de divergence seront présentées.

7.3.1 Les contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie végétal dans les programmes scolaires français

Je présenterai d'abord les contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie des plantes à fleurs dans les documents français. Ainsi, les Tableaux 8.5 à 8.8 détaillent ces contenus issus du socle commun, des outils d'évaluation des compétences, des programmes scolaires et des progressions, en ne tenant compte que des parties abordant les sciences naturelles. En ce qui concerne le socle commun, seule la compétence "culture scientifique et technologique" sera considérée. La compréhension du cycle de vie végétal s'inscrit complètement dans ce qui est défini dans le socle commun par les caractéristiques du vivant, surtout « *les modalités de la reproduction, du développement* » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008b, p. 13)(Tableau 20). Le modèle du cycle de vie, décrivant le développement d'un être vivant d'une génération à l'autre pourrait tout à fait correspondre à la capacité de « *savoir modéliser de façon élémentaire* » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008b, p. 14).

Tableau 20 : Contenus d'enseignement du socle commun de connaissances et de compétences relatives au cycle de vie des plantes à fleurs

Domaines	SOCLE COMMUN	
	Contenus relatifs au cycle de vie végétal et à la modélisation	
Compétence	La culture scientifique et technologique	
Connaissances	Connaître les caractéristiques du vivant : <ul style="list-style-type: none"> • unité d'organisation (cellule) et biodiversité ; • modalités de la reproduction, du développement et du fonctionnement des organismes vivants ; • unité du vivant (ADN) et évolution des espèces. 	
Capacités	Savoir modéliser de façon élémentaire.	

(Extrait de Ministère de l'Éducation Nationale, 2008b)

Quelques précisions sur ces contenus seront apportées d'une part par les outils accompagnant ce socle et d'autre part par les programmes. A la fin de la scolarité obligatoire (palier 3), les élèves devront être évalués sur leur capacité à « *expliquer de façon simple les conditions et les étapes permettant d'aboutir à un nouvel individu animal ou végétal* » (Ministère de l'Éducation Nationale, de la jeunesse et de la vie associative, 2010, p. 13)(Tableau 21). Cette idée reprend non seulement les différents stades de développement d'une plante (germination, croissance, formation des fleurs (en tant que porteuses d'organes sexuels), formation des graines et des fruits), mais comporte également celle du lien intergénérationnel puisqu'il y a aboutissement, formation d'un nouvel individu et donc également, à partir de la formation des nouvelles graines (nouvelle génération), dissémination puis germination des nouvelles graines et croissance des nouvelles plantes.

Même s'il n'est pas nommé dans le texte, le concept du cycle de vie figure dans les outils pour l'évaluation des compétences. Le peuplement du milieu quant à lui peut s'effectuer par une reproduction sexuée ou végétative. Il n'y a donc pas forcément l'idée d'une nouvelle génération. Au palier 2, l'accent est plutôt mis sur le développement de l'individu de sa naissance à sa mort, ce qui ressort plus d'une compréhension linéaire (Tableau 21). Cependant concernant le présent sujet, aucune modélisation n'est proposée (en référence à la capacité relevée dans le socle commun, Tableau 20). Ces outils accompagnant le socle commun énoncent des modèles du paysage, des molécules, des ions ou encore de la propagation de la lumière. La modélisation qui s'en approche le plus est celle du « *cycle de l'eau dans la nature* » (Ministère de l'Éducation Nationale, de la jeunesse et de la vie associative, 2011a, p. 37).

Tableau 21 : Contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie végétal dans les outils accompagnant le socle commun

OUTILS POUR L'ÉVALUATION DES COMPÉTENCES		
Contenus relatifs au cycle de vie végétal		
Documents	Items	Indications pour l'évaluation
LPC – grilles de références – palier 2	L'unité et la diversité du vivant - Présentation de la classification du vivant : interprétation de ressemblances et de différences en termes de parenté.	Il sait que les individus d'une même espèce se ressemblent et sont capables de se reproduire entre eux.
	Le fonctionnement du vivant - Les stades du développement d'un être vivant (végétal ou animal). - Les conditions de développement des végétaux et des animaux. - Les modes de reproduction des êtres vivants.	L'élève est capable de comparer et de décrire les changements d'un être vivant au cours du temps (naissance, croissance, métamorphose, âge adulte, vieillissement, mort). Il compare le développement de deux animaux ou de deux végétaux différents et rend compte des conditions nécessaires à leur développement. Il distingue les principales formes de reproduction animales et végétales (sexuée / asexuée, développement ovipare/vivipare).
LPC – grilles de références – palier 3	Le vivant L'élève doit : connaître les caractéristiques du vivant : - unité d'organisation (cellule) et biodiversité - modalités de la reproduction, du développement et du fonctionnement des organismes vivants - unité du vivant (ADN) et évolution des espèces.	En situation, l'élève est capable : - d'expliquer les conditions et les étapes permettant d'aboutir à un nouvel individu animal ou végétal - d'expliquer la façon dont les êtres vivants envahissent et peuplent les milieux.
Document d'appui – palier 3	Le vivant L'élève doit : connaître les caractéristiques du vivant : - unité d'organisation (cellule) et biodiversité - modalités de la reproduction, du développement et du fonctionnement des organismes vivants - unité du vivant (ADN) et évolution des espèces.	<u>En 6^e :</u> En situation, l'élève est capable : - d'expliquer la façon dont les êtres vivants envahissent et peuplent les milieux - de donner une définition simple de l'espèce ²⁶² . <u>En 4^e :</u> En situation, l'élève est capable : - d'expliquer de façon simple les conditions et les étapes permettant d'aboutir à un nouvel individu animal ou végétal - de relier les modalités de la reproduction et du développement des êtres vivants avec les conditions de milieu.

(Ministère de l'Éducation Nationale, 2010; Ministère de l'Éducation Nationale, de la jeunesse et de la vie associative, 2011a, 2011b)

²⁶² « Une espèce est un ensemble d'individus qui évoluent conjointement sur le plan héréditaire » (BO spécial n°6, 2008, p. 19)

Les programmes scolaires définissent les différentes compétences en terme de connaissances, capacités et attitudes pour chaque niveau ou cycle d'apprentissage (Tableau 22 et Tableau 23). Les progressions pour les différents niveaux de l'école primaire donnent aux enseignants des repères quant à l'organisation des apprentissages (Tableau 24). Ces derniers ne sont cependant pas obligatoires.

Tableau 22 : Contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie végétal dans les programmes scolaires français du primaire

Etablissements et niveaux	PROGRAMMES SCOLAIRES Contenus relatifs au cycle de vie végétal
Ecole maternelle	<p>Découvrir le vivant</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les enfants observent les différentes manifestations de la vie. Élevages et plantations constituent un moyen privilégié de découvrir le cycle que constituent la naissance, la croissance, la reproduction, le vieillissement, la mort. - Connaître des manifestations de la vie animale et végétale, les relier à de grandes fonctions : croissance, nutrition, locomotion, reproduction.
Ecole élémentaire CP, CE1	<p>Découvrir le monde du vivant, de la matière et des objets</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les élèves repèrent des caractéristiques du vivant : naissance, croissance et reproduction. - Ils comprennent les interactions entre les êtres vivants et leur environnement.
CE2, CM1, CM2	<p>Le fonctionnement du vivant</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les stades du développement d'un être vivant (végétal ou animal). - Les conditions de développement des végétaux et des animaux. - Les modes de reproduction des êtres vivants.

(Ministère de l'Éducation Nationale, 2008a)

Tableau 23 : Contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie végétal dans les programmes scolaires français du collège

Etablissements et niveaux	PROGRAMMES SCOLAIRES Contenus relatifs au cycle de vie végétal
Collège 6 ^e	<p>Le peuplement du milieu :</p> <p><u>Connaissances :</u> L'occupation du milieu par les êtres vivants varie au cours des saisons. Ces variations du peuplement du milieu se caractérisent par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les alternances de formes chez les espèces végétales (semences, bourgeon, organes souterrains) et animales (adultes, larves). <p>Ces alternances de formes (larve/adulte, graine / plante) sont des modalités du développement des organismes vivants.</p> <p>L'installation des végétaux dans un milieu est assurée par des formes de dispersion : graines ou spores.</p> <p>La formation de la graine nécessite le dépôt de pollen sur le pistil de la fleur pour permettre la fécondation.</p> <p><u>Capacités :</u> Formuler des hypothèses relatives à l'influence des conditions de milieu sur la germination. Réaliser une culture : mise en germination. Formuler des hypothèses sur le mode de dissémination d'une semence en fonction de ses caractères. Suivre un protocole de dissection d'une fleur [...]</p>
4 ^e	<p>Reproduction sexuée et maintien des espèces dans les milieux</p> <p><u>Objectifs scientifiques :</u> Il s'agit :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de parvenir à une généralisation de la reproduction sexuée - de mettre en relation les conditions de reproduction sexuée et le devenir d'une espèce dans les milieux. <p><u>Connaissances :</u> La reproduction sexuée animale comme végétale comporte l'union d'une cellule reproductrice mâle et d'une cellule reproductrice femelle. Le résultat de la fécondation est une cellule-œuf à l'origine d'un nouvel individu. La reproduction sexuée permet aux espèces de se maintenir dans un milieu. Les conditions du milieu influent sur la reproduction sexuée et donc sur le devenir d'une espèce. L'Homme peut aussi influencer sur la reproduction sexuée et ainsi porter atteinte, préserver ou recréer une biodiversité.</p> <p><u>Capacités :</u> Observer, recenser et organiser des informations permettant de reconnaître une reproduction sexuée à l'origine d'un nouvel individu. Formuler l'hypothèse d'une relation de cause à effet entre les facteurs du milieu, la reproduction et le devenir de l'espèce. Formuler l'hypothèse d'une relation de cause à effet entre l'action de l'homme et le devenir d'une espèce. Valider ou invalider l'hypothèse d'une influence de l'homme sur la biodiversité. Est exclue : la double fécondation chez les végétaux à fleurs</p>

(Extrait de Ministère de l'Éducation Nationale, 2008c)

Tableau 24 : Contenus relatifs au cycle de vie végétal dans les progressions pour l'école primaire française

Niveaux	PROGRESSIONS (école élémentaire) Contenus relatifs au cycle de vie végétal
CP	<p>Les caractéristiques du vivant</p> <ul style="list-style-type: none"> - Découvrir ce qui caractérise le vivant (naître, se nourrir, grandir, se reproduire, mourir) : pour quelques animaux, pour quelques végétaux. - Observer le développement de quelques végétaux, de la graine au fruit à travers la pratique de plantations.
CE1	<p>Les caractéristiques du vivant</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître le cycle de la vie des êtres vivants : naissance, croissance, reproduction, fin de vie (animaux, plantations).
CE2	<p>Présentation de l'unité du vivant</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identifier les différentes caractéristiques du vivant (s'alimenter, se reproduire...). <p>Vocabulaire : vivant et non vivant, reproduction, alimentation, respiration, cycle de vie (naissance, croissance, maturité, vieillissement, mort), espèce.</p> <p>Les stades du développement d'un être vivant (végétal et animal)</p> <p>En privilégiant la pratique de plantations et d'élevages : construire le cycle de vie naturel d'un végétal (de la graine à la plante, de la fleur au fruit, du fruit à la graine).</p> <p>Vocabulaire : germination, fleur, graine, fruit, croissance</p>
CM2	<p>Les modes de reproduction des êtres vivants</p> <ul style="list-style-type: none"> - Distinguer les formes de reproduction végétale sexuée et asexuée. Pour la forme asexuée, identifier les organes responsables (tige, feuille, racine) et découvrir quelques techniques (marcottage, bouturage). <p>Vocabulaire : reproduction sexuée, reproduction asexuée, mode de développement</p>

(Ministère de l'Éducation Nationale, de la jeunesse et de la vie associative, 2012a, 2012b)

La notion de "cycle de vie" apparaît dans les programmes scolaires français en maternelle (Tableau 23). Les progressions mentionnent cette notion jusqu'au CE2 (Tableau 24). Il reste à préciser que cette notion n'est pas définie uniformément dans ces documents. Dans les programmes scolaires de l'école maternelle, le cycle de vie est défini par les moments naissance, croissance, reproduction, vieillissement et mort. Dans les progressions, au CE1, connaître le cycle de vie des êtres vivants (animaux et végétaux) intègre la naissance, la croissance, la reproduction et la fin de vie. Dans ces deux cas, le point de vue est centré sur le développement de l'individu et non pas sur celui de la perpétuation de l'espèce. Au CE2 par contre, il s'agit de « *construire le cycle de vie naturel d'un végétal (de la graine à la plante, de la fleur au fruit, du fruit à la graine)* » (Ministère de l'Éducation Nationale, de la jeunesse et de la vie associative, 2012a, p. 6) (Tableau 24). Ainsi une approche au sens du développement d'un

individu est préconisée en maternelle et au CE1 ; au CE2, c'est plutôt une approche cyclique au sens de la perpétuation de l'espèce qui est attendue. Alors que le concept de cycle de vie est explicité dans les programmes de 6^e et de 4^e, notamment par l'alternance des formes, le peuplement du milieu et par le maintien de l'espèce dans le milieu, la notion n'apparaît pas dans les textes (Tableau 23). Ainsi en 6^e sont abordées la dissémination naturelle, l'installation des végétaux dans le milieu (donc la germination et la croissance de la plante) et la formation des graines permettant de répondre à la question de l'origine des graines (par reproduction sexuée, incluant la pollinisation et la fécondation) et d'établir le lien intergénérationnel (Tableau 23). L'ensemble du cycle de vie des plantes à fleurs est donc développé. Seul la formation du fruit n'est pas explicitée. Mais d'une part, les graines sont contenues dans les fruits et d'autre part, lorsqu'il s'agit d'aborder l'alternance des formes des végétaux au cours des saisons, la plante en fruit en est une forme.

Retenons également qu'en 4^e le lien intergénérationnel est établi par la reproduction sexuée qui permet « *d'aboutir à un nouvel individu [...] végétal* » (Ministère de l'Éducation Nationale, de la jeunesse et de la vie associative, 2011b, p. 13) (Tableau 21) et « *aux espèces de se maintenir dans un milieu* » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008c, p. 51) (Tableau 23). La première citation renvoie à la naissance d'une nouvelle génération et la deuxième à la perpétuation de l'espèce. Ainsi, en 4^e, la compréhension cyclique et le concept du cycle de vie sont présents dans les textes officiels français. Cependant, à l'école maternelle, c'est plutôt le développement d'un individu (de la naissance à la mort) qui est à découvrir par les élèves, bien que la notion de cycle y soit évoqué. Il en est de même à l'école élémentaire : l'intitulé « *les stades du développement d'un être vivant* » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008a, p. 24) fait davantage référence à une pensée linéaire centrée sur la vie de l'individu.

7.3.2 Les contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie végétal dans les textes officiels allemands

Nous allons voir maintenant comment le concept du cycle de vie des plantes à fleurs est abordé dans les décisions de la *Kultusministerkonferenz (KMK)* (2005) (Tableau 25) ainsi que dans les *Bildungspläne* du *Baden-Württemberg* (2004) (Tableau 26 et Tableau 27). Les *Bildungsstandards* pour la classe 10, explicités dans les décisions de la *Kultusministerkonferenz* ainsi que ceux dans les *Bildungspläne* du *Baden-Württemberg* déclinent de manière relativement vague/abstraite les différentes connaissances à acquérir au sujet du cycle de vie végétal. Remarquons tout d'abord, que dans les décisions de la *KMK* il est question de "systèmes vivants" incluant les « *cellules, les organismes, les écosystèmes et la*

*biosphère*²⁶³ » (Kultusministerkonferenz, 2005, p. 8)(Tableau 25). Les *Bildungspläne* du *Baden-Württemberg* quant à eux évoquent les êtres vivants ou différencient entre les humains, les animaux et les plantes (à fleurs) (Tableau 26 et Tableau 27). Certaines des connaissances énoncées dans les *Bildungspläne* impliquent directement les végétaux comme par exemple « *croissance et multiplication des plantes*²⁶⁴ » (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 106) (*Grundschule*, Tableau 26). D'autres *Kompetenzen* sont décrites pour tous les êtres vivants, tel par exemple « *savoir que la reproduction et l'hérédité sont des conditions nécessaires pour la continuité de la vie*²⁶⁵ » (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 99) (*Realschule*, Tableau 27).

L'idée du cycle de vie se retrouve dans les trois concepts de base, « *système, structure et fonction, développement* », qui composent les connaissances disciplinaires énoncées dans les décisions de la *KMK* (2005, p. 7) : les plantes à fleurs sont des organismes et ainsi des systèmes vivants. La reproduction, et par là « *la transmission et l'expression d'informations génétiques*²⁶⁶ » (Kultusministerkonferenz, 2005, p. 9), fait partie de leurs caractéristiques. Cette reproduction est caractérisée par une structure (pollinisation et fécondation, sexuée ou asexuée) et une fonction qui est la perpétuation de l'espèce (pour la reproduction sexuée), le maintien de l'espèce dans le milieu. Le modèle du cycle de vie, qui exprime également le développement de l'individu, met cependant en avant la continuité (perpétuation de l'espèce) et non pas la fin (mort de l'individu) (Tableau 25). Ainsi les connaissances détaillées par la *KMK* ne font pas apparaître l'aspect cyclique du développement (au sens de la perpétuation de l'espèce), mais mettent l'accent au contraire sur le développement individuel. En voici deux exemples : « *La cellule et l'organisme montrent un développement individuel spécifique à l'espèce* » ; « *Les caractères génétiques et les influences de l'environnement conditionnent le cours du développement individuel spécifique à l'espèce*²⁶⁷ » (Kultusministerkonferenz, 2005, p. 9) (Tableau 25). Cependant l'idée de ne pas rester dans une pensée purement linéaire est explicitée. Il s'agit, non pas d'aller vers une pensée cyclique, mais davantage systémique, prenant donc en compte les interactions et facteurs d'influence. Nous avons vu au chapitre 5 que le raisonnement écologique est axé sur une approche systémique.

²⁶³ « Zelle, Organismus, Ökosystem und die Biosphäre » (traduction personnelle)

²⁶⁴ « Wachstum und Vermehrung der Pflanzen » (traduction personnelle)

²⁶⁵ « Sie wissen, dass Fortpflanzung und Vererbung Voraussetzungen für die Kontinuität des Lebens sind » (traduction personnelle)

²⁶⁶ « Weitergabe und Ausprägung genetischer Information » (traduction personnelle)

²⁶⁷ « Zelle und Organismus zeigen eine artspezifische individuelle Entwicklung » ; « Genetische Anlagen und Umwelteinflüsse bedingen den Verlauf der artspezifischen Individualentwicklung » (traduction personnelle).

Tableau 25 : Contenus d'enseignements relatifs au cycle de vie des plantes à fleurs dans les décisions de la *Kultusministerkonferenz*

Champs de Kompetenz	BILDUNGSSTANDARDS (KMK) Contenus relatifs au cycle de vie végétal
Connaissances disciplinaires	<p>Connaître des êtres vivants, des phénomènes biologiques, des notions, principes et faits et les relier aux concepts</p> <p><u>Le système</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Les systèmes vivants se composent de différents éléments qui sont en interaction - Les systèmes vivants ont des caractéristiques spécifiques. De telles caractéristiques sont par exemple pour la cellule et l'organisme [...] la transmission et l'expression d'informations génétiques. <p><u>Structure et fonction</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Les caractéristiques du système [...] transmission et expression des informations génétiques sont caractérisées par la structure et la fonction. <p><u>Développement</u></p> <p>Les systèmes vivants changent au cours du temps. Ils sont ainsi caractérisés par le développement. On différenciera entre le développement individuel et le développement évolutif.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La cellule et l'organisme montrent un développement individuel spécifique à l'espèce. - Les caractères génétiques et les influences de l'environnement conditionnent le déroulement du développement individuel spécifique à l'espèce. - Le développement individuel des organismes et le développement phylogénétique se déroulent dans une durée différente des espaces temporels. <p>La préoccupation des interactions dans ou plutôt entre systèmes vivants favorise la pensée en systèmes et va à l'encontre d'une pensée purement linéaire.</p>
Standards Connaissances disciplinaires	<p><u>Système</u> : les élèves :</p> <ul style="list-style-type: none"> - interprètent les organismes et groupes d'organismes comme système - décrivent et expliquent les interactions dans l'organisme et entre organismes [...]. <p><u>Structure et fonction</u> : les élèves :</p> <ul style="list-style-type: none"> - décrivent et expliquent les structures et les fonctions des organes et des systèmes d'organes, par exemple [...] l'hérédité et la reproduction. <p><u>Développement</u> : les élèves :</p> <ul style="list-style-type: none"> - décrivent le développement individuel d'un organisme spécifique à l'espèce - décrivent les différentes formes de reproduction.
Acquisition de connaissances	<p>Les élèves :</p> <ul style="list-style-type: none"> - décrivent et comparent l'anatomie et la morphologie des organismes.

(Kultusministerkonferenz, 2005) (Traductions personnelles)

Les décisions de la KMK (Kultusministerkonferenz, 2005, p. 14 et 9) ne précisent pas s'il s'agit d'une reproduction sexuée ou asexuée, cependant les autres aspects, telles que « *décrire les différentes formes de reproduction* » ainsi que « *la transmission des informations génétiques* », laissent entendre qu'il s'agit des deux (Tableau 25). Dans les contenus d'enseignement stipulés dans les *Bildungspläne* de la *Grundschule* et de la *Werkrealschule* (du *Baden-Württemberg*) il est question de "multiplication" (Tableau 26 et Tableau 27). La multiplication est « *l'augmentation en nombre des entités semblables vivantes (animaux, végétaux, cellules), quel que soit le mode de reproduction utilisé*²⁶⁸ ».

Tableau 26 : Contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie végétal dans les *Bildungspläne* du *Baden-Württemberg*

Etablissements et Bildungsstandards	BILDUNGSPLÄNE Contenus relatifs au cycle de vie végétal
Grundschule Classe 2	Humain, animal et plante : s'émerveiller, protéger, préserver et représenter <i>Kompetenz</i> : les élèves - reconnaissent que les humains, les animaux et les plantes sont des êtres vivants et élargissent leur concept du vivant.
Classe 4	Humain, animal et plante : s'émerveiller, protéger, préserver et représenter <u>Objet</u> : - Croissance et multiplication des plantes. Plantes, animaux et humains dans des milieux de vie, des interrelations et des adaptations saisonnières exemplaires

(Extrait de Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004) (Traductions personnelles)

Cependant le mode de reproduction n'est pas précisé. Il en est de même pour le *Gymnasium* où la reproduction des plantes est évoquée sans plus de précision. Celle-ci peut être sexuée ou asexuée. S'il s'agit de la reproduction sexuée, plusieurs aspects tels la pollinisation, la fécondation, la fructification et la formation de graines sont à aborder (bien sûr en adéquation avec le niveau scolaire ; la fécondation ne sera certainement pas traitée à l'école primaire). Par ailleurs, la pollinisation et ou la dissémination peuvent être des exemples d'interdépendance entre les plantes et les animaux (*Grundschule*, classe 4 ; *Realschule*, classe 7 ; *Gymnasium*, classe 6), ainsi que pour montrer l'importance de la diversité des espèces (*Grundschule*, classe 4) ; l'alternance de formes des végétaux peut en être un pour aborder l'adaptation saisonnière (*Grundschule*, classe 4). A la *Realschule* et au *Gymnasium* les élèves doivent être en mesure de décrire les fonctions des différents organes des plantes

268 Source : <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/multiplication/53224> (consulté le 26.06.2016)

à l'issue respectivement des classes 7 et 6. Ainsi la fonction des concepts clé du cycle de vie (graine-fleur-fruit) devrait être abordée.

Tableau 27 : Contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie végétal dans les *Bildungspläne* du secondaire inférieur du *Baden-Württemberg*

Etablissements et Bildungsstandards	BILDUNGSPLÄNE Contenus relatifs au cycle de vie végétal
Werkrealschule Classes 5 et 6	<p>Monde vivant <u>Kompetenz</u> : les élèves</p> <ul style="list-style-type: none"> - reconnaissent et étudient des connexions simples au sein d'un écosystème. <p><u>Objet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Structure, multiplication et développement des plantes - Adaptation des êtres vivants aux milieux de vie.
Realschule Classe 7	<p>S'émerveiller de la diversité biologique : les élèves peuvent :</p> <ul style="list-style-type: none"> - découvrir, décrire et classer la diversité des plantes à fleurs (plantes sauvages et de culture) et savoir reconnaître et représenter l'unité au niveau de l'organisation de base et des fonctions des organes des végétaux. <p>Comprendre les principes du vivant : [...] Ils ont un aperçu [...] de la croissance et du développement. Ils savent que la reproduction et l'hérédité sont des conditions nécessaires pour la continuité de la vie [...].</p> <p>Agir écologiquement de manière responsable : Ils reconnaissent des processus cycliques dans la nature et comprennent ainsi la problématique de la limite des ressources de la Terre. Ils sont capables :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de montrer l'interdépendance entre espèces. <p>Enseignement thématique : Les plantes vivent autrement.</p>
Gymnasium Classes 6, 8, 10	<p>Principes biologiques fondamentaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adaptation : les êtres vivants sont, concernant la structure et le mode de vie, adaptés à leur environnement - Interaction entre êtres vivants : les êtres vivants qui vivent au sein d'un même milieu de vie, s'influencent réciproquement, ils sont dépendants les uns des autres - Reproduction : les êtres vivants se reproduisent. <p>Evolution : les élèves peuvent :</p> <ul style="list-style-type: none"> - expliquer l'importance de la reproduction sexuée pour l'évolution
Classe 6	<p>Adaptabilité chez les vertébrés, les invertébrés et les plantes à fleurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Savoir décrire l'organisation des plantes à fleurs, la fonction des organes des végétaux, le déroulement temporel et les conditions d'importants processus de la vie des végétaux.
Classe 10 (cursus)	<p>Ecosystèmes : les élèves peuvent :</p> <ul style="list-style-type: none"> - expliquer les causes de l'extinction d'êtres vivants à partir d'exemples.

(Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, 2004, 2012) (Traductions personnelles)

Tous ces *Kompetenzen* et objets explicités dans les *Bildungspläne* du *Baden-Württemberg* ne mettent pas en avant une compréhension cyclique du phénomène traité. C'est seulement à la *Realschule* que la reproduction et l'hérédité sont abordées dans le sens de la « continuité de la vie », ce qui correspond à l'idée du cycle de vie. Au *Gymnasium* au contraire, les élèves doivent pouvoir décrire le déroulement temporel des processus vitaux des plantes, ce qui peut induire une pensée linéaire et/ou cyclique. Par contre, la reproduction des végétaux ne figure pas explicitement dans le *Bildungsplan* de la *Realschule*, comme c'est le cas pour les programmes des autres types d'établissement.

Les Tableau 26 et Tableau 27 ne contiennent pas les *Kompetenzen* et objets plus abstraits qui ne précisent pas explicitement un rapport avec le cycle de vie végétal. Cependant certains d'entre-eux peuvent très bien être abordés par la thématique du cycle de vie des plantes à fleurs. Ainsi, à l'issue de la classe 4 de la *Grundschule*, les élèves devraient avoir effectué une observation de longue durée. L'observation du cycle complet voire de plusieurs cycles intégrant le lien intergénérationnel ("naissance" du nouvel individu et son développement) pourrait tout à fait s'y prêter. Il n'est par contre pas précisé en quoi cette observation attentive doit consister. Une autre *Kompetenz* intitulée « *découvrir / détecter des constances*²⁶⁹ » en classe 2 et complétée par « *... et les reconnaître dans d'autres contextes*²⁷⁰ » (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 102 et 107) en classe 4 de la *Grundschule* pourrait aborder la répétition des différentes phases successives du cycle de vie (de la graine à la graine puis à nouveau à la graine, etc.). L'équipe pédagogique est donc libre d'attribuer des contenus, des thèmes et des exemples en adéquation avec les *Kompetenzen* et connaissances déclinées dans les programmes scolaires. Ainsi, le concept du cycle de vie pourrait être abordé en classe à différents niveaux scolaires. Cela n'est cependant pas explicitement demandé en-dehors de la *Realschule*.

L'Institut du Land pour le développement scolaire²⁷¹ propose des progressions thématiques, non obligatoires, qui ont préalablement été testées dans certaines écoles. Il s'agit là d'exemples de transposition du *curriculum* central structurant le temps scolaire (moment de l'année et nombre d'heures), les thématiques (basées sur les champs de *Kompetenzen*) et définissant les *Kompetenzen* et les objets (par exemplarité), voire les procédés et méthodes de travail à mettre en œuvre en classe. Pour la *Grundschule*, il existe deux exemples de transposition pour atteindre les *Bildungsstandards* à la fin de la classe 2. Plusieurs aspects

²⁶⁹ « Regelmäßigkeiten aufspüren » (traduction personnelle)

²⁷⁰ « Und in anderen Kontexten wieder erkennen » (traduction personnelle)

²⁷¹ « Landesinstitut für Schulentwicklung » (traduction personnelle)

concernant le cycle de vie des plantes à fleurs y sont présentés : l'organisation des plantes à fleurs telles que la tulipe ou autres plantes à bulbes, la multiplication d'une plante à l'exemple du pissenlit. Cependant, l'utilisation des plantes (comme ressource) est davantage mise en avant que la reproduction. Ces exemples de transposition proposent d'aborder la multiplication d'une plante dans les deux premières années de la *Grundschule* alors que les *Bildungspläne* préconisent cet objectif pour les classes 3 ou 4. L'Institut du Land pour le développement scolaire propose également une planification grossière pour l'ensemble du *curriculum* pour atteindre les *Bildungsstandards* à la fin de la classe 2. Dans le sixième champ de *Kompetenzen*, « *Homme, animal et plante : s'émerveiller, protéger, préserver et représenter*²⁷² » (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 102), les thématiques proposées en classe 1 concernent l'organisation et la multiplication des plantes ainsi que l'observation du vivre-ensemble des animaux et des plantes. En classe 2 les plantes seront abordées comme ressource alimentaire, mettant en avant l'aspect utilitaire pour l'Homme. A la *Realschule*, où il s'agit pour les enfants de comprendre les principes du vivant, la reproduction (qui en fait partie) des plantes n'est présentée dans les trois exemples de transposition qu'à travers le questionnement de la formation du fruit ou du passage de la fleur au fruit. Cependant le terme de reproduction n'y figure pas pour les végétaux. Ces exemples de transposition proposent par ailleurs d'étudier l'organisation des organes composant les plantes à fleurs et d'effectuer des expériences sur la germination des graines. Dans l'exemple 1, une observation de longue durée du développement d'une plante de haricot est proposée, sans plus de précisions. Au *Gymnasium*, les différents stades et processus du cycle de vie sont proposés. Cependant, les processus ne sont pas abordés comme des phénomènes successifs, mais plutôt dans le cadre d'unités d'enseignement distinctes. Les exemples de végétaux choisis sont également différents selon le processus abordé : une plante à fleurs pour la germination et la croissance, une autre pour la formation des fruits et des graines avec la pollinisation et la fécondation et encore une autre pour la dissémination des graines et des fruits. Le terme de reproduction n'est pas utilisé pour les plantes. Dans deux des trois exemples de transposition, les plantes, contrairement aux animaux, ne sont même pas citées en exemple pour aborder les principes fondamentaux du vivant. Tous ces exemples ne sont que des propositions qui peuvent être adaptées par les établissements (lors des projets) ou par les enseignants. En revanche, rappelons qu'ils ne sont pas obligatoires. Bien que les décisions de la *KMK* mettent en avant les "systèmes du vivant", que les *Bildungspläne* évoquent les êtres vivants, ces transpositions semblent donner une place un peu particulière aux végétaux auxquels le terme de reproduction n'est pas attribué.

²⁷² « Mensch, Tier und Pflanze : staunen, schützen, erhalten und darstellen » (traduction personnelle)

Concernant la modélisation des phénomènes relatifs au cycle de vie, aucune indication concrète n'a pu être trouvée ni dans les décisions de la *KMK*, ni dans les *Bildungspläne*. Dans le cadre des décisions de la *KMK*, l'un des champs de *Kompetenz* exprime cependant précisément l'utilisation des modèles pour l'acquisition des connaissances, notamment pour « *traiter et visualiser des phénomènes complexes. Les apprenants utilisent un modèle comme une représentation idéalisée ou généralisée d'un objet plus précisément d'un système existant ou pensé. En travaillant avec les modèles, les apprenants prennent en compte uniquement les caractéristiques de l'objet réel qui sont essentielles pour répondre au questionnement*²⁷³ » (Kultusministerkonferenz, 2005, p. 10). Plusieurs *Kompetenzen* énoncées dans les *Bildungspläne*, notamment dans les établissements du secondaire, sont en accord avec celle exprimé par la *KMK* (Tableau 28).

Tableau 28 : *Kompetenzen* évoquées dans les *Bildungspläne* du *Baden-Württemberg* relatives à la modélisation des phénomènes du vivant

Etablissements	BILDUNGSPLÄNE Contenus relatifs à la modélisation des phénomènes du vivant
Werkrealschule	Indications didactiques et principes pour l'enseignement Utiliser mentalement des structures et des modèles aide à décrire et à saisir les phénomènes du quotidien et les questionnements
Classe 10	<u>Acquisition de connaissances :</u> Utilisation d'une comparaison basée sur des critères et une modélisation scientifique comme procédé méthodique
Realschule	Acquisition de <i>Kompetenzen</i> par les styles de pensée et de travail
Classes 5 à 10	<u>Réponses et connaissances par l'expérience primaire :</u> <u>Refléter – Relier – Appliquer :</u> - invoquer des lois, modèles et concept pour l'explication - former des notions ou des modèles et formuler les rapports. <u>Réponses et connaissances par la coopération et la communication :</u> - se décrire à soi-même et aux autres des phénomènes à l'aide de modèles, les rendre compréhensibles et les situer dans un autre contexte.
Gymnasium	<i>Kompetenzen</i> subordonnées <u>Reconnaître et comprendre la nature :</u> analyser des systèmes multifactoriels et dynamiques tels que les organismes et les écosystèmes et comprendre les rapports : utiliser des modèles dynamiques et complexes pour l'explication

(Extraits de Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004b, 2004d, 2012) (Traductions personnelles)

²⁷³ « Komplexe Phänomene bearbeiten oder veranschaulichen. Lernende verwenden ein Modell als eine idealisierte oder generalisierte Darstellung eines existierenden oder gedachten Objektes bzw. Systems. Beim Arbeiten mit Modellen berücksichtigen die Lernenden nur diejenigen Eigenschaften eines Realobjektes, die für die Beantwortung der Fragestellung als wesentlich erachtet werden. » (traduction personnelle)

Ce qui est mis en avant à la *Realschule* comme au *Gymnasium*, c'est cette fonction du modèle à rendre compréhensibles les phénomènes (notamment du vivant) complexes pour soi et pour les autres. En ce sens utiliser ou s'appuyer sur un modèle pour décrire ces phénomènes peut faciliter l'explication. Ainsi, les *Bildungspläne* du *Baden-Württemberg* n'explicitent pas le concept du cycle de vie en-dehors de la *Realschule*. Cependant la modélisation semble avoir une importance dans l'acquisition des connaissances. Je vais maintenant juxtaposer les données décrites pour la France et le *Baden-Württemberg*.

7.3.3 Juxtaposition des contenus d'enseignement : convergences et divergences

Les cadres nationaux des deux régions semblent être, concernant les contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie des plantes à fleurs, relativement proches. Les deux préconisent l'acquisition de connaissances du développement individuel, de l'évolution des espèces (développement phylogénétique) et des modalités ou formes de reproduction des êtres vivants ou des organismes (Figure 34). Cependant, l'organisation de ces contenus dans les programmes scolaires ou *Bildungspläne* est très différente d'une région à l'autre. En France, l'accent sera mis sur les caractéristiques du vivant, entre autres le développement et la reproduction. Dans l'esprit d'une progression et d'une continuité, le palier 2 se focalise davantage sur l'individu alors qu'au palier 3, le lien intergénérationnel est pris en compte avec notamment l'aboutissement à un nouvel individu. Ces processus sont présentés pour tous les êtres vivants, incluant les végétaux. Au *Baden-Württemberg*, notamment essentiellement à la *Realschule*, les *Bildungspläne* pointent les différences et les particularités des végétaux par rapport aux autres êtres vivants (des animaux voire des Hommes). A la *Grundschule* et la *Werkrealschule*, la multiplication n'est évoquée qu'en lien avec les végétaux, alors que la reproduction dans les décisions de la *KMK* est présentée comme l'une des caractéristiques des organismes de manière générale. A la *Realschule* et au *Gymnasium*, il est effectivement question de reproduction des êtres vivants. Pour la *Realschule* il est même précisé que celle-ci est une nécessité pour la "continuité de la vie". La multiplication est également évoquée dans les *Bildungspläne* de la *Realschule* et du *Gymnasium*, mais uniquement en lien avec la division cellulaire ; il en est de même pour la croissance, mentionnée dans les programmes scolaires du collège, dans les décisions de la *KMK* et dans les *Bildungspläne* du *Gymnasium*. Il est à remarquer, qu'un certain nombre de contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie végétal évoqués dans les *Bildungspläne* de 2004 de la *Grundschule*, de la *Realschule* et du *Gymnasium* sont identiques à ceux des *Bildungspläne* de 1994. Ainsi, la multiplication figurait déjà dans les *Bildungspläne* de la *Grundschule* en 1994. L'intitulé "les plantes vivent

autrement²⁷⁴” des *Bildungspläne* de la *Realschule* de 2004 figurait sous l’intitulé “comment vivent les plantes²⁷⁵” en 1994. Il en est de même pour la formulation « *le déroulement temporel et les conditions d’importants processus de vie des végétaux*²⁷⁶ » qui figure textuellement dans les *Bildungspläne* du *Gymnasium* de 1994 et 2004 (p.205). On voit donc, qu’il y a une certaine différence dans les préconisations en fonction du type d’établissement. En France, il s’agit d’une transposition didactique du socle commun vers les programmes scolaires des différents niveaux. En Allemagne, cela n’est pas le cas puisque les décisions de la *KMK* et les *Bildungspläne* ont été édités dans la même année (chapitre 6). Cela explique peut-être l’approche divergente (holistique et atomistique²⁷⁷, Figure 34) entre les décisions de la *KMK* et les *Bildungspläne* de 2004. Cependant, dans la version de travail des *Bildungspläne* de 2016, les végétaux font toujours l’objet d’une étude particulière, bien qu’ils y soient présentés comme des organismes vivants qui se reproduisent.

²⁷⁴ « Pflanzen leben anders » (traduction personnelle)

²⁷⁵ « Wie Pflanzen leben » (traduction personnelle)

²⁷⁶ « Den zeitlichen Ablauf und die Bedingungen wichtiger pflanzlicher Labensvorgänge » (traduction personnelle)

²⁷⁷ L’approche holistique est vue ici comme étant centré sur l’ensemble des êtres vivants contrairement à une approche atomistique qui aborde les animaux et les végétaux séparément

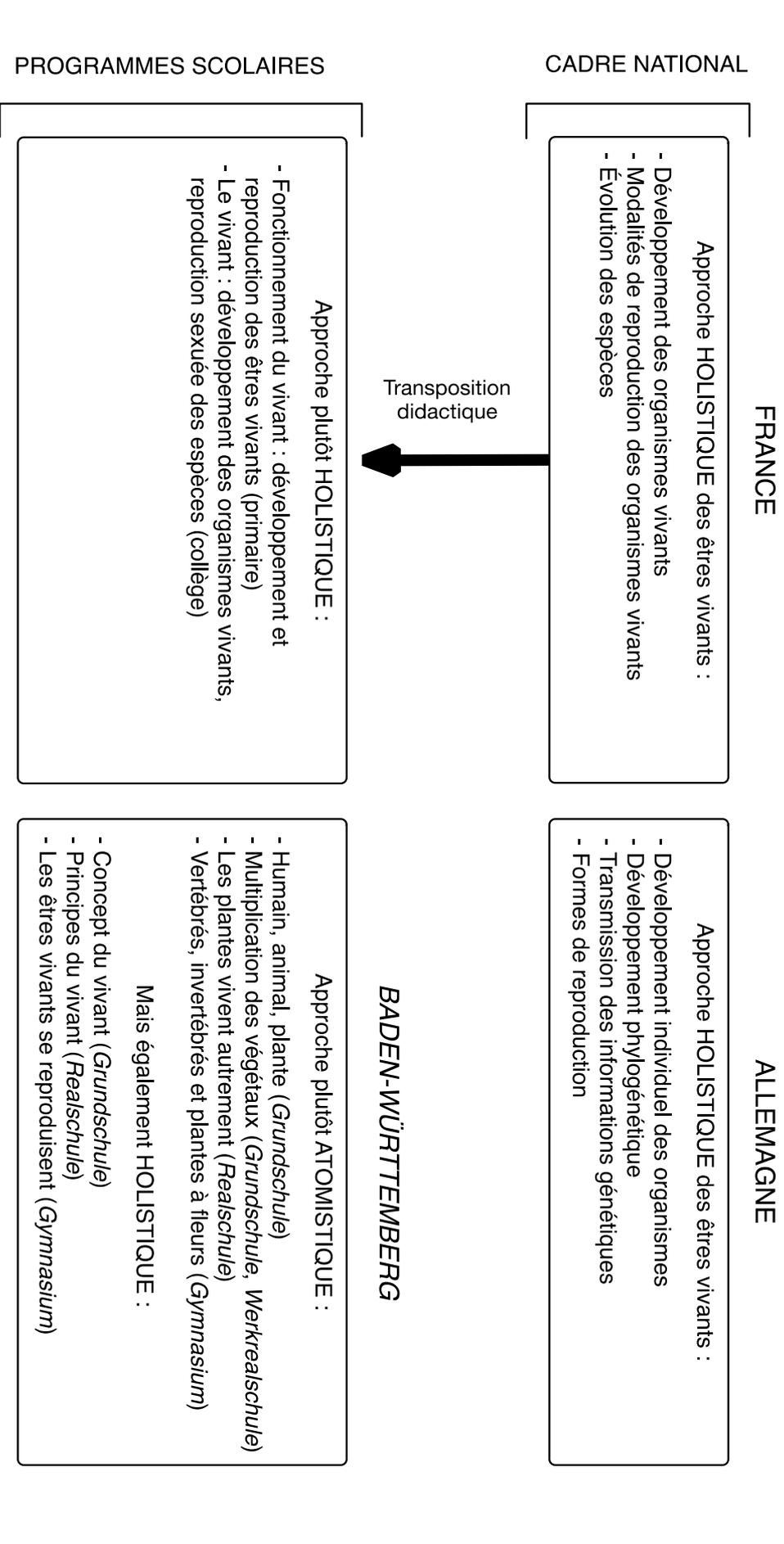


Figure 34 : Approche holistique ou atomistique des êtres vivants présentés dans les cadres nationaux et programmes scolaires de France et du Baden-Württemberg

Contrairement aux *Bildungspläne* de 2004 du *Baden-Württemberg*, les programmes scolaires français détaillent les connaissances à acquérir. Ces derniers contiennent et définissent davantage de concepts touchant directement au cycle de vie végétal, au développement et à la reproduction sexuée (Tableau 29). La pollinisation et la fécondation sont par exemple explicitées : « *la formation de la graine nécessite le dépôt du pollen sur le pistil de la fleur pour permettre la fécondation* », « *la reproduction sexuée animale comme végétale comporte l'union d'une cellule reproductrice mâle et d'une cellule reproductrice femelle* » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008c, p. 16 et 26). Dans les *Bildungspläne* du *Baden-Württemberg*, on trouvera des *Kompetenzen* et des objets relativement vastes comme la « *croissance et la multiplication des plantes* » à la *Grundschule* par exemple (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 106). Aucune précision n'y figure. Les programmes scolaires français contiennent donc plus de directives que les *Bildungspläne* du *Baden-Württemberg*, l'enseignant ou l'établissement étant à même de choisir les contenus afin que les élèves puissent développer ces *Kompetenzen*. Dans le *Bildungsplan* prévisionnel de 2016, le concept de reproduction est défini par la pollinisation, la fécondation et la formation du fruit ; elle peut être sexuée ou asexuée. La dissémination des graines et des fruits y figure également.

Tableau 29 : Termes relatifs au cycle de vie des plantes à fleurs présents dans les textes officiels obligatoires de France et du *Baden-Württemberg*

Termes	FRANCE			BADEN-WÜRTTEMBERG				
	Socle	Prim	Coll.	KMK	GS	WRS	RS	GYM
Développement	■	■	■	■		■	■	
Croissance		■			■		■	
Reproduction	■	■	■	■			■	■
sexuée			■					C
Multiplication					■	■		
Espèce	■	■	■	■			■	
Plante / végétal		■	■	Ex	■		■	
Plante/végétaux à fleurs			■				■	■
Semence			■					
Graine			■					
Fleur			■					
Pollen			■					
Pistil			■					
Cellule-œuf			■					
Cellule reproductrice			■					
Germination			■					
Fécondation			■					
Dispersion, dissémination			■					
Cycle / processus cycliques		■					■	

Seront considérés dans l'ordre du tableau : le socle commun, les programmes scolaires pour le primaire et pour le collège, les décisions de la *Kultusministerkonferenz* (KMK), les *Bildungspläne* de la *Grundschule*, *Werkrealschule*, *Realschule*, et du *Gymnasium* ; seront considérées uniquement les parties des sciences naturelles ; Ex : exemple, C : cursus

Observons maintenant à quels moments de la scolarité les différents contenus d'enseignement sont préconisés dans les programmes et les *Bildungspläne* (Tableau 30). Remarquons tout d'abord, que le développement et la reproduction sont évoqués tant dans les programmes en France que dans ceux du *Baden-Württemberg*. Par contre, en France, ces contenus devraient être abordés dès l'école maternelle. Au *Baden-Württemberg*, ces contenus

semblent être plus regroupés et abordés de manière isolée une fois à la *Grundschule* et une fois au secondaire inférieur. Le concept et les caractéristiques du vivant sont les bases pour la compréhension des phénomènes scientifiques ; il n'est donc pas étonnant qu'ils soient préconisés dans les petites classes de l'école primaire et de la *Grundschule*.

Tableau 30 : Connaissances relatives au cycle de vie des plantes à fleurs préconisées par les programmes scolaires en France et au *Baden-Württemberg*

Connaissances	Niveau	Années d'enseignement	
		En France	Au <i>Baden-Württemberg</i> (type d'établissement)
Concept / caractéristiques du vivant	Primaire	0, 1/2	1/2
Développement et reproduction	Primaire	0, 1/2, 3/4/5	3/4
	Secondaire	6, 8	5/6 (WRS)
			7 (RS)
			6 (GYM)
Interaction entre êtres vivants	Primaire	1/2	
	Secondaire	8	7 (RS)
6 (GYM)			
Adaptation saisonnière	Primaire		3/4
	Secondaire	6	

Exemple de lecture du tableau : Le concept ou les caractéristiques du vivant sont enseignés au primaire : en maternelle et en première et/ou deuxième année d'enseignement en France, en première et/ou deuxième année d'enseignement au *Baden-Württemberg*. GS : *Grundschule*, WRS : *Werkrealschule*, RS : *Realschule*, GYM : *Gymnasium*

Deux autres thématiques relatives au présent sujet peuvent également être juxtaposées : celle du jardinage et celle du cycle de vie. L'observation et la découverte du cycle de vie des plantes à fleurs sont tout à fait possibles dans le cadre scolaire. La durée du cycle de certaines plantes est assez courte pour permettre aux élèves de suivre l'intégralité du cycle. En laissant quelques fruits (non récoltés) sur les plantes, la dissémination naturelle peut être observée et par là le lien intergénérationnel. Les plantations et mise en culture font partie des programmes scolaires des deux régions. Cependant, au *Baden-Württemberg*, l'approche est tout d'abord affective et pratique alors qu'en France, l'objectif est avant tout disciplinaire, lié à l'acquisition de connaissances. Ainsi à la *Realschule*, les élèves s'ouvrent un « accès émotionnel à la nature » grâce au travail en jardin scolaire et à l'entretien des plantes²⁷⁸ (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 98) ; à la

²⁷⁸ « Durch Haltung und Pflege von Pflanzen oder Tieren, durch Schulgartenarbeit oder Lerngänge und Lehrfahrten eröffnen sich Schülerinnen und Schülern emotionale Zugänge zur Natur »

*Grundschule*²⁷⁹, les élèves gagnent en impressions et perceptions. Par le soin apporté aux végétaux et aux animaux, les élèves doivent « *acquérir des connaissances pratiques concernant l'entretien, le maniement et l'utilisation*²⁸⁰ » (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 102). Par ailleurs, ils ont ainsi l'occasion de prendre des responsabilités. Il n'y a que dans les programmes de la *Grundschule* qu'est stipulé que les élèves seront amenés à effectuer des observations. La nature de ces observations n'est cependant pas précisée. En France, les plantations sont effectuées pour observer, découvrir et construire le cycle de vie "de la graine à la graine" (CE2) ou le développement des plantes comprenant « *la naissance, la croissance, la reproduction, le vieillissement, la mort* » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008a, p. 15) (maternelle, Tableau 22). En 6^e, la capacité « *réaliser une culture* » est à effectuer à l'exemple de la mise en germination (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008c, p. 16) (Tableau 23).

Bien que seuls les programmes scolaires français et les progressions proposées aux enseignants du primaire explicitent la notion de cycle de vie, les textes officiels des deux régions (Alsace et *Baden-Württemberg*) abordent les différents aspects du cycle de vie, notamment les concepts de croissance, développement et reproduction. La pensée cyclique au sens de la perpétuation de l'espèce et de la continuité de la vie est explicitée dans les programmes scolaires français à partir du CE2 et dans les *Bildungspläne* de la *Realschule* du *Baden-Württemberg*. Cependant, par la modélisation des phénomènes du vivant, le modèle du cycle de vie pourrait être abordé dans tous les établissements du secondaire inférieur au *Baden-Württemberg*. Les *Bildungspläne*, mettant en avant les *Kompetenzen*, n'imposent pas cette thématique et c'est donc à l'école (via les projets d'établissement) et aux enseignants de la choisir ou non. Dans un souci de comparabilité, seules les classes de la *Realschule* pourront être considérées pour l'enquête de terrain. Les enquêtes de PISA appuient le choix de la *Realschule* pour cette étude, puisqu'il y a dans ce type d'établissement à la fois des élèves de niveau *Gymnasium* et de niveau *Hauptschule* (Prenzel et Deutsches PISA-Konsortium, 2008, p. 154-156).

²⁷⁹ « Durch die regelmäßige Pflege von Pflanzen und Tieren gewinnen Kinder Eindrücke und Empfindungen. Sie werden zu genauer Beobachtung und Wahrnehmung angeregt und erhalten Gelegenheit, Verantwortung zu übernehmen » (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 99)

²⁸⁰ « Praktisches Wissen über Pflege, Umgang und Nutzung erwerben » (traduction personnelle)

7.4 Résumé et conclusion de la comparaison des programmes scolaires

Le tableau suivant résume les points clés abordés dans ce chapitre. De par l'explicitation des contenus d'enseignement, les programmes scolaires français mettent en avant l'importance des connaissances à acquérir. Les végétaux sont essentiellement présentés comme objets d'étude et ressources alors que dans les *Bildungspläne* du *Baden-Württemberg*, l'approche émotionnelle et sensible des végétaux à également son importance. Cela transparaît également dans l'objectif visé par la pratique du jardinage scolaire. Ce point de divergence entre les programmes scolaires français et le *Bildungspläne* du *Baden-Württemberg* rejoint ce qui a été mis en évidence au chapitre 6.

Le développement et la reproduction devraient être abordés dans chacun des trois cycles de l'école primaire, cependant, il n'y a aucune certitude que cela soit effectivement réalisé. Par ce biais, les élèves français devraient être davantage familiarisés avec le concept du cycle de vie que les élèves du *Baden-Württemberg*. Cela peut avoir une importance capitale pour l'interprétation des résultats de l'enquête principale.

A ce propos, l'analyse des programmes scolaires de France et du *Baden-Württemberg* a permis de cibler davantage les niveaux scolaires pouvant être interrogés et comparés. Il s'agira tout de même d'être prudent quant à l'interprétation des données, puisque j'ai pu mettre en évidence que les *Bildungspläne* de 2004 du *Baden-Württemberg* sont non seulement très hétérogènes (concernant les images de la nature, de l'environnement, des végétaux et les contenus relatifs au cycle de vie) mais également axés sur les *Kompetenzen* à acquérir avec des contenus peu détaillés. Les résultats ne pourront donc pas être généralisés à l'ensemble des élèves du *Baden-Württemberg*. Les contenus réellement abordés par les enseignants des élèves interrogés, devront également être considérés. En Alsace, les contenus enseignés devraient être relativement homogènes puisque les programmes scolaires sont relativement explicites à propos du sujet traité.

Au chapitre suivant, nous verrons comment ces directives officielles sont interprétées et transposées par les éditeurs et auteurs de manuels scolaires.

Tableau 31 : Différences et similitudes entre les programmes scolaires français et ceux du *Baden-Württemberg* (images et contenus d'enseignement)

Aspects	France	<i>Baden-Württemberg</i>
Image de la nature et de l'environnement	Plus diversifiée au collège qu'au primaire	Diversifiée à la <i>GS</i> et très hétérogène au secondaire inférieur
Image des végétaux	Essentiellement objet et ressource	Objet + autres (<i>GS</i> , <i>RS</i> , <i>GYM</i>)
Place de l'Homme	Dans la nature/ l'environnement et son vis-à-vis	
Transposition didactique	Du cadre national vers les programmes scolaires	Pas de transposition
Approche des êtres vivants	Holistique	Atomistique (<i>GS</i> , <i>WRS</i> , <i>RS</i> , <i>GYM</i>), holistique (<i>GS</i> , <i>RS</i> , <i>GYM</i>)
Contenus d'enseignement (relatifs au cycle de vie)	Plutôt détaillés	Relativement vaste
Développement et reproduction	Abordé dans les 3 cycles primaire, en 6 ^e et 4 ^e au collège	Abordé 1 fois à la <i>GS</i> , 1 fois au secondaire inférieur
Cycle de vie (pérennité de l'espèce)	Au primaire et au collège	A la <i>RS</i>
Objectif du jardinage scolaire	Acquérir des connaissances sur le cycle de vie des végétaux	Responsabiliser et sensibiliser à la nature
Modélisation	Evoquée sommairement	Importance dans l'acquisition et la communication de la connaissance

GS : *Grundschule*, *WRS* : *Werkrealschule*, *RS* : *Realschule*, *GYM* : *Gymnasium*

Chapitre 8 : Le développement et la reproduction sexuée dans les manuels scolaires

Dans ce huitième chapitre, l'analyse porte sur les manuels scolaires français et sur ceux du *Baden-Württemberg* en accord avec les programmes scolaires en vigueur. Dans le chapitre précédent j'ai notifié que la notion même de cycle de vie est absente des programmes scolaires du *Baden-Württemberg*. Le concept du cycle de vie (des plantes à fleurs) est explicité dans les programmes français et dans le *Bildungsplan* de la *Realschule*. Par contre les programmes français et ceux du *Baden-Württemberg* abordent tous deux le développement et la reproduction sexuée des végétaux. Ce sera donc l'objet principal de cette analyse : les différents stades de développement de la plante comprenant la graine et la germination, la plante et la floraison, la pollinisation et la fécondation, la fructification et la formation des graines ainsi que leur dissémination sont-ils représentés, de manière complète ou incomplète ? Sous quelle forme ces étapes sont-elles représentées (graphique ou textuelle) ? Le développement est-il visualisé ? Si oui, quelles étapes sont visualisées ? Le cycle complet est-il représenté ? Un lien entre l'ancienne et la nouvelle génération, appelé lien intergénérationnel, est-il évoqué ? Outre les contenus des manuels, j'analyserai également les valeurs et les particularités culturelles véhiculées à travers les manuels. En effet, la fonction du manuel scolaire et sa présentation, la proportion de textes, d'images, de documents, d'exercices, etc. peut différer.

Ce chapitre est composé de quatre parties. Dans un premier temps, quelques généralités concernant les manuels scolaires seront évoquées. Je définirai notamment ce qu'est un manuel scolaire en abordant la place des manuels au sein des programmes scolaires, leur cadre juridique, leur financement, les particularités de l'édition scolaire, la fonction et l'utilisation du manuel. Dans un deuxième temps, le cadre théorique avec quelques axes essentiels de la recherche sur les manuels scolaires sera décrit. Un troisième temps sera consacré à la méthodologie. J'y définirai le choix des manuels, les aspects analysés ainsi que la manière selon laquelle les données sont exploitées et présentées. Enfin les résultats seront présentés et discutés dans un quatrième temps.

8.1 Les manuels scolaires en France et au *Baden-Württemberg*

8.1.1 Définitions

En France, le manuel scolaire fait partie de la catégorie des livres scolaires. Ces derniers sont définis par le décret n°2004-922 du 31 août 2004 comme suit :

« Sont considérés comme livres scolaires [...] les manuels et leur mode d'emploi, ainsi que les cahiers d'exercices et de travaux pratiques qui les complètent ou les ensembles de fiches qui s'y substituent, régulièrement utilisés dans le cadre de l'enseignement primaire, secondaire et préparatoire aux grandes écoles, ainsi que des formations au brevet de technicien supérieur, et conçus pour répondre à un programme préalablement défini ou agréé par les ministres concernés. »

En Allemagne, les manuels scolaires sont tantôt des livres scolaires²⁸¹, tantôt des livres d'enseignement²⁸² et sont considérés comme support d'apprentissage²⁸³ à différencier des supports d'enseignement²⁸⁴. Alors que les supports d'apprentissage sont principalement utilisés par l'élève et peuvent ainsi être emportés à la maison, les supports d'enseignement le sont par l'enseignant et restent dans l'établissement scolaire. D'après l'arrêté concernant l'autorisation de la mise sur le marché des livres scolaires²⁸⁵, ces derniers sont définis comme étant des *« ouvrages imprimés "pour la main" de l'élève, qui servent à réaliser les Bildungsstandards ou le programme d'enseignement d'une discipline ou d'un regroupement disciplinaire d'un type ou d'une forme d'établissement défini d'après des objectifs, compétences et contenus qui y sont énoncés. Les livres scolaires doivent, en règle générale, être reliés²⁸⁶ »*. D'autres imprimés sont assimilés aux manuels scolaires tels par exemple *« les matériaux à destination de la main des élèves qui les accompagnent, les complètent ou les remplacent²⁸⁷ »*.

²⁸¹ « Schulbücher » (traduction personnelle)

²⁸² « Lehrbücher » (traduction personnelle)

²⁸³ « Lernmittel » (traduction personnelle)

²⁸⁴ « Lehrmittel » (traduction personnelle)

²⁸⁵ Schulbuchzulassungsverordnung du 11 janvier 2007

²⁸⁶ « Schulbücher sind Druckwerke für die Hand der Schülerin oder des Schülers, die dazu dienen, die Bildungsstandards oder den Lehrplan eines Faches oder eines Fächerverbundes einer bestimmten Schulart oder eines bestimmten Schultyps nach dort benannten Zielen, Kompetenzen und Inhalten zu erfüllen. Schulbücher müssen in der Regel gebunden sein. » (traduction personnelle). Source : <http://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=purl&psml=bsbawueprod.psml&max=true&docId=jlr-SchulBZulVBW2007rahmen&doc.part=X#jlr-SchulBZulVBW2007rahmen> (consulté le 26.06.2016)

²⁸⁷ « für die Hand der Schülerinnen und Schüler bestimmte Materialien, die Schulbücher begleiten, ergänzen oder ersetzen » (traduction personnelle). Source : <http://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=purl&psml=bsbawueprod.psml&max=true&docId=jlr-SchulBZulVBW2007rahmen&doc.part=X#jlr-SchulBZulVBW2007rahmen> (consulté le 26.06.2016)

Les notions de livre scolaire ou de manuel scolaire sont ainsi relativement proches en France et en Allemagne. Par la suite, nous utiliserons également le terme français de manuel scolaire pour désigner le “*Schulbuch*”.

8.1.2 Les manuels dans les programmes scolaires

En France, alors que les programmes officiels de l'école primaire de 2007 (préambule) évoquaient l'importance des manuels scolaires comme instrument de travail, ceux de 2008 évoquent uniquement l'utilisation du manuel dans le cadre de l'apprentissage de la langue française et de la lecture. Au collège cependant, le recours au manuel lors de la phase d'acquisition et de structuration des connaissances est donné comme exemple de source de savoir établi. La circulaire “Préparation de la rentrée” du 2 mai 2011 stipule par contre l'importance des manuels scolaires pour l'école primaire : « *l'usage de manuels scolaires conformes aux programmes, dans l'esprit et dans la lettre, permet aux professeurs de disposer d'outils pédagogiques de référence et aux élèves de consolider leurs apprentissages. [...] car l'on n'enseigne pas sans livre, pas plus que l'on n'apprend sans livre, la photocopie ne pouvant en tenir lieu* » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2011). Au *Baden-Württemberg*, les livres scolaires ne sont pas mentionnés dans les programmes officiels.

8.1.3 Les cadres juridiques²⁸⁸

En France, les éditeurs et les enseignants ont une liberté concernant les manuels scolaires quant à l'édition pour les premiers et au choix puis à l'utilisation pour les seconds. En effet, deux circulaires, respectivement celle du 7 octobre 1880 et du 13 octobre 1881, la première pour le primaire et la seconde pour le secondaire exposent la liberté de libre concurrence des éditeurs et la liberté de choix du personnel enseignant. Les éditeurs sont ainsi libres de produire des manuels et ne sont donc juridiquement pas obligés de se tenir aux programmes officiels. Il existait initialement des textes pour éclairer le choix des enseignants ainsi que des listes de manuels recommandés. Ces aides ont cependant disparu aujourd'hui. Signalons également que ce sont les éditeurs qui certifient eux-mêmes leurs manuels comme étant “conformes aux programmes”.

A l'école élémentaire, le choix du/des manuel/s devrait se faire au sein du conseil d'école afin de garantir la continuité de l'enseignement. Cependant, d'après le rapport de Michel Leroy (2012), cela n'est que rarement le cas. Les manuels sont souvent choisis lors du

²⁸⁸ Pour les manuels français : d'après les rapports de Michel Leroy (2012) et de Michèle Tabarot (2012).

conseil de cycle²⁸⁹. Une étude réalisée par Louis Harris pour "Savoir Livre" en 2004, indique que « 89% des enseignants se font conseiller par leurs collègues, 69% par le directeur d'école, 40% par le conseiller pédagogique, 9% par l'inspecteur de l'éducation nationale et 1% par l'IUFM²⁹⁰ ».

Dans le *Baden-Württemberg*, les manuels scolaires sont juridiquement soumis à quatre textes : la constitution du *Land Baden-Württemberg* (actualisée en mai 2000), la loi de l'école du *Baden-Württemberg* (actualisé en mai 2013), le règlement du ministère de l'éducation et des affaires culturelles sur les nécessaires supports d'apprentissage (du 19 avril 2004), l'arrêté sur l'autorisation de mise sur le marché (du 11 janvier 2007). Alors que les trois premiers textes fixent la nature et la gratuité des supports d'apprentissage²⁹¹, le dernier définit les procédures d'admission des manuels scolaires. Cinq conditions doivent être réalisées pour qu'un manuel soit autorisé au *Baden-Württemberg* : « 1) concordance avec les objectifs d'éducation préconisés par la loi fondamentale, la constitution du Land et la loi scolaire ; 2) concordance avec les objectifs, Kompetenzen et contenus du Bildungsstandard ou du Bildungsplan correspondant et avec un traitement didactique des contenus d'enseignement ; 3) prise en compte de l'âge et du principe de l'intégration de la dimension du genre pour le traitement des contenus ainsi que pour l'organisation de la forme extérieure ; 4) intégration de l'image imprimée, de la conception graphique et de l'équipement à l'objectif didactique correspondant ; 5) orientation aux connaissances établies de la recherche disciplinaire²⁹² ». Cet arrêté mentionne également que les manuels doivent, concernant leur qualité, pouvoir être utilisés pendant cinq ans. La décision concernant l'autorisation de la mise sur le marché d'un manuel scolaire est prise par l'institut du *Land* pour le développement scolaire²⁹³. C'est cet institut qui publiera régulièrement une liste de tous les manuels autorisés par type d'établissement et par discipline ou regroupement disciplinaire.

Le choix et la nature des supports d'apprentissage à utiliser pour chaque discipline ou regroupement disciplinaire sont décidés au sein des réunions entre enseignants de la même discipline²⁹⁴. S'il n'existe pas de telle réunion, c'est le chef d'établissement qui, après

²⁸⁹ Le conseil de cycle comprend les enseignants, le directeur de l'école et les membres du réseau d'aides spécialisées affectés à l'école, qui sont concernés par un même cycle

²⁹⁰ Source : <http://www.savoirlivre.com/edition-manuel/choix.php> (consulté le 11.03.2016)

²⁹¹ « Lernmittelfreiheit » (traduction personnelle)

²⁹² Zulassungsvoraussetzungen sind: 1. Übereinstimmung mit den durch Grundgesetz, Landesverfassung und Schulgesetz vorgegebenen Erziehungszielen; 2. Übereinstimmung mit den Zielen, Kompetenzen und Inhalten des jeweiligen Bildungsstandards oder Lehrplans sowie angemessene didaktische Aufbereitung der Stoffe; 3. altersgemäße und dem Prinzip des Gender Mainstreaming Rechnung tragende Aufbereitung der Inhalte sowie Gestaltung der äußeren Form; 4. Einbindung von Druckbild, graphischer Gestaltung und Ausstattung in die jeweilige didaktische Zielsetzung; 5. Orientierung an gesicherten Erkenntnissen der Fachwissenschaft » (traduction personnelle). Source : <http://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=purl&psml=bsbawueprod.psml&max=true&docId=jlr-SchulBZulVBW2007rahmen&doc.part=X#jlr-SchulBZulVBW2007rahmen> (consulté le 26.06.2016)

²⁹³ « Landesinstitut für Schulentwicklung » (traduction personnelle)

²⁹⁴ « Fachkonferenz » (traduction personnelle)

concertation avec les enseignants des disciplines, prend la décision. En ce qui concerne les manuels scolaires, cette décision est prise pour un minimum de cinq ans²⁹⁵.

8.1.4 Financement du manuel scolaire

En France, le financement des manuels scolaires est différent selon le niveau (école primaire, collège, lycée). Ce sont les communes qui, depuis la fin du XIXe siècle, prennent en charge le financement des manuels pour les écoles primaires. Ce financement s'inscrit dans le budget global des fournitures scolaires. Il n'y a cependant pour les communes aucune obligation judiciaire à acheter ou à renouveler ces manuels. Ainsi une modification des programmes scolaires n'entraîne pas forcément le renouvellement des manuels conformément aux nouveaux textes (Choppin, 2005). Dans le code de l'éducation (article L.212-4, version en vigueur 2005), il est stipulé que les communes doivent assurer l'équipement des écoles publiques. Au collège, les manuels scolaires sont prêtés aux élèves. Cette gratuité est fixée dans la loi Haby de 1975. C'est donc l'Etat qui finance les manuels. Pour les lycéens, l'achat des manuels reste à la charge des familles. Il existe cependant des associations de parents ou des bourses aux livres permettant d'acheter des manuels d'occasion. Dans certaines régions, les manuels sont achetés par la région et prêtés aux élèves, dans d'autres des subventions ou chèques sont attribuées aux familles pour leur achat. Il n'en est pas ainsi en Alsace²⁹⁶.

Comme indiqué ci-dessus, au *Baden-Württemberg* l'enseignement et les supports d'apprentissage dans les écoles publiques sont gratuits (Land Baden-Württemberg, 1953). Le financement des manuels scolaires revient ainsi au *Land*, aux communes et aux communautés des communes au sein d'organismes subventionnant les établissements scolaires. Ces derniers sont appelés "*Schulträger*". Ce sont eux qui ont l'obligation de prêter les supports d'apprentissage nécessaires, fixés par réglementation correspondante, à tous les élèves. En effet, les manuels scolaires ainsi que les cahiers d'exercices pour la *Grundschule* et les cahiers thématiques pour la *Werkrealschule* et la *Realschule* font partie des supports d'apprentissage énumérés pour l'enseignement des sciences naturelles (chapitre 6).

²⁹⁵ Source : <http://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=purl&psml=bsbawueprod.psml&max=true&docId=jlr-LernMVBWrahmen&doc.part=X#jlr-LernMVBWrahmen> (consulté le 26.06.2016)

²⁹⁶ Source : <http://eduscol.education.fr> (consulté le 26.06.2016)

8.1.5 L'édition scolaire

En France et en Allemagne, le manuel scolaire est conçu, élaboré et diffusé par des entreprises privées et répond à la politique éducative et à l'offre scolaire. Cependant en Allemagne, les éditeurs doivent respecter les *Bildungspläne* et lignes directrices de chaque *Land* (ci-dessus). Les manuels d'un *Land* ne sont donc pas forcément conformes aux attentes des autres *Länder* et n'y sont pas autorisés. Dans les deux pays, la production (auteurs, réalisation et diffusion) est financée par les éditeurs sans subvention de l'État (Inspection générale de l'Education Nationale et Inspection générale de l'administration de l'Education Nationale et de la recherche, 2010; Edumeres)²⁹⁷. A ce coût de production s'ajoute en Allemagne le coût pour la demande d'autorisation de la mise sur le marché. Au *Baden-Württemberg*, les programmes scolaires sont renouvelés tous les dix ans, les manuels quant à eux au plus tous les cinq ans. En moyenne cependant, les manuels sont utilisés pendant 9 ans (Brandenberg, 2006), ce qui oblige plus ou moins les enseignants à intégrer des contenus d'actualité. Sans doute en lien avec un changement irrégulier, parfois trop rapide, des programmes scolaires français, le rythme de renouvellement des manuels scolaires, initialement prévu tous les quatre ans, est désormais également irrégulier. Cependant en France, le code de l'éducation (version 2016) prévoit dans son article D.311-5 que « *les programmes ne peuvent entrer en vigueur que douze mois au moins après leur publication, sauf décision expresse du ministre chargé de l'éducation ou du ministre chargé de l'enseignement supérieur, prise après avis du Conseil supérieur de l'éducation* ». D'après Patrick Gambach²⁹⁸, directeur-adjoint des éditions Delagrave, les auteurs des manuels scolaires peuvent être très divers. Ainsi, les équipes de rédaction peuvent être composées d'enseignants, d'inspecteurs, de formateurs et/ou de professeurs de l'université. Au *Baden-Württemberg* il s'agira principalement d'enseignants et de didacticiens.

8.1.6 Fonctions du manuel scolaire

Un manuel scolaire est avant tout « *un produit fabriqué, un ensemble de feuilles imprimées formant un volume* » (Choppin, 1992, p. 18). Le manuel est également un support de connaissances (« *fonction référentielle*²⁹⁹ ») qui reflète l'une des traductions possibles des

²⁹⁷ Source :

http://www.edumeres.net/informationen/bildungssysteme/schulbuchsysteme/schulbuchsystem/article/deutschland.html?tx_ttnews%5BbackPid%5D=89&cHash=2b650ed75b (consulté le 11.03.2016)

²⁹⁸ Intervention lors de la journée « Des manuels scolaires pour l'école primaire » du 8 juin 2006 organisée par l'ESEN et Savoir Livre.

²⁹⁹ Les fonctions énoncées ci-dessous (fonction référentielle, instrumentale, documentaire, idéologique et culturelle) sont des dénominations reprises à Alain Choppin (2010, p. 260-261)

programmes officiels. Il est support pédagogique (« *fonction instrumentale* ») puisqu'il propose des activités, permet l'application de méthodes d'analyse ou de résolution, facilite la structuration ainsi que « *la mémorisation des connaissances* » et « *l'appropriation de savoir-faire* » (Choppin, 2010, p. 261). Le manuel propose par ailleurs des documents (« *fonction documentaire* ») sous forme textuelle ou d'illustrations « *dont l'observation ou la confrontation sont susceptibles de développer l'esprit critique de l'élève* » (Choppin, 2010, p. 261). Il reflète des méthodes pédagogiques traditionnelles ou innovantes et peut ainsi servir d'instrument pédagogique. Le manuel véhicule non seulement des savoirs, mais également la langue, la culture et les valeurs de la société (« *fonction idéologique et culturelle* »); « *d'une certaine manière, le manuel est le miroir dans lequel se reflète l'image que la société veut donner d'elle-même ; c'est donc un reflet déformé, incomplet, souvent idéalisé* » (Choppin, 1992, p. 19). C'est à travers les titres, la structuration, les textes, les images et les exemples que peuvent être véhiculés un système de valeurs, une culture et une idéologie. Ainsi le manuel scolaire a deux catégories de fonction : l'une sociétale et l'autre pédagogico-didactique (Wiater, 2003). Le manuel scolaire permet à l'élève de structurer sa pensée et de l'utiliser en-dehors de la classe en prolongement de l'enseignement. Ainsi, il n'est pas restreint à une utilisation collective en classe. Les parents peuvent également être rassurés par l'utilisation d'un manuel. Cependant, si les programmes scolaires influencent la conception et le contenu des manuels, les manuels quant à eux, influencent les enseignants dans leurs pratiques et ainsi les conditions d'apprentissage des élèves : « *Si les programmes constituent la loi, les manuels scolaires contribuent largement à établir la jurisprudence* » (Rapport Boissinot 2000, cité par Leroy, 2012, p. 77).

Au *Baden-Württemberg* la fonction idéologique et politique est accentuée par la procédure d'autorisation de mise sur le marché. Le manuel scolaire est ainsi considéré comme moyen indirect utilisé par l'État pour influencer le système scolaire (Wiater, 2003). Plus précisément ils influencent, selon leur utilisation en classe, les processus d'apprentissage et d'enseignement (Doll et Rehfinger, 2012).

8.1.7 L'utilisation des manuels scolaires

Le rapport de Michel Leroy (2012, p. 34) mentionne qu'à l'école primaire « *le manuel est insuffisamment utilisé, insuffisamment renouvelé et pas toujours conforme aux programmes* ». Les causes énumérées sont de diverses natures. Concernant l'utilisation insuffisante, il existerait, de la part des enseignants, une « *méfiance envers les manuels* » (Leroy, 2012, p. 34), tantôt concernant l'outil en lui-même, tantôt en rapport à ses contenus. Cependant, les équipes de circonscription semblent être rarement sollicitées concernant les manuels. Le manque de

renouvellement peut être expliqué par le financement des manuels de l'école primaire par les communes (ci-dessous) ainsi que par des modifications des programmes scolaires « *insuffisamment préparés et trop rapides* » (Leroy, 2012, p. 34). En effet, au primaire il y a eu un changement des programmes scolaires en 2002, 2005, 2007 et 2008. Ainsi les éditeurs ne sont pas toujours en mesure de renouveler l'ensemble de leur collection et s'ils le font l'actualisation peut être partielle. Ceci explique également la non-conformité aux programmes en vigueur. L'investissement pour le renouvellement des manuels par les communes en raison de la faible utilisation des anciens, n'est pas effectué systématiquement. Ce rapport dénonce par ailleurs que « *l'institution ne s'est donnée aucun moyen, notamment règlementaire, d'imposer [...] le principe du manuel comme outil des premiers apprentissages* » (Leroy, 2012, p. 34). Pour l'enseignement des sciences à l'école primaire, les enseignants utilisent essentiellement des photocopies ainsi que les manuels disponibles, donc pas toujours conformes aux programmes en vigueur. D'après le dossier "les technologies de l'information et de la communication (TIC) en classe en collège et au lycée" édité par le Ministère de l'éducation nationale et la DEPP³⁰⁰ (2010), 52% des enseignants en sciences de la vie et de la Terre intègrent très souvent les photocopies dans les pratiques de l'enseignement. Les manuels et le rétroprojecteur sont intégrés très souvent par respectivement 47% et 37% des enseignants. Le rapport de Michel Leroy (2012, p. 74) fait remarquer que les manuels en SVT « *sont sous-employés, utilisés de façon parcellaire, et quasiment jamais dans leur intégralité, ni par le professeur, ni par l'élève* ». Ainsi les enseignants se basent sur plusieurs manuels concurrents leur permettant de préparer leur enseignement et n'utilisent que ponctuellement le manuel en classe. Il est cependant à mentionner que les chiffres de la DEPP et les remarques du rapport Leroy concernent le secondaire, donc à la fois le collège et le lycée, alors que le financement des manuels diffère entre ces deux structures (ci-dessus) et peut avoir une influence quant à son utilisation.

8.2 Aspects théoriques pour l'analyse des manuels scolaires

De manière générale, les manuels scolaires évoluent (dans leurs contenus et leurs présentations) en fonction des programmes officiels, des pratiques des enseignants et de l'évolution technologique (notamment en ce qui concerne les documents annexés pouvant être aujourd'hui numériques). Ainsi Pierre Savaton (2005) remarque que dans les manuels des Sciences de la vie et de la Terre (SVT) en France, les textes ont été réduits laissant davantage de place aux illustrations (colorées). Il y a ainsi eu passage d'un « *ouvrage à lire* » vers un « *recueil de documents* » et « *fichier de travail* » (Savaton, 2005, p. 203). Par ailleurs, ces

³⁰⁰ Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance (DEPP)

manuels seraient organisés « *comme des séquences d'apprentissage* » (Savaton, 2005, p. 203). J'analyserai donc l'organisation des manuels scolaires ainsi que leurs contenus.

D'après Bautier et al. (2000), le point de départ ou de fin ainsi que la manière de présenter les différentes étapes de développement peuvent indiquer si l'auteur adopte le point de vue de la vie d'un individu ou celui du cycle de vie dans le sens de la perpétuation de l'espèce. Ainsi, exposer la vie d'une plante à fleurs implique de commencer par la graine qui germe pour aboutir soit à la plante adulte soit à sa mort. Alors que l'idée du cycle n'impose pas de contrainte quant à la première et la dernière étape : « *le lieu de la coupure est relativement indifférent* » (Bautier et al., 2000). Ils indiquent cependant que commencer par la fleur, par l'appareil reproducteur, est à privilégier. C'est en effet par la reproduction sexuée que la nouvelle génération peut se développer. Prendre le fruit comme point de départ ou d'arrivée fait plutôt apparaître un point de vue « *anthropocentrique et utilitariste* » (Bautier et al., 2000, p. 148). Leur étude s'intéresse à la description du cycle de vie d'un cerisier. Dans ce cas, le fruit est effectivement l'élément de la plante qui a un intérêt pour l'humain puisqu'il est consommable.

Différents courants de l'étude des manuels scolaires se sont développés. Ceux de Stein (1977), Weinbrenner (1995) et Wiater (2003) la considèrent comme multidimensionnelle, interdisciplinaire et l'abordent sous des perspectives diverses (Doll et Rehfinger, 2012). Ces trois chercheurs abordent notamment les aspects socio-politiques et culturels, pédagogiques et didactiques ainsi que médiatiques. Cette étude ne portera cependant pas sur l'utilisation faite en classe des différents manuels scolaires. Je me concentrerai sur une analyse et une comparaison des contenus scientifiques, ainsi que sur les aspects didactiques et pédagogiques. Pour cela, je me base sur les recherches de Wiater (2003). D'après lui, il existe cinq axes de recherche concernant les manuels scolaires : le premier axe fait partie des recherches historiques et culturelles, le second de la recherche des médias, le troisième analyse les aspects disciplinaires scientifiques et didactique, le quatrième est une étude d'analyse de texte et le cinquième axe fait partie des études de sources historiques. Cette recherche s'intègre essentiellement à l'axe trois. Celui-ci s'intéresse notamment aux questions concernant la représentation scientifique et l'état scientifique actuel, à la conception didactique ainsi qu'à l'utilisation politico-sociale du manuel scolaire. En effet, la représentation du développement et de la reproduction des plantes à fleurs dans les manuels scolaires des sciences naturelles sera l'objet d'analyse.

8.3 Méthodologie

Wiater (Wiater, 2003, p. 5) considère les manuels comme « *documents officiels à valeur culturelle qui renseignent sur l'éducation, sur enseigner et apprendre dans l'institution sociale qu'est l'école à un moment et dans un espace régional donnés*³⁰¹ ». Malgré la présence et l'utilisation des nouvelles technologies de communication par les élèves et les enseignants, les manuels scolaires gardent toute leur importance autant pour les élèves, les enseignants et l'enseignement (Doll et Rehfinger, 2012). Même l'usage de photocopies en classe n'a pas pour autant supprimé l'utilisation des manuels (Savaton, 2005). Ainsi, une analyse comparative des manuels scolaires des sciences naturelles concernant le présent sujet de recherche a tout son sens. Cette analyse pourra sans doute apporter des renseignements sur les contenus disciplinaires, les aspects pédagogiques et didactiques ainsi que socio-culturels. L'étude comparative des manuels scolaires se fait en quatre phases (d'après Wiater, 2003) :

- La phase de description : il s'agit de décrire le manuel, son utilisation dans la région étudiée sans apporter de jugement (ci-dessus).
- La sélection du ou des aspects à comparer : cette délimitation permet notamment plus de précision scientifique et des affirmations plus fiables. Dans la présente analyse, il s'agit du développement et de la reproduction sexuée des plantes à fleurs (ci-dessus).
- L'analyse des aspects sélectionnés : Wiater indique qu'il est important de prendre en considération le « *contexte multifactoriel* » (Wiater, 2003, p. 18), c'est-à-dire non seulement ce qui figure dans les programmes scolaires mais également les aspects socio-culturels réels ainsi que l'histoire pédagogique ou des mentalités. Ce contexte a été décrit dans les chapitres précédents.
- L'exploitation des données : cette exploitation peut aboutir, soit à un avis ou un jugement qui doivent être appuyés par une investigation objective, soit aboutir à des prédictions des évolutions à venir ou à des recommandations concernant des réformes nécessaires. Dans le présent cas, je vais simplement juxtaposer les données recueillies en mettant en avant les similitudes et les différences, permettant ainsi de caractériser davantage le contexte scolaire. Les résultats de cette analyse seront utilisés par la suite pour discuter les résultats de l'enquête principale.

³⁰¹ « Schulbücher sind amtliche, kulturell bedeutsame Dokumente, die Auskunft über Bildung und Erziehung, Unterrichten und Lernen in der gesellschaftlichen Institution Schule zu einer bestimmten Zeit und in einem bestimmten regionalen Raum geben. » (traduction personnelle)

Cependant, cette analyse ne vise pas à établir une liste de critères pour évaluer des manuels scolaires. Je reste dans une démarche descriptive et compréhensive. En effet, je cherche à comprendre si les manuels scolaires sont susceptibles d'influencer les conceptions des élèves : quelles conceptions traduisent-ils et quelles conceptions induisent-ils ?

8.3.1 Choix des manuels scolaires

Les manuels scolaires sont choisis en adéquation avec les programmes scolaires en vigueur : les niveaux sont sélectionnés à partir des indications fournies par les programmes scolaires concernant le développement ainsi que la reproduction sexuée des végétaux (Tableau 32 et chapitre 7). Les manuels des deux premières années d'enseignements de la *Grundschule* sont également analysés, puisque le *Bildungsplan* correspondant préconise d'élargir le concept du vivant. Le développement et la reproduction n'y sont pas explicités, mais peuvent être abordés, justement à travers le concept du vivant.

Tableau 32 : Choix des manuels des sciences naturelles de France et du *Baden-Württemberg* pour la comparaison entre la représentation du développement et de la reproduction sexuée des plantes à fleurs

Caractéristiques	France		<i>Baden-Württemberg</i>			
	Primaire	Collège	GS	WRS	RS	GYM
Années d'enseignement	1 à 5	6 et 8	1 à 4	5 et 6	5 à 7	5 à 6
Nombre de manuels	16	12	16	4	4	3
Editeurs	Belin, Bordas, Hachette, Hatier, Magnard, Nathan		Cornelsen, Klett, Schroedel, Westermann			

Grundschule (GS), *Werkrealschule* (WRS), *Realschule* (RS), *Gymnasium* (GYM)

Concernant les manuels du secondaire inférieur du *Baden-Württemberg*, ils sont édités par tomes. Le tome 1 est destiné aux années d'enseignements 5 et 6. Les manuels du *Baden-Württemberg* figurent sur la liste des manuels scolaires agréés, éditée en mars 2013 par l'institut du Land pour le développement scolaire³⁰² de Stuttgart. Seuls deux manuels de 2004, ceux de l'éditeur Schroedel, à destination des classes 1 et 2, ont été remplacés par une édition

³⁰² « Landesinstitut für Schulentwicklung » (traduction personnelle)

plus récente de 2010 et ne figurent donc plus sur la liste des manuels agréés. Pour maintenir la cohérence de l'analyse, les manuels de 2004, et non pas ceux de 2010, sont analysés. Par ailleurs, certains éditeurs ne proposent pas de manuels scolaires, mais des cahiers d'activités. C'est le cas par exemple de Cornelsen (Jo-Jo 1) et d'Hatier (Les cahiers de la Luciole pour le CE2, CM1 et CM2). Ces cahiers d'activités sont pris en compte à défaut de manuels.

Seuls les éditeurs ayant publié des manuels à la fois pour le primaire et pour le secondaire sont retenus. Cela permettra en effet de voir à quel moment de la scolarité, les différents aspects du cycle de vie sont abordés et de les comparer. Les manuels analysés sont ceux qui sont susceptibles d'être utilisés par les enseignants en 2013-2014, date correspondant au moment de l'enquête principale. Les derniers manuels de 6^e publiés par deux éditeurs, Hachette éducation et Hatier, datent de 2005 et ne sont ainsi pas basés sur les programmes scolaires de 2008. Il en est de même pour les manuels de 4^e datant de 2007 (Belin, Hachette éducation, Hatier, Magnard, Nathan). Seul Bordas a sorti un manuel en 2011. Afin de définir si ces manuels peuvent être utilisés dans le cadre de cette analyse, les programmes scolaires du collège de 2004 (6^e), 2005 (4^e) et 2007 sont considérés. Les connaissances à acquérir sont identiques dans tous ces programmes. L'emploi de certaines notions a notamment changé suite à l'introduction du socle commun de connaissances et de compétence en 2006 (chapitre 6). Certains exemples d'activité ou situation d'apprentissage ont été supprimés (Tableau 33). Ainsi les programmes scolaires entre 2004 et 2008 diffèrent assez peu (dans le cadre de notre objet de recherche). Les manuels pour lesquels il n'existe pas de version actualisée, sont donc analysés. Bien que Bordas ait édité un manuel de 4^e en 2011, c'est celui de 2007 qui sera retenu pour l'analyse afin de permettre la comparaison. Au final, il s'agit d'une analyse de 28 manuels scolaires français et de 27 manuels scolaires du *Baden-Württemberg*. L'ensemble des manuels analysés dans cette étude est numéroté et figure dans la bibliographie.

Lors de l'enquête principale, un questionnaire à destination des enseignants des classes interrogées, me renseignera sur l'utilisation d'un manuel (et si oui, duquel) pour l'enseignement du développement et de la reproduction sexuée des plantes à fleurs. Ces informations me permettront de discuter les conceptions des élèves et ceux des manuels scolaires utilisés. Concernant ce chapitre, l'objet consistera essentiellement à présenter les similitudes et les différences entre les manuels scolaires des sciences naturelles français et ceux du *Baden-Württemberg*. Les différents aspects de cette analyse sont détaillés ci-dessous.

Tableau 33 : Eléments modifiés dans les programmes scolaires français (Sciences de la Vie et de la Terre) entre 2004 et 2008 concernant le développement et la reproduction sexuée des végétaux

Nature de la modification	Différences entre les programmes scolaires français des Sciences de la Vie et de la Terre		
	2004 / 2005	2007	2008
Modification des notions	Contenus / compétences	Connaissances / capacités	
	Exemples d'activités	Exemples d'activités	Commentaires
Suppression de certains détails	Les végétaux colonisent le milieu par la reproduction sexuée (6 ^e)	supprimé	supprimé
	« Mise en culture de pollen en présence ou non de coupes de pistil » (4 ^e)	« Mise en culture de pollen en présence ou non de coupes de pistil » (4 ^e)	supprimé
	Replacer dans l'ordre chronologique les alternances de formes chez un végétal et chez un animal (6 ^e)	Mobiliser ses connaissances en situation afin de replacer dans l'ordre chronologique les alternances de formes chez un végétal et chez un animal (6 ^e)	supprimé

8.3.2 Grilles d'analyse

Comme je l'ai mentionné au début de ce chapitre, je cherche à savoir d'une part quelles sont les valeurs qui sont véhiculées dans les manuels scolaires notamment concernant les végétaux et, d'autre part, comment le développement et la reproduction sexuée des plantes à fleurs y sont présentés et si, oui ou non, le concept du cycle de vie y figure. Trois axes d'analyse sont choisis à cet effet. Dans un premier temps, je cherche à décrire l'organisation générale des manuels scolaires et à identifier d'éventuels aspects culturels. Pour cela, les éléments suivants sont relevés :

- L'éditeur
- Les auteurs
- Le nom du manuel
- La collection
- La date de publication

- La structuration du manuel : en parties, chapitres, séquences... pour comprendre le fonctionnement du manuel
- La structuration de chaque séquence, chapitre ou partie (selon les dénominations) pour identifier les objectifs et fonctions du manuel, éventuellement la démarche suivie (par les éléments d'introduction, d'élaboration, de structuration et de consolidation...)
- L'unité de lecture : page simple ou double
- La présence ou non d'un lexique et d'un index : dans ces derniers nous pourrions chercher les notions du champ conceptuel ainsi que leur définition
- La présence des programmes scolaires ou non dans les manuels et les guides de l'enseignant
- Les intitulés de parties/chapitres/séquences dans lesquels les stades du cycle de vie végétal sont abordés ainsi que leur ordre thématique

Dans un deuxième temps, les différents concepts-clés et processus-clés sont relevés dans les manuels ainsi que la manière dont ils y sont représentés. A savoir :

- La graine : origine, organisation, fonction
- La fleur : organisation, fonction, floraison
- Le fruit : organisation, fonction
- Le développement : dormance, germination, croissance, floraison
- La reproduction : pollinisation (y compris les agents), fécondation, formation des fruits et des graines
- La dissémination : des fruits / graines, agents
- Lien intergénérationnel entre fleur / fruit, graine et plante
- Le cycle de vie

Ces concepts sont également recherchés dans les guides pédagogiques (accompagnant les manuels), afin de comprendre comment les savoirs à enseigner y sont exprimés. La forme sous laquelle ces différents aspects du cycle de vie figurent dans les manuels est également notée : texte (T), illustration : nombre d'images illustrées (I,i), et accompagnée d'un texte (I,t), manipulation (M) ou exercices (Ex), s'ils sont simplement énoncés ou détaillés. Pour chaque forme, le(s) nom(s) et le nombre des plantes-exemples (PI) sont indiqués.

Enfin, l'analyse sémantique porte d'une part sur les mots mis en valeur par les éditeurs (mots rédigés en gras, en italique, soulignés, en couleur dans l'ensemble du corpus analysé ; mots figurant dans les titres de parties, de chapitres, les sous-titres de chapitres, les bilans (sous forme de texte, d'illustration ou de mots-clés) ; figurant dans l'index et le lexique) et d'autre part sur les définitions données sous forme d'encadré ou dans le lexique. Les concepts du champ conceptuel sont répartis en trois catégories : les organes, les processus et autres (Tableau 34). Ne sont saisis que les mots en lien avec les végétaux : si, par exemple, le terme d'embryon figure dans l'index, il ne sera pris en compte que s'il renvoie aux chapitres relatifs à l'objet d'étude.

Tableau 34 : Champ conceptuel relatif au cycle de vie recherché dans les titres et index des manuels scolaires

Organes	Processus	Autres
Anthère	Dormance	Angiosperme
Carpelle	Naissance	Espèce
Cellule-œuf	Gonflement	Être vivant
Cellule reproductrice	Germination	Pollinisateur
Cellule reproductrice femelle/mâle	Croissance	Plante à fleurs
Embryon	Floraison	Végétaux
Étamine	Pollinisation	
Fleur	Fécondation	
Fruit	Formation des fruits	
Gamète	Transformation fleur en Fruit	
Gamète femelle, mâle	Transformation ovaire en fruit	
Graine	Transformation pistil en fruit	
Nouvel individu	Transformation ovules en graines	
Organe de dispersion	Formation des graines	
Organe reproducteur	Production de graines	
Ovaire	Dissémination	
Ovule	Dispersion	
Pistil	Reproduction sexuée	
Plant	Reproduction	
Plante	Formation nouvel individu/cellule-œuf	
Plantule	Cycle de vie	
Pollen	Perpétuation de l'espèce	
Semis	Développement	
Stigmate	Alternance de formes	
Style	Alternance de générations	
Tube pollinique		

8.3.3 Exploitation des données

Les données sont saisies dans six feuilles de tableur (trois pour chaque pays) selon les trois axes analysés (ci-dessus). Les données sont relevées de manière détaillée pour préserver au plus l'objectivité et la traçabilité. Ils sont ensuite regroupés en fonction des questionnements relatifs aux axes d'analyse (Tableau 35).

Tableau 35 : Regroupements des aspects analysés dans les manuels scolaires selon les axes d'analyses et les questionnements correspondants

Axes d'analyse	Questionnements relatifs aux axes d'analyse
Organisation des manuels	1. Comment sont organisés les manuels scolaires ? Y-a-t-il des particularités d'ordre culturel ? 2. Présence et ordre thématique : quels sont les différents stades du cycle de vie qui sont abordés dans les manuels ? Dans quel ordre sont-ils abordés ? L'ordre me permettra d'émettre des hypothèses quant au point de vue adopté par l'éditeur/les auteurs (8.2)
Concepts et processus-clés	3. Comment sont représentés : <ul style="list-style-type: none"> - le développement : dormance, germination, croissance et floraison ? - la reproduction sexuée : pollinisation, fécondation, formation des fruits et des graines ? - la dissémination et le lien intergénérationnel ? - les concepts-clés : graine, fleur et fruit 4. Le cycle de vie : est-il représenté ? si oui comment : sous forme de texte, ou d'illustration ? La notion apparaît-elle dans l'index, le lexique, la leçon ? Les guides évoquent-ils ce cycle ?
Analyse sémantique	5. Comment les notions sont-elles définies dans les manuels ? Quelles notions paraissent importantes pour les auteurs et éditeurs des manuels ?

Les résultats seront présentés par la suite dans l'ordre des questionnements ci-dessus. Pour chaque questionnement les données sont 1) décrite pour chaque pays, 2) pour le niveau primaire et le niveau secondaire, puis 3) juxtaposées. Pour faciliter la lecture des tableaux, les résultats concernant les manuels allemands, sont sur un fond gris ; ceux concernant les manuels français sont sur fond blanc.

8.4 Organisation générale des manuels scolaires en France et au *Baden-Württemberg*³⁰³

En France, les manuels scolaires sont présentés par les éditeurs du primaire et du secondaire comme un outil de travail à destination de l'élève. Ils contiennent, la plupart du temps, 1) une introduction sous forme de page d'ouverture, 2) des documents à analyser, 3) les notions essentielles sous forme de synthèse ou de bilan et 4) des exercices. Tous les manuels de 4^e et la moitié de ceux de 6^e reprennent les notions essentielles vues précédemment (acquis de l'école primaire pour les manuels de 6^e et du collège pour les manuels de 4^e). Sur la base de la démarche d'investigation, préconisée par les programmes scolaires (chapitre 7), les manuels sont structurés en fonction des jalons correspondants : ils proposent généralement un questionnement ou une problématique, puis des situations d'observation, de manipulation ou autres activités permettant de répondre au questionnement initial. Une synthèse est, soit à rédiger par l'élève ou le groupe classe, soit proposée par le manuel. Les titres des manuels pour les élèves du primaire sont pour la plupart formulés sous forme de question (par exemple : « *Comment naît une plante ?* » (Belin 2010, M1, p.18), « *D'où viennent les graines ?* » (Bordas 2009, M3, p.24)). Les manuels scolaires français contiennent en grande partie des images et illustrations (incluant les tableaux et les graphiques) et relativement peu de texte. C'est à l'élève de construire son savoir à partir des documents proposés. Cependant la plupart des manuels du secondaire comportent un lexique permettant ainsi de préciser le vocabulaire (Tableau 36). Les références aux programmes scolaires sont énoncées soit dans le manuel soit dans le guide pédagogique. Seuls deux éditeurs ne mentionnent pas les programmes (Nathan 2008, M16 ; Hatier 2010, M8 et M9 ; Hatier 2012, M10, M11, M12).

Au *Baden-Württemberg*, le manuel scolaire est également à destination de l'élève. Il sert de référentiel et constitue davantage un recueil d'informations, bien que les méthodes de travail en sciences de la nature soient également présentées et des manipulations proposées. Cependant, l'organisation des différents manuels que ce soit au niveau primaire ou secondaire, est relativement hétérogène en fonction des éditeurs. Il y a certes des éléments communs, mais ils ne se trouvent pas forcément agencés dans le même ordre. A la *Grundschule*, des activités musicales et artistiques complètent l'approche des sciences de la nature (en accord avec le *Bildungsplan* correspondant, chapitre 6). En fonction de l'année d'enseignement, les textes sont plus ou moins développés. Au secondaire, les manuels de sciences naturelles contiennent souvent une introduction thématique, des parties méthodologiques, des activités et exercices. Les éditeurs ne proposent cependant pas tous

³⁰³ La liste des manuels numérotés ainsi que les références (auteurs, éditeur, collection, date de parution, type d'ouvrage, niveau et nombre de pages) figurent dans la partie bibliographie

des synthèses. Des textes plus techniques permettent à l'élève de s'appropriier le savoir par la lecture (texte et illustrations). Le vocabulaire utilisé est souvent expliqué dans le texte même ; peu de manuels ont ainsi un lexique en fin d'ouvrage (Tableau 36). Les textes sont également illustrés. Rappelons que les manuels sont soumis à une autorisation préalable de l'institut du *Land* pour le développement scolaire (8.1.3) : aucun manuel ne fait référence au *Bildungsplan* correspondant. Les thématiques relatives aux végétaux sont, d'après les *Bildungspläne* correspondants, essentiellement à aborder dans les classes 5 et 6 (chapitre 7). Ainsi ces thématiques sont regroupées dans le premier volume (sur trois) des manuels scolaires du *Baden-Württemberg*. Aucun rappel des acquis antérieurs n'est présenté.

Tableau 36 : Pourcentages des manuels scolaires présentant un lexique, un index et des références explicites aux programmes scolaires

Caractéristiques	France		Baden-Württemberg			
	Primaire	Collège	GS	WRS	RS	GYM
Lexique	31,2	66,7	0	25	50	0
Index	18,8	91,2	25	100	100	100
Programmes dans						
le manuel	43,8	91,2	0	0	0	0
le guide	50	100	100	50	50	?

Grundschule (GS), *Werkrealschule* (WRS), *Realschule* (RS), *Gymnasium* (GYM)

Contrairement aux manuels français du secondaire, ceux du *Baden-Württemberg* n'utilisent pas forcément les mêmes intitulés. En France, tous correspondent plus ou moins exactement aux énoncés des programmes scolaires ; ce n'est pas toujours le cas au *Baden-Württemberg* (Tableau 37).

Tableau 37 : Correspondances entre les intitulés des parties de manuels et des programmes scolaires en France et au *Baden-Württemberg*

Niveaux	Intitulés des parties de manuels	
	Correspondant au programme scolaire respectif	Divergeant du programme scolaire respectif
6 ^e	Le peuplement du milieu	Le peuplement d'un milieu (M17, M19, M21, M22) Peuplement d'un milieu (M20) Le peuplement du milieu au cours des saisons (M18)
4 ^e	Reproduction sexuée et le maintien des espèces dans les milieux (M23, M24, M25, M26, M28)	Reproduction sexuée et maintien des espèces dans leur milieu de vie (M27)
WRS (5.-6.)	Mode vivant Structure, multiplication et développement des plantes (M48)	Les plantes dans leur milieu (M45) Les plantes autour de nous (M46) Les plantes et animaux dans leurs milieux (M47)
RS (5.-6.)	Les plantes vivent autrement (M50-51)	Les plantes dans leur milieu (M49) Comment vivent les plantes (M52)
GYM (5.-6.)	Adaptabilité chez les vertébrés, les invertébrés et les plantes à fleurs	Plantes à fleurs (M53) Plantes à fleurs – structure et performance (M54) Structure et performance des plantes à fleurs (M55)

Grundschule (GS), *Werkrealschule* (WRS), *Realschule* (RS), *Gymnasium* (GYM)

L'approche holistique et atomistique des êtres vivants que j'ai pu constater lors de l'analyse des programmes scolaires (chapitre 7) est retrouvée dans les manuels. En France, les manuels du secondaire abordent par exemple la thématique du peuplement du milieu ou de la reproduction sexuée pour tous les êtres vivants (animaux et végétaux) au sein de la même partie, parfois du même chapitre. Au *Baden-Württemberg* en revanche, les êtres vivants sont différenciés et les parties sont construites pour chaque groupe d'êtres vivants. Au *Gymnasium* par exemple, une partie traitera des vertébrés, une autre des invertébrés et une troisième des plantes à fleurs. Le point focal est ainsi différent entre les manuels scolaires français (structurés autour des thématiques) et ceux du *Baden-Württemberg* (structurés en fonction du règne, animal ou végétal, ou d'autres niveaux de classification biologique).

Regardons maintenant quels processus du cycle de vie sont abordés pour les végétaux et dans quel ordre ; cela indépendamment de l'approche holistique ou atomistique des êtres vivants.

8.5 Ordre thématique des processus relatifs au cycle de vie végétal

Les résultats concernant l'ordre thématique seront présentés d'abord pour les manuels du primaire puis pour ceux du secondaire. En effet, je vais davantage différencier les processus relatifs au cycle de vie végétal pour le secondaire que pour le primaire.

8.5.1 Les manuels du primaire et de la *Grundschule*

Rappelons qu'au primaire, les programmes scolaires français préconisent la compréhension des stades de développement et de la reproduction (depuis la maternelle à la fin de l'élémentaire, chapitre 7) ; au *Baden-Württemberg*, le *Bildungsplan* de la *Grundschule* stipule l'élargissement du concept du vivant ainsi que la croissance et la multiplication des végétaux. Ainsi les processus retenus pour cette analyse sont la formation du fruit, des graines, la germination, le développement voire le cycle de vie. La dissémination a également été relevée bien qu'elle ne soit pas explicitée dans les programmes scolaires, mais elle fait partie des processus liés au cycle de vie. En France, les manuels du primaire comportent effectivement tous les éléments préconisés par les programmes répartis sur le cycle 2 et 3 (Tableau 38).

Tableau 38 : Ordre dans lequel les processus clés du cycle de vie végétal sont présentés dans les manuels scolaires des sciences naturelles du primaire en France et au *Baden-Württemberg*

N°	E	N	D	Ordre thématique				
				Cycle	Dév	F fr, gr	Diss	Ger
M1	Be	C3	2010		1	3		2
M2	Bo	CP-CE1	2009	1		3		2
M3	Bo	CE2	2009	1		3	4	2
M4	Bo	CM	2010	1				1
M5	Hac	CP-CE1	2011		3	2		1
M6	Hac	CE2	2009			1	2	
M7	hac	CM	2010			2		1
M8	Hat	CP	2010					1
M9	Hat	CE1	2010	1				
M10	Hat	CE2	2012	1	3		4	2
M11	Hat	CM1	2012		1			
M12	Hat	CM2	2012	1		2		
M13	M	CP-CE1	2011			2		1
M14	M	C3	2010	4	2	1		3
M15	N	C2	2012			1	2	3
M16	N	C3	2008			1	2	
M29	C	1	2004	2				1
M30	C	2	2004					
M31	C	3	2005					1
M32	C	4	2005					
M33	K	1	2005			1		
M34	K	2	2004					
M35	K	3	2005			(1)		
M36	K	4	2006			1		
M37	S	1	2004					
M38	S	2	2004	3			1	2
M39	S	3	2004					1
M40	S	4	2004				1	
M41	W	1	2004	2				1
M42	W	2	2004					
M43	W	3	2005					1
M44	W	4	2005					

Colonnes du tableau : Editeur (E), Niveau (N), Date de parution (D), Cycle de vie végétal (Cycle), Développement (Dév), Formation des fruits et des graines (F fr, gr), Dissémination (Diss), Germination (Ger)

Seuls les cahiers de la Luciole (Hatier 2010 et 2012, M9 à 12) n'abordent pas explicitement la formation du fruit et des graines. Ces processus sont cependant compris dans l'appropriation du cycle de vie par les élèves. Au *Baden-Württemberg* par contre, la reproduction sexuée avec la formation de fruits et de graines n'est explicitement abordée que dans un manuel (Klett, classe 4, 2006, M36). Peu de processus relatifs au cycle de vie végétal sont présents dans les manuels allemands. L'ordre dans lequel les différents processus sont abordés varie d'un éditeur voire d'un manuel à l'autre (Tableau 38). La multiplication végétative est abordée dans les manuels de Cornelsen (classe 3, M31), Schroedel (classe 1, M37 et classe 4, M40) ainsi que Westermann (classe 3, M43).

8.5.2 Les manuels du secondaire inférieur

Au secondaire par contre, c'est très différent. Seuls à la *Realschule*, trois manuels (sur quatre) n'abordent pas tous les processus relatifs au cycle de vie végétal (Tableau 39). Pourtant c'est dans le *Bildungsplan* de ce type d'établissement qu'est avancé l'idée de perpétuation de l'espèce (chapitre 7). En France, tous les manuels de 6^e abordent les différents processus préconisés par les programmes. La fécondation n'est abordée en profondeur qu'en 4^e (conformément aux programmes scolaire du collège).

Ce qui diffère entre les manuels c'est entre autre l'ordre dans lequel ces différents processus sont abordés ainsi que la représentation ou non du cycle de vie. En France, 7 manuels de 6^e sur 8 commencent par aborder l'alternance de forme au cours des saisons et par ce biais 66,7% présentent le cycle de vie des plantes à fleurs dans sa globalité avant de détailler les processus (Tableau 39). Le cycle peut être présent sous forme d'illustration et/ou de texte.

Tableau 39 : Ordre dans lequel les processus clés du cycle de vie végétal sont présentés dans les manuels scolaires des sciences naturelles du secondaire en France et au *Baden-Württemberg*

N°	E	M	N	D	Ordre thématique						
					Cycle	Poll	Féc	F fr	F gr	Diss	Ger
M17	Be	SVT	6 ^e	2009		2	3	4	5	1	2+6
M18	Bo	SVT	6 ^e	2009	1	4		5	6	3	2
M19	Hac	SVT	6 ^e	2005	1	4	5	6	7	3	2
M20	Hat	SVT	6 ^e	2005		3		4	5	1	2
M21	M	SVT	6 ^e	2013	1	5		6	7	3	2+4
M22	N	SVT	6 ^e	2009	1	4	5	6	7	2	3
M45	C	MNT	5.-6.	2004		2	3	4	5	6	1
M46	K	MNT	5.-6.	2004	1	3	4	5	6	7	2
M47	S	MNT	5.-6.	2004		1	2	3	4	5	6
M48	W	MNT	5.-6.	2004		1	2	3	4	5	6
M49	C	NWA	5.-6.	2004		2	3	4	5	6	1
M50	K, Na	NWA	5.-6.	2004	4	2	3				1
M51	K, Pr	NWA	5.-6.	2004		2	3	4	5		1
M52	S	NWA	5.-6.	2004		1	2	3	4		5
M53	C	Bio	5.-6.	2010		1	2	3	4	5	6
M54	K	Bio	5.-6.	2004		1	2	3	4	5	6
M55	S	Bio	5.-6.	2004		1	2	3	4	5	6

Colonne du tableau : Editeur (E), Matière (M), Niveau (N), Date de parution (D), Cycle de vie végétal (Cycle), Pollinisation (Poll), Fécondation (Féc), Formation des fruits (F fr), des graines (F gr), Dissémination (Diss), Germination (Ger)

Cependant les manuels n'adoptent pas la même perspective (Tableau 40). Certains abordent les différents processus dans l'ordre chronologique : dissémination des graines, germination et formation des fruits et des graines (M20, M21, M22) ; d'autres questionnent l'origine des graines (en terme de formation) et ce qui permet leur dissémination et par là l'installation des végétaux dans le milieu (M17, M18, M19). Cette deuxième approche correspond davantage à ce qui est préconisé par les programmes scolaires du collège (chapitre 7).

Tableau 40 : Ordre thématique en fonction du processus de départ présenté dans les manuels de 6^e du collège français ainsi que dans ceux du secondaire inférieur du *Baden-Württemberg*

N	Processus de départ	Manuels	Processus suivants
6 ^e	Dissémination	M17 (2009)	Formation des graines, germination
		M20 (2005)	Germination, devenir de la fleur
	Cycle	M18 (2009)	Dissémination, origine des graines
		M19 (2005)	Dissémination, origine des graines
		M21 (2013)	Dissémination, Germination
		M22 (2009)	Dissémination, Germination
WRS	Germination	M45	Pollinisation, fécondation
	Pollinisation	M47	Fécondation, Formation du fruit
		M48	Fécondation, Formation du fruit
	Cycle	M46	Germination, Pollinisation
RS	Germination	M49	Pollinisation, fécondation
		M50	Pollinisation, fécondation
		M51	Pollinisation, fécondation
	Pollinisation	M52	Fécondation, Formation du fruit
	GYM	Pollinisation	M53
M54			Fécondation, Formation du fruit
M55			Fécondation, Formation du fruit

Werkrealschule (WRS), *Realschule* (RS), *Gymnasium* (GYM)

Au *Baden-Württemberg*, la plupart des manuels commencent soit par la pollinisation soit par la germination et abordent les différents processus dans l'ordre chronologique. Ces derniers sont en général très détaillés, mais ne traitent pas forcément des mêmes plantes. Il s'agit davantage d'une succession de thèmes présentés chronologiquement sans pour autant créer du lien entre les différentes phases du cycle de vie. Dans sept manuels pour la *Realschule* ou la *Werkrealschule*, les différents processus n'apparaissent pas dans le même chapitre ou la même partie ; par exemple : « *De la graine à la plantule*³⁰⁴ » (Cornelsen, M45, p.120) au chapitre 1, « *les fleurs et leurs pollinisateurs* », « *la dissémination des graines et des fruits*³⁰⁵ » au chapitre 3, (ibidem, p.144 et p.146). Dans les manuels pour le *Gymnasium*, les chapitres se succèdent. Tel est également le cas dans les manuels français pour le collège. Dans ces derniers, un lien est en plus créé par le questionnement introductif ; par exemple : « *Comment les graines sont-elles transportées dans un nouveau milieu ?* » et « *Comment les graines se forment-elles ?* » (Hachette 2005, M19, p.52 et 54).

³⁰⁴ « Vom Samen zum Keimling » (traduction personnelle)

³⁰⁵ « Blüten und ihre Bestäuber », « Verbreitung von Samen und Früchten » (traduction personnelle)

Regardons maintenant de plus près comment les processus et concepts-clés sont abordés par les manuels avant d'analyser la représentation du cycle de vie dans sa globalité.

8.6 Représentation des processus et des concepts-clés relatifs au cycle de vie végétal

Les processus et concepts relatifs au cycle de vie des plantes à fleurs sont abordés dans les manuels scolaires en fonction des programmes scolaires et du niveau auquel est destiné le manuel. Ainsi pour garantir la juxtaposition entre les manuels français et ceux du *Baden-Württemberg*, la présentation des résultats se fera en deux temps : d'abord pour l'école élémentaire, puis pour le secondaire. Deux tableaux (Tableau 41 et Tableau 43) présentent de manière globale les éléments abordés dans les manuels scolaires. Ces derniers seront détaillés et illustrés par des exemples, permettant ainsi de faire émerger les similitudes et les différences.

8.6.1 Les manuels du primaire et de la *Grundschule*

En France comme au *Baden-Württemberg*, les manuels scolaires pour le primaire et la *Grundschule* abordent tous la **germination**. Cependant, parmi les manuels du *Baden-Württemberg*, seul celui de Westermann (M41) présente la germination par le texte et par l'image. Les autres manuels du *Baden-Württemberg* proposent davantage une manipulation. Les éditeurs de manuels français proposent des manipulations, des textes et des images sur le sujet, mais pas forcément dans le même manuel ni pour le même niveau.

La **croissance** figure également dans les manuels français pour le primaire ; elle est davantage illustrée dans les manuels du cycle 2 et décrite textuellement dans les manuels du cycle 3. Au *Baden-Württemberg*, la croissance n'est abordée que sommairement. Alors que la croissance des végétaux est explicitée dans les *Bildungsstandards* de la *Grundschule* pour la classe 4, seul l'éditeur Cornelsen aborde le sujet dans les manuels à destination des classes 3 et 4 (M31 et M32). Dans 83,3% des manuels français du cycle 3 l'organisation de la fleur est représentée. Celle-ci n'apparaît pas dans les manuels du *Baden-Württemberg*.

Tableau 41 : Processus relatifs au cycle de vie végétal abordés dans les manuels scolaires de sciences naturelles du primaire en France et au *Baden-Württemberg*

N°	E	N	D	Processus abordés dans les manuels					
				Ger	Croi	F fr	F gr	Diss	Lien
M1	Be	C3	2010	■	■	■			
M2	Bo	C2	2009	■	■	■	■		■
M3	Bo	CE2	2009	■		■			
M4	Bo	CM	2010	■	■				
M5	Hac	C2	2011	■	■	■	■	(■)	■
M6	Hac	CE2	2009		■	■	■	■	■
M7	Hac	CM	2010	■	■	■	■		■
M8	Hat	CP	2010	(■)					
M9	Hat	CE1	2010	■				■	■
M10	Hat	CE2	2012	■					■
M11	Hat	CM1	2012		■				
M12	Hat	CM2	2012			■	■		■
M13	M	C2	2011	■		■			
M14	M	C3	2010	■	■	■	■		
M15	N	C2	2012	■		■	■	■	■
M16	N	C3	2008		■	■	■	■	■
M29	C	1	2004	■	■			(■)	
M30	C	2	2004						
M31	C	3	2005	■	■				
M32	C	4	2005		■	(■)			
M33	K	1	2005			■			
M34	K	2	2004						
M35	K	3	2005	■		(■)			
M36	K	4	2006			■			
M37	S	1	2004						
M38	S	2	2004	■		(■)	(■)	■	
M39	S	3	2005	■					
M40	S	4	2005				(■)	■	
M41	W	1	2004	■	■				
M42	W	2	2004						
M43	W	3	2005	■				(■)	■
M44	W	4	2005						

Colonnes du tableau : Editeur (E), Niveau (N), Date de parution (D), Germination (Ger), Croissance (Croi), Formation du fruit (F fr), des graines (F gr), Dissémination (Diss), Lien intergénérationnel (Lien)

Dans les classes de l'école élémentaire, le concept de **fruit** semble avoir une place relativement importante. C'est effectivement dans ces classes qu'il s'agit de clarifier ce concept dans son sens botanique en lien avec la formation du fruit. D'ailleurs, dans les manuels français, les fruits sont majoritairement représentés avec leur(s) graine(s). Dans les manuels du *Baden-Württemberg* aucune allusion n'est faite quant à la définition d'un fruit (au sens botanique). Les manuels qui illustrent les fruits contenant les graines n'approfondissent pas la question.

Quant à la **formation du fruit**, elle est présente dans les manuels du cycle 2 et 3 en France. Elle est la plupart du temps illustrée et décrite textuellement. Le texte peut se trouver dans le bilan. Seuls les Cahiers de la Luciole de l'éditeur Hatier ne présentent la formation des fruits qu'en CM2. Parmi les manuels de la *Grundschule* du *Baden-Württemberg*, seule la collection Kunterbunt de l'éditeur Klett illustre et décrit la formation du fruit (M33 et M36). Les autres manuels évoquent simplement que la fleur se transforme en fruit (M32, M35 et M38) ou que « *dans les fleurs poussent à nouveau des graines*³⁰⁶ » (M38, p.95, M40), mais sans expliciter ni illustrer les processus sous-jacents. Il en est de même pour la pollinisation et la fécondation qui ne sont présentes que dans le manuel Kunterbunt pour la classe 4 (M36). Le Tableau 42 montre que la reproduction sexuée des plantes à fleurs (définie par les processus de pollinisation, fécondation, formation de fruits et de graines) est représentée dans les manuels scolaires français du primaire mais est quasi absente de ceux de la *Grundschule*. Le *Bildungsplan* de la *Grundschule* énoncent la multiplication des végétaux comme contenus à maîtriser (sans préciser le mode, sexué ou asexué) : seule dans la collection Kunterbunt de l'éditeur Klett, l'ouvrage M36 développe la reproduction sexuée ; la multiplication asexuée est présentée dans les manuels des autres éditeurs (M31, M37, M40, M43). Dans le manuel de Schroedel (classe 4, M40) figure une leçon intitulée « *les plantes se multiplient*³⁰⁷ » (M40, p.114-115) alors que c'est la dissémination des fruits et graines qui est principalement abordée sur la double page. La formation de ces derniers n'est pas évoquée. Seules en bas de page deux manipulations abordent la multiplication asexuée par bouturage. Contrairement aux manuels français dans lesquels le **lien intergénérationnel** est mis en avant, au *Baden-Württemberg* seul celui de Westermann 3 (M43) le mentionne. La dissémination est moins abordée.

³⁰⁶ « In den Blüten wachsen wieder Samen » (traduction personnelle)

³⁰⁷ « Pflanzen vermehren sich » (traduction personnelle)

Tableau 42 : Représentation des processus relatifs à la reproduction sexuée dans les manuels scolaires de l'école élémentaire et de la *Grundschule* (classes 3 et 4)

N°	E	N	D	Processus représentés dans les manuels																							
				Pollinisation					Fécond.			Formation fruit			Formation graine												
				T	Pl	I _j	I _t	Pl	M	Pl	T	I _j	Pl	T	Pl	I _j	I _t	Pl	M	Pl	Ex	T	Pl	I	Pl		
M1	Be	C3	2010						x	1						1		1									
M2	Bo	CE2	2009			2	x	2			x	1	2	x		3		2					3	x		1	1
M3	Bo	CM	2010																								
M4	Hac	CE2	2009	x		2	x	1			x			x		2	x	1	1	1						x	
M5	Hac	CM	2010								x			x		1	x	1								x	
M6	Hat	CE2	2012																								
M7	Hat	CM1	2012																								
M8	Hat	CM2	2012			2	x	1			x			x		2	x	2								x	
M9	M	C3	2010	x		1	x				x			x		1	1	1					1		x		
M10	N	C3	2008	x	1	2		1			x			x	1	1	1								x		
M31	C	3	2005																								
M32	C	4	2005																								
M35	K	3	2005																								
M36	K	4	2006	x		1		1			x																
M39	S	3	2004																								
M40	S	4	2004																								
M43	W	3	2005																								
M44	W	4	2005																								

Colonnes du tableau : Editeur (E), Niveau (N), Date de parution (D), Fécondation (Fécond.), Texte (T), nombre de Plantes représentées se référant à la colonne précédente du tableau (Pl), Illustration : nombre d'images illustrées (I_j), présence d'un texte accompagnant l'illustration (I_t), Exercices (Ex), Manipulation (M), Formation du fruit à partir de la Fleur, simple énonciation (FI)

8.6.2 Les manuels du secondaire

Avant de présenter l'analyse des processus relatifs au cycle de vie pour les manuels du secondaire, je tenais à préciser, que deux manuels du *Baden-Württemberg* ont exactement le même contenu : il s'agit des manuels pour la *Werkrealschule* et la *Realschule* de l'éditeur Cornelsen (M45 et M49). Dans le cadre de cette analyse, l'attention sera portée sur deux aspects principaux : sur les différences et similitudes entre les manuels correspondant aux trois types d'établissement du *Baden-Württemberg* (étant donné que les *Bildungspläne* respectifs diffèrent) ainsi que sur les différences et similitudes entre les manuels du *Baden-Württemberg* et ceux de France. Le Tableau 43 présente de manière globale les différents processus relatifs au cycle de vie des plantes à fleurs qui sont représentés sous forme textuelle et/ou visuelle dans les manuels scolaires analysés.

Tous les manuels des sciences de la vie de 6^e de France et ceux du *Baden-Württemberg* abordent la **germination** par le texte et l'illustration à l'aide d'une ou deux plantes. Seul le manuel Navigator de Klett (M50) ne comporte pas d'illustration. 82,4% de ces manuels proposent également une manipulation à faire par les élèves sur la germination. Dans les manuels français, les conditions et les stades de germination ne sont pas forcément abordés au sein du même chapitre. Certains manuels (M17, M21) présentent des expériences sur les conditions de germination dans le cadre de l'alternance de formes, les stades de germination dans le cadre du peuplement du milieu. D'autres (M20, M22) présentent les deux dans le chapitre sur le peuplement du milieu. Au *Baden-Württemberg*, tous les manuels sauf celui de Klett pour la *Werkrealschule* (M46) comportent un chapitre sur les conditions de germination détaillant également les stades de germination. Parmi les manuels du *Baden-Württemberg*, seuls deux à destination des élèves de la *Realschule*, n'évoquent pas le gonflement de la graine avant la germination ; les autres l'abordent.

Seul un manuel du collège n'évoque pas la **pollinisation** (Belin, 4^e, M23). Dans les manuels notamment de 6^e, la pollinisation est illustrée à partir d'une ou de deux plantes. Les manuels du *Baden-Württemberg* en revanche présentent beaucoup plus d'exemples de pollinisation (allant de 4 à 19 plantes). Cinq manuels du *Baden-Württemberg* proposent une manipulation à ce sujet aux élèves (M45, M49, M50, M53, M54).

Tableau 43 : Processus relatifs au cycle de vie végétal abordés dans les manuels scolaires du secondaire des sciences de la vie en France et au *Baden-Württemberg*

N°	E	M	N	D	Processus abordés dans les manuels							
					Ger	Poll	Féc	F fr	F gr	Diss	Lien	
M17	Be	SVT	6 ^e	2009	■	■	■	■	■	■	■	■
M18	Bo	SVT	6 ^e	2009	■	■		■	■	■	■	■
M19	Hac	SVT	6 ^e	2005	■	■	■	■	■	■	■	■
M20	Hat	SVT	6 ^e	2005	■	■		■	■	■	■	■
M21	M	SVT	6 ^e	2013	■	■		■	■	■	■	■
M22	N	SVT	6 ^e	2009	■	■	■	■	■	■	■	■
M23	Be	SVT	4 ^e	2007			■	■	■			
M24	Bo	SVT	4 ^e	2007		■	■	■				
M25	Hac	SVT	4 ^e	2007		■	■			■		
M26	Hat	SVT	4 ^e	2007	■	■	■	■	■			■
M27	M	SVT	4 ^e	2007	■	■	■	■	■			■
M28	N	SVT	4 ^e	2007		■	■	■	■			
M45	C	MNT	5.-6.	2004	■	■	■	■	■	■		
M46	K	MNT	5.-6.	2004	■	■	■	■	■	■	■	■
M47	S	MNT	5.-6.	2004	■	■	■	■	■	■	■	■
M48	W	MNT	5.-6.	2004	■	■	■	■	■	■	■	■
M49	C	NWA	5.-6.	2004	■	■	■	■	■	■		
M50	K, Na	NWA	5.-6.	2004	■	■	■	■	(■)			
M51	K, Pr	NWA	5.-6.	2004	■	■	■	■	■	(■)	■	■
M52	S	NWA	5.-6.	2004	■	■	■	■	■	(■)	■	■
M53	C	Bio	5.-6.	2010	■	■	■	■	■	■	■	■
M54	K	Bio	5.-6.	2004	■	■	■	■	■	■	■	■
M55	S	Bio	5.-6.	2004	■	■	■	■	■	■	■	■

Colonnes du tableau : Editeur (E), Matière (M), Niveau (N), Date de parution (D), Germination (Ger), Croissance (Croi), Pollinisation (Poll), Fécondation (Féc), Formation du fruit (F fr), des graines (F gr), Dissémination (Diss), Lien intergénérationnel (Lien)

Dans les manuels français, la **fécondation** n'est détaillée qu'en 4^e, au *Baden-Württemberg* elle l'est à partir de la 5^e année d'enseignement. Tous les manuels l'abordent. Cependant dans les manuels français, elle est davantage décrite de manière générale : « Toute reproduction sexuée comporte l'union d'une cellule reproductrice mâle et d'une cellule reproductrice femelle. Cette union est appelée fécondation. Elle aboutit à la formation d'une cellule-œuf, première cellule d'un nouvel individu » (Bordas, SVT 4^e, M24, p.92). La fécondation pour les animaux et les végétaux, la fécondation interne et externe, sont abordées au sein d'un même chapitre. Dans les manuels du secondaire inférieur du *Baden-Württemberg*, la fécondation est abordée tantôt pour les animaux tantôt pour les végétaux, mais dans des parties ou chapitres différents (ce qui rejoint l'approche atomistique dans les *Bildungspläne* du

Baden-Württemberg, chapitre 7). Pour les végétaux, elle est toujours présentée à l'exemple de la formation de la cerise (voir ci-dessous). D'ailleurs, la plupart des manuels intitulent le chapitre ou sous-chapitre "de la fleur au fruit"³⁰⁸ (ou de manière similaire). C'est là que sont décrites la pollinisation, la fécondation et la formation du fruit voire de la graine.

La **formation des fruits** est abordée par tous les manuels français de 6^e et par ceux du *Baden-Württemberg*. Dans les manuels de 4^e, elle est essentiellement présentée en début de partie pour rappeler les acquis des années précédentes. La formation du fruit est également expliquée dans la partie exercices de certains manuels français de 6^e, à l'exemple du pommier (Hachette 6^e SVT, M19), du melon charentais et du pois senteur (Bordas 6^e SVT, M18) ou du noisetier (Belin 6^e SVT, M17). Contrairement aux manuels français de 6^e, les manuels du *Baden-Württemberg* utilisent tous l'exemple de la cerise pour illustrer leur propos. Dans les manuels français, les exemples sont variés : pois (M19, M22), coquelicot (M17, M20), radis ravenelle (M18), moutarde (M21). La **formation des graines** est essentiellement décrite textuellement.

C'est la **dissémination** qui est illustrée par le plus grand nombre de plantes : entre 5 et 15 dans les manuels français et entre 9 et 48 dans les manuels du *Baden-Württemberg*. Cependant, seul un manuel pour la *Realschule* aborde vraiment la dissémination par le texte et l'illustration : il s'agit de celui de l'éditeur Cornelsen (M49), dont le contenu est identique à celui à destination des élèves de la *Werkrealschule*. Klett (Prisma, M51) et Schroedel (M52) ne l'évoquent textuellement que sommairement. Dans le manuel Prisma (Klett, M51) par exemple, la dissémination des graines est évoquée dans le sous-chapitre sur la Bionique, avec l'exemple de la bardane. Klett (Navigator, M50) ne la mentionne pas du tout. La dissémination par l'intervention humaine, notamment par le crachat du noyau de cerise est certes illustrée sur la représentation graphique du cycle de vie (voir ci-dessous), mais elle n'est pas évoquée dans le texte et la dissémination naturelle est absente. Les manuels français utilisent également les pages d'exercices pour élargir les connaissances sur la diversité des espèces et de leurs modes de dispersion.

³⁰⁸ « Von der Blüte zur Frucht » (M45, M49, M51, M53, M54) ou « Nach der Blüte kommt die Frucht » (M46) ou « von der Bestäubung zur Frucht » (M47, M55) ou « von der Kirschblüte zur Kirschfrucht » (M48)

8.6.3 Discussion et conclusion

Par rapport aux manuels pour la *Grundschule*, les manuels scolaires du primaire semblent davantage présenter les aspects biologiques, les mécanismes, les processus, et les concepts relatifs au cycle de vie végétal. Ils semblent globalement correspondre aux préconisations des programmes scolaires pour l'école élémentaire (chapitre 7). L'élève est amené à s'interroger sur les fonctions des différents organes des plantes à fleurs et sur les processus. Les manuels contiennent essentiellement des informations et des documents spécifiques, appartenant au champ des sciences naturelles. Au *Baden-Württemberg* au contraire, une approche beaucoup plus globale de la nature et ses phénomènes est mise en avant. Les élèves sont amenés à découvrir, ressentir, manipuler, chanter et utiliser différents éléments de la nature dans le cadre par exemple de créations artistiques. La place des "purs" contenus des sciences naturelles est relativement restreinte. En ce sens, les manuels pour la *Grundschule* répondent aux préconisations du *Bildungsplan*. Cependant, l'objet « *croissance et multiplication des végétaux* », stipulé dans le *Bildungsplan* pour la *Grundschule* (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 106), n'est abordé que sommairement dans les manuels correspondants.

Dans l'ensemble, les différents processus sont abordés dans pratiquement tous les manuels du secondaire (sauf pour certains de la *Realschule*, dans lesquels la dissémination des graines et le lien intergénérationnel sont omis). Dans les manuels allemands par contre, les textes abordant les processus, sont plus détaillés. D'après les contenus préconisés par le *Bildungsplan* de la *Realschule* (chapitre 7), le lien intergénérationnel devrait figurer dans les manuels scolaires correspondants. Sur les quatre manuels analysés, seuls deux manuels l'évoquent dans le texte au sous-chapitre décrivant la formation du fruit et de la graine de cerisier (M51, M52) et dans l'introduction pour définir la reproduction des végétaux (M51, p.145) : « *De la fleur fécondée d'un pommier par exemple, se développe un fruit avec des graines. De ces graines, des pommiers se forment à nouveau, s'ils parviennent à terre et y germent*³⁰⁹ ». Les manuels (M45, M49 et M50) qui n'abordent pas du tout ce lien intergénérationnel commencent par la germination (ordre thématique ci-dessus). En France, tous les manuels de 6^e présentent le lien intergénérationnel, 66,7% l'illustrent. Cela est sans doute facilité par le questionnement sur le peuplement du milieu figurant également dans les programmes scolaires pour le collège (chapitre 7).

³⁰⁹ « Aus der befruchteten Blüte eines Apflebaumes zum Beispiel entwickelt sich die Frucht mit den Samen. Aus diesen Samen entstehen wieder Apfleebäume, wenn sie in die Erde gelangen und dort austreiben » (traduction personnelle)

Certains manuels présentent le cycle de vie des plantes à fleurs ; nous allons voir par la suite quels manuels sont concernés et comment le cycle y est représenté. Sont considérées comme cycle de vie les représentations qui décrivent les différents stades de développement d'une plante avec l'aboutissement à un nouvel individu susceptible de parcourir ces mêmes stades. Le fait que les manuels abordent chaque stade sans préciser le lien entre ces stades et en utilisant pour chaque stade des exemples de plantes différents, n'est pas considéré comme une représentation du cycle de vie. Seule une représentation dans un même document (texte ou ensemble d'images) est considérée ici.

8.6.4 Le cycle de vie dans les manuels scolaires

Trois formes graphiques du cycle de vie ont été repérées parmi l'ensemble des manuels scolaires analysés. A titre d'exemple, les figures suivantes illustrent ces formes de manière générale. Le cycle fermé met en avant l'idée d'une succession répétitive de stades identiques (Figure 35). Le cycle ouvert décrit le développement d'un individu de sa naissance à sa mort, mais illustre également la naissance de la génération suivante, susceptible de suivre le même développement que l'individu représenté ; deux stades sont ainsi identiques dans une telle représentation graphique (Figure 36). Le cycle sous forme de spirale représente le changement de génération (Figure 37) ; le point de départ illustré peu toutefois varié d'un éditeur à l'autre. Par la suite, les cycles propres aux différents manuels seront néanmoins précisés, puisqu'ils peuvent varier d'un éditeur à l'autre. Les manuels français sont décrits dans un premier temps, puis, dans un second temps, ceux du *Baden-Württemberg*.

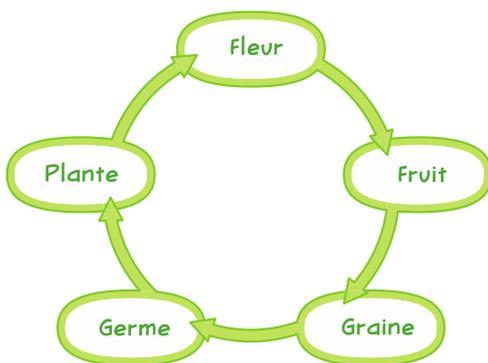


Figure 35 : Cycle de vie fermé³¹⁰

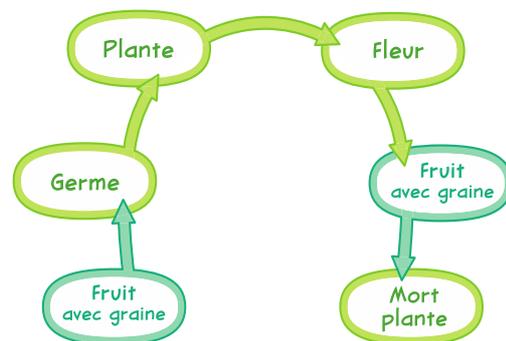


Figure 36 : Cycle de vie ouvert

³¹⁰ Les trois figures (35 à 37) sont réalisées par Laurent Schmitt (laurenschmitt.pro@free.fr)

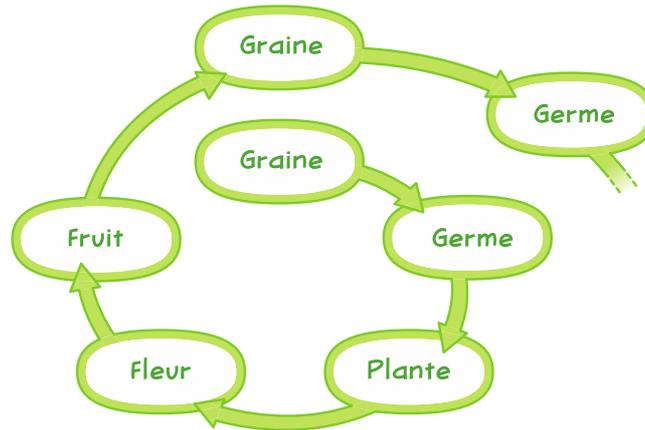


Figure 37 : Cycle de vie sous forme de spirale

8.6.5 Les manuels français du primaire

Nous avons vu au chapitre précédent, que les programmes scolaires français ne définissent pas le cycle de vie de la même manière au cycle 2 et au cycle 3. Comment les manuels correspondants représentent-ils le cycle de vie végétal ? Est-il présenté dans le sens du développement d'un individu (de la naissance à la mort) ou dans celui de la perpétuation de l'espèce ? Le Tableau 44 donne une vue d'ensemble des représentations du cycle de vie dans les manuels français pour le primaire.

Tableau 44 : Représentation du cycle de vie d'une plante à fleurs dans les manuels français de sciences expérimentales (cycle 3) et de découverte du monde (cycle 2) de l'école élémentaire

N°	E	N	D	Représentation du cycle de vie vs développement de l'individu dans les manuels																				
				Cycle de vie										Per		Développement d'un individu								
				T	Cycl	I _i	I _t	PI	SM	EX	Ind	Cor	T	T	I _i	I _t	PI	M	PI					
M2	Bo	C2	2009	SI	6	X	1											6	X	1	1	1		
M5	Hac	C2	2011																				X	
M8	Hat	CP	2010																					
M9	Hat	CE1	2010	1F	1	X	1																	
M13	M	C2	2011																				X	
M15	N	C2	2012	1O	1	X	1																	
M1	Be	C3	2010																					
M3	Bo	CE2	2009	2O	2	X	2						dév	dév										
M4	Bo	CM	2010	1O	1	X	1	Ffrgr	1					vie	X									
M6	Hac	CE2	2009																					
M7	hac	CM	2010																					
M10	Hat	CE2	2012	X	1F	1	X							vie	X									
M11	Hat	CM1	2012																					
M12	Hat	CM2	2012	1S	1	X								vie										
M14	M	C3	2010	1S	1	X	1																	
M16	N	C3	2008																					

Colonnes du tableau : Editeur (E), Niveau (N), Date de parution (D), Perpétuation de l'espèce (Per), Texte (T), Cycle de vie (Cycl) qui peut être représenté sous forme de : Suite d'images (SI), cycle Ouvert (O), ou Fermé (F), ou en Spirale (S), Illustration : nombre d'images illustrées (I_i), présence d'un texte accompagnant l'illustration (I_t), nombre de Plantes représentées se référant à la colonne précédente du tableau (PI), Stades Manquants (SM), Exercices (EX), Index (Ind), le terme "cycle de vie" (vie) ou "cycle de développement" (dév) est utilisé dans le corpus du manuel (Cor), Manipulation (M), Formation du fruit et des graines (Ffrgr)

Au cycle 2, trois manuels représentent le cycle de vie végétal. Les éditeurs Hatier (M9) et Nathan (M15) représentent des cycles avec l'aboutissement d'une nouvelle génération (sens de la perpétuation de l'espèce). Pour Hatier (M9) il s'agit d'un **cycle fermé** qui illustre tout de même la mort de la plante-mère ; pour Nathan (M15), un **cycle ouvert** est représenté depuis le transport du grain de pollen sur le stigmate jusqu'à la formation d'une nouvelle fleur ouverte (comportant des étamines et un pistil). Cependant les éléments mâle et femelle ne sont pas annotés ; y figure uniquement « *grain de pollen* » et « *ovule* » (Nathan, M15, p.102). Un schéma du cycle de vie végétal figure dans les guides pédagogiques chez Hachette (M5) et Magnard (M13) : le premier étant destiné aux élèves en guise de résumé, tandis que pour le second éditeur, le schéma s'adresse aux enseignants.

Bordas (M2) est le seul éditeur à présenter le développement des plantes à fleurs dans son manuel sous forme d'une **suite d'images numérotées** sans flèches qui, grâce aux textes, permet de retracer le cycle de vie. Ces images permettent également une approche du cycle saisonnier avec l'alternance de formes ainsi que du développement d'un individu (de la naissance à la mort), ici à l'exemple du marronnier. C'est d'ailleurs le seul manuel qui représente visuellement le développement individuel d'une plante ; Hachette (M5) et Magnard (M13) l'évoquent cependant par le texte (Tableau 44).

Alors que le guide pédagogique du manuel pour le cycle 2 de l'éditeur Hachette (M5) met à disposition des enseignants ce schéma récapitulatif du cycle de vie à destination des élèves, le guide pédagogique du manuel de CE2 du même éditeur (M6) précise que le concept du cycle de vie pose problème aux élèves de cet âge :

« *En effet :*

- *soit ils font une confusion avec les cycles saisonniers ;*
- *soit ils ne comprennent pas cette représentation, car ils sont plus sensibles à l'histoire individuelle de l'arbre. »* (Guichard, 2010, p. 52)

Pour cet éditeur, « *Les représentations linéaires de la vie du végétal sur la durée sont donc à privilégier* » (Guichard, 2010, p. 52).

Dans les manuels du cycle 3 de Bordas (M3, M4) et Magnard (M14), le concept du cycle de vie est illustré par les plantes suivantes : petit pois et coquelicot (M3), marronnier (M4), cerisier (M14). Deux des 5 manuels du cycle 3 présentent des **cycles ouverts** (M3, M4) ; ainsi le changement de génération et l'idée de recommencement y apparaissent ; la mort de la plante-mère est indiquée dans les deux cas. Le cahier d'activités de CE2 de Hatier (M10) présente un **cycle fermé**. Il s'agit en fait d'un schéma à remplir par les élèves avec les notions : graine - jeune plante - plante - fleur - fruit - plante morte - germination - croissance - floraison et fructification - vieillissement - dissémination des graines. Le guide pédagogique précise pour

ce cahier, qu'il s'agit de comprendre le cycle de vie naturel constitué par les étapes : de la graine à la plante, de la plante au fruit puis du fruit à la graine. Cependant le vieillissement et la mort de la plante-mère sont également mentionnés dans le cahier (M10). Dans les manuels de Hatier (CM2, M12) et de Magnard (C3, M14) le cycle est représenté sous forme de **spirale**, ce qui permet de mieux visualiser le concept même de cycle de vie avec son changement de génération. Effectivement ce n'est pas la plante-mère qui "redevient" graine.

Contrairement au manuel de Hatier (CM2, M12) dans lequel l'illustration du cycle sert de rappel aux acquis antérieurs, les autres manuels ont intégré les illustrations du cycle dans leur corpus (M2, M3, M4, M9, M10, M12, M14, M15). Le premier stade du cycle n'est pas identique d'un éditeur, voire d'un manuel à l'autre (Tableau 45). Cinq manuels sur huit commencent par la graine ou la germination, ce qui permet de décrire le développement de l'individu mais ne met pas forcément en avant l'alternance de génération (Bautier *et al.*, 2000). Deux manuels commencent tout de même par la fleur (M2, M15) et mettent ainsi l'accent sur la reproduction et la formation d'une nouvelle génération. Le Tableau 44 indique également que dans le manuel de CE2 de Bordas (M3), l'expression "cycle de développement" figure dans l'index et dans le corpus du manuel. Bordas (CM, M4) et Hatier (M10, M12), utilisent celle de "cycle de vie" dans le corpus de leurs manuels. Cependant, ni le cycle de vie, ni le cycle de développement ne sont définis dans ces manuels.

Tableau 45 : Identification du premier stade du cycle de vie et de la mort de la plante dans les manuels scolaires français illustrant le cycle de vie végétal

N°	E	N	D	Premier stade du cycle	Mort de la plante
M2	Bo	C2	2009	Floraison	X
M3	Bo	CE2	2009	Graine	X
M4	Bo	CM	2010	Dissémination	X
M9	Hat	CE1	2010	Germination	X
M10	Hat	CE2	2012	Graine	X
M12	Hat	CM2	2012	Germination	X
M14	M	C3	2010	Germination	-
M15	N	C2	2012	Fleur	-

Editeur (E), Niveau (N), Date de parution (D), Bordas (Bo), Hatier (Hat), Magnard (M), Nathan (N), Cycle (C), Cours Élémentaire (CE), Cours Moyen (CM)

8.6.6 Les manuels français du secondaire

Regardons maintenant ce qui se passe dans les manuels du secondaire en France. L'expression du "cycle de vie" n'apparaît pas textuellement dans les programmes du collège, cependant le concept y est représenté par les connaissances à acquérir par les élèves sur l'alternance de formes, le peuplement du milieu et le maintien de l'espèce (chapitre 7). Sur les quatre manuels de 6^e qui représentent le cycle de vie des plantes à fleurs, seuls Bordas (M18) et Hachette (M19) illustrent l'alternance de formes au cours des saisons par le cycle de vie (Tableau 46). Leurs schémas se présentent sous forme de cycle fermé ; aucun commencement n'est distingué.

Tableau 46 : Représentation du cycle de vie d'une plante à fleurs dans les manuels français des sciences de la vie et de la terre

N°	E	M	N	D	Représentation du cycle de vie dans les manuels								
					Cycle de vie						Per		
					Cycl	I,i	I,t	PI	SM	Lex	Cor	T	
M17	Be	SVT	6 ^e	2009									
M18	Bo	SVT	6 ^e	2009	1F	1	x	1				dév	
M19	Hac	SVT	6 ^e	2005	1F	1	x	1	P, F, Ffrgr				
M20	Hat	SVT	6 ^e	2005									
M21	M	SVT	6 ^e	2013			x	1	P, F, Ffrgr				
M22	N	SVT	6 ^e	2009	1F	1	x	1	fl, P, F, Ffrgr			vie	
M23	Be	SVT	4 ^e	2007						x		vie	
M24	Bo	SVT	4 ^e	2007									x
M25	Hac	SVT	4 ^e	2007	1F	1	x	1	P			dév	x
M26	Hat	SVT	4 ^e	2007									
M27	M	SVT	4 ^e	2007	1F	1	x	1	G			vie	x
M28	N	SVT	4 ^e	2007									

Colonnes du tableau : Editeur (E), Matière (M), Niveau (N), Date de parution (D), Perpétuation de l'espèce (Per), Cycle de vie (Cycl), représenté sous forme de cycle Fermé (F), Illustration : nombre d'images illustrées (I,i), présence d'un texte accompagnant l'illustration (I,t), nombre de Plantes représentées se référant à la colonne précédente du tableau (PI), Stades Manquants (SM), Lexique (Lex), le terme "cycle de vie" (vie) ou "cycle de développement" (dév) est utilisé dans le corpus du manuel (Cor), Texte (T), Pollinisation (P), Fécondation (F), Formation du fruit et des graines (Ffrgr), fleur (fl)

Le manuel de Nathan (M22) contient certes une illustration du cycle de vie, mais celle-ci figure en tant que rappel aux acquis de l'école primaire. Ce cycle ne comporte par ailleurs, ni fleurs, ni formation de fruit. Il s'agit davantage de montrer qu'une plante se reproduit en formant des graines qui, en germant, peuvent donner une plante adulte (graine-plante-graine). Là encore, aucun point de départ n'est distingué clairement. Dans le manuel de Magnard (M21), le cycle de vie est évoqué par le texte accompagnant deux images : « *La fleur au*

printemps. Le fruit contenant les graines en été. Ce sont les graines qui passent l'hiver sous terre et germent chaque printemps pour donner de nouvelles fleurs de coquelicots » (M21, p.49). Cependant, la formation du fruit n'y est pas évoquée. Parmi les manuels de 4^e, seuls Hachette (M25) et Magnard (M27) représentent visuellement le cycle de vie d'une plante à fleurs. Alors que le premier utilise ce cycle dans le chapitre sur l'influence de l'humain sur l'environnement, le second le fait pour aborder la reproduction sexuée et le maintien des espèces dans le milieu de vie. Le texte qui accompagne l'illustration du cycle fermé dans l'édition Magnard (M27), commence par décrire la dissémination. Dans plusieurs manuels les expressions "cycle de vie" ou "cycle de développement" sont utilisées ; seul Belin (M23, p.9) en précise le sens dans l'encadré "vocabulaire" en début de chapitre : « *cycle de vie (un) : étapes successives de la vie d'un être vivant, qui assurent le renouvellement d'une espèce* ».

8.6.7 Les manuels du *Baden-Württemberg*

Tenant compte des différences entre les *Bildungspläne* des trois types d'établissement (*Werkrealschule*, *Realschule* et *Gymnasium*) se pose la question de leur transposition dans les manuels scolaires. Le concept du cycle de vie y est-il abordé ? Quels sont les stades de ce cycle qui figurent dans les manuels ? Pour compléter cette analyse, j'ajoute également les manuels de la *Grundschule*, bien que nous ayons vu au chapitre précédent qu'aucune indication ne préconise explicitement une approche cyclique du développement des végétaux.

En effet, ce cycle est illustré dans deux manuels de classe 1 des éditeurs Cornelsen (M29) et Westermann (M41) (Tableau 47) ; le premier est un **cycle fermé** intitulé « *le pissenlit se disperse* » (M29, p.62), le second représente le tournesol au cours des saisons pendant deux années par l'agencement d'**images successives**, accolées. Alors que le cycle du pissenlit (M29) comporte les différents stades du cycle de vie (graines, plante, inflorescence, infrutescence, graines), le cycle du tournesol (M41) omet les fruits. Le guide pédagogique correspondant mentionne à ce propos qu'il s'agit pour les élèves de s'approprier le cycle qui se compose comme suit : « *graine – germination – plante – fleur – graine* » (Meier, 2004, p. 92). Sur les images (non annotées), les graines semblent tomber de la fleur séchée, ce qui peut induire les élèves en erreur (voir cycle floral, chapitre 2). Le cahier d'activité correspondant propose le découpage et la mise en ordre de ces mêmes images. Ni le manuel, ni le guide de l'enseignant ne précisent les concepts. Dans le cadre de l'alternance de formes, l'éditeur Schroedel (classe 2, M38) décrit textuellement le cycle de vie du tournesol par les stades suivants : graine, germination, plante, fleur, graines, dormance, germination. Dans ce manuel les fruits ne sont pas non plus évoqués.

La manipulation indiquée dans le Tableau 47 est en fait une observation de longue durée de la variation saisonnière d'un arbre tout au long de l'année à proximité de l'école. Remarquons que le cycle de vie n'est représenté dans aucun manuel des classes 3 et 4 de la *Grundschule*. Seul le guide du maître de Westermann (classe 4, M44) mentionne que les élèves doivent avoir un aperçu du cycle de vie des animaux et des plantes. Cependant, ce cycle n'est illustré et mentionné dans le manuel correspondant qu'avec l'exemple de la grenouille.

Au secondaire, un seul éditeur (Klett) propose dans les manuels de la *Werkrealschule* (M46) et de la *Realschule* (M50) une représentation du cycle de vie végétal (Tableau 47). Pour les élèves de la *Werkrealschule* (M46), ce cycle est simplement décrit textuellement dans le cadre d'une description d'une plante à fleurs, la moutarde des champs : formation des fruits à partir des fleurs, dissémination des graines, germination et croissance de la nouvelle plante avec formation des premières fleurs. Le manuel Navigator (Klett, M50) à destination des élèves de la *Realschule*, illustre le cycle de vie du cerisier : tous les stades sont représentés mais aucune explication textuelle n'est donnée ; la dissémination se fait par une intervention humaine, notamment par le crachat du noyau de cerise par un enfant. La représentation graphique du cycle est également accompagnée d'une photo, visualisant une fille avec un panier rempli de cerises.

Les guides pédagogiques de Cornelsen (M45, M49) et Westermann (M48) proposent des fiches, à photocopier, sur les stades de développement depuis la formation du fruit (à partir de la fleur) jusqu'à la plante en fleur. Les élèves doivent ainsi reconstituer le déroulement (du cycle) et annoter les images avec des expressions données (M45, M49) ou non (M48). Les plantes choisies pour cet exercice sont le cerisier pour Cornelsen et le pommier pour Westermann. Enfin, notons que la perpétuation de l'espèce est évoquée dans deux manuels : Klett, (Prisma, M51) et Natura (M54).

Tableau 47 : Représentation du cycle de vie d'une plante à fleurs dans les manuels des sciences naturelles du *Baden-Württemberg*

Représentation du cycle de vie																
N°	E	M	N	D	Cycle de vie											P
					T	PI	Cy	I,i	I,t	PI	SM	M	Fi	Ca	T	
M29	C	MNK	1	2004			1F	1	x	1	Ffg			1		
M30	C	MNK	2	2004												
M31	C	MNK	3	2005												
M32	C	MNK	4	2005												
M33	K	MNK	1	2005												
M34	K	MNK	2	2004												
M35	K	MNK	3	2005												
M36	K	MNK	4	2006												
M37	S	MNK	1	2004												
M38	S	MNK	2	2004	x	1								1		
M39	S	MNK	3	2004												
M40	S	MNK	4	2004												
M41	W	MNK	1	2004			SI	8	x	1						1
M42	W	MNK	2	2004												
M43	W	MNK	3	2005												
M44	W	MNK	4	2005												
M45	C	MNT	5.-6.	2004												1
M46	K	MNT	5.-6.	2004	x	1						Po, F, Ffrgr				
M47	S	MNT	5.-6.	2004												
M48	W	MNT	5.-6.	2004												1
M49	C	NWA	5.-6.	2004												1
M50	K, Na	NWA	5.-6.	2004			1F	1		1	G, F, DN					
M51	K, Pr	NWA	5.-6.	2004												x
M52	S	NWA	5.-6.	2004												
M53	C	Bio	5.-6.	2010												
M54	K	Bio	5.-6.	2004												
M55	S	Bio	5.-6.	2004												

Colonnes du tableau : Editeur (E), Matière (M), Niveau (N), Date de parution (D), Perpétuation de l'espèce (P), Texte (T), nombre de Plantes représentées se référant à la colonne précédente du tableau (PI), Cycle de vie (Cycl), représenté sous forme de cycle Fermé (F) ou par une Suite d'Images (SI), Illustration : nombre d'images illustrées (I,i), présence d'un texte accompagnant l'illustration (I,t), Stades Manquants (SM), Manipulation (M), Fiche à photocopier (Fi), Cahier d'activité (Ca), Pollinisation (Po), Fécondation (F), Formation du fruit et des graines (Ffrgr), Germination (G), Dissémination Naturelle (DN)

8.6.8 Discussion et conclusion

Le cycle de vie des plantes à fleurs est donc davantage représenté dans les manuels scolaires français. Ainsi, 66,7% des manuels à destination des élèves de l'école élémentaire contiennent, au moins une fois par collection, une représentation du cycle de vie (Bordas, Hatier, Magnard et Nathan). Celle-ci est cependant différente selon les manuels tantôt en ce qui concerne la forme du cycle (ouvert, fermé, en spirale), tantôt en ce qui concerne le premier stade représenté. Cette différence peut provenir, entre autres, du fait que les programmes scolaires pour l'école élémentaire attribuent des sens différents à l'expression du "cycle de vie" (chapitre 7). Au secondaire, le cycle de vie est également représenté dans 66,7% des manuels de 6^e et dans 33,3% des manuels de 4^e. Dans les manuels du secondaire au *Baden-Württemberg* par contre, cette représentation du cycle est utilisée uniquement par l'éditeur Klett. Cependant, là encore, les représentations divergent. D'après l'analyse des *Bildungspläne*, on aurait pu s'attendre à retrouver davantage de représentations du cycle de vie et de l'idée de perpétuation de l'espèce dans les manuels de la *Realschule*. Visiblement, les éditeurs correspondants sont moins familiarisés avec une telle représentation. En France par contre elle semble être certes critiquée par l'un des éditeurs (Hachette), mais tout de même courante pour tous. Passons maintenant à l'analyse sémantique.

8.7 Résultats de l'analyse sémantique

L'analyse sémantique a permis de saisir les mots mis en valeur et/ou définis par les éditeurs ainsi que ceux figurants dans l'index. Les résultats seront présentés en fonction des régions.

8.7.1 Les manuels français

Dans l'ensemble des manuels scolaires du primaire français, 25 mots, relatifs au champ conceptuel du cycle de vie végétal, sont mis en valeur et/ou définis ; 12 le sont par au moins cinq des six éditeurs (Tableau 48). Ces mêmes mots sont également repris et mis en valeur et/ou définis dans les manuels de 6^e (Tableau 49).

Parmi ces 12 mots figurent les trois concepts-clés du cycle de vie (fleur, fruit, graine) ainsi que les organes essentiels des fleurs pour la reproduction sexuée (étamines, pistil, pollen, ovule). Les manuels du primaire mettent surtout le terme de reproduction en avant alors qu'au collège il s'agit du mode de reproduction, sexuée ou végétative.

Les processus-clés du cycle de vie sont davantage mis en valeur dans les manuels de 6^e (germination, fécondation, formation des graines, dispersion). Le terme de pollinisation l'est

moins. Cependant, les éditeurs Belin (M17), Bordas (M18), Magnard (M21) et Nathan (M22) mettent en valeur le transport et/ou le dépôt du pollen. Rappelons, que les programmes scolaires de 6^e n'utilisent pas non plus le terme de pollinisation mais évoquent « *le dépôt de pollen sur le pistil de la fleur* » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008c, p. 33) (chapitre 7).

Parmi les 24 mots relevés dans les manuels de 6^e, 19 sont mis en valeur par au moins cinq des six éditeurs. Ils sont donc relativement homogènes concernant les notions importantes mises en évidence.

Les notions définies par au moins cinq éditeurs sont : en 6^e) embryon, graine, pistil, germination et espèce, en 4^e) ovule et fécondation. Cinq manuels de 6^e, comportent un index. Les notions de graines, pistil, germination et espèce y figurent également (Tableau 50).

En accord avec le sujet abordé dans les manuels de 4^e, les mots mis en valeur et/ou définis sont en lien avec la fécondation (cellule-œuf, cellule-reproductrice, ovule, pollen, fécondation et reproduction sexuée).

Si l'on considère l'ensemble des manuels français analysés, cinq mots sont mis en valeur et/ou définis par au moins cinq éditeurs des différents niveaux (primaire, 6^e et 4^e) : l'espèce, la reproduction (sexuée), la fécondation, l'ovule et le pollen.

Tableau 48 : Mots mis en valeur (■) et définitions (■) figurant dans les manuels scolaires du primaire en France

	Manuels		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16
	Niveaux	Editeurs														
	C3	Be	C2	CE2	CE2	CE2	CE2	CP	CE1	CE2	CM1	CM2	C2	C3	C2	C3
			Bo	CM	Hac	Hac		Hat					M		N	
Organes																
étamine			■		■		■							■		■
fleur			■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■
fruit			■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■
graine		■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■
ovaire							■							■		■
ovule							■							■		■
pistil							■							■		■
pollen							■							■		■
semis			■		■									■		■
Processus																
naissance				■		■								■		■
germination			■	■			■			■	■			■		■
croissance			■	■			■			■	■			■		■
fleur en fruit			■		■		■							■		■
pollinisation				■		■								■		■
fécondation				■		■								■		■
naissance nouvel individu			■	■										■		■
reproduction			■	■										■		■
reproduction sexuée			■	■		■								■		■
Autre																
cycle de vie/ développement			■											■		■
développement				■										■		■
espèce			■	■										■		■
être vivant			■	■										■		■
plante à fleurs			■	■										■		■
plante			■	■										■		■
végétaux			■	■										■		■

Cycle (C), Cours Préparatoire (CP), Cours Élémentaire (CE), Cours Moyen (CM), Belin (Be), Bordas (Bo), Hachette (Hac), Hatier (Hat), Magnard (M), Nathan (N)

Tableau 49 : Mots mis en valeur (■) et définitions (■) figurant dans les manuels scolaires du collège en France

Manuels	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	
	Be	Bo	Hac	Hat	M	N	Be	Bo	Hac	Hat	M	N	
Niveaux	6 ^e						4 ^e						
Organes	cellule-œuf						■	■	■	■	■	■	
	cellule reproduction						■	■	■	■	■	■	
	embryon	■		■	■	■	■						
	étamine	■	■		■	■	■			■	■		
	fleur	■	■	■	■	■	■			■			
	fruit	■	■	■	■	■	■				■		
	graine	■	■	■	■	■	■	■			■	■	
	nouvel individu	■	■		■	■		■	■	■	■	■	
	organe dispersion	■											
	organe reproduction	■											
	ovaire									■	■		
	ovule	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	pistil	■	■	■	■	■	■			■	■	■	
	pollen	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	tube pollinique							■	■		■	■	
Processus	germination	■	■	■	■	■				■			
	pollinisation		■	■						■			
	fécondation	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	
	formation graine	■	■	■	■	■	■						
	dispersion	■	■	■	■	■	■						
	reproduction sexuée	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	formation nouvel. Individu					■	■	■		■	■	■	■
Autre	développement	■		■	■	■	■						
	changement forme	■	■	■	■	■	■						
	espèce	■		■	■	■	■	■		■	■	■	
	plante à fleurs/ à graines	■	■	■		■	■	■	■		■	■	
	plante	■	■	■	■	■	■			■			
	végétaux	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■

Belin (Be), Bordas (Bo), Hachette (Hac), Hatier (Hat), Magnard (M), Nathan (N)

Tableau 50 : Mots figurant dans l'index des manuels scolaires du collège en France

Manuels	M17	M18	M19	M20	M21	M23	M24	M25	M26	M27	M28
	Be	Bo	Hac	Hat	M	Be	Bo	Hac	Hat	M	N
Niveaux	6 ^e					4 ^e					
Organes	cellule-œuf					■	■	■	■	■	■
	cellule reproductrice					■	■	■	■	■	■
	embryon	■								■	
	étamine		■		■					■	
	fleur		■		■						
	fruit	■	■		■						■
	graine	■	■	■	■	■	■				■
	organe dispersion	■									
	organe reproduction	■									
	ovaire						■		■	■	■
	ovule	■					■	■	■	■	
	pistil	■	■	■	■	■		■			■
	pollen	■	■	■		■		■		■	■
	tube pollinique							■		■	■
Processus	germination	■	■	■	■	■					
	croissance		■							■	
	fécondation	■	■			■	■	■	■	■	
	dispersion					■					
	reproduction sexuée	■		■		■	■		■		■
Autre	espèce	■	■	■	■	■			■		
	plante à fleurs/ à graines					■					

Belin (Be), Bordas (Bo), Hachette (Hac), Hatier (Hat), Magnard (M), Nathan (N)

8.7.2 Les manuels du *Baden-Württemberg*

Dans les manuels scolaires pour la *Grundschule* du *Baden-Württemberg*, très peu de mots relatifs au cycle de vie sont mis en valeur voire définis (Tableau 51). Seul le terme “végétaux” semble être important pour l'ensemble des éditeurs. Cornelsen (M29 à M32) est le seul éditeur à mettre en valeur les concepts-clés du cycle de vie ; les processus-clés le sont pour partie par Klett (M36), pour partie par Schroedel (M39 et M40). La multiplication, bien qu'elle figure au programme, est mise en évidence par seulement deux éditeurs.

Dans les manuels du secondaire inférieur du *Baden-Württemberg* au contraire, en moyenne 20,5 mots sont mis en valeurs par les éditeurs (Tableau 52). L'écart entre les manuels est cependant assez important : allant de 7 mots mis en valeur dans le manuel de Klett pour la *Realschule* (Navigator, M50) à 25 dans celui de Schroedel pour la

Werkrealschule (M47). Pour 7 manuels des trois types d'établissement, les mots suivants sont mis en valeur et/ou définis : 1) concepts-clés du cycle de vie : graine, fleur, 2) principaux éléments de la fleur pour la reproduction sexuée : étamine, ovaire, pollen, style, 3) processus-clés du cycle de vie : germination, pollinisation, fécondation.

C'est dans les manuels du *Gymnasium* que le plus de mots sont mis en valeur et définis. Ces manuels semblent aussi être les plus homogènes quant au choix des notions importantes. Dans ceux de la *Werkrealschule*, seul l'éditeur Westermann (M48) propose des définitions. Les mots "fruits" et "dispersion" sont mis en valeur dans les manuels pour la *Werkrealschule* et pour le *Gymnasium*, mais pas dans ceux pour la *Realschule*. Cependant l'un des manuels pour la *Realschule* met en valeur et définit la perpétuation de l'espèce (M51).

La reproduction (sexuée) est seulement mise en valeur par quatre manuels du secondaire inférieur. La plupart des titres dans les manuels ne font pas référence à la reproduction sexuée des végétaux. Les éditeurs utilisent davantage des titres comme par exemple "de la fleur au fruit" (M45, M49, M51, M53, M54), "Après la fleur vient le fruit" (M46), "de la fleur de cerisier à la cerise³¹¹" (M48). Ces titres révèlent plutôt des aspects observables, concrets et ne conceptualisent pas la reproduction sexuée.

³¹¹ « Von der Blüte zur Frucht », « Nach der Blüte kommt die Frucht », « Von der Kirschblüte zur Kirschfrucht » (traduction personnelle)

Tableau 51 : Mots mis en valeur (■) et définitions (■) figurant dans les manuels scolaires de la *Grundschule* du *Baden-Württemberg*

Manuels	M29	M30	M31	M32	M33	M34	M35	M36	M37	M38	M39	M40	M41	M42	M43	M44
	Cornelsen				Klett				Schrödel				Westermann			
Niveaux	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Organes																
fleur	■															
fruit			■													
inflorescence	■															
graine	■															
Processus																
germination												■				
floraison								■								
pollinisation								■								
dissémination												■				
Autre																
développement														■		
multiplication				■				■								
pollinisateurs								■								
végétaux	■	■	■		■	■			■	■	■	■	■		■	■

Tableau 52 : Mots mis en valeur (■) et définitions (■) figurant dans les manuels scolaires du secondaire inférieur au *Baden-Württemberg*

Manuels		M45	M46	M47	M48	M49	M50	M51	M52	M53	M54	M55	
Editeurs		C	K	S	W	C	K, N	K, P	S	C	K	S	
Etablissement		<i>Werkrealschule</i>				<i>Realschule</i>				<i>Gymnasium</i>			
Organes	carpelle	■		■		■		■	■	■	■	■	
	cellule-œuf	■	■	■		■		■	■	■	■	■	
	cellule reproductrice	■		■	■	■		■					
	embryon			■				■	■			■	
	étamine	■		■	■	■		■	■	■	■	■	
	filet	■		■		■			■	■	■	■	
	anthère	■		■	■	■		■	■	■	■	■	
	fleur	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	fruit	■	■	■	■	■				■	■	■	■
	graine	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■
	organe génital			■									
	organe reproducteur							■		■			
	ovaire	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■
	ovule	■		■		■			■	■	■	■	■
	pistil	■		■	■	■			■	■	■		
	pollen	■	■	■		■		■	■	■	■	■	■
	stigmate	■		■	■	■		■	■	■	■		■
	style	■		■	■	■		■	■	■	■	■	■
tube pollinique	■	■	■		■				■	■	■	■	
Processus	dormance						■						
	gonflement			■	■			■		■	■	■	
	germination	■		■	■	■		■	■	■	■	■	
	croissance	■			■	■	■	■	■	■	■	■	
	pollinisation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	fécondation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	dispersion fruit, graine	■	■	■	■	■				■	■	■	
	reproduction				■			■				■	■
	reproduction sexuée									■			
Autre	perpétuation espèce							■					
	pollinisateurs	■	■	■	■	■	■		■	■		■	
	plante à fleurs/ à graines	■			■	■			■	■	■	■	
	plante	■	■		■	■	■		■			■	
	végétaux			■				■	■		■	■	

Cornelsen (C), Klett (K), Navigator (N), Prisma (P), Schroedel (S), Westermann (W)

Tableau 53 : Mots figurant dans l'index des manuels scolaires du secondaire inférieur du Baden-Württemberg

Manuels Niveaux Etablissement	M45	M46	M47	M48	M49	M50	M51	M52	M53	M54	M55	
	C	K	S	W	C	K, N	K, P	S	C	K	S	
	<i>Werkrealschule</i>				<i>Realschule</i>				<i>Gymnasium</i>			
Organes	carpelle	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■
	cellule-œuf		■	■	■		■	■	■	■		■
	cellule reproductrice								■			
	embryon			■				■	■	■		■
	étamine	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	filet		■	■			■				■	■
	anthère		■	■			■	■			■	■
	fleur	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■
	fruit	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■
	gamète											■
	graine	■	■	■	■	■			■	■	■	■
	organe génital		■									
	organe reproducteur									■		
	ovaire		■	■	■		■	■	■	■	■	■
	ovule		■	■					■	■	■	■
	pistil	■	■	■	■	■	■	■		■	■	
	plantule	■				■		■			■	
	pollen	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■
stigmate		■	■	■		■	■	■		■	■	
style		■	■			■	■			■	■	
tube pollinique		■	■			■	■		■	■	■	
Processus	dormance			■			■	■		■	■	
	gonflement		■	■	■		■	■		■	■	
	germination	■	■	■	■	■		■	■	■	■	
	croissance		■				■	■	■	■	■	
	pollinisation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	fécondation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	développement du fruit			■								
	dispersion fruit, graine	■				■					■	
	reproduction							■	■		■	
reproduction sexuée	■				■			■	■		■	
Autre	cycle						■					
	développement		■	■				■				
	espèce	■		■	■	■		■	■	■	■	
	être vivant		■		■		■				■	
	pollinisateur							■	■	■		
	plante à fleurs / à graines	■	■	■	■	■	■			■	■	

Cornelsen (C), Klett (K), Navigator (N), Prisma (P), Schroedel (S), Westermann (W)

Bien qu'elle soit abordée dans les manuels scolaires pour la *Werkrealschule* (8.6), la reproduction sexuée des végétaux figure uniquement dans l'index du manuel de Cornelsen (M45) (Tableau 53). Des dénominations variées concernant la reproduction et la multiplication figurent dans les index des manuels du secondaire inférieur du *Baden-Württemberg* (Tableau 54). Dans l'index du manuel de Westermann pour la *Werkrealschule* (M48) figure, par exemple, la multiplication asexuée, mais c'est la reproduction asexuée qui est définie dans le lexique. Aucune précision concernant l'emploi de l'un ou de l'autre terme n'est donnée. Ces dénominations correspondent aux préconisations des *Bildungspläne* puisqu'à la *Werkrealschule*, il est question de multiplication et au *Gymnasium* de reproduction (chapitre 7). A la *Realschule* aucune précision n'est apportée pour les végétaux. Cependant, en consultant les pages correspondantes, seuls les manuels de l'éditeur Schroedel (M47, M51, M55) renvoient effectivement à la formation des fruits et des graines.

Tableau 54 : Mots liés à la reproduction et la multiplication figurant dans l'index des manuels scolaires du secondaire inférieur du *Baden-Württemberg*

Manuels		M45	M46	M47	M48	M49	M50	M51	M52	M53	M54	M55
		C	K	S	W	C	K, N	K, P	S	C	K	S
Niveaux		<i>Werkrealschule</i>				<i>Realschule</i>				<i>Gymnasium</i>		
Etablissement		<i>Werkrealschule</i>				<i>Realschule</i>				<i>Gymnasium</i>		
Termes figurant dans l'index	Reproduction							■	■		■	
	Reproduction sexuée	■				■				■		■
	Reproduction asexuée						■			■		■
	Multiplication	■	■			■					■	
	Multiplication sexuée								■			
	Multiplication asexuée				■	■			■	■		

Cornelsen (C), Klett (K), Navigator (N), Prisma (P), Schroedel (S), Westermann (W)

Les manuels de la *Werkrealschule* des éditeurs Klett (M46) et Westermann (M48) ainsi que celui de Cornelsen pour le *Gymnasium* (M53) évoquent la multiplication (asexuée) ou reproduction asexuée ainsi que la reproduction sexuée avec l'exemple de la pomme de terre. Cependant, dans les chapitres concernant la formation des fruits et des graines, la reproduction est uniquement mentionnée par Westermann (M48). Dans l'illustration du cycle de vie du cerisier du manuel Navigator de Klett (M50), abordé précédemment, la reproduction sexuée n'est nullement mentionnée. A la suite du cycle (dans ce manuel), il est écrit : « *Es geht auch ohne ! (ungeschlechtliche Fortpflanzung)*³¹² » (M50, p143). Le manuel Prisma de Klett (M51) mentionne la reproduction dans l'introduction de la partie concernant les végétaux et aborde la multiplication asexuée à l'exemple des plantes d'appartement. Enfin, l'index du

³¹² « C'est aussi possible sans ! (reproduction asexuée) » (traduction personnelle)

manuel de Klett pour le *Gymnasium* (M54) contient deux fois le terme de reproduction ; le premier renvoie aux chapitres sur les vertébrés et le second aux chapitres sur les végétaux. Quant à l'utilisation des termes botaniques allemands vs d'origine latine (chapitre 5), l'analyse des manuels scolaires correspondants montre que ce sont, avant tout, les premiers qui sont énoncés. Seul le terme de "*Pollen*" est davantage utilisé que son équivalent "*Blütenstaub*".

8.7.3 Discussion et conclusion

Pour clore cette analyse sémantique, quelques remarques peuvent être faites en juxtaposant les manuels scolaires de France et du *Baden-Württemberg*, d'abord pour le primaire puis pour le secondaire. Les manuels français pour le primaire mettent nettement plus les mots relatifs au champ conceptuel du cycle de vie en évidence. Cela est dû, en partie, au fait que les contenus correspondants sont plus détaillés mais aussi parce qu'il y a tout simplement davantage de contenus relatifs au sujet (8.6). Concernant la mise en valeur des mots, les manuels du secondaire en France et au *Baden-Württemberg* sont relativement proches. Cependant, dans les manuels français, les notions sont davantage définies et cette définition mise en valeur (dans un encadré, un glossaire). Les index dans les manuels allemands sont cependant plus complets que ceux des manuels français. L'accentuation de certains termes, plutôt que d'autres, est sans doute due aux préconisations respectives des programmes scolaires ou des *Bildungspläne*,

8.8 Conclusion de l'analyse des manuels

Dans cette conclusion, les principaux éléments de l'analyse des manuels scolaires sont présentés dans le Tableau 55. Ces particularités seront cependant discutées en lien avec l'analyse des programmes scolaires dans le cadre de la discussion générale de la partie 2.2. Il me reste à remarquer que les parties des manuels pour le secondaire inférieur du *Baden-Württemberg* abordant les végétaux, mettent en exergue les "plantes utiles" (chapitre 7) à l'exemple des céréales et de la pomme de terre. L'aspect utilitaire des plantes pour les humains y est mis en avant.

Tableau 55 : Principaux éléments relevés lors de l'analyse des manuels scolaires des sciences naturelles de France et du *Baden-Württemberg*

	Manuels	
	de France	du <i>Baden-Württemberg</i>
1) Cadre juridique	Liberté de libre concurrence entre éditeurs	Manuels scolaires soumis à une autorisation de mise sur le marché
2) Organisation générale	Outil de travail avec des documents à analyser, des notions essentielles, bilans et exercices	Référentiel, recueil d'information et outils de travail
structuration	Selon la démarche d'investigation	/
Parties/Chapitres	Par thématique (exemple, la reproduction sexuée) pour tous les êtres vivants	Entre autres par Règne (animaux, végétaux)
Références aux programmes scolaires	oui	non
3) Thématiques	Tous les processus du cycle sont abordés	Certains manuels de la <i>Realschule</i> omettent la dissémination et le lien intergénérationnel
Ordre thématique	Soit ordre chronologique soit questionnement sur l'origine des graines ; mise en lien	Ordre chronologique (le point de départ peut différer d'un manuel à l'autre), mais pas forcément successif, ni mis en lien
4) Processus du cycle		
Au primaire	Sont détaillés, représentés textuellement et visuellement	La germination est abordée par tous. Seuls quelques éditeurs détaillent les autres processus
Au secondaire	Tous abordés dans les manuels (la fécondation explicitée en 4 ^e)	Tous abordés dans les manuels (sauf pour la <i>Realschule</i>). Les textes sont plus détaillés
5) Représentation graphique du cycle de vie		
Au primaire	8 manuels sur 16 contiennent une illustration du cycle : suite d'images, cycle ouvert, fermé ou en spirale	1 cycle complet, 1 ne mentionnent pas les fruits
Au secondaire	- En 6 ^e : 3 manuels sur 6 - En 4 ^e : 2 manuels sur 6	1 seul éditeur (2 manuels : 1 WRS, 1 RS)
6) Analyse sémantique		
Au primaire	Concepts et processus-clés mis en valeur	Mise en valeur des mots et définitions quasi absente
Au secondaire	Plus de définitions	Index plus complets ; moins de définitions

Werkrealschule (WRS), Realschule (RS)

DISCUSSION ET CONCLUSION DES “CURRICULA A ENSEIGNER”

Les progrès importants dans des disciplines telles que l'écologie par exemple, la physiologie et la génétique ont contribué à l'abandon de la structuration de l'enseignement de la biologie basée sur la classification et séparant notamment l'étude des végétaux et celle des animaux au profit de l'étude des principes du vivant (Eschenhagen *et al.*, 2006). Alors que les directives de la *Kultusministerkonferenz* (2005) préconisent une approche centrée sur les principes du vivants, les *Bildungspläne* pour le secondaire inférieur du *Baden-Württemberg* (notamment ceux pour la *Realschule* et le *Gymnasium*) maintiennent également une approche atomistique³¹³ (principes du vivant et distinction entre animaux et végétaux) (chapitre 7). Les manuels correspondants, quant à eux, mettent clairement une approche atomistique en avant puisqu'ils abordent les végétaux et les animaux séparément (chapitre 8). En France, le socle

³¹³ Dans les *Lehrpläne* pour les classes 5 et 6 des trois types d'établissements du *Baden-Württemberg* de 1977, les caractéristiques communes des êtres vivants sont mis en avant ; bien que par la suite, ces caractéristiques, notamment la reproduction sexuée, soient abordées séparément pour les animaux, les végétaux et les humains. Les *Bildungspläne* pour la *Realschule* du *Baden-Württemberg* de 1984 et 1994 n'évoquent plus ces caractéristiques communes. Ils mettent davantage en avant le respect et l'attention envers la nature et le vivant. Pour cela, l'élève doit apprendre à connaître les animaux et les végétaux voire les relations et adaptations entre espèces (notamment entre l'anatomie d'une fleur et son insecte pollinisateur). La reproduction sexuée des plantes à fleurs n'est plus mentionnée textuellement ; elle figure dans ces *Bildungspläne* uniquement par le contenu mentionnant le passage de la fleur au fruit.

commun, les programmes et les manuels scolaires ont une approche holistique des êtres vivants (chapitre 7 et 8). Cela permet en effet de montrer les similitudes, tout comme les différences, entre règnes et entre espèces.

Je note également, que les manuels scolaires français sont structurés selon les phases de la démarche d'investigation favorisant la construction des connaissances par les élèves à partir des documents et activités proposés tout en présentant une synthèse des connaissances à acquérir (chapitre 8). Au *Baden-Württemberg*, les manuels scolaires du secondaire inférieur peuvent servir à l'élève et à l'enseignant (entre autres) de référentiel. Bien que ces manuels comportent des pages ou parties de pages spécifiques consacrées aux activités pratiques et aux méthodes des sciences naturelles, les textes informatifs sont très présents. Au vu de ces résultats de l'analyse des programmes et manuels scolaires, il semble y avoir un décalage entre le cadre fixé par la *Kultusministerkonferenz*, les préconisations des *Bildungspläne* et la transposition dans les manuels scolaires. Se pose alors la question des critères d'évaluation quant à l'autorisation de mise sur le marché des manuels scolaires du *Baden-Württemberg*. Concernant les manuels scolaires français, ils semblent aller dans le sens des préconisations du socle commun et des programmes scolaires, en tout cas, concernant le sujet étudié ici.

Depuis la sédentarisation des premiers hominidés, la culture de la terre, puis l'agriculture font partie des pratiques « *au service de l'alimentation* » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008c, p. 18). D'ailleurs, c'est cette pratique qui est mise en avant dans les programmes scolaires français du collège (chapitre 7). Les *Bildungspläne* du *Baden-Württemberg* évoquent davantage l'aspect utilitaire des végétaux repris dans les manuels (chapitre 7 et 8). D'un côté ce sont donc les connaissances sur la pratique (avec ses avantages, inconvénients, etc.) qui sont focalisées, de l'autre c'est l'intérêt des végétaux pour l'humain ou la société. Quelques particularités allemandes dans le domaine de la didactique de la biologie pourraient expliquer cette différence. Depuis les années 60, trois critères concernant le choix des contenus d'enseignement sont avancés par les didacticiens : « *la pertinence scientifique, la pertinence pour l'élève et la pertinence pour la société*³¹⁴ » (Eschenhagen *et al.*, 2006, p. 32). Les végétaux, dans le cadre entre autres de l'agriculture, sont en effet pertinents pour la société et les élèves. À titre d'illustration, l'un des manuels scolaires étudiés met en valeur que « *les plantes céréalières sont, pour l'alimentation humaine sur toute la terre, d'un intérêt particulier*³¹⁵ » (M51, p. 181). Le principe de l'exemplarité de Martin Wagenschein a également marqué la didactique allemande de la biologie. Il a notamment été introduit pour

³¹⁴ « *Wissenschaftsrelevanz, Schülerrelevanz und Gesellschaftsrelevanz* »

³¹⁵ « *Getreidepflanzen sind für die Ernährung der Menschen auf der ganzen Welt von besonderer Bedeutung* »

palier à l'ampleur croissante des contenus à enseigner. Quatre aspects caractérisent ce principe (Gropengießer *et al.*, 2010; Killermann, Hiering et Starosta, 2005) :

- L'élémentaire : se référant à une connaissance, affirmation ou compréhension fondamentale
- L'apprentissage génétique : selon lequel, l'apprenant doit acquérir ses connaissances par l'investigation et le développement
- Les phénomènes : l'observation se fait sur des objets réels exemplaires avant que le phénomène ne soit généralisé (cette généralisation ne doit cependant pas se faire trop rapidement)
- Le fondamental : met en avant le rapport de l'humain à l'objet. Ainsi, les contenus d'enseignement doivent concerner l'apprenant et influenceront de ce fait « *leur compréhension sur eux-mêmes et sur le monde* » (Gropengießer *et al.*, 2010, p. 22)

Cette exemplarité se retrouve notamment dans les manuels scolaires étudiés du *Baden-Württemberg* concernant l'illustration de la reproduction sexuée des plantes à partir de la formation de la cerise (chapitre 8) et de la germination à partir du haricot (exemples figurant également dans l'ouvrage didactique de Killermann *et al.*, 2005, p. 48). L'un des inconvénients de ce principe d'exemplarité soulevé par Gropengießer *et al.* (2010, p. 22) est qu'il manque conséquemment un « *aperçu des principes généraux et de leur liens*³¹⁶ ». Cela est accentué par le fait que très peu de manuels évoquent la reproduction sexuée lorsqu'ils présentent la formation du fruit (cerise) à partir de la fleur (chapitre 8). Alors que les *Bildungspläne* actuels évoquent la reproduction sans préciser le ou les modes (chapitre 7), les *Lehrpläne* pour la *Realschule* de 1977 mentionnaient la reproduction sexuée des végétaux. Dans les programmes, tout comme dans les manuels scolaires français étudiés, ce terme de reproduction sexuée est clairement utilisé pour les végétaux (chapitre 7 et 8). Dans le cadre de la réforme du *Bildungsplan* pour le secondaire inférieur du *Baden-Württemberg* de 2016, le terme de reproduction sexuée sera réintroduit concernant les connaissances à acquérir sur les végétaux.

L'analyse des programmes et des manuels scolaires a permis de préciser le questionnement initial concernant ce sujet de recherche. Trois axes de recherches ont ainsi pu être dégagés : le raisonnement cyclique, l'intervention humaine et l'utilisation d'un vocabulaire scientifique. Le cycle de vie végétal apparaît à la fois dans les programmes et dans les manuels scolaires français. Leur analyse met à jour la place octroyée à ce concept dans le cadre de l'enseignement des sciences naturelles et notamment sa liaison à la

³¹⁶ « Fehlende Übersicht über allgemeine Prinzipien und deren Verknüpfung » (traduction personnelle)

reproduction sexuée. Ainsi, les élèves français devraient être plus familiarisés avec le cycle de vie que les élèves du *Baden-Württemberg*. Ont-ils pour autant davantage une conception de ce cycle en accord avec celle des botanistes actuels ? Les élèves alsaciens pensent-ils davantage de manière cyclique que ceux du *Baden-Württemberg* ? Dans la représentation du cycle de vie du cerisier dans le manuel Navigator de Klett (M50), une personne humaine est à l'origine de la dissémination du noyau de cerise. Cette nécessité de l'intervention humaine et l'aspect utilitaire des plantes pour les humains mis en avant par l'utilisation notamment de l'intitulé "plantes utiles" dans les *Bildungspläne* et manuels scolaires du *Baden-Württemberg* pose davantage question : les élèves du *Baden-Württemberg* ont-ils un rapport plus utilitaire face aux plantes que les élèves français ? Nous avons également vu, que le vocabulaire scientifique utilisé dans les manuels français du primaire est plus riche que celui utilisé dans les manuels de la *Grundschule*. Cependant, il paraît important à la fois dans les manuels du collège et dans ceux du secondaire inférieur du *Baden-Württemberg* (chapitre 8). Les élèves utilisent-ils pour autant ce vocabulaire pour décrire le cycle de vie d'une plante à fleurs ? Ce questionnement pourra maintenant être utilisé pour préciser la méthodologie de l'enquête principale à venir. Les données obtenues dans cette analyse contextuelle serviront de base pour la formulation des hypothèses quant à la comparaison des conceptions d'élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg*.

PARTIE 3

ENQUETE PRINCIPALE

INTRODUCTION DE L'ENQUETE PRINCIPALE

L'enquête exploratoire (chapitre 2) m'a permis de découvrir les différents modèles mentaux du cycle de vie de certaines plantes à fleurs que pouvaient avoir des élèves de CM2, de 6^e et de 4^e des deux côtés du Rhin. Au sein de l'enquête principale, je cherche à recueillir les conceptions des élèves d'Alsace et du Baden-Württemberg à partir desquelles je pourrai élaborer les modèles mentaux. Je cherche également à connaître la fréquence de ces modèles dans chaque région. Suite à l'analyse contextuelle (partie 2), il est probable de trouver des différences quant aux conceptions qu'ont les élèves du cycle de vie des plantes à fleurs.

Nous avons vu aux chapitres 7 et 8, que l'enseignement des sciences naturelles à l'école primaire et à la *Grundschule* diffère quant au regroupement disciplinaire. En France, les programmes scolaires du primaire contiennent essentiellement des contenus de sciences naturelles, alors qu'au *Baden-Württemberg*, les sciences naturelles sont associées à l'éducation artistique et musicale donc à l'éveil sensoriel. Les élèves de la *Grundschule* du *Baden-Württemberg* sont ainsi amenés non seulement à acquérir des connaissances sur les végétaux, mais également à les percevoir. L'enseignement *Mensch-Natur-Kultur* intègre les dimensions cognitives mais également affectives et manuelles. Par conséquent, les manuels

scolaires de la *Grundschule* au Baden-Württemberg abordent la nature et les végétaux par les cinq sens, juxtaposant des informations et questionnements de sciences naturelles, des manipulations (plantation et expériences) et des activités artistiques (dessins, bricolages, observation d'œuvres d'art, chants, création et utilisation d'instruments à partir d'objets trouvés dans la nature, ...). En France, au contraire, la présentation du cycle de vie et ses composantes dans les manuels scolaires du primaire est axée sur l'acquisition de connaissances en sciences naturelles. Au secondaire au Baden-Württemberg, les matières scientifiques sont regroupées alors qu'en Alsace, elles sont dissociées en Sciences de la Vie et de la Terre, physique et chimie. Bien qu'ils présentent également des manipulations, des questionnements et des documents, les manuels scolaires du Baden-Württemberg sont de véritables recueils d'informations avec des textes importants alors qu'en France, les manuels sont plutôt des recueils de documents. Là encore, les approches d'apprentissage ne sont pas identiques entre les deux régions : au Baden-Württemberg, l'élève pourra se référer aux textes pour obtenir des informations alors qu'en France, l'élève est amené à analyser les documents pour en déduire des informations.

Nous avons vu au chapitre 4 que le terme de cycle de vie apparaît pour la première fois dans les programmes scolaires français de 1980 du cycle moyen de l'école primaire (équivalent au cours moyen actuel). Cela n'a pas été le cas au Baden-Württemberg.

Outre les différents modèles conceptuels, l'enquête exploratoire décrite au chapitre 2, a révélé que les élèves catégorisent les plantes. En effet, tous les élèves n'avaient pas un même modèle conceptuel du cycle de vie pour toutes les plantes à fleurs présentées lors des entretiens (plante de moutarde, pommier, cerisier, plante de petit pois, plante de poivron). Je suppose que le regroupement se fait principalement en trois catégories : les "fruits" (au sens commun), les "légumes" et les "fleurs" (tels le rosier ou la marguerite).

L'enquête principale permettra de mesurer à plus grande échelle s'il existe des différences régionales quant aux conceptions qu'ont les élèves en 7^e année d'enseignement sur le cycle de vie des plantes à fleurs. Je cherche également à cibler davantage les facteurs d'influence. Je suppose que l'établissement voire l'enseignant (avec ses approches et pratiques), la localisation géographique (Alsace, Baden-Württemberg) ainsi que la catégorie de plante ont une influence sur les conceptions des élèves. Concernant les modèles mentaux identifiés lors de l'enquête exploratoire, je chercherai à connaître leur répartition dans les deux régions. Pour cette enquête principale, le recueil de données se fait à l'aide de questionnaires permettant ainsi d'interroger un nombre plus important de personnes. Deux questionnaires sont utilisés : l'un à destination des enseignants des sciences de la vie et l'autre à destination des élèves de 7^e année d'enseignement. Alors que le premier me permet de recueillir des informations contextuelles liées à l'enseignement, le second sert à recueillir les conceptions

momentanées qu'ont les élèves du cycle de vie de certaines plantes à fleurs. Cette partie présente les résultats de l'enquête principale interprétés à la lumière de l'analyse contextuelle. Le chapitre 9 présente le cadre méthodologique de l'enquête principale. Les résultats des questionnaires à destination des enseignants sont décrits au chapitre 10. Il donnera des informations sur l'enseignement dispensé aux élèves interrogées concernant la reproduction sexuée et le cycle de vie des plantes à fleurs. Le chapitre 11 présente les résultats des questionnaires à destination des élèves. Au chapitre 12, l'élaboration des modèles mentaux est mise en avant.

Chapitre 9 : Cadre méthodologique de l'enquête principale

Différents aspects méthodologiques (tels que le choix de la cohorte, la validation des questionnaires, les démarches administratives et le déroulement de l'enquête principale) sont décrits en amont puisqu'ils concernent l'ensemble de l'enquête. Les méthodes détaillées pour le recueil des données auprès des enseignants et des élèves ainsi que pour l'élaboration des modèles mentaux se fera dans les chapitres respectifs (chapitres 10, 11 et 12).

9.1 Choix de la cohorte

Suite à l'analyse des programmes et des manuels scolaires, je recueille les conceptions qu'ont 998 élèves de 7^e année d'enseignement (Tableau 56). D'après les programmes scolaires, c'est essentiellement au cycle 3 et en 6^e en France ainsi qu'en classe 5 et 6 au *Baden-Württemberg* que le développement et la reproduction sexuée sont à enseigner. Je ne cherche pas à entrer dans les détails des processus-clés, mais plutôt à connaître les conceptions qu'ont les élèves de l'ensemble du cycle de vie et du développement des plantes à fleurs, comment les élèves lient les différents concepts et processus. Tous les élèves de 7^e année d'enseignement interrogés ont suivi un enseignement disciplinaire de sciences naturelles. Comme évoqué à plusieurs reprises, il existe trois types d'établissement du secondaire au *Baden-Württemberg*. J'interrogerai les élèves de la *Realschule*. En effet, j'y trouverai à la fois des élèves ayant un niveau scolaire élevé et moins élevé, tout comme au collège unique en France. Par ailleurs, ce n'est que dans les programmes de la *Realschule* que l'idée du cycle de vie apparaît (chapitre 7).

Tableau 56 : Elèves participants à l'enquête principale

Région	Nombre d'élèves	Filles	Garçons	Sexe non indiqué	Âge moyen
Alsace	530 (53,1%)	276 (52,1%)	245 (46,2%)	9 (1,7%)	12,2
Baden-Württemberg	468 (46,9%)	244 (52,1%)	222 (47,4%)	2 (0,4%)	12,6

D'après les données statistiques concernant les effectifs des filles et des garçons des classes de 7^e année d'enseignement, la tendance devrait être inversée : au *Baden-*

Württemberg il y avait 51,8% de garçons pour l'année scolaire 2013/2014 à la *Realschule*³¹⁷ en classe 7 et en Alsace 50,5% au collège en 5^e (Ministère de l'Éducation Nationale et Direction de l'évaluation de la prospective et de la performance, 2014). Dans notre étude, l'ensemble des élèves des classes interrogées a participé. Je ne peux pas expliquer le pourcentage plus élevé de filles dans notre cohorte.

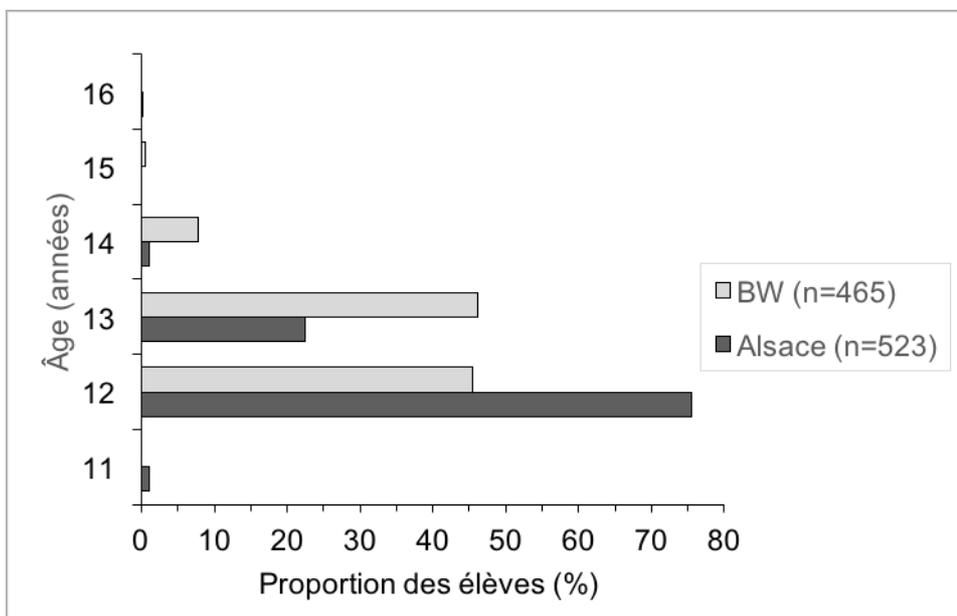


Figure 38 : Pourcentage d'élèves participants à l'enquête principale par tranche d'âge

Tous les élèves interrogés sont issus d'un même niveau d'enseignement. L'âge ne sera ainsi pas considéré comme une variable à tester.

Au final 18 établissements et 42 classes ont participé à l'étude. Afin d'avoir une cohorte plus représentative, les établissements choisis se situent en zones rurale et urbaine de même densité. Il y a eu autant d'établissements allemands que français. L'ensemble des établissements, le nombre de classes et d'élèves sont présentés dans le Tableau 57 et situés sur une carte (Figure 39)

³¹⁷ Source : <https://www-genesis.destatis.de> (consulté le 27.06.2016)

Tableau 57 : Répartition des établissements participants à l'enquête principale

Etablissements	Ville			Campagne				
	Lieu	Nbr. d'établ.	Nbr. de classes	Nbr. d'élèves	Lieu	Nbr. d'établ.	Nbr. de classes	Nbr. d'élèves
Alsace	Strasbourg	2	5	113	Haguenuau	1	2	53
	Mulhouse	1	2	37	Obernai	1	2	49
	Colmar	1	4	96	Soufflenheim	1	3	78
					Herrlishheim	1	3	56
				Ribeauvillé	1	2	48	
Total Alsace		4	11	246		5	12	284
Baden-Württemberg	Karlsruhe	2	4	88	Bühl	1	3	86
	Freiburg	1	2	44	Sinzheim	1	2	46
	Sindelfingen	1	2	45	Rheinmünster	1	3	84
					Seelbach	1	2	48
				Birkenfeld	1	1	27	
Total BW		4	8	177		5	11	291

Nombre (Nbr.), établissement (établ.), Baden-Württemberg (BW)

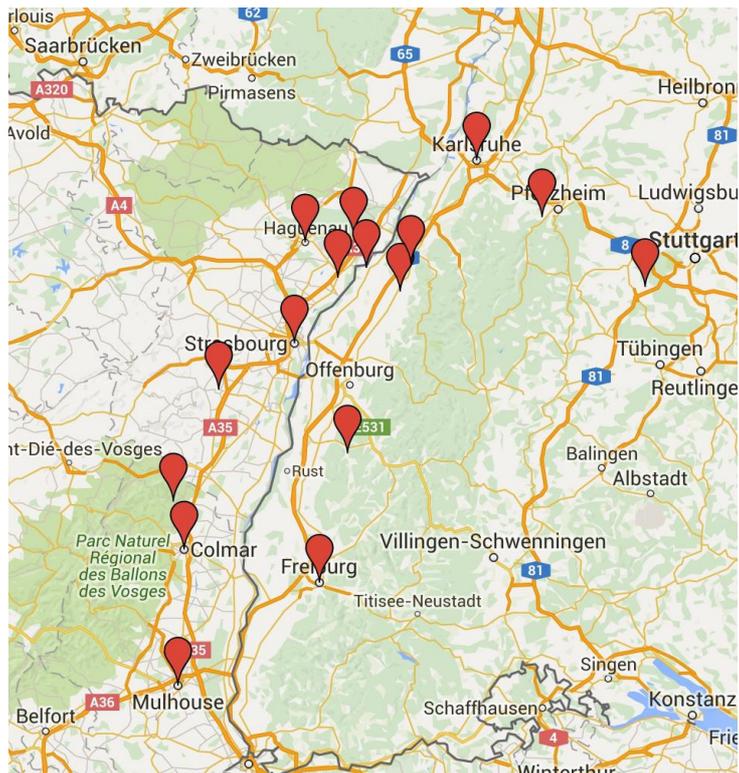


Figure 39 : Cartes visualisant les établissements participants à l'enquête principale. Un point peut représenter un ou plusieurs établissements. Carte réalisée à l'aide de Google Maps (Map data ©2016 GeoBasis-De/BKG (©2009), Google)

9.2 Validation des questionnaires

Avant de faire passer les questionnaires à l'ensemble des classes choisies pour cette enquête principale, je les ai testés en deux temps :

- 1) Test avec trois à six élèves permettant de réajuster la formulation des questions et le vocabulaire, la taille des images et la place laissée pour le collage.
- 2) Test avec une classe au *Baden-Württemberg* et une classe en Alsace permettant de réajuster l'ensemble du questionnaire ainsi que les plantes choisies.

En effet, lors de cette deuxième phase de test, j'ai rencontré certaines difficultés quant à l'analyse et à l'interprétation des réponses données par les élèves. J'ai ainsi décidé de ne pas utiliser la plante de haricot comme initialement prévu mais plutôt la plante de poivron. Je pensais au départ que la plante de haricot serait plus familière aux élèves que la plante de poivron, qui avait été utilisée lors de l'enquête exploratoire. Cependant lors de cette deuxième phase de test, plusieurs élèves du *Baden-Württemberg* ont titré la graine par "*Bohne*", ce qui pose problème quant à l'interprétation des réponses ; "*Bohne*" pouvant désigner le haricot (fruit) ou la graine de haricot dans le langage courant allemand. J'ai également ajouté une

question ouverte, permettant de vérifier la compréhension et la réponse donnée à la question précédente et laissant la possibilité de décrire le processus de formation du fruit. Cette explication était nécessaire pour identifier les modèles mentaux et faire le parallèle avec l'enquête exploratoire. Les élèves qui ont participé à ces tests, n'ont pas été intégrés à la cohorte.

9.2.1 Démarches administratives

Le questionnaire de l'enquête étant prêt, j'ai cherché des établissements volontaires pour participer à l'étude. Je n'avais eu que très peu de refus auprès des collèges alsaciens contrairement aux *Realschulen* du *Baden-Württemberg*. J'ai ainsi monté un dossier de demande d'autorisation pour enquête auprès du *Kultusministerium* du Land. L'autorisation m'a été donnée le 9 janvier 2014 ; les établissements allemands ont alors davantage accepté de collaborer. En France j'avais également fait une demande d'autorisation pour enquête auprès de Monsieur le Recteur de l'Académie de Strasbourg, mais les établissements avaient montré leur intérêt bien avant et indépendamment de la réponse. Chaque établissement avait eu soit par courrier électronique soit par courrier une lettre décrivant l'enquête ainsi qu'un exemplaire du questionnaire (version rosier) à destination des élèves et un à destination des enseignants (voir annexe). Les établissements allemands souhaitaient également avoir une copie de l'autorisation du *Kultusministerium*.

9.2.2 Déroulement de l'enquête

L'enquête a pu débuter en janvier 2014 dans les collèges alsaciens et s'est terminée en février. J'ai proposé aux établissements de faire passer les questionnaires soit par l'un de leurs enseignants avec des consignes de réalisation, soit par moi-même. Au final, quatre établissements allemands et quatre établissements français souhaitaient ma présence pour faire passer les questionnaires. Pour les autres, j'ai envoyé ou déposé les questionnaires photocopiés avec la consigne de réalisation, un ou plusieurs questionnaires à remplir par les enseignants ainsi qu'une enveloppe affranchie pour le retour. Seul le retour d'un établissement du *Baden-Württemberg* n'a pas pu être réceptionné. L'établissement affirme cependant que l'enseignant avait bien fait remplir les questionnaires et qu'ils avaient bien été renvoyés. Je n'ai pas comptabilisé cet établissement dans le Tableau 57.

Lorsque je suis arrivée dans les classes, je me suis brièvement présentée ainsi que le cadre de l'étude. Il me paraissait important de préciser aux élèves qu'il ne s'agissait pas d'une évaluation et qu'il n'y aurait aucun impact sur leurs cours. Il leur a été précisé que seuls les

questionnaires remplis consciencieusement pouvaient être utilisés et qu'il fallait répondre à toutes les questions. Par la suite les questionnaires ont été montrés et des questions ont pu être posées par les élèves. Cependant aucune précision concernant le contenu des questions n'a été fournie. Pour éviter que les élèves ne "copient" sur leur voisin, j'ai précisé qu'ils n'auraient pas la même plante à traiter (cet aspect sera explicité au chapitre 12) et qu'il était important pour moi de connaître les conceptions de chacun et non celles copiées de leur voisin. Par ailleurs les discussions et échanges entre élèves n'ont pas été acceptés. J'ai donc distribué les questionnaires identiques par colonne. Etant donné que je disposais d'une heure d'enseignement, il m'était possible de faire passer deux questionnaires abordant chacun une plante différente à chaque élève. En effet je cherchais à savoir si les élèves catégorisent les plantes et auraient de ce fait des conceptions différentes selon la plante. J'ai donc distribué un premier questionnaire à chaque élève puis un deuxième abordant une autre plante que celle traitée dans le premier questionnaire. Tous les élèves n'ont pas eu le temps de remplir entièrement le deuxième questionnaire. En Alsace 160 élèves ont répondu aux deux questionnaires et au *Baden-Württemberg* 230. Cette différence s'explique par le fait que j'ai pu faire passer les questionnaires dans deux classes supplémentaires au *Baden-Württemberg*. Aussi, les élèves du *Baden-Württemberg* semblaient plus autonomes et plus rapides quant au remplissage des questionnaires. Il y avait moins de questions de la part des élèves du *Baden-Württemberg* que de ceux d'Alsace. De ce fait, plus d'élèves du *Baden-Württemberg* étaient en mesure de remplir le deuxième questionnaire.

Au chapitre suivant, les aspects méthodologiques et les résultats de l'enquête auprès des enseignants seront présentés. Ces informations contextuelles sur l'enseignement me permettront de mieux situer et interpréter les résultats de l'enquête auprès des élèves.

Chapitre 10 : Pratiques et conceptions des enseignants

Le questionnaire à destination des enseignants n'est pas utilisé pour évaluer les enseignants, mais pour obtenir des informations sur les outils d'enseignement utilisés (par exemple l'utilisation de manuels scolaires, schémas, films, ...) et les contenus enseignés relatifs à la reproduction sexuée et au cycle de vie des plantes à fleurs ainsi que sur leur propre définition de ce cycle. Nous avons vu aux chapitres 7 et 8 qu'il y a certaines différences régionales concernant la présentation de ces contenus dans les programmes et manuels scolaires. Je suppose que cela peut avoir une influence sur les conceptions des élèves. Je suppose également que la conception qu'ont les enseignants du cycle de vie d'une plante à fleurs peut avoir une influence sur celle des élèves.

10.1 Méthodologie

Cette partie expose le contenu du questionnaire en tant qu'outil de recueil des données, la préparation des données et finalement leur analyse.

10.1.1 Recueil des données

Lors du passage en classe, j'ai demandé aux enseignants ayant eu les classes actuelles de 5^e en 6^e l'année précédente, de remplir les questionnaires qui leur étaient destinés. Ces questionnaires me permettent de récupérer quelques informations concernant leurs pratiques d'enseignement : utilisation (item 1) et fréquence d'utilisation d'un manuel (item 2) avec mention de l'ouvrage utilisé, utilisation des notions de "cycle de vie" et/ou de ses dérivés (item 3), contenus enseignés sur la reproduction sexuée des plantes à fleurs (item 5a), avec quels supports (item 5b) et à quel moment de l'année (item 5c). J'ai adapté la formulation de la question ainsi que les modalités de l'item 3, en intégrant les deux expressions pouvant décrire le cycle de vie : "*Lebenszyklus*" ou "*Lebenskreislauf*" et "*Entwicklungszyklus*" ou "*Entwicklungskreislauf*" pour le cycle de développement. J'ai également demandé aux enseignants de définir ce qu'ils entendent par "cycle de vie des plantes à fleurs" (item 4³¹⁸).

³¹⁸ Cette expression a été traduite en allemand par « *Entwicklungszyklus einer Blütenpflanze* ». Comme je l'ai mentionné au chapitre 4, les auteurs des ouvrages botaniques universitaires consultés, utilisent soit "*Entwicklungszyklus*" soit "*Lebenszyklus*". Les définitions données se rejoignent cependant. Le terme "*Entwicklungszyklus*" est utilisé par les collègues allemands de l'équipe de recherche de l'École Supérieure de Pédagogie de Karlsruhe. Dans les analyses qui sont faites au chapitre suivant,

Cela me permet de comparer leur conception avec celle décrite par la communauté scientifique et par les élèves. Un emplacement pour d'éventuelles remarques est réservé à la fin du questionnaire. Le questionnaire à destination des enseignants se trouve en annexe.

10.1.2 Préparation des données

Les données sont dans un premier temps saisies dans un tableur : les questions ouvertes (item 4, 5c et remarques éventuelles) y sont retranscrites textuellement, les réponses aux questions fermées sont reportées dans les catégories respectives. Avant l'importation de l'ensemble des réponses aux questionnaires dans le logiciel d'analyse statistique SPSS (IBM, version 23), les réponses aux questions ouvertes sont codifiées. L'item 4 (définition du cycle de vie) est notamment codifié en fonction du sens véhiculé : perpétuation de l'espèce ou développement de l'individu. L'item 5c est catégorisé en fonction des saisons.

10.1.3 Analyse des données

L'analyse est avant tout descriptive : présentation des effectifs et de la fréquence des modalités. Les définitions données par les enseignants du cycle de vie d'une plante à fleurs (item 4) sont catégorisées en fonction de leur raisonnement cyclique ou linéaire. L'ensemble des résultats est ensuite mis en lien avec l'analyse contextuelle (Partie 2) et les réponses des élèves données dans le cadre de cette enquête principale. Dans ce chapitre les résultats des enseignants sont uniquement interprétés à partir des données de l'analyse contextuelle. L'effet de l'enseignant sur les conceptions des élèves sera abordé au chapitre suivant.

10.2 Résultats et discussion

21 enseignants ont rendu leur questionnaire : 8 enseignants d'Alsace et 13 du *Baden-Württemberg*. Cette différence est notamment due au fait que les enseignants en Alsace enseignent dans plusieurs classes de même niveau. Au *Baden-Württemberg* au contraire, la plupart des enseignants n'enseignent les sciences naturelles que dans une seule classe de 7^e année. Seuls deux enseignants enseignent dans deux classes de même niveau. Tous les enseignants interrogés n'ont pas répondu au questionnaire.

cherchant l'influence de l'enseignant sur la conception des élèves, seuls les enseignants, indiquant que les termes "Lebenszyklus" et "Entwicklungszyklus" sont identiques et qu'ils abordent le concept tel qu'ils l'ont défini, seront considérés.

Parmi les enseignants d'Alsace, une plus grande variété de manuels est utilisée (item 1), alors qu'au *Baden-Württemberg*, 84,6% utilise le manuel Prisma (2004, M51) de l'éditeur Klett (Tableau 58). Parmi les manuels analysés au chapitre 8, seul celui de Bordas (2009, M18) représente graphiquement le cycle de vie végétal. Dans les manuels de Klett (Prisma, 2004, M51) et de Schroedel (2004, M52), la dissémination n'est pas conceptualisée. Les thématiques liées au cycle de vie sont abordées de manière décousue dans le manuel de Klett (Prisma, 2004, M51), partiellement décousue dans celui de Cornelsen (2004, M49) et successive dans celui de Schroedel (2004, M52). Alors que le manuel de Klett (Prisma, 2004, M51) évoque la perpétuation de l'espèce dans l'introduction de la partie concernant les plantes à fleurs, les manuels français ne l'abordent qu'en 4^e.

Tableau 58 : Manuels utilisés par les enseignants interrogés en Alsace et au *Baden-Württemberg* (* : manuels analysés au chapitre 8)

Région	Manuel utilisé	Nombre d'enseignants	Représentation du cycle
Alsace	* Belin 2009	2	-
	Belin 2005	1	?
	Bordas 2005	1	x
	Didier 2005	1	x
	* Hatier 2005	1	-
	* Bordas 2009	1	x
	Aucun	1	
Baden-Württemberg	* Klett Prisma 2004	11	-
	* Cornelsen 2004	1	-
	* Schroedel 2004	1	-

Les enseignants du *Baden-Württemberg* semblent utiliser plus fréquemment leurs manuels en cours que les enseignants d'Alsace (item 2, Figure 40). En effet, 8 enseignants du *Baden-Württemberg* sur les 13 l'utilisent au moins une fois par semaine en classe. En Alsace, 5 enseignants sur 7 l'utilisent au plus une fois par mois. Contrairement à ce qui a été mentionné dans le rapport de Michel Leroy (2012, chapitre 8), les enseignants interrogés d'Alsace n'utilisent qu'un seul manuel.

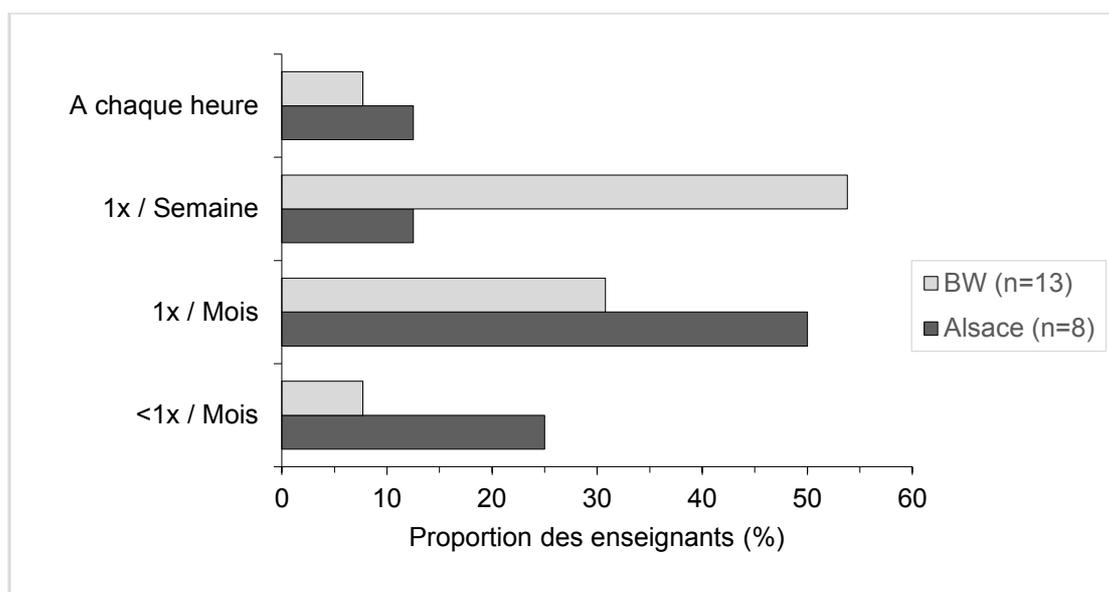


Figure 40 : Fréquence d'utilisation des manuels scolaires par les enseignants interrogés en Alsace et au *Baden-Württemberg*

Les notions s'apparentant au cycle de vie, utilisées en cours (item 3) sont plus diversifiées au *Baden-Württemberg* qu'en Alsace ; le terme de "Zyklus" étant équivalent à "Kreislauf". Deux enseignants du *Baden-Württemberg* utilisent plusieurs expressions ("Entwicklungszyklus" et "Lebenskreislauf" ; "Entwicklungszyklus" et "Entwicklungskreislauf"), mais aucun n'utilise le terme de "Lebenszyklus" (Tableau 59).

Tableau 59 : Utilisation des différentes notions s'apparentant au cycle de vie, par les enseignants d'Alsace et du *Baden-Württemberg*

Utilisation des notions	Nombre d'enseignants	
	En Alsace (n=8)	Au BW (n=13)
Cycle de vie	5	/
Lebenszyklus	/	0
Lebenskreislauf	/	6
Cycle de développement	2	/
Entwicklungszyklus	/	5
Entwicklungskreislauf	/	2
Aucune	1	2

Baden-Württemberg (BW) ; / : Expressions non comptabilisées puisqu'elles sont dans l'autre langue

En Alsace, les enseignants utilisent soit l'expression "cycle de vie" soit "cycle de développement". Bien que la notion de "cycle de développement" figure dans le manuel de Bordas (2009, M18), l'enseignant, utilisant ce manuel une fois par semaine, emploie la notion de "cycle de vie". Il est également à remarquer, que seul un enseignant d'Alsace et deux du *Baden-Württemberg* n'utilisent aucune des expressions proposées.

Les enseignants d'Alsace ont davantage défini le cycle de vie d'une plante au niveau de l'espèce et de sa perpétuation, avec la formation d'une nouvelle génération de graines (item 4, Figure 41) : « *description des différentes étapes permettant le passage d'une génération à la suivante* » (enseignant d'Alsace). Les enseignants du *Baden-Württemberg* ont plutôt décrit les stades de développement d'une plante : « *Entwicklung vom Samen zur fertigen Pflanze*³¹⁹ » ou « *Entwicklungsstadien einer Blütenpflanze. Samen - Keimen - Pflanze - Blüte - Frucht*³²⁰ » (deux enseignants du *Baden-Württemberg*).

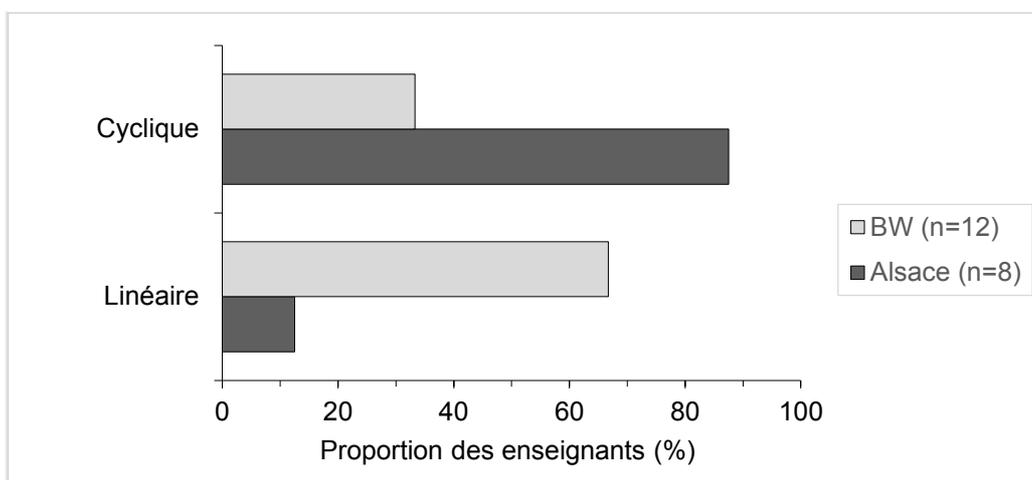


Figure 41 : Pourcentage d'enseignants d'Alsace et du *Baden-Württemberg* ayant défini le cycle de vie / de développement de manière cyclique ou linéaire

11 enseignants indiquent enseigner le concept du cycle de vie tel qu'ils l'ont défini : il s'agit de 5 enseignants d'Alsace (sur 7) et de 6 enseignants du *Baden-Württemberg* (sur 10). Cette information pourra être mise en relation avec les conceptions des élèves du cycle de vie végétal.

Tous les enseignants ont enseigné au moins deux contenus en rapport avec la reproduction sexuée des plantes à fleurs (item5a). Parmi les sept contenus proposés (formation du fruit, formation des graines, développement de la fleur en fruit, pollinisation par le vent, par les insectes, fécondation et dispersion des graines), en moyenne, les enseignants d'Alsace en enseignent 6,4 et ceux du *Baden-Württemberg* 5,4. Comme le montre la Figure 42 des "boîtes à moustache"³²¹, le nombre de contenus enseignés en Alsace se situe entre 5 et 7 avec une médiane à 7, alors qu'au *Baden-Württemberg* l'écart interquartile est plus étalé et la moustache inférieure atteint la valeur de 2. Cette différence pourrait être due au fait qu'au *Baden-Württemberg*, le *Bildungsplan* pour la *Realschule* n'explicite pas le concept de

³¹⁹ « Développement de la graine à la plante aboutie » (traduction personnelle)

³²⁰ « Stades de développement d'une plante à fleurs. Graine – germination – plante – fleur – fruit » (traduction personnelle)

³²¹ Traduction du terme anglais "box plot"

reproduction sexuée ou de cycle de vie. Aucun contenu concret n'est donc préconisé. Rappelons également que dans les manuels pour la *Realschule* de Klett (2004, M51) ainsi que dans celui de Schroedel (2004, M52), la dissémination n'est pas abordée.

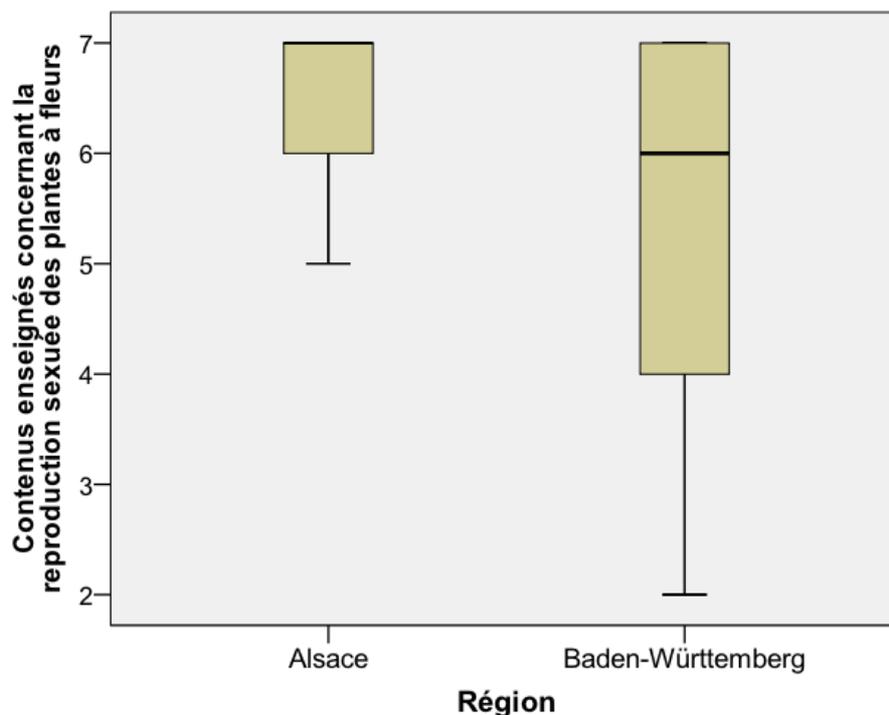


Figure 42 : Contenus enseignés en lien avec la reproduction sexuée des plantes à fleurs par les enseignants des deux régions

En Alsace les enseignants qui n'enseignent que 5 ou 6 des sept contenus proposés n'abordent pas la pollinisation par le vent et par les insectes ou la fécondation (Figure 43). Cependant, la fécondation n'est réellement au programme du collège qu'en 4^e. Au *Baden-Württemberg* la formation des fruits et des graines ainsi que la dissémination sont les contenus les moins enseignés. Les enseignants des deux régions abordent tous le développement de la fleur en fruit. Celle-ci est présente textuellement et visuellement dans les manuels utilisés par les enseignants. Cependant, la différence se situe au niveau du choix de la plante illustrée à ce propos : au *Baden-Württemberg*, tous les manuels représentent la formation de la cerise ; en France, Belin (2009, M17) et Hatier (2005, M20) représentent la formation du fruit à partir du coquelicot, Bordas (2009, M18), à partir du radis ravenelle (chapitre 8) et Bordas (2005) à partir du cerisier. D'après la catégorisation supposée des plantes à fleurs (en "fruits", "légumes" et "fleurs"), cette différence est importante. Alors qu'au *Baden-Württemberg*, la formation du fruit (sens botanique) est visualisée et abordée dans les manuels par un fruit (au sens commun), les manuels français le font à partir d'une fleur (au sens commun). Cependant aucune information supplémentaire n'a été demandée aux enseignants concernant les plantes choisies pour illustrer le développement de la fleur en fruit.

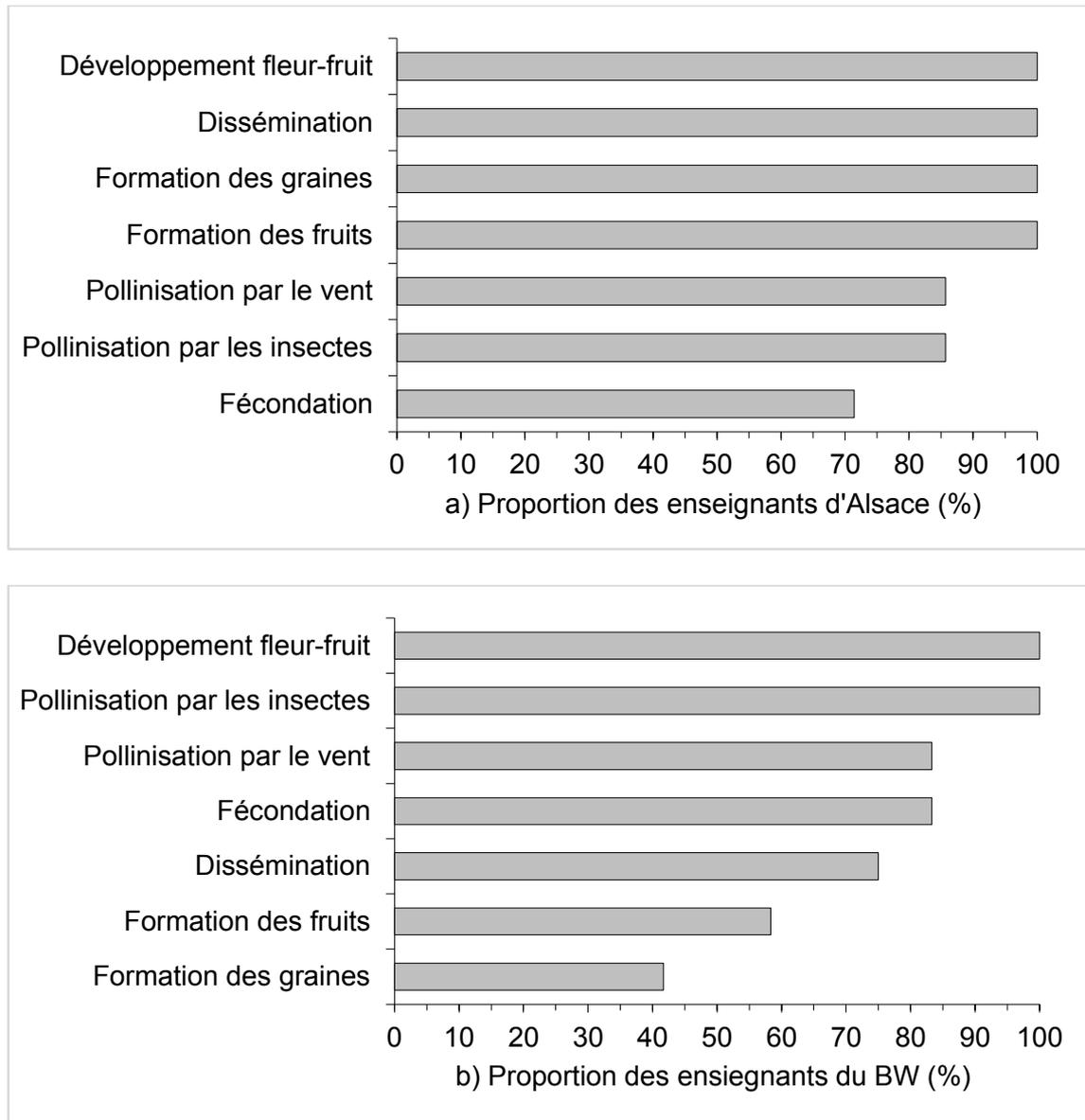


Figure 43 : Nombre d'enseignants a) d'Alsace (n=7) et b) du Baden-Württemberg (n=12) abordant les différents contenus liés à la reproduction sexuée des plantes à fleurs. Plusieurs réponses ont pu être cochées

Ces contenus sont enseignés à l'aide de différents outils. Parmi les outils proposés (item 5b) (schémas, films, observation sur des plantes réelles, jardin scolaire, textes documentaires / explicatifs) en moyenne, les enseignants d'Alsace en utilisent $4,0 \pm 0,33$ alors que ceux du *Baden-Württemberg* en utilisent $3,1 \pm 0,25$. Cette différence calculée par une analyse univariée de la variance est significative ($F(1,17)=4,89$, $p=0,041$). La Figure 44 montre que l'écart interquartile est plus important pour le groupe des enseignants du *Baden-Württemberg*. Parmi les enseignants d'Alsace, un enseignant est "atypique" puisqu'il n'utilise que deux outils : les schémas et les films. Les autres enseignants d'Alsace utilisent quatre

voire cinq outils ; le jardin scolaire est utilisé par deux enseignants. Trois enseignants du *Baden-Württemberg* pratiquent également le jardinage avec leurs élèves (Figure 45).

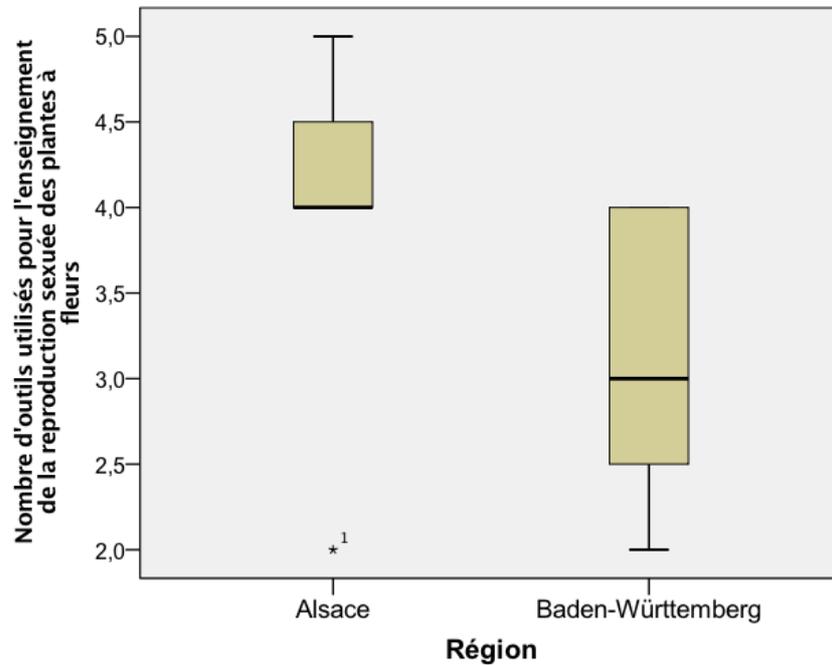


Figure 44 : Nombre d'outils utilisés pour enseigner la reproduction sexuée des plantes à fleurs par les enseignants des deux régions.

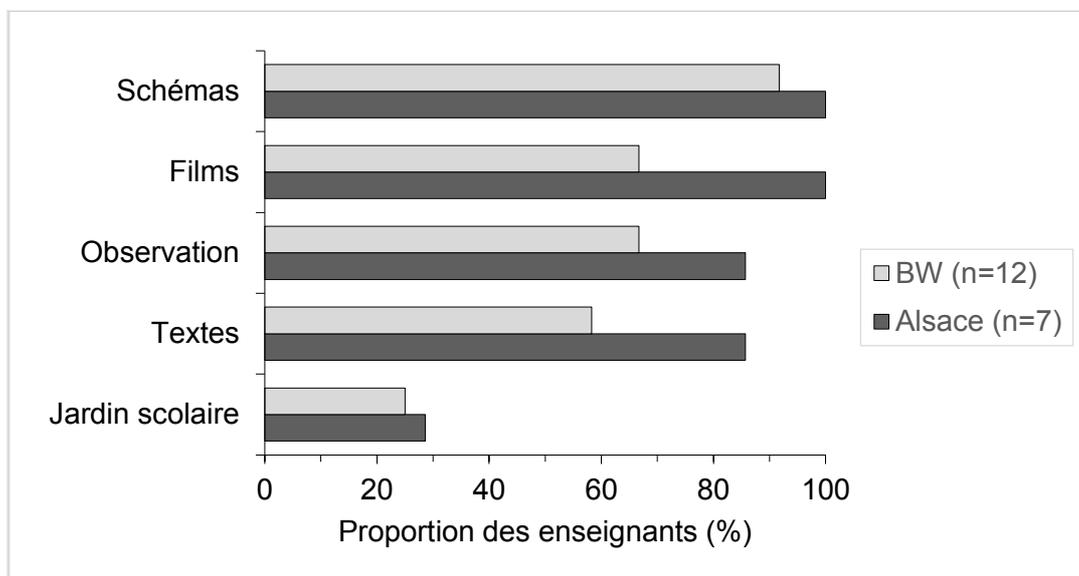


Figure 45 : Nombre d'enseignants utilisant les différents outils pour l'enseignement de la reproduction sexuée des plantes à fleurs. Plusieurs réponses ont pu être cochées

80% des enseignants abordent la reproduction sexuée des plantes à fleurs au printemps (item 5c).

10.3 Conclusion

En raison des résultats obtenus par cette enquête auprès des enseignants, des différences auprès des élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg* sont également attendues ; à savoir :

- 1) Sept enseignants d'Alsace sur huit définissent le cycle de vie d'une plante à fleurs au niveau de l'espèce. Parmi eux, six enseignent le concept de ce cycle tel qu'ils l'ont défini. Il est à supposer que les élèves de ces enseignants ont davantage une conception du cycle de vie végétal en accord avec celle des botanistes actuels. Au *Baden-Württemberg*, cela n'est le cas que pour trois enseignants, définissant et utilisant le concept du cycle de vie végétal au niveau de l'espèce.
- 2) En Alsace, tous les enseignants interrogés abordent la formation des graines. Ce n'est pas le cas au *Baden-Württemberg*. Il est ainsi à supposer que les élèves d'Alsace sauront davantage décrire ce processus que ceux du *Baden-Württemberg*.
- 3) Au moins trois manuels représentent graphiquement le cycle de vie ou de développement (Bordas 2005 et 2009, Didier 2005) ; il est possible que les élèves utilisant l'un de ces manuels en cours aient été confrontés à cette représentation et collent davantage les images sous forme cyclique. Cependant, aucune précision, sur l'utilisation effective des pages correspondantes, n'a été demandée aux enseignants.

85,7% des enseignants utilisent soit l'expression "cycle de vie" soit "cycle de développement" en cours. Cependant, les circonstances de cette utilisation n'ont pas été relevées. Qu'en est-il des élèves ? Utilisent-ils l'une des deux expressions ou le terme de "cycle" ?

Tous les enseignants interrogés abordent le développement de la fleur en fruit. La formation du fruit est visualisée, dans les manuels scolaires utilisés, à partir d'un fruit (sens commun) au *Baden-Württemberg*, à partir d'une fleur (sens commun) en France. Cependant aucune précision n'a été demandée aux enseignants quant aux exemples de plantes utilisés pour aborder le développement de la fleur en fruit. Aucune hypothèse ne peut donc être formulée. Par ailleurs, aucune question ne portait sur l'utilisation d'une représentation graphique du cycle de vie que ce soit sous forme ouverte, fermée, hélicoïdale. Cette information aurait apporté des indications supplémentaires.

Je tiens cependant à préciser, que cette enquête auprès des enseignants n'a de sens qu'en lien avec celle auprès des élèves (objet principal de cette étude). Les résultats obtenus ci-dessus n'ont aucune valeur statistique en-dehors du cadre défini de l'enquête principale. Ils ne sont en ce sens pas représentatifs des pratiques des enseignants d'Alsace et du *Baden-Württemberg*. Ils apportent toutefois des informations importantes, permettant de pouvoir mieux interpréter les réponses données par les élèves. Passons donc maintenant aux questionnaires à destination des élèves. Les points déclinés ci-dessus y seront repris.

Chapitre 11 : Les conceptions des élèves

L'enquête auprès des élèves sera guidée par une question principale : comment les élèves conçoivent-ils le développement des plantes à fleurs ? Elle sera déclinée en plusieurs sous-questions thématiques qui faciliteront la lecture des méthodes et des résultats de cette enquête. Les hypothèses formulées à partir des lectures, des résultats de l'enquête exploratoire et de l'analyse contextuelle seront attribuées à ces sous-questions.

L'analyse des programmes scolaires français (chapitre 7) a montré que le cycle de vie (avec ses différents stades) est verbalisé dans les textes officiels du primaire et que le concept figure également dans ceux du collège. La moitié des manuels scolaires du primaire et de 6^e analysés représentent graphiquement ce cycle (chapitre 8). C'est également le cas d'au moins trois des manuels utilisés par les enseignants du collège interrogés. Sept enseignants d'Alsace sur huit utilisent l'expression "cycle de vie" ou "cycle de développement". Parmi eux, six en ont une conception cyclique (au sens de la perpétuation de l'espèce) (chapitre 10). Au *Baden-Württemberg* seul le *Bildungsplan* de la *Realschule* explicite le concept du cycle de vie sans le nommer (chapitre 7). Un seul éditeur de manuels scolaires pour la *Realschule* illustre ce concept (chapitre 8). Cependant, ce manuel n'est pas utilisé par les enseignants interrogés. Bien que onze sur treize enseignants du *Baden-Württemberg* interrogés utilisent l'expression "cycle de vie" ou "cycle de développement", six (parmi les onze) en ont une conception linéaire, portée sur l'individu. Ainsi je m'attends à ce que les élèves d'Alsace soient davantage familiarisés avec la notion et le concept du cycle de vie (au sens de la perpétuation de l'espèce) et peut-être même avec sa représentation graphique que ceux du *Baden-Württemberg*.

La représentation graphique du cycle de vie dans certains manuels scolaires français ainsi qu'une approche centrée sur les êtres vivants (présente dans les programmes et manuels scolaires français, chapitres 7 et 8) peuvent favoriser un raisonnement cyclique. Au contraire une présentation des processus-clés du cycle de vie de manière décousue dans les manuels scolaires du *Baden-Württemberg* ainsi qu'une approche centrée sur l'aspect utilitaire de la plante ne favorisent pas la formation d'une conception générale de l'ensemble du cycle voire un raisonnement cyclique au sens de la perpétuation de l'espèce (chapitre 7 et 8).

Meunier et Cordier (2004) ont relevé dans leur étude que les élèves catégorisent les plantes (chapitre 1). Cette catégorisation a pu être observée dans l'enquête exploratoire en comparant les placements effectués par un même élève pour différentes plantes (chapitre 2). Les questionnements et les hypothèses (H) suivantes sont formulées à partir des constats ci-dessus :

- 1) Dans quel ordre les élèves placent-ils les stades de développement d'une plante à fleurs ? Y-a-t-il des différences entre les placements des élèves d'Alsace et ceux du Baden-Württemberg ? Existe-t-il des placements "transfrontaliers", c'est-à-dire réalisés à la fois par les élèves d'Alsace et ceux du Baden-Württemberg ?

H1. Les élèves d'Alsace placent les images davantage en cycle que les élèves du Baden-Württemberg.

H2. Le placement avec une inversion de l'image de la fleur et du fruit est influencé par le type de plante.

- 2) Les élèves d'Alsace raisonnent-ils davantage de manière cyclique que ceux du *Baden-Württemberg* ?

H3. Les élèves d'Alsace adoptent davantage un raisonnement cyclique que les élèves du Baden-Württemberg.

H4. Le cycle de vie au sens botanique est davantage décrit par les élèves d'Alsace que par les élèves du Baden-Württemberg.

H5. Les élèves d'Alsace évoquent davantage la notion de "cycle" ou "cycle de vie" (ou ses dérivés) que les élèves du *Baden-Württemberg*.

Le *Bildungsplan* de la *Realschule* différencie entre les plantes de culture et les plantes sauvages (chapitre 7). Les manuels scolaires du *Baden-Württemberg* abordent également les "plantes utiles" (tels que les céréales et la pomme de terre, chapitre 8). L'intervention humaine ainsi que l'aspect utilitaire des végétaux sont dans ce cadre mis en avant, notamment par les pratiques agricoles (y compris l'ensemencement et la récolte des fruits). L'enquête exploratoire ainsi que l'étude de Barman et al. (2006) ont également indiqué que certains élèves pensent qu'une intervention humaine est nécessaire au développement des plantes à fleurs (chapitres 1 et 2).

- 3) Les élèves du *Baden-Württemberg* raisonnent-ils de manière plus pragmatique (utilitaire) que les élèves d'Alsace ? Le type de plante influence-t-il la verbalisation des actions humaines relatives à la culture d'une plante³²² ?

H6. Les élèves du *Baden-Württemberg* verbalisent davantage les aspects utilitaires lorsqu'ils décrivent le développement de la plante que les élèves d'Alsace.

H7. Les élèves du *Baden-Württemberg* décrivent davantage la récolte du fruit que les élèves d'Alsace.

³²² arroser, planter, semer, ...

H8. La verbalisation de l'action humaine relative à la culture³²³ se fait davantage pour les "plantes de culture alimentaire"³²⁴ (poirier et plante de poivron) que pour les "fleurs" (rosier).

L'analyse sémantique du vocabulaire disciplinaire (botanique) et celui du langage commun a mis en évidence un obstacle lexical, notamment concernant le sens donné aux notions "fleur" et "fruit" (chapitre 5). Cet obstacle est présent dans les deux langues. Y-a-t-il pour autant une différence entre les élèves d'Alsace et ceux du *Baden-Württemberg* quant à l'utilisation d'un vocabulaire spécifique à la botanique pour décrire le cycle de vie végétal ? L'utilisation de ce vocabulaire disciplinaire est-elle liée à la catégorie de plante ? L'enquête exploratoire a révélé que certains élèves utilisent certes des termes spécifiques, mais ne leur attribuent pas le sens botanique actuel. Se pose ainsi la question de la définition donnée aux termes botaniques notamment concernant les processus-clés. Le vocabulaire spécifique est utilisé et mis en valeur dans les manuels scolaires des deux régions (chapitre 8). Il est cependant davantage défini dans les manuels scolaires français que dans ceux du *Baden-Württemberg*. Les questions et hypothèses suivantes sont ainsi formulées :

- 4) Les élèves utilisent-ils un vocabulaire spécifique à la botanique pour décrire les stades-clés du cycle de vie végétal ? Leurs définitions des processus-clés sont-elles en accord avec celles des botanistes actuels ?

H9. Le vocabulaire botanique est à la fois utilisé par les élèves d'Alsace et par ceux du *Baden-Württemberg* pour décrire le cycle de vie des végétaux.

H10. Le terme "Blume" ou "fleur" (au sens plante à fleurs) est davantage utilisé pour décrire le rosier en fleur que les plantes de culture alimentaire en fleur (poirier ou plante de poivron).

La dernière sous-question porte sur les processus-clés à savoir la formation des graines et des fruits. Au cours des entretiens de l'enquête exploratoire, certains élèves n'ont pas identifié le fruit de la plante de moutarde ou l'ont confondu avec un bourgeon floral (chapitre 2). Il en résulte que les graines peuvent être disséminées par une autre partie de la plante telle la fleur par exemple. Dans les manuels scolaires français utilisés par les enseignants interrogés, la formation du fruit est illustrée par une "fleur" (au sens commun) alors que dans ceux du *Baden-Württemberg* cela est fait à partir d'un "fruit" (au sens commun, notamment la cerise) (chapitre 10). De manière générale, la formation des graines et des fruits

³²³ Arroser, planter, semer, ...

³²⁴ Le terme de "plante de culture alimentaire" sera utilisé pour désigner les plantes qui sont cultivées et dont le fruit est consommé par l'humain. Il est vrai que beaucoup de rosiers sont également cultivés mais à des fins ornementales et non alimentaires

est davantage enseignée dans les classes interrogées d'Alsace que dans celles du *Baden-Württemberg* (chapitre 10).

- 5) Les conceptions exprimées par les élèves sur la formation des graines sont-elles en accord avec celles des botanistes actuels ? La catégorie de plante influence-t-elle l'identification du fruit et par là les conceptions sur la formation du fruit ?

H11. Les élèves d'Alsace sont davantage en mesure de décrire la formation des graines (en accord avec les connaissances botaniques actuelles) que ceux du *Baden-Württemberg*.

H12. L'identification du fruit est influencée par le type de plante ("plante de culture alimentaire" vs "fleur").

H13. La description du développement de la fleur en fruit est influencée par le type de plante ("plante de culture alimentaire" vs "fleur").

Je vais maintenant détailler les aspects méthodologiques quant au recueil des données, leur préparation et leur analyse.

11.1 Méthodologie

Seuls les aspects concernant directement les questionnaires à destination des élèves seront présentés ci-dessous. Le cadre méthodologique général de l'enquête a été détaillé au chapitre 9.

11.1.1 Les questionnaires à destination des élèves

L'enquête exploratoire a montré que les élèves n'ont pas forcément la même conception du cycle de vie en fonction de la plante présentée. Trois catégories de plantes semblent émerger : celle des "fleurs" (au sens commun), celle des "fruits" (au sens commun) et celle "légumes" (au sens commun). Afin de pouvoir vérifier si effectivement les élèves ont une conception différente selon la catégorie de plante, trois versions du questionnaire ont été élaborées ; chaque version aborde une catégorie. Ainsi le rosier représentera la catégorie des "fleurs", le poirier celle du "fruit" et la plante de poivron celle du "légume". Il me semble important d'utiliser des plantes familières facilement identifiables par les élèves afin de garantir la comparaison. J'ai également fait attention à ne pas choisir des plantes qui figurent dans les manuels scolaires ou qui seraient données en exemple dans les programmes scolaires. Pour ne pas compliquer la tâche, j'ai uniquement choisi des plantes vivaces avec des fleurs simples sans capitule ou inflorescence. Le Tableau 60 détaille le nombre de questionnaires auxquels

ont répondu les élèves par catégorie de plante³²⁵. En tout (Alsace et *Baden-Württemberg* confondus), le questionnaire du rosier a été distribué 466 fois (33,6%), celui de la plante de poivron 450 fois (32,4%) et celui du poirier 472 fois (34%).

Tableau 60 : Nombre de questionnaires distribués par catégorie de plantes et par région. Le questionnaire 1 sert à étudier les conceptions (chapitre 11), le questionnaire 2 à mesurer la correspondance des modèles mentaux (chapitre 12)

Région	Plante	Questionnaire		Total (n=1388)
		1	2	
Alsace	Rosier	180	59	239
	Poivron	170	51	221
	Poirier	180	50	230
BW	Rosier	151	76	227
	Poivron	151	78	229
	Poirier	166	76	242

Le questionnaire est composé de treize items regroupés en trois parties : les deux premières sont liées à la catégorie de plante (rosier, plante de poivron ou poirier selon la version), la troisième concerne les plantes à fleurs de manière générale. Les trois parties abordent respectivement :

1. Les conceptions sur le développement de la plante à fleurs,
2. Les conceptions sur la formation de la graine et du fruit ainsi que sur le rôle de l'humain quant à la dissémination,
3. Le sens donné à la pollinisation, à la fécondation et à la dissémination des graines.

Tout comme cela a été le cas lors des entretiens de l'enquête exploratoire, la première partie de ce questionnaire est consacré à la mise en ordre des différents stades de développement des plantes suivie par l'explication de ce qui se passe après le dernier stade placé. Cela me permet, non seulement de recueillir les conceptions qu'ont les élèves des différents stades du cycle, mais également de savoir si l'élève en question raisonne en terme de cycle avec l'idée de recommencement ou plutôt dans le sens du développement de la plante avec l'idée d'un début et d'une fin. Cependant, pour éviter une influence en imposant un placement préalable par la présence même des images sur la feuille, les élèves sont amenés à coller les six images dans l'ordre de développement de la plante représentée (item

³²⁵ Le questionnaire 2 est identique au premier. Seule la troisième partie n'y figure plus (voir ci-dessus). Ce deuxième questionnaire est important pour vérifier si effectivement les élèves ont des conceptions différentes en fonction de la plante. Il ne sera cependant considéré qu'au chapitre 12

1). Les six stades en question sont les suivants : une graine, un germe, une jeune plante, une plante avec fleur(s), une plante avec fruit(s), plusieurs graines. Il est important de maintenir l'image avec "plusieurs graines" pour deux raisons : premièrement, plusieurs élèves avaient affirmé dans l'entretien de l'enquête exploratoire qu'une graine se divise ou se multiplie : en supprimant l'image en question, cette représentation ne pourrait plus être recueillie ; deuxièmement, pour les élèves raisonnant en termes de générations, cette image leur permet de visualiser la perpétuation de l'espèce. En effet ils peuvent indiquer qu'une nouvelle génération se développe à partir de la première. Pour éviter que le placement ne s'effectue en fonction de la taille de la plante, les images représentant la plante avec fleurs et celles avec les fruits sont de même taille (pour le rosier et la plante de poivron). Pour le poirier, seule une branche comportant soit des fleurs soit un fruit est présentée. Afin d'éviter une interprétation de ma part lors de l'analyse, les élèves doivent également donner un titre à chaque image. Cette annotation me permet entre autres de voir si les élèves identifient la fleur et le fruit de la plante (item 2). Suite à ce deuxième item, les élèves doivent décrire ce qui se passe après leur dernière image collée (item 3). Ici encore il me sera possible d'obtenir des informations sur le raisonnement des élèves : raisonnement cyclique (porté sur l'espèce) ou linéaire (porté sur l'individu) ; vision centrée sur la plante (être vivant) ou sur l'aspect utilitaire de la plante pour l'être humain (récolter et manger les fruits, ...). Les élèves sont ensuite amenés à décrire ce qui se passe d'une image à l'autre en reliant les images par des flèches et en annotant ces flèches (item 4). Ces flèches peuvent par exemple nous donner des indications quant à la formation du fruit ou à la "multiplication ou division" des graines lorsque les élèves placent les images "une graine" puis "plusieurs graines" (chapitre 2). L'annotation des flèches me permet également de mieux comprendre leur raisonnement et l'articulation des différents stades de développement. La production de l'élève à l'issue de ces premières consignes me donne donc un schéma plus ou moins détaillé du développement de la plante traitée. Il est composé des six images ordonnées et annotées ainsi que des flèches annotées pour décrire ce qui se passe d'une image à l'autre.

Dans la deuxième partie, je cherche à recueillir les conceptions concernant les processus-clés : notamment l'origine (item 7) et la formation des graines (items 5 et 6) et des fruits (items 9 et 10), la nécessité de l'intervention humaine ou non pour la dissémination des graines (item 8). Différents types d'items sont utilisés dans cette partie. Les questions fermées à choix multiples (items 5, 7, 8, 9), avec des réponses établies à partir des résultats de l'enquête exploratoire, permettent non seulement aux sondés de répondre plus rapidement, mais également d'améliorer la comparabilité et d'augmenter l'objectivité de l'analyse (Benkowitz, 2014). Il est cependant important de veiller à ce que les réponses proposées soient différenciables et sans équivoque. J'ai décidé de maintenir une case « je ne sais pas »

permettant aux élèves qui n'ont vraiment aucune idée de ne pas cocher au hasard. Dans les consignes orales, il a cependant été précisé aux élèves de cocher ce qu'ils estiment être juste. Les questions ouvertes nécessitent un développement de la pensée notamment concernant la formation des graines (item 6) et le lien entre la fleur et le fruit (item 10). La formation du fruit n'est pas abordée directement, puisque dans l'enquête exploratoire le fruit n'a pas toujours été identifié. C'était notamment le cas pour la plante de moutarde. Demander aux élèves comment se forment les fruits pourrait influencer les élèves dans leur réflexion et leur réponse, puisque la question sous-entend qu'il y a des fruits. Cette deuxième partie complètera les conceptions schématisées de la première partie. En effet, les conceptions qu'ont les élèves sur l'origine et la formation des graines ainsi que sur la formation du fruit si celui-ci est identifié, ne sont pas forcément explicitées sur les schémas.

Pendant les entretiens de l'enquête exploratoire, certains élèves évoquaient l'intervention humaine quant à l'ensemencement. Je posais à ce moment la question d'une part de la provenance de la graine et d'autre part si l'intervention humaine était nécessaire. Effectivement certains élèves pensent que les plantes ne peuvent pas pousser sans que l'humain ne récolte et ne sème des graines. L'item 8 concernant le lien intergénérationnel me permettra de voir si pour les élèves la dissémination est un processus naturel ou si au contraire, l'intervention humaine quant à la récolte des graines et l'ensemencement est indispensable pour la croissance d'une nouvelle plante.

La troisième partie concerne les processus-clés, à savoir : la pollinisation (item 11), la fécondation (item 12) et la dissémination (item 13) sans lien avec une plante particulière. Je cherche à connaître le sens attribué par les élèves à chacun des processus-clés. Cela me permet de mieux comprendre le sens lorsque le concept est utilisé dans la première ou deuxième partie du questionnaire et de relever d'éventuelles confusions notamment entre la pollinisation et la dissémination (chapitre 1 et 2). Dans le questionnaire de l'enquête exploratoire, les élèves devaient définir librement ces différents processus, ce qui a été une tâche trop difficile pour beaucoup d'entre eux. C'est pourquoi j'ai choisi de proposer trois items comportant chacun six pré-réponses (Tableau 61).

Ces six pré-réponses sont identiques pour les trois processus clés et sont quant à leurs formulations inspirées par les manuels scolaires de 6^e pour les questionnaires français et des classes 5 et 6 pour les questionnaires allemands. Ainsi la définition de la fécondation (Tableau 61) est plus complexe en allemand qu'en français. Rappelons que la fécondation est au programme de 4^e en France, alors qu'au *Baden-Württemberg* cela est étudié en classe 5 et/ou 6. Elle n'est donc pas détaillée en 6^e, mais simplement évoquée par la définition retenue pour nos questionnaires.

Tableau 61 : Modalités des items 11, 12 et 13 en allemand et en français

Modalité en français	Modalité en allemand	Définition correspondant à
Les abeilles viennent butiner les fleurs.	Bienen suchen in den Blüten nach Nektar.	/
Les grains de pollen sont transportés sur le pistil de la fleur.	Pollenkörner gelangen auf die Narbe einer Blüte.	La pollinisation
L'union du grain de pollen avec l'ovule.	Die männliche Geschlechtszelle des Pollenkorns verschmilzt mit dem weiblichen Zellkern der Eizelle.	La fécondation
Une nouvelle plante pousse.	Eine neue Pflanze wächst.	/
Les graines sont transportées à un autre endroit.	Die Samen gelangen an einen anderen Ort.	La dissémination
Je ne sais pas.	Weiß nicht.	/

Les questionnaires allemands et français ont été élaborés par mes soins. J'ai privilégié le maintien du sens des questions en respectant les pratiques et particularités langagières de chaque pays plutôt qu'une traduction littérale. Aussi, j'ai pu inclure une formulation de politesse dans chaque item des questionnaires allemands sans rallonger significativement les questions. Dans la version française, cela me paraissait plutôt perturbant pour la compréhension et la clarté des items. A titre d'exemple, deux questionnaires (une version allemande et une version française, remplis par moi-même et comportant les réponses attendues) se trouvent en annexe.

11.1.2 Préparation et analyse des données

Dans un premier temps, toutes les réponses sont saisies dans un tableur. Une grille de saisie est construite à cet effet. Elle est ajustée et affinée tout au long de la saisie. Cette grille s'appuie sur les résultats de l'enquête exploratoire. Elle permet ainsi de relever les conceptions liées aux différents items. Seul ce qui est explicite est relevé. Les parties 2 et 3 du questionnaire, comportant les questions à choix multiples et les deux questions ouvertes, sont saisies pour partie par des étudiantes sous contrat de l'Ecole Supérieure de Pédagogie de Karlsruhe et de l'Université de Strasbourg. Les questions ouvertes sont dans un premier temps transcrites textuellement par les étudiantes. Cette saisie est vérifiée pour éviter au maximum les erreurs de report.

Lorsque toutes les données sont saisies et catégorisées, l'ensemble est transféré dans le logiciel d'analyse quantitative SPSS (IBM, version 23). Les données recueillies sont dans un premier temps décrites, c'est-à-dire que les effectifs et les fréquences des modalités sont représentés. Cette description sert de base pour effectuer des analyses plus poussées. Celles-ci ont pour objectifs d'élaborer une typologie et de vérifier les hypothèses. L'analyse relationnelle permet, à partir de ces données, de faire émerger des différences et des similitudes entre les groupes (par exemple le genre, le lieu, la plante...). A cet effet il est possible d'utiliser des tableaux croisés et de mesurer l'importance de ces différences grâce au test du khi-carré (χ^2), de calculer les probabilités d'apparition des phénomènes grâce au test de la régression binaire logistique ou encore de mesurer l'influence d'une ou de plusieurs variables explicatives sur une variable continue à expliquer. Des tests χ^2 permettent de vérifier si deux variables qualitatives (dont l'une peut être celle de la région (Alsace, *Baden-Württemberg*) ou celle du type de plantes (rosier, plante de poivron ou poirier)) sont indépendantes. Lorsque la valeur-p est $\leq 0,05$ (correspondant à un résultat significatif), l'hypothèse 0 exprimant l'indépendance entre deux variables est rejetée (Bortz et Schuster, 2010). Une régression binaire logistique permet de déterminer les probabilités relatives avec lesquelles un phénomène arrive en dépendance avec une ou plusieurs variables indépendantes (Backhaus, Erichson, Plinke et Weiber, 2011). Elle sera par exemple effectuée lorsque les variables de la région et du type de plantes sont susceptibles d'avoir une influence. Etant donné que les variables qualitatives doivent être binomiales, deux plantes (rosier, plante de poivron ou poirier) sont utilisées comme variables indicatrices (dummy). La localisation en zone urbaine ou rurale de l'établissement ainsi que le sexe des élèves sont systématiquement considérés. J'utilise la méthode statistique de Wald pour déterminer « *si l'influence de la variable explicative est significative* » (Carricano, Bertrandias et Poujol, 2010). L'analyse de variance (ANOVA) permet de comparer les moyennes empiriques d'une variable métrique (par exemple le nombre de points obtenus) pour chaque modalité d'une ou de plusieurs variables qualitatives. J'utilise les analyses univariées de variance à x facteurs (ANOVA, type II). Ainsi je cherche à expliquer la variable quantitative par les modalités des variables qualitatives. Les variables qualitatives pourront être la région et/ou le type de plante par exemple. Là encore, les variables zone urbaine ou rurale de l'établissement et le sexe des élèves sont considérées systématiquement. La régression linéaire simple vise à estimer la variation d'une variable métrique à partir d'une autre variable métrique (Backhaus *et al.*, 2011). Cette régression linéaire est souvent utilisée pour analyser la relation, estimée de nature causale, entre deux caractéristiques (variables métriques) (Bortz et Schuster, 2010). Dans certains cas les réponses des élèves sont agrégées en fonction de la classe et de l'enseignant. L'effet de l'enseignant sur certains phénomènes choisis peut ainsi être mesuré.

Je rappelle que je cherche à connaître les similitudes et les différences quant aux conceptions qu'ont les élèves des concepts et des processus liés au cycle de vie des plantes à fleurs. Certaines similitudes et différences sont intégrées dans les sous-questions et les hypothèses figurant dans l'introduction de ce chapitre. Elles résultent de l'analyse contextuelle (partie 2), de l'enquête exploratoire (chapitre 2) ainsi que de la revue de littérature (chapitre 1). Le détail des méthodes de recueil et de l'analyse quantitative sera mentionné dans les sous-chapitres suivants regroupés en fonction des thématiques des sous-questions : ordre de placement des images, raisonnement cyclique, intervention humaine, utilisation d'un vocabulaire spécifique et sens attribués aux processus-clés du cycle de vie végétal. Les différents items qui ont permis de répondre aux sous-questions y sont détaillés et explicités.

Ordre de placement des images

Je vais par la suite détailler les méthodes utilisées pour répondre à la sous-question énoncée dans l'introduction : 1) Dans quel ordre les élèves placent-ils les stades de développement d'une plante à fleurs ? L'item 1 consiste en un placement des six images dans l'ordre de développement de la plante. Les images sont découpées et regroupées dans une enveloppe. Il suffit aux élèves de les coller sur la double-page prévue à cet effet dans le questionnaire. Voici la numérotation et le titre des images distribuées (exemple du rosier) en fonction de l'ordre idéal défini (Tableau 62).

Afin de pouvoir interpréter les placements, les élèves doivent préciser ce qu'ils voient sur les images (item 2) et ce qui se passe d'une image à l'autre en annotant les flèches reliant les images (item 4). A des fins de comparaison, des points seront attribués pour le placement et la description du développement de la plante dans la première partie. Au total sept stades de développement sont identifiés (Tableau 63) ; pour chaque stade 1 point maximum peut être obtenu, avec la possibilité d'avoir 0,5 points. Les titres, l'annotation des flèches ainsi que les réponses à l'item 3 ("comment cela continue après ta dernière image ?") seront considérés pour l'attribution des points. Au maximum 7 points peuvent être obtenus.

Tableau 62 : Ordre de placement idéal du rosier

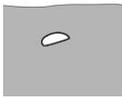
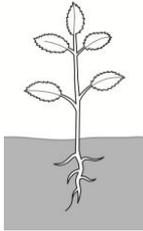
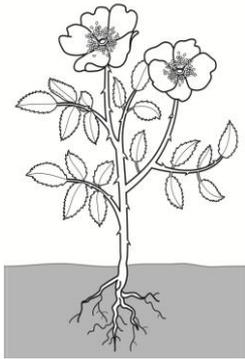
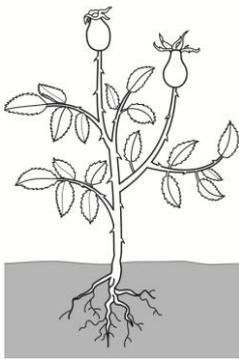
					
Graine	Germe	Plantule	Plante avec fleurs	Plante avec fruits	Plusieurs graines
1	2	3	4	5	6

Tableau 63 : Description des stades de développement

Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6	Stade 7
La graine	Elle germe	Elle devient une plantule	Des fleurs apparaissent	Les fleurs se développent en fruit	Le fruit dissémine les graines	Les nouvelles graines germent et le développement recommence

Le vocabulaire spécifique utilisé fera l'objet d'une analyse ultérieure. Ce qui est noté ici, c'est le sens de la narration du développement, même si les termes botaniques exacts ne sont pas utilisés. Je n'attribue aucun point lorsque l'explication donnée est en rupture avec le modèle botanique. Par exemple, un élève place d'abord l'image avec une graine puis celle avec plusieurs en expliquant que la graine se multiplie : aucun point n'est attribué au premier stade. Si l'élève poursuit avec la description des graines qui se mettent ensemble pour former une plante, aucun point n'est attribué au stade 3. Concernant la germination, aucun point n'est donné si c'est la tige et non pas la racine qui germe. Lorsque le fruit³²⁶ est évoqué sans que sa formation ne soit explicitée, 0,5 points sont attribués. Si, et seulement si, la dissémination et/ou le recommencement ne sont pas évoqués sur le schéma, l'item 3 peut être considéré. Pour chacune des idées avancées un maximum de 2 points peut donc être obtenu à cet item.

³²⁶ Soit par le nom du fruit (poire, poivron, cynorrhodon (faux-fruit du rosier)) soit par le terme générique (fruit)

Le type de raisonnement

Cette étude s'intéresse à la conception qu'ont les élèves du cycle de vie des plantes à fleurs. S'interroger sur le raisonnement cyclique à l'opposé du raisonnement linéaire fait donc partie intégrante de l'objet de recherche. Ainsi l'un des questionnements est formulé comme suit : les élèves d'Alsace raisonnent-ils davantage de manière cyclique que ceux du *Baden-Württemberg* ? Je rappelle que le raisonnement cyclique est verbalisé lorsqu'il y a une idée de recommencement ; le point de départ de la description étant peu important (Bautier *et al.*, 2000). Toutefois, le premier et le dernier stade peuvent donner des indications quant au point de vue adopté : centré sur l'individu et son développement (par exemple des graines au fruit ou à la fleur) ou sur la perpétuation de l'espèce avec un recommencement (de la graine aux graines). Une vision utilitaire, anthropocentrée peut être indiquée lorsque le dernier stade est le fruit par exemple (Bautier *et al.*, 2000). Cependant, il faudra tenir compte de l'explication fournie par l'élève.

Le raisonnement cyclique vs linéaire est relevé dans la première partie du questionnaire. Les élèves doivent coller les six images illustrant le développement d'une plante à fleurs (Item 1). Aucun ordre n'est imposé et les élèves sont libres de coller les images de manière linéaire (l'une à côté de l'autre) ou en cycle ouvert ou fermé. Afin d'identifier la conception cyclique ou non du collage, les élèves doivent relier les images par des flèches et annoter ces dernières en expliquant ce qui se passe d'une image à l'autre (Item 4). Là aussi, une flèche tracée de la dernière à la première ou deuxième image renseigne sur l'idée de recommencement et sur le raisonnement cyclique. Les élèves doivent également décrire ce qui se passe après leur dernière image (Item 3). Ceux qui raisonnent de manière cyclique peuvent mentionner textuellement l'idée de recommencement. Cet item permet également d'évoquer la notion même de "cycle" ou de "cycle de vie". Les élèves qui raisonnent davantage de manière linéaire, décrivent le développement de la plante de sa naissance soit au fruit soit jusqu'à la mort de la plante ou sa fanaison.

L'intervention humaine

Deux aspects sur l'intervention humaine sont abordés ici : d'une part une intervention au profit de la plante et de son développement (arroser, semer, ...) et d'autre part une intervention humaine utilitaire à l'humain (notamment par la récolte). Les sous-questions correspondantes sont les suivantes : les élèves du *Baden-Württemberg* raisonnent-ils de manière plus pragmatique (utilitaire) que les élèves d'Alsace ? Le type de plante influence-t-il la verbalisation d'actions humaines relatives à la culture de la plante ? Les deux aspects sont relevés dans la première partie du questionnaire. L'intervention humaine peut être mentionnée

soit au niveau des annotations (titres et/ou flèches) soit lorsqu'il s'agit de décrire la suite du développement (item 3). Elle est qualifiée d'utilitaire lorsque par exemple le fruit ou la fleur sont utilisés à des fins culinaires, commerciales ou de décoration. Lorsque le fruit est récolté afin de pouvoir extraire les graines pour les replanter, l'intervention est au profit de l'espèce. L'arrosage ou l'ensemencement des graines (au début du développement) font également partie des actions au profit de la plante. La verbalisation de la récolte des fruits de la plante de poivron et du poirier est explicitement relevée. Je ne considère ici que les deux plantes de culture alimentaire, ne m'attendant pas à ce que le fruit du rosier soit récolté. Comme je l'ai vu dans les entretiens de l'enquête exploratoire, la récolte peut être une fin en soi.

L'utilisation d'un vocabulaire spécifique

Deux questions relatives au vocabulaire botanique sont posées en introduction : les élèves utilisent-ils un vocabulaire spécifique pour décrire les stades-clés du cycle de vie végétal ? Leurs définitions des processus-clés sont-elles en accord avec celles des botanistes actuels ? Dans la première partie du questionnaire, les élèves doivent donner un titre à chaque image (item 2) et annoter les flèches qui relient les images (item 4). Il existe en effet des différences entre le langage commun et le langage botanique (chapitre 5). Il est ainsi important de savoir ce que les élèves voient sur les images et d'identifier le vocabulaire utilisé pour décrire la graine, le germe (ou la germination), la plantule (ou la pousse), la fleur (en tant qu'organe de reproduction) et le fruit. Lors des entretiens de l'enquête exploratoire, les élèves n'ont pas toujours utilisé le terme de graine (pour désigner celle-ci), mais également les termes de pépin (notamment pour le pommier), de noyaux (pour le cerisier), ou de grain (plutôt utilisé par les élèves du *Baden-Württemberg*). Dans cette étude principale, aucun fruit à noyau n'a été utilisé. Une telle réponse pour désigner la graine, n'est pas attendue. Ainsi, les termes suivants sont relevés : graine, grain, pépin, semence, germe ou germination, plantule ou pousse, fleur au sens botanique, fleur désignant la plante à fleurs, fruit³²⁷.

Dans la troisième partie du questionnaire, plusieurs items permettent de relever le sens attribué aux notions botaniques telles que la pollinisation (item 11), la fécondation (item 12) et la dissémination (item 13). Ces items sont formulés de manière générale sans être liés à une plante. J'ai constaté dans l'enquête exploratoire, que les élèves utilisaient ces termes, mais pas toujours en adéquation avec le sens défini par les botanistes actuels (chapitre 2). Ces termes peuvent également être utilisés par les élèves dans la première partie du questionnaire ainsi qu'aux questions ouvertes de la seconde partie. Les items 11 à 13 permettent dans ces

³²⁷ Dans les questionnaires en allemands, les mots suivants sont relevés : Samen, Korn, Kern, Saat, keimender Samen, Keimling, Keimpflanze, Sprössling, Blüte, Blume désignant la partie florale, Blume désignant la plante à fleurs, Frucht

cas de vérifier leur sens. Seule la fréquence des modalités cochées est mesurée pour ces items.

Conceptions sur la formation des graines et des fruits

En guise de rappel, voici la sous-question posée dans l'introduction : les élèves ont-ils des connaissances scientifiques des processus-clés liés au cycle de vie végétal ? A partir de cette question les méthodes de recueil et d'analyse suivantes ont été élaborées.

J'ai veillé à mentionner à chaque item le nom de la plante abordée (exemple d'une modalité de l'item 9 : "la fleur se développe en fruit (chez le poirier)"). Je rappelle que les items 6 et 10 sont des questions ouvertes et les autres des questions à choix multiples. Les réponses aux questions ouvertes seront codifiées et catégorisées. Les réponses données à l'item 6 (formation des graines) seront classées comme suit : réponses en accord avec les conceptions actuelles des botanistes, réponses imprécises mais en accord, réponses en ruptures, autres réponses, ne sait pas. Une réponse est qualifiée "en accord" lorsqu'elle comporte une description de la formation des graines par la fécondation avec une fusion entre le grain de pollen et l'ovule. Lorsque soit la pollinisation et/ou la fécondation soit les organes sexuels, tels que le pistil et le pollen, sont évoqués sans précision, les réponses sont qualifiées d'imprécises. Si la pollinisation ou la fécondation sont évoquées, leur sens peut être vérifié à partir des réponses données aux items 11 et 12.

La seconde question ouverte (item 10), sert essentiellement à avoir une confirmation ou infirmation de la réponse donnée à l'item 9. La formulation des deux premières modalités de l'item 9 peut en effet prêter à confusion ("la fleur se développe en fruit" et "le fruit se développe en fleur"). Une formulation plus adéquate n'a cependant pas été trouvée. Les réponses sont ainsi classées dans les catégories suivantes : confirme l'item 9, infirme l'item 9, autre réponse, ne sais pas. Lorsqu'un élève explique par exemple que la fleur se développe en fruit, mais qu'il a coché à l'item 9 la modalité "le fruit se développe en fleur", sa réponse est considérée comme infirmant l'item 9.

Après avoir détaillé les éléments méthodologiques, voici les résultats du questionnaire à destination des élèves. Des éléments de discussion sont inclus dans chaque sous-chapitre en cohérence avec les résultats présentés.

11.2 Résultats

Les résultats sont présentés dans l'ordre des questions 1 à 5 formulées dans l'introduction. Ils concernent donc : l'ordre de placement des images, le type de raisonnement, l'intervention humaine, l'utilisation d'un vocabulaire spécifique et les conceptions sur la formation des graines et des fruits

11.2.1 Ordre de placement des images

Le premier questionnement³²⁸ évoqué dans l'introduction s'intéresse à l'ordre de placement des différents stades de développement d'une plante à fleurs. 950 élèves ont répondu à l'ensemble des items de la première partie du questionnaire. Bien que l'annotation des images et des flèches ne soit pas importante pour relever l'ordre de placement des images, elle est néanmoins nécessaire pour interpréter ce placement. Pour maintenir une certaine cohérence, j'ai donc choisi d'utiliser uniquement les questionnaires dont la première partie est complète.

Les différents placements sont relevés et classés en 14 catégories, illustrées et classées en fonction de leur fréquence dans le Tableau 64. Une distinction entre les placements cycliques et linéaires est faite. Un placement cyclique implique que les élèves aient relié toutes les images par des flèches (item 4). J'y reviendrai plus en détail un peu plus loin. L'ordre 1-6 regroupe deux modalités :

- soit les élèves placent d'abord une graine (image 1) puis plusieurs graines (image 6) et ensuite les autres stades de développement de la plante ;
- soit ils placent une graine (image 1), un germe (image 2) puis plusieurs graines (image 6) et ensuite les autres stades de développement de la plante (pour le numéro des images se référer au Tableau 62).

A l'inverse 6-1 signifie que les élèves ont d'abord placé plusieurs graines (image 6) puis une graine (image 1) et ensuite les autres étapes du développement. Un placement 5-4 a également pu être observé : dans ce cas, les élèves ont inversé l'image de la fleur (image 4) et celle du fruit (image 5). Échange 1/6 signifie que l'élève a commencé par plusieurs graines (image 6) pour finir avec une graine (image 1).

³²⁸ Dans quel ordre les élèves placent-ils les stades de développement d'une plante à fleurs ? Y a-t-il des différences entre les placements des élèves d'Alsace et ceux du *Baden-Württemberg* ? Existe-t-il des placements "transfrontaliers" ?

Tableau 64 : Distribution des différents ordres de placement des images

Ordre de placement	Nombre de placements	Pourcentage (%)
6-1	291	30,6
6-1 ; 5-4	175	18,4
1-6	172	18,1
1-6 ; 5-4	100	10,5
*Idéal	87	9,2
5-4	48	5,1
Autre	19	2,0
*Cycle	18	1,9
Cycle 5-4	17	1,8
Cycle 6-1 ; 5-4	10	1,1
Cycle 6-1	6	0,6
Cycle 1-6 ; 5-4	3	0,3
Cycle 1-6	3	0,3
*Échange 1/6	1	0,1
Total	950	100,0

Les placements précédés d'une " * " sont considérés comme corrects

Afin d'analyser les placements effectués par les élèves, différents regroupements sont réalisés à partir des résultats ci-dessus. Dans l'ordre j'aborderai :

- 1) Le placement cyclique vs linéaire
- 2) Le placement idéal
- 3) Le regroupement une graine – plusieurs graines (1-6)
- 4) Le regroupement plusieurs graines – une graine (6-1)
- 5) Le regroupement fruit puis fleur (5-4)
- 6) Description du cycle de vie et placement des images.
- 7) Le premier et le dernier stade placé par les élèves

1) Le placement cyclique vs linéaire

Parmi les 950 élèves qui ont placé les images, seuls 57 (soit 7,6%) le font sous forme cyclique. La plupart des élèves, tant d'Alsace que du *Baden-Württemberg*, placent les images de manière linéaire (Figure 46). Cependant, parmi les 57 élèves qui placent les images sous forme cyclique, 82,5% des élèves sont d'Alsace contre 17,5% venant du *Baden-Württemberg*.

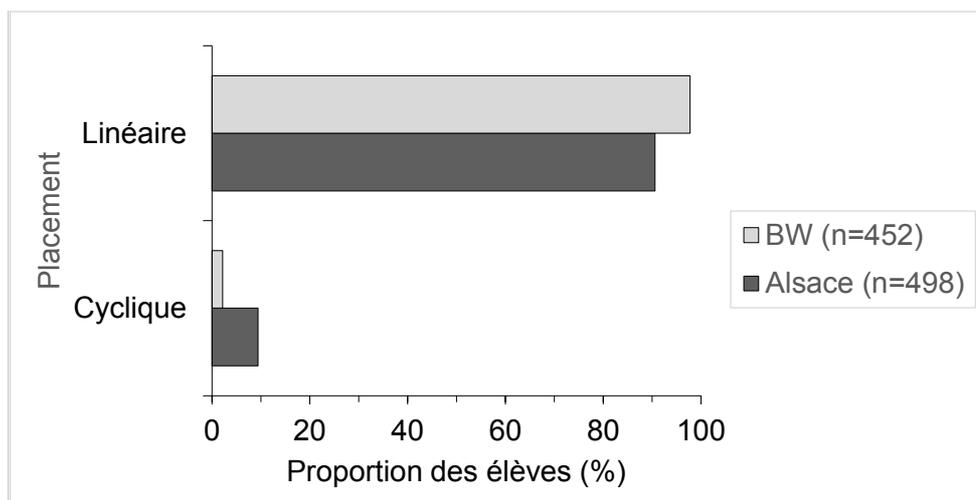


Figure 46 : Pourcentage des élèves plaçant les images sous forme cyclique ou linéaire en fonction de la région

Une régression binaire logistique (Backward Wald) indique que la probabilité de placer les images sous forme cyclique est importante pour les élèves d'Alsace ($B=1,51$, $df=1$, valeur-Wald= $17,97$, $p<0,001$) ainsi que pour ceux répondant à un questionnaire sur le rosier ($B=0,81$, $df=1$, valeur-Wald= $8,39$, $p=0,004$). Ni la localisation de l'établissement en zone urbaine ou rurale, ni le sexe des élèves n'ont d'influence sur un tel placement (tous les $p \geq 0,175$). Ces résultats soutiennent ainsi l'hypothèse H1³²⁹ formulée dans l'introduction de ce chapitre.

Ce placement sous forme cyclique ne présage par contre rien concernant le raisonnement des élèves comme je le détaillerai au sous-chapitre suivant. Même si un élève ne colle pas le développement sous forme cyclique, il peut tout de même avoir un raisonnement intergénérationnel dans le sens de la perpétuation de l'espèce.

2) Placement idéal

Seuls 9,2% des élèves placent les images dans l'ordre idéal (Tableau 64). Les élèves d'Alsace semblent davantage placer les images dans l'ordre idéal (Figure 47).

³²⁹ H1 : Les élèves d'Alsace placent les images davantage en cycle que les élèves du Baden-Württemberg.

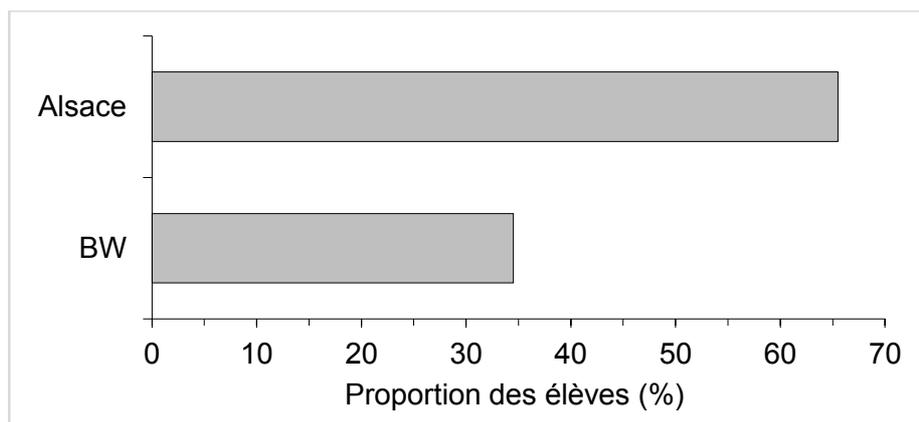


Figure 47 : Pourcentage des élèves (n=87) plaçant les images dans l'ordre idéal en fonction de la région

Une régression binaire logistique (Backward Wald) montre que la probabilité de placer les images dans l'ordre idéal est importante pour les élèves d'Alsace ($B=0,70$, $df=1$, valeur-Wald=8,44, $p=0,004$) ainsi que pour ceux répondant à un questionnaire sur l'une des plantes de culture alimentaire³³⁰ ($B=2,01$, $df=1$, valeur-Wald=22,41, $p<0,001$). Ni la localisation de l'établissement en zone urbaine ou rurale, ni le sexe des élèves n'ont d'influence sur ce placement (tous les $p \geq 0,321$).

D'autres regroupements peuvent être réalisés à partir des résultats du Tableau 64 en considérant notamment le placement des graines. Certains élèves (n=279) ont placé les graines dans l'ordre "une graine puis plusieurs graines" (images 1-6), d'autres (n=488) ont d'abord placé "plusieurs graines puis une graine" (images 6-1). Le Tableau 65 montre les placements considérés du Tableau 64 en fonction du regroupement "une graine-plusieurs graines" ou "plusieurs graines-une graine".

Tableau 65 : Regroupement des placements d'images en fonction de l'ordre de placement des graines

Regroupement Une graine-plusieurs graines	Regroupement Plusieurs graines-une graine
1-6	6-1
1-6 ; 5-4	6-1 ; 5-4
Cycle 1-6	Cycle 6-1
Cycle 1-6 ; 5-4	Cycle 6-1 ; 5-4
Autre avec 1-6	Autre avec 6-1

³³⁰ Plante de poivron ou poirier

3) Regroupement une graine – plusieurs graines (images 1-6)

Ce placement semble être présent à la fois chez les élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg* (Figure 48).

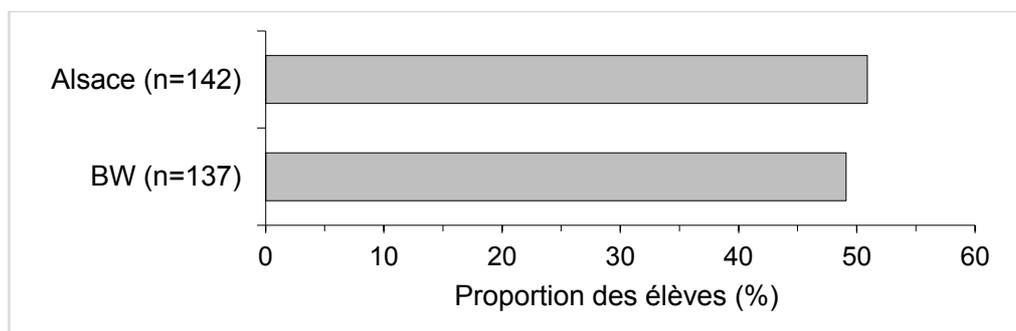


Figure 48 : Pourcentage des élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg* plaçant une graine puis plusieurs graines

Dans le cadre d'une régression binaire logistique, aucune des variables testées ne semble avoir d'influence sur le placement des images dans l'ordre "une graine-plusieurs graines" (tous les p entre 0,053 et 0,676).

Lors de l'annotation des flèches (item 4) certains élèves ont formulé une explication à leur placement 1-6. Parmi les élèves du regroupement 1-6, les explications données étaient les suivantes : « *la graine se multiplie* » (élève d'Alsace), « *la graine se transforme en trois graines ; la graine se développe* » (élève d'Alsace), « *la graine se divise en plusieurs graines*³³¹ » (élève du *Baden-Württemberg*), « *elle [la graine] commence à se répandre* » (élève d'Alsace), « *plusieurs graines sont plantées*³³² » (élève du *Baden-Württemberg*). J'ai résumé ces explications en cinq catégories : les graines se multiplient, se développent, se divisent, se dispersent ou d'autres graines se rajoutent. Les quatre premières explications sont considérées comme étant en rupture avec les conceptions des botanistes actuels. La cinquième catégorie pourrait être considérée comme réaliste (voir ci-dessous). La figure suivante illustre la répartition des explications données pour le regroupement 1-6 en fonction de la région. Des 279 élèves qui ont placé les images dans l'ordre une graine-plusieurs graines, 223 (soit près de 80%) ont donné une explication.

³³¹ « Der Samen zerteilt sich in mehrere Samen » (traduction personnelle)

³³² « Mehr Samen werden gepflanzt » (traduction personnelle)

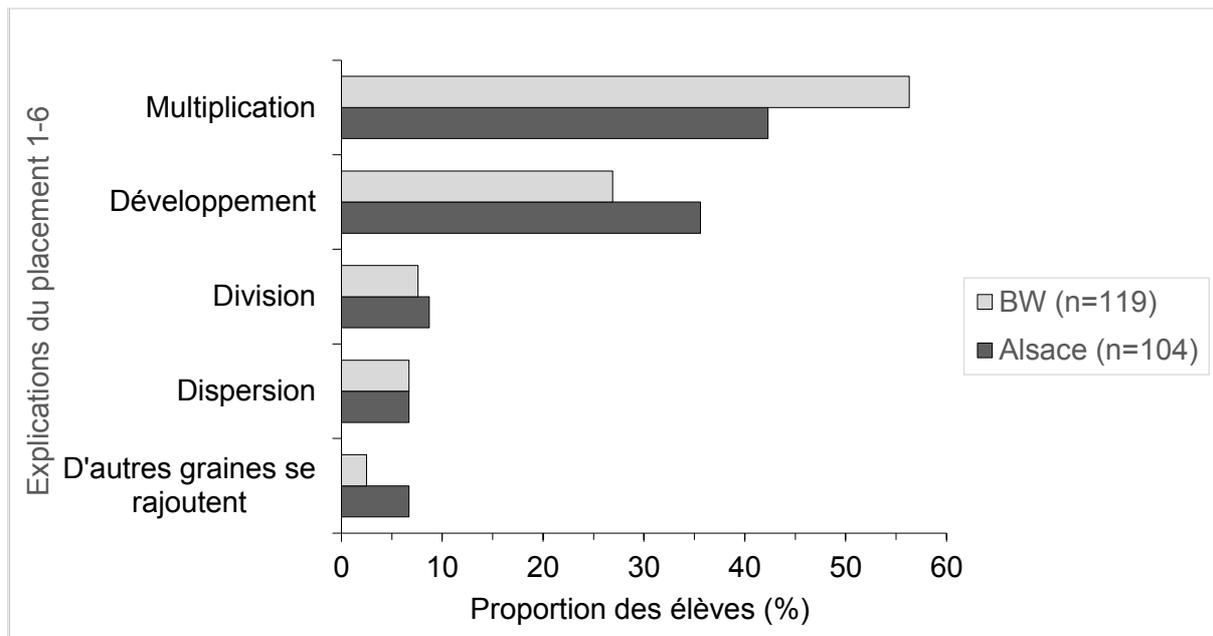


Figure 49 : Pourcentage des explications données par les élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg* pour le placement des images 1-6

La plupart des élèves décrivent la multiplication des graines. Seuls neuf élèves ont affirmé que d'autres graines se rajoutent. Ils expliquent cela par l'apparition des graines ou l'ensemencement de plus de graines : « *on plante plus de graines* » (élève d'Alsace) ou « *d'autres graines apparaissent* » (élève d'Alsace). Cette explication pourrait être considérée comme réaliste à condition que l'explication de la suite du placement le soit également. En effet, tous les élèves de ce regroupement (une graine-plusieurs graines) poursuivent le placement soit par un germe soit par une jeune plante. Seules les explications qui précisent qu'une seule, de ces "plusieurs graines", germe et forme une plante sont considérées comme réalistes et en accord avec les conceptions des botanistes actuels. C'est le cas pour six élèves ; les trois autres n'explicitent pas ce passage. Cependant 30 élèves de ce regroupement expliquent la suite du placement (plusieurs graine-une plante) par la formation de la plante à partir de plusieurs graines : « *les graines commencent à pousser et vont construire des racines ; les graines vont se transformer en racines et vont produire des feuilles* » (élève d'Alsace), « *la graine se multiplie et celles-ci se lient alors avec les racines ; des graines pousse une plante*³³³ » (élève du *Baden-Württemberg*).

Certaines des explications en rupture avec les conceptions botaniques actuelles, avaient déjà été identifiées dans l'enquête exploratoire (chapitre 2). Je leur avais attribué le

³³³ « Der Samen vermehrt sich und diese verbinden sich dann mit den Wurzeln ; von den Samen wächst eine Pflanze » (traduction personnelle)

modèle mental G2 (“la graine se divise ou se multiplie”). Ce modèle sera donc repris pour cette enquête principale et détaillé au chapitre suivant.

4) Regroupement plusieurs graines – une graine (6-1)

Observons maintenant les élèves qui ont placé d’abord plusieurs graines puis une graine (6-1) (n=488). Une différence entre les deux régions est à mentionner comme l’illustre la Figure 50. En effet, les élèves du *Baden-Württemberg* placent davantage plusieurs graines puis une graine que les élèves d’Alsace. La régression binaire logistique indique que la probabilité que les élèves du *Baden-Württemberg* placent plusieurs graines puis une graine est importante (B=0,42, df=1, valeur-Wald=10,20, p=0,001). Ni le type de plante, ni le sexe des élèves, ni la zone urbaine ou rurale de l’établissement ne semblent avoir d’influence sur un tel placement (tous les $p \geq 0,222$).

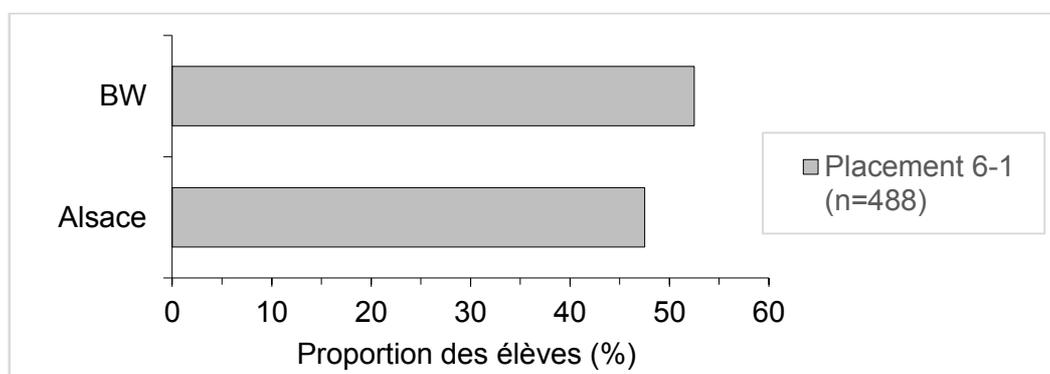


Figure 50 : Pourcentage des élèves plaçant plusieurs graines puis une graine en fonction de la région

Parmi ces 488 élèves qui ont placé d’abord plusieurs graines puis une graine et renseigné la première partie du questionnaire, 301 ont donné une explication parmi les suivantes : « *les graines fusionnent* » (élève d’Alsace) ou « *les graines se sont rassemblées* » (élève d’Alsace), « *une seule graine sur les trois survit* » (élève d’Alsace), « *graine choisie*³³⁴ » (élève du *Baden-Württemberg*). J’ai ainsi créé les catégories suivantes : fusion, une graine reste et observation d’une graine. La distribution des explications en fonction des catégories du regroupement 6-1 est illustrée par la Figure 51. Aucune différence significative n’est observable entre les explications données par les élèves d’Alsace et ceux du *Baden-Württemberg*. Les catégories “observation d’une graine” et “une graine reste” sont tout à fait réalistes alors que celle de la “fusion” sera considérée comme étant en rupture avec les conceptions actuelles des botanistes. Ainsi, parmi les explications données par les 301 élèves

³³⁴ « Ausgewählter Samen » (traduction personnelle)

du regroupement 6-1, 203 (67,4%) sont considérées comme étant en accord avec les conceptions actuelles des botanistes.

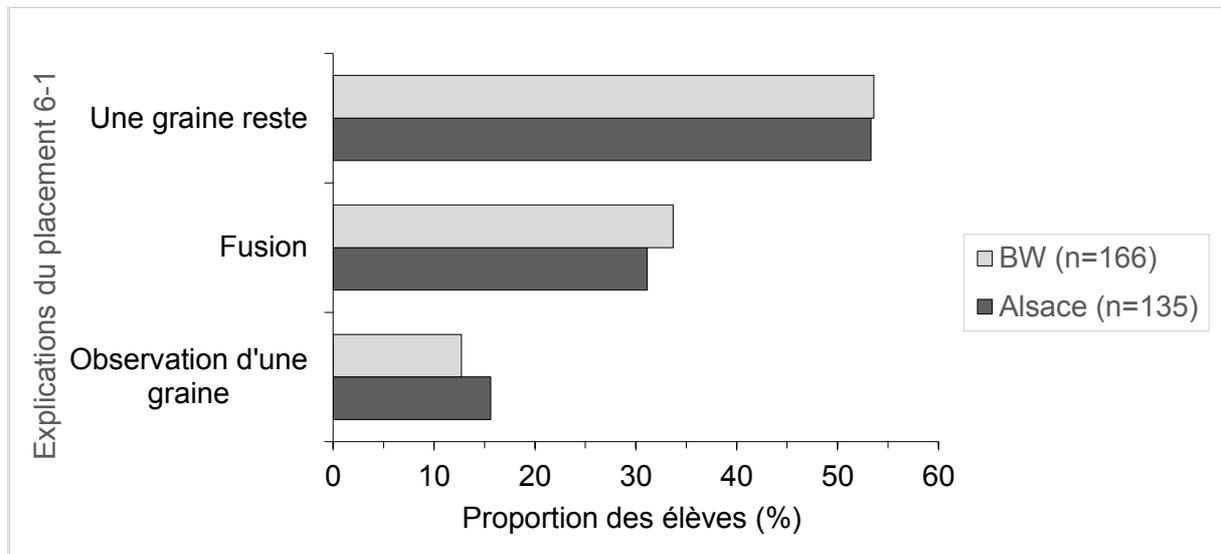


Figure 51 : Répartition des explications données par les élèves concernant le placement "plusieurs graines puis une graine" par région

Lors de l'enquête exploratoire, je n'avais pas de modèle mental correspondant à cette conception. Celui-ci sera donc ajouté pour cette enquête principale et détaillé au chapitre suivant. Ce modèle concernera les 98 élèves décrivant la fusion des graines en une seule.

5) Regroupement fruit puis fleur (5-4)

Un autre regroupement possible à partir des résultats du Tableau 64 est celui indiquant une inversion des images fleur-fruit (regroupement 5-4, n=356). Ce regroupement comprend les placements suivants (Tableau 66) :

Tableau 66 : Placements des images avec une inversion des images fleurs et fruits (5-4)

Regroupement fruit-fleur
5-4
1-6 ; 5-4
6-1 ; 5-4
Cycle 5-4
Cycle 1-6 ; 5-4
Cycle 6-1 ; 5-4
Autre avec 5-4

Le placement fruit puis fleur a surtout été effectué avec les questionnaires portant sur le rosier (Figure 52). La régression binaire logistique (Backward Wald), indique que le rosier ($B=4,86$, $df=1$, valeur-Wald=248,18, $p<0,001$) et le poirier ($B=-0,60$, $df=1$, valeur-Wald=4,56, $p=0,033$) ont une influence opposée sur le placement avec une inversion des images de fleur et de fruit. En effet la probabilité d'un tel placement est importante pour un questionnaire sur le rosier et faible pour celui du poirier. La probabilité de placer d'abord le fruit puis la fleur est également importante pour les élèves d'Alsace ($B=0,67$, $df=1$, valeur-Wald=7,22, $p=0,007$). Ni la zone urbaine ou rurale de l'établissement, ni le sexe des élèves n'ont d'influence sur ce placement. Ces résultats sont en accord avec l'hypothèse H2³³⁵.

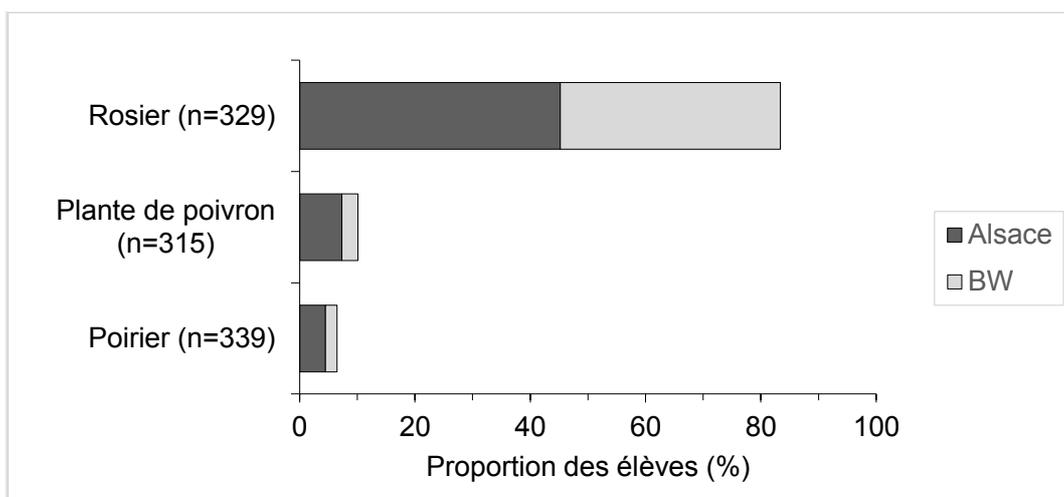


Figure 52 : Pourcentage des élèves qui placent d'abord l'image du fruit puis de la fleur en fonction du type de plante et de la région

Parmi les 356 élèves du regroupement fruit-fleur et qui ont répondu à la première partie du questionnaire, 268 ont justifié leur placement. Les explications suivantes ont pu être relevées : soit le fruit se transforme en fleur (« *les fruits se transforment en fleur* » (élève d'Alsace)), soit le fruit n'est pas identifié en tant que tel, mais son image est décrite comme un élément floral tels un bourgeon, une fleur non éclose (image 5 : « *Plante avec beaucoup de bourgeons*³³⁶ » (élève du *Baden-Württemberg*)). Aucune différence significative entre l'explication des élèves d'Alsace et de ceux du *Baden-Württemberg* n'est identifiée ($p=0,226$). La Figure 53 visualise ces explications en fonction du type de plante.

³³⁵ H2 : Le placement avec une inversion de l'image de la fleur et du fruit est influencé par le type de plante.

³³⁶ « Pflanze mit vielen Knospen » (traduction personnelle)

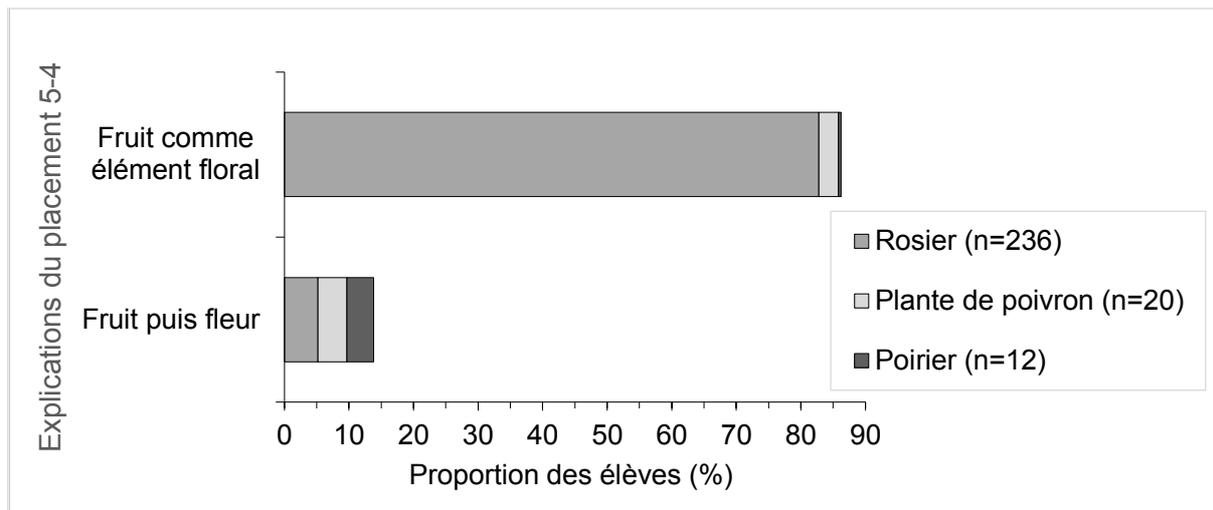


Figure 53 : Pourcentage des élèves donnant une explication du placement fruit puis fleur en fonction du type de plante

Sur les 231 élèves qui décrivent le fruit comme élément floral (Figure 53), 4 évoquent néanmoins la formation du fruit après la fleur ; pour les autres, le fruit n'est pas mentionné. 37 élèves identifient le fruit et placent son image avant celle de la fleur. Pour ces derniers, le placement fruit puis fleur est considéré comme étant en rupture avec les conceptions botaniques actuelles. Ce placement fait référence au modèle FF3 de l'enquête exploratoire (chapitre 2).

6) Description du cycle de vie et placement des images

Le placement seul, qu'il soit idéal ou non, n'implique cependant pas que la description du développement de la plante soit en accord avec les conceptions des botanistes actuels. C'est pour cette raison, que des points sont attribués. Avant de donner les résultats chiffrés, voici deux exemples de description (issus de la première partie du questionnaire auxquelles j'ai attribué la totalité des sept points :

« La graine [image 1] ; la graine va germer [image 2] ; elle va faire apparaître une pousse ; pousse [image 3] ; qui va grandir et faire apparaître des fleurs ; fleurs de poivron [image 4] ; et les fleurs vont se transformer en poivrons ; poivron [image 5] ; Les poivrons vont laisser des graines et l'été prochain, elles vont de nouveau pousser » (élève d'Alsace, questionnaire sur la plante de poivron)

« Samen [image 1] ; der Samen keimt ; Keimen [image 2] ; Er wächst aus dem Boden und es bilden sich Blätter ; Sprössling [image 3] ; an den Ästen bilden sich Blüten ; Blüte [image 4] ; aus den Blüten werden kleine Früchte, die dann wachsen ; Frucht

[image 5] ; *aus den Samen der Früchte werden wieder kleine Bäumchen* ; Samen [image 6]³³⁷ » (élève du *Baden-Württemberg*, questionnaire sur le poirier)

Des points ont pu être attribués à 948 élèves. En moyenne, 3,2 points sur 7 ont été accordés. En considérant la description des sept stades, l'analyse univariée de la variance (ANOVA, type II), a révélé une différence significative entre les deux régions ($F(1,943)=5,19$, $p=0,023$), entre la zone rurale et urbaine de l'établissement ($F(1,943)=4,89$, $p=0,027$) ainsi qu'entre les trois types de plantes ($F(2,943)=67,734$, $p<0,001$). En effet, les élèves répondant à un questionnaire sur le poirier ou la plante de poivron obtiennent plus de points en moyenne (respectivement $3,7 \pm 0,08$ et $3,5 \pm 0,08$) que ceux répondant à un questionnaire sur le rosier ($2,4 \pm 0,08$). Il en est de même pour les élèves d'Alsace qui obtiennent en moyenne $3,3 \pm 0,07$ points alors que ceux du *Baden-Württemberg* en obtiennent en moyenne $3,1 \pm 0,07$ points. Les élèves issus d'un établissement situé à la campagne obtiennent également plus de points (en moyenne $3,3 \pm 0,06$) que ceux suivant un enseignement dans un établissement situé en zone urbaine (en moyenne $3,1 \pm 0,07$).

Si le développement de la plante de la graine au fruit, est considéré, aucune différence significative entre les deux régions ne peut être notifiée ($F(1,943)=0,73$, $p=0,393$).

Une analyse univariée de la variance (ANOVA, type II), mesurant l'effet d'un placement idéal (linéaire ou cyclique) sur l'obtention de points pour la description du développement d'une des plantes à fleurs, met en évidence une influence significative ($F(1,946)=379,68$, $p<0,001$). Les élèves qui placent les images dans l'ordre idéal obtiennent en moyenne plus de points ($M=5,6 \pm 0,13$) que les autres ($M=2,9 \pm 0,05$).

7) Le premier et le dernier stade placé par les élèves

Parmi les 950 élèves qui ont répondu à la première partie du questionnaire, 942 commencent par la ou les graines. Pour 7 élèves un point de départ n'a pas pu être distingué. Leur placement, en cycle, ne donnait aucune indication à ce sujet. 1 élève d'Alsace commence par la fleur. Il poursuit par plusieurs graines (« *plantation des graines* »), une graine, un germe, plantule pour finir avec la « *poussée des fleurs* » (image du rosier avec fruits).

Concernant la dernière image collée, des différences entre les régions (Figure 54) et le type de plante (Figure 55) sont mises en évidence. La plupart des élèves placent l'image du

³³⁷ « graine (image 1) ; la graine germe ; germer (image 2) ; elle pousse hors du sol et des feuilles se développent ; jeune pousse (image 3) ; des fleurs se forment sur les branches ; fleurs (image 4) ; à partir des fleurs se forment de petits fruits, qui poussent alors ; fruit (image 5) ; des graines du fruits poussent à nouveaux de petits arbres ; graines (image 6) » (traduction personnelle)

fruit en dernier. Cependant, cela est davantage observé chez les élèves du *Baden-Württemberg* que chez ceux d'Alsace. Parmi les élèves qui placent plusieurs graines en dernier, deux tiers sont d'Alsace.

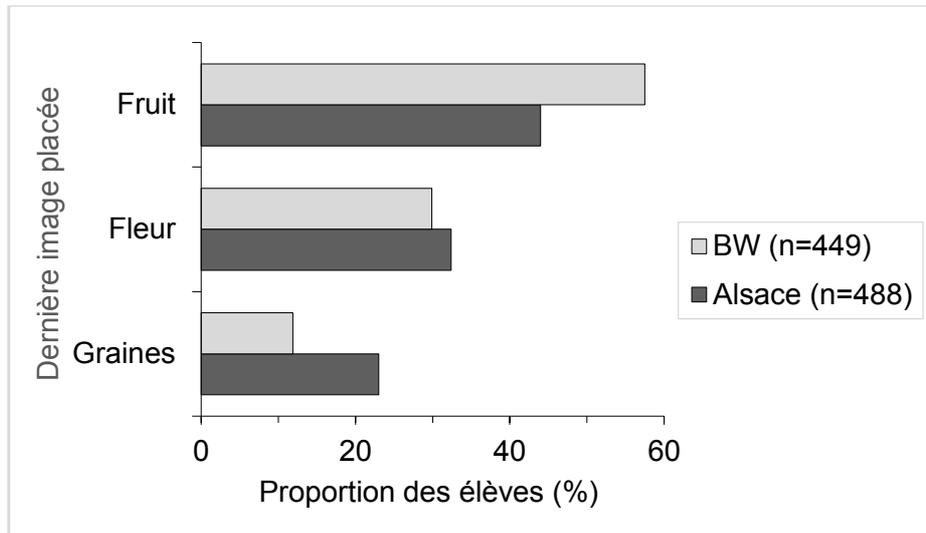


Figure 54 : Pourcentage des élèves qui placent soit les graines, la fleur ou le fruit en dernière image en fonction de la région

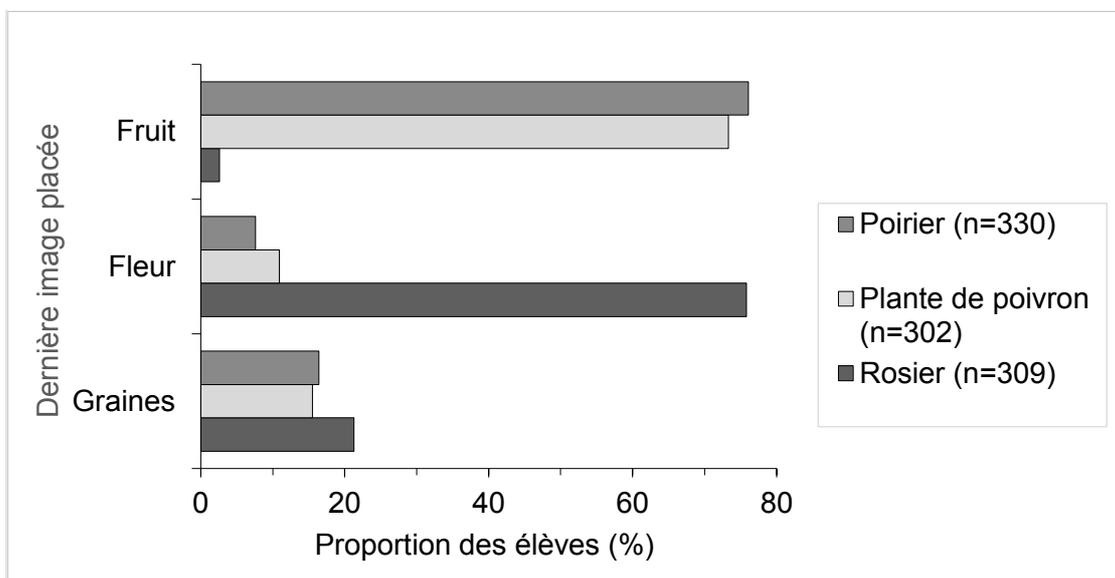


Figure 55 : Pourcentage des élèves qui placent soit les graines, la fleur ou le fruit en dernière image en fonction de la plante

La probabilité de placer l'image des graines en dernier est plus importante pour les élèves d'Alsace ($B=0,83$, $df=1$, valeur-Wald=20,64, $p<0,001$), les garçons ($B=0,49$, $df=1$, valeur-Wald=7,73, $p=0,038$) ainsi que pour ceux répondant à un questionnaire sur le rosier ($B=0,37$, $df=1$, valeur-Wald=4,30, $p=0,038$). La zone rurale ou urbaine de l'établissement n'a aucune influence sur le placement des graines à la fin (tous les $p\geq 0,372$).

La probabilité de placer l'image de la fleur en dernier est très grande pour les élèves répondant à un questionnaire sur le rosier ($B=3,45$, $df=1$, valeur-Wald=317,99, $p<0,001$). Les autres facteurs n'ont pas d'influence ($p\geq 0,073$).

En revanche, la probabilité de placer l'image du fruit en dernier est importante pour les élèves du *Baden-Württemberg* ($B=1,00$, valeur-Wald=26,64, $p\geq 0,001$) ainsi que pour ceux répondant à un questionnaire sur l'une des deux plantes de culture ($B=5,87$, $df=1$, valeur-Wald=98,22, $p\geq 0,001$). Les autres facteurs n'ont pas d'influence ($p\geq 0,142$). Les probabilités importantes de placer l'image de la fleur en dernier et non pas celle du fruit avec un questionnaire sur le rosier s'expliquent puisque plus de 80% des élèves répondant au questionnaire correspondant inversent l'image de la fleur et du fruit (Figure 52).

11.2.2 Les types de raisonnement

Le deuxième questionnement³³⁸ aborde le mode de raisonnement (cyclique ou linéaire) adopté par les élèves lors de la description du développement de la plante dans la première partie du questionnaire.

Trois aspects seront abordés ici :

- 1) Le raisonnement cyclique vs linéaire
- 2) L'utilisation des expressions "cycle" ou "cycle de vie"
- 3) Les différents raisonnements cycliques.

1) Le raisonnement cyclique vs linéaire

Le premier aspect donne un aperçu des descriptions cycliques ou linéaires verbalisées par les 950 élèves répondant à la première partie du questionnaire. La Figure 56 indique le nombre d'élèves ayant décrit le développement de la plante de manière cyclique, avec l'idée d'un recommencement ou plutôt de manière linéaire, avec un début et une fin. Une troisième catégorie désigne les élèves qui ont décrit l'obtention de nouvelles graines sans préciser ce qui se passe avec ces dernières. L'idée de recommencement n'est donc pas explicitée mais le raisonnement reste possible. Les élèves du *Baden-Württemberg* raisonnent davantage de manière linéaire que les élèves d'Alsace (Figure 56). La différence entre le pourcentage des élèves qui adoptent un raisonnement cyclique par rapport à ceux qui raisonnent de manière linéaire est plus importante au *Baden-Württemberg* qu'en Alsace.

³³⁸ Les élèves d'Alsace pensent-ils davantage de manière cyclique que ceux du Baden-Württemberg ?

Sur les 950 élèves qui ont répondu à la première partie du questionnaire, 364 élèves décrivent le développement de la plante sous forme cyclique. Une régression binaire logistique (Backward Wald) montre que la probabilité de décrire le développement de la plante de manière cyclique est plus importante pour les élèves d'Alsace ($B=0,72$, $df=1$, valeur-Wald= $27,01$, $p<0,001$) ainsi que pour ceux répondant à un questionnaire sur le rosier ($B=0,35$, $df=1$, valeur-Wald= $5,68$, $p=0,017$). Ni le sexe des élèves ni la zone urbaine ou rurale de l'établissement ne semblent avoir d'influence sur une telle description (tous les $p\geq 0,664$). Ces résultats ne permettent pas d'infirmer l'hypothèse H3³³⁹.

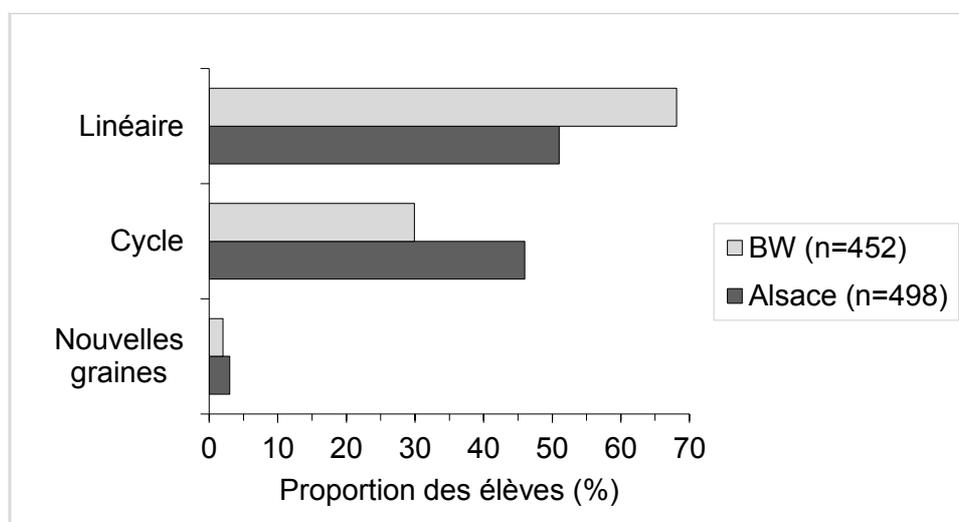


Figure 56 : Pourcentage des élèves décrivant le développement de leur plante, sous forme cyclique avec l'idée d'un recommencement ou de manière linéaire avec un début et une fin, en fonction de la région

En fonction des enseignants et des classes, le pourcentage des élèves adoptant un raisonnement cyclique avec l'idée d'un recommencement varie (Figure 57). Il y a en effet davantage de classes d'Alsace dont le taux des élèves raisonnant de manière cyclique est supérieur à la moyenne générale.

³³⁹ H3 : Les élèves d'Alsace adoptent davantage un raisonnement cyclique que les élèves du Baden-Württemberg.

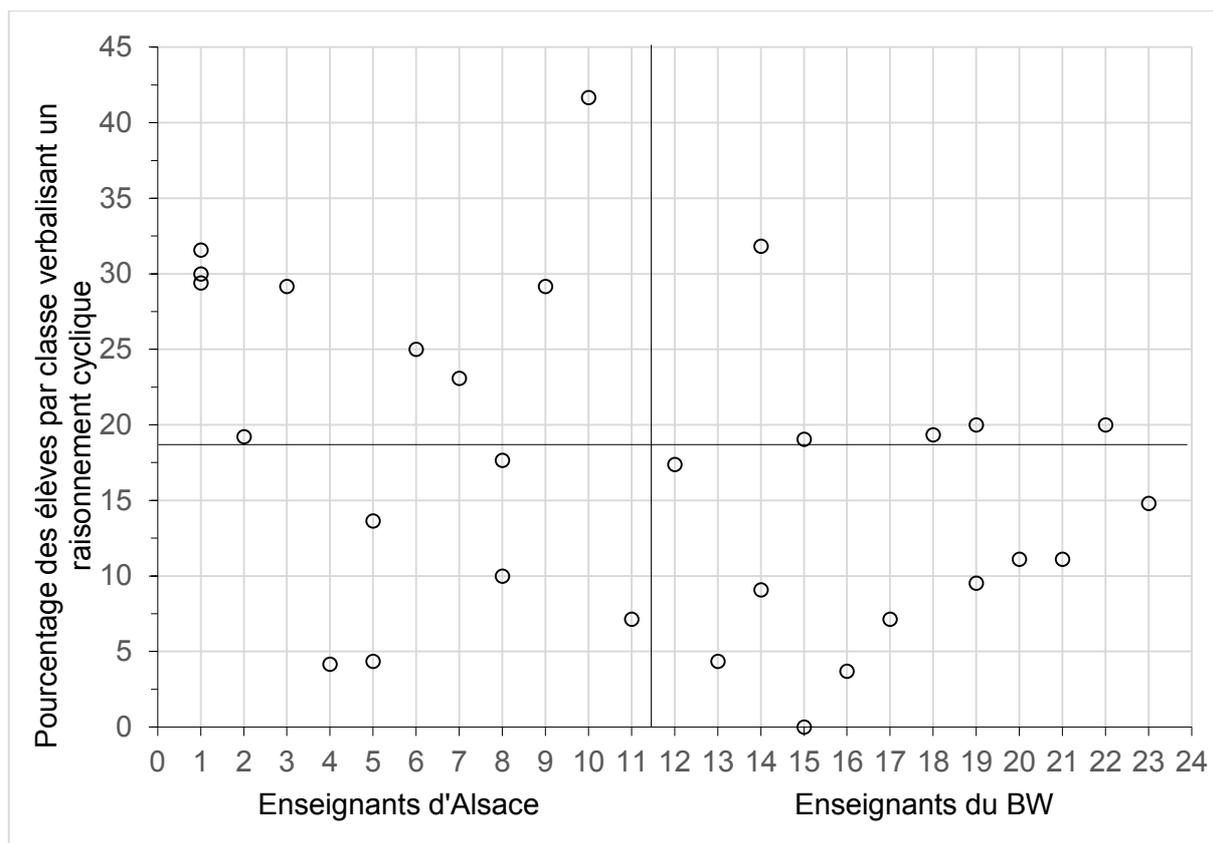


Figure 57 : Taux des élèves de chaque classe verbalisant un raisonnement cyclique en fonction de l'enseignant. Un point peut symboliser une ou plusieurs classes. La ligne horizontale symbolise la moyenne de l'ensemble des classes

2) L'utilisation de l'expression "cycle" ou "cycle de vie"

Contrairement à l'enquête exploratoire, aucun item ne porte sur l'expression même de "cycle de vie". Je ne souhaite justement pas influencer les élèves. Ils sont cependant libres d'utiliser ces notions à l'item 3, lorsqu'il s'agit de décrire la suite du développement (exemple : « *ça continue toujours comme ça car le cycle se répètera tout le temps comme ça* » (élève d'Alsace) ; « *der ganze Kreislauf fängt nochmal von vorne an*³⁴⁰ » (élève du *Baden-Württemberg*)). Effectivement, l'idée de recommencement peut s'exprimer par la notion de cycle. En tout 79 élèves, sur les 950 élèves ayant répondu à la première partie du questionnaire ont recours à ces expressions ; parmi eux, 66 proviennent d'Alsace et 13 du *Baden-Württemberg*. L'expression précise de "cycle de vie" ou "cycle de reproduction" n'est employée que par des élèves d'Alsace (n=8). Bien que 85,7% des enseignants (d'Alsace et du *Baden-Württemberg*) indiquent utiliser l'expression de "cycle de vie" ou "cycle de développement" (chapitre 10), seuls 10,23% des élèves l'utilisent dans le cadre de cette enquête.

³⁴⁰ « Tout le cycle recommence encore une fois du début » (traduction personnelle)

La probabilité d'utiliser l'expression "cycle" ou "cycle de vie" est importante pour les élèves d'Alsace ($B=1,66$, $df=1$, valeur-Wald=28,40, $p<0,001$). Les autres facteurs (sexe, type de plante, zone urbaine ou rurale de l'établissement) ne semblent pas avoir d'influence (tous les $p \geq 0,415$).

3) Les différents raisonnements cycliques

Nous avons vu ci-dessus que 364 élèves adoptent un raisonnement cyclique. Trois aspects sont abordés ici :

- a) Les différentes descriptions cycliques
- b) Les cycles intergénérationnels vs centrés sur l'individu
- c) Les cycles en accord vs en rupture avec les conceptions botaniques actuelles

a) Les différentes descriptions cycliques

Différents types de cycle peuvent cependant être identifiés (Tableau 67). Certains élèves verbalisent plusieurs types de cycle (par exemple cycle de vie et cycle saisonnier). Ils sont ainsi comptabilisés pour chacun d'eux et le total est exprimé en fonction du nombre de cycles décrits et non pas en fonction du nombre d'élèves.

Tableau 67 : Fréquence des différents types de cycles verbalisés par les élèves d'Alsace ($n=229$) et du *Baden-Württemberg* ($n=135$)

Types de cycle	Proportion des élèves (%)	
	Alsace	BW
*De vie	28,4	28,9
Floral	24,9	17,8
*Saisonnier	11,4	17,0
Avec intervention humaine	7,4	8,1
Par dissémination des graines	4,4	5,2
*Avec intervention animalière	0,4	4,4
Retour à la graine	2,2	0,7
Non défini	16,6	13,3
Autres	6,6	5,9

Les placements précédés d'une " * " sont considérés comme corrects ; *Baden-Württemberg* (BW)

Le cycle de vie correspond à une description en accord avec les conceptions actuelles des botanistes telles que décrites au chapitre 4. Voici l'exemple de deux élèves ayant verbalisé le cycle de vie :

Item 2 et 4 : « La graine ; la graine germe ; la pousse se développe ; la pousse grandit ; floraison ; les fruits se développent ; fruit ; les graines tombent et va donner une nouvelle plante ; nouvelle graine. » Item 3 : « Après ça regerme, ça fait une nouvelle pousse puis encore une floraison et de nouveau des fruits » (élève d'Alsace)

Item 2 et 4 : « ein Samen von einer Birne steckt im Boden ; nach einer Zeit fängt er an zu keimen ; es wächst ein kleines Pflänzlein ; dann nach vielen Wochen wächst eine Pflanze ; im Frühling fängt die Pflanze an zu blühen ; nach dem Blühen wächst eine Frucht ; der Baum wirft die Birne mit dem Samen zu Boden ; der Samen setzt sich fest ; » Item 3 : « Es geht alles wieder von vorne los³⁴¹ » (élève du Baden-Württemberg).

Les élèves ayant décrit le cycle floral évoquent que les graines sont issues non pas du fruit mais de la fleur. Cette conception fait référence au modèle mental G3 de l'enquête exploratoire (chapitre 2). Deux exemples de verbalisation d'élèves illustrent cette conception (ces élèves précisent à l'item 7 que les graines mûres de leur plante se trouvent dans la fleur) :

Item 2 et 4 : « plantation ; Certaines graines meurent et seules les plus fortes résistent et restent ; première graine de poivron ; la graine a été arrosée et elle a germé ; le germe pousse après quelques jours ; pousse de plante de poivron ; la pousse a grandi et crée ses fruits ; fruit de la plante de poivron ; les poivrons sont morts. La plante a encore bourgeonné et des fleurs sortent ; floraison de la plante de poivron. » Item 3 : « Après la dernière image, la plante de poivron se dessèche et des graines tombent des fleurs ; donc le cycle va recommencer » (élève d'Alsace).

Item 2 et 4 : « Samen ; aus dem Samen sprießen kleine Wurzeln ; die Pflanze wächst aus dem Boden und bildet Blätter ; die Pflanze wächst ; die Pflanze bekommt Stacheln und ihr wachsen Knospen ; die Pflanze blüht ; die Blume lässt Samen fallen. » Item 3 : « Die Samen wachsen weiter und aus den Samen werden wieder Rosenbüsche³⁴² » (élève du Baden-Württemberg).

Certains élèves se réfèrent aux saisons pour décrire le développement de la plante, c'est le cycle saisonnier : « [...] en automne les feuilles tombent, en hiver l'arbre se régénère et bourgeonne au printemps, les bourgeons deviennent des fleurs et en été les [fleurs] deviennent des fruits » (élève d'Alsace) ou encore « Es wird Herbst und er verliert die Blätter und im Frühjahr blüht er wieder und trägt Früchte³⁴³ » (élève du Baden-Württemberg).

Pour d'autres, l'intervention humaine ou animalière est nécessaire pour la dissémination des graines. Une personne peut ainsi récolter les graines et les semer ; c'est un cycle avec intervention humaine : « la plante fane et meurt, avant l'homme récolte les graines et les sème » (élève d'Alsace) ou encore « Die Paprika wird geerntet und aus den Samenkörnern der

³⁴¹ Item 2 et 4 : « Une graine d'une poire est plantée dans le sol ; après un certain temps elle commence à germer ; une petite plante pousse ; puis après plusieurs semaines pousse une plante ; au printemps la plante commence à fleurir ; après la floraison pousse un fruit ; l'arbre "jette" la poire avec la graine au sol ; la graine s'ancre » Item 3 : « tout recommence » (traduction personnelle)

³⁴² Item 2 et 4 : « graine ; de la graine émergent de petites racines ; la plante pousse hors du sol et forme des feuilles ; la plante pousse ; la plante "obtient" des épines et les bourgeons poussent ; la plante fleurit ; la fleur laisse tomber les graines. » Item 3 : « les graines continuent à pousser et des rosiers poussent à nouveau des graines » (traduction personnelle)

³⁴³ « L'automne s'installe et il perd ses feuilles et au printemps il fleurit à nouveau et porte des fruits » (traduction personnelle)

*Ernte können neue Paprikapflanzen gezüchtet werden und so geht der Kreislauf immer weiter*³⁴⁴ » (élève du *Baden-Württemberg*). Cette intervention humaine est essentiellement décrite par les élèves ayant traité un questionnaire sur le poirier ou sur la plante de poivron, c'est à dire sur des plantes de culture alimentaire.

Un animal peut manger les fruits avec ses graines puis les rejeter par les excréments à un autre endroit ; c'est le cycle avec intervention animalière : « *Les poivrons mangés et leur noyaux conservés, ils ont été replantés pour refaire le même cycle* » (élève d'Alsace) ; « *Die Früchte fallen ab, die Pflanze verdorrt, die Frucht wird von Tieren gefressen, diese tragen die Samen weiter und der Kreislauf beginnt von vorne*³⁴⁵ » (élève du *Baden-Württemberg*). Seuls 7 élèves ont décrit un tel cycle.

Le cycle par dissémination des graines est attribué lorsque la provenance des graines n'est pas explicitée. Ces élèves décrivent alors simplement la dissémination de nouvelles graines et l'idée de recommencement : « *Une fois la dernière image [5. La plante a produit enfin son fruit], les graines tombent puis la plante meure et ça recommence à 0* » (élève d'Alsace) ou encore « *die Pflanze wirft einen Samen aus und es fängt von vorne an*³⁴⁶ » (élève du *Baden-Württemberg*). C'est essentiellement avec un questionnaire sur le rosier qu'une telle conception est identifiée.

Le cycle avec retour au stade de graine est attribué lorsque les élèves évoquent l'idée du recommencement de la même plante à partir du stade de graine : « *La plante redevient une graine et etc.* » (élève d'Alsace) ; « *La plante a fini et devenu une graine* » + « *La graine recommence son évolution elle grandira à nouveau* » (élève d'Alsace).

Les cycles "non définis" sont ceux qui présentent une idée de recommencement, mais indéfini. Aucune indication n'a été donnée sur ce qui recommençait : « *es wiederholt sich immer wieder*³⁴⁷ » (élève du *Baden-Württemberg*).

Dans "**autres**" se trouvent les descriptions de cycle avec dissémination naturelle, mais dont l'ordre des graines n'est pas en accord avec les conceptions botaniques actuelles. On y trouvera ainsi des graines qui fusionnent ou une graine qui se multiplie.

³⁴⁴ « Le poivron est récolté et, à partir des graines de la récolte, d'autres plantes de poivron peuvent être cultivées et c'est ainsi que le cycle continu toujours » (traduction personnelle)

³⁴⁵ « Les fruits tombent, la plante flétrie, le fruit sera mangé par les animaux. Ceux-ci transportent les graines et le cycle recommence au début » (traduction personnelle)

³⁴⁶ « La plante éjecte une graine et cela recommence au début » (traduction personnelle)

³⁴⁷ « Cela recommence encore et encore » (traduction personnelle)

Les conceptions cycliques les plus répandues (> 15% des élèves) seront analysées maintenant. Il s'agit du cycle de vie et du cycle floral. Les facteurs d'influence probables sont mesurés à partir de régressions binaires logistiques (Backward Wald).

Ainsi, la majorité des élèves qui décrivent le cycle de vie, l'ont fait à partir d'un questionnaire sur le poirier. Un tel cycle est davantage décrit par les élèves d'Alsace ; la différence n'est cependant pas significative ($df=1$, $\chi^2=0,011$, $p=0,918$) (Figure 58).

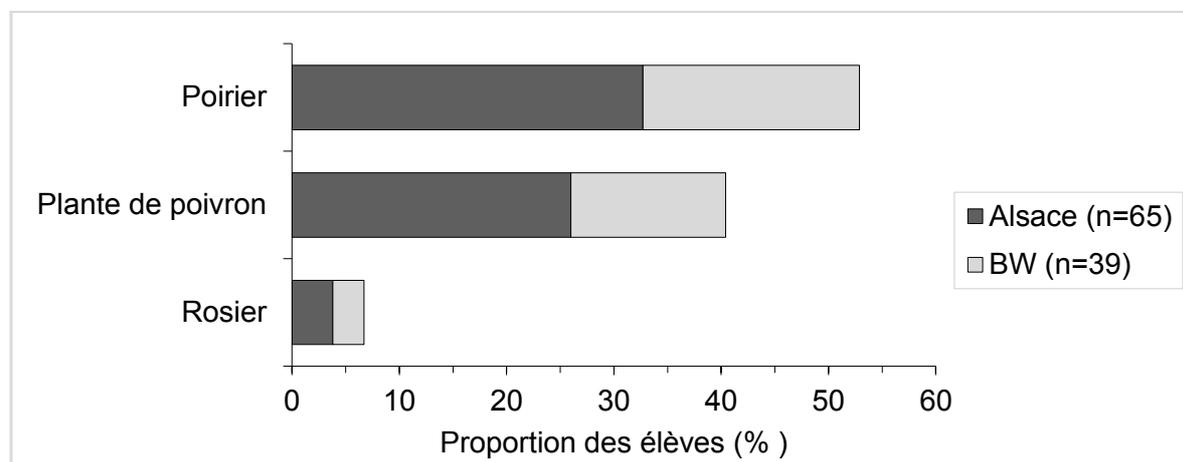


Figure 58 : Pourcentage des élèves décrivant le cycle de vie en fonction du type de plante et de la région

Parmi les élèves raisonnant de manière cyclique, la probabilité de décrire le cycle de vie est importante pour les garçons ($B=0,57$, $df=1$, valeur-Wald=4,84, $p=0,028$) ainsi que pour les élèves répondant à un questionnaire sur l'une des deux plantes de culture ($B=2,67$, $df=1$, valeur-Wald=41,55, $p<0,001$). Ni la région, ni la zone urbaine ou rurale de l'établissement ne semblent avoir une influence (tous les $p \geq 0,269$).

Cependant, le taux des élèves par classe verbalisant le cycle de vie d'une plante à fleurs varie d'un enseignant à l'autre, voire d'une classe à l'autre (Figure 59). Il y a davantage de classes d'Alsace qui présentent un taux supérieur à la moyenne générale des cycles de vie verbalisés par classe.

Dans les classes, dans lesquelles l'enseignant a une conception du cycle de vie au sens de la perpétuation de l'espèce et enseigne ce concept, les élèves décrivent plus souvent un tel cycle (en moyenne $15,3\% \pm 2,17$). Dans les autres classes, en moyenne $5,8\% \pm 2,89$ des élèves verbalisent le cycle de vie. Cette différence est significative ($F(1,23)=7,03$, $p=0,014$, calculée à partir d'une analyse univariée de la variance, ANOVA, type II).

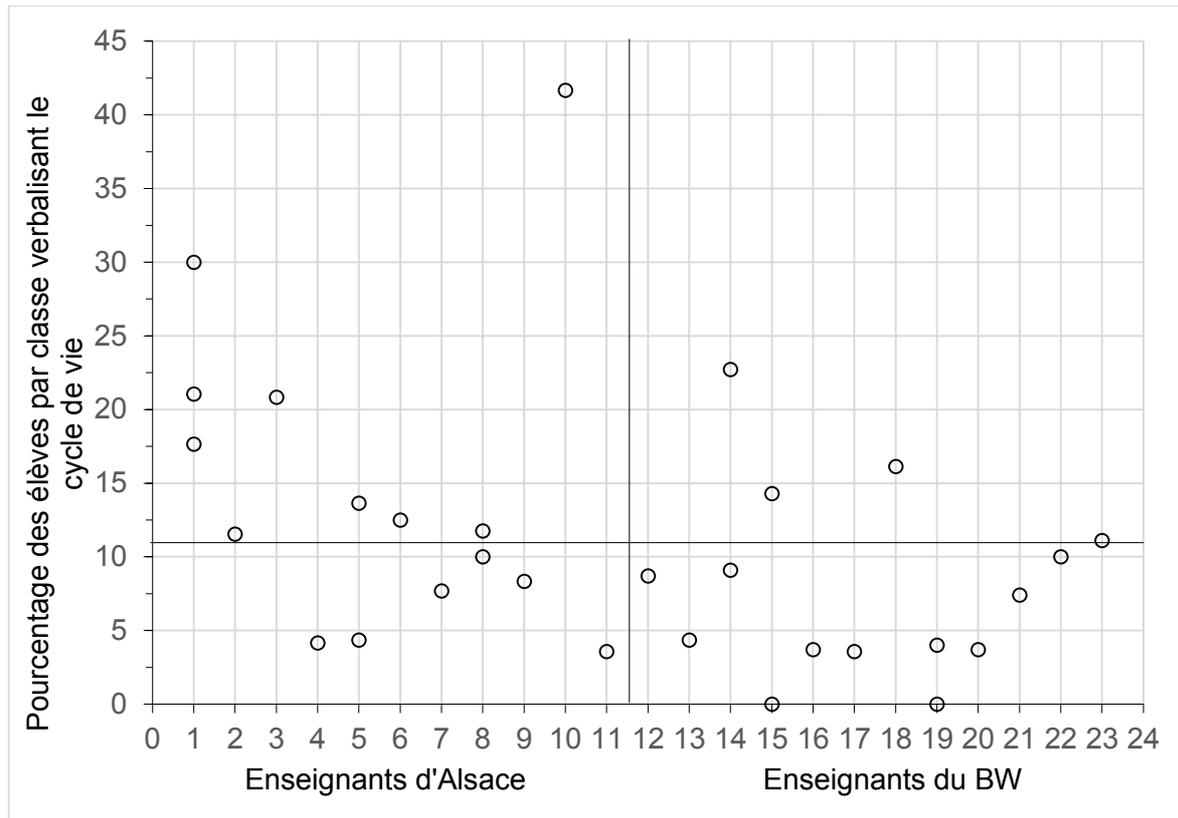


Figure 59 : Taux des élèves de chaque classe verbalisant le cycle de vie en fonction de l'enseignant. Un point peut symboliser une ou plusieurs classes. La ligne horizontale symbolise la moyenne de l'ensemble des classes

La description du cycle floral apparaît davantage chez les élèves ayant répondu à un questionnaire sur le rosier. Plus d'élèves d'Alsace que du *Baden-Württemberg* placent ce cycle floral (Tableau 67, Figure 60).

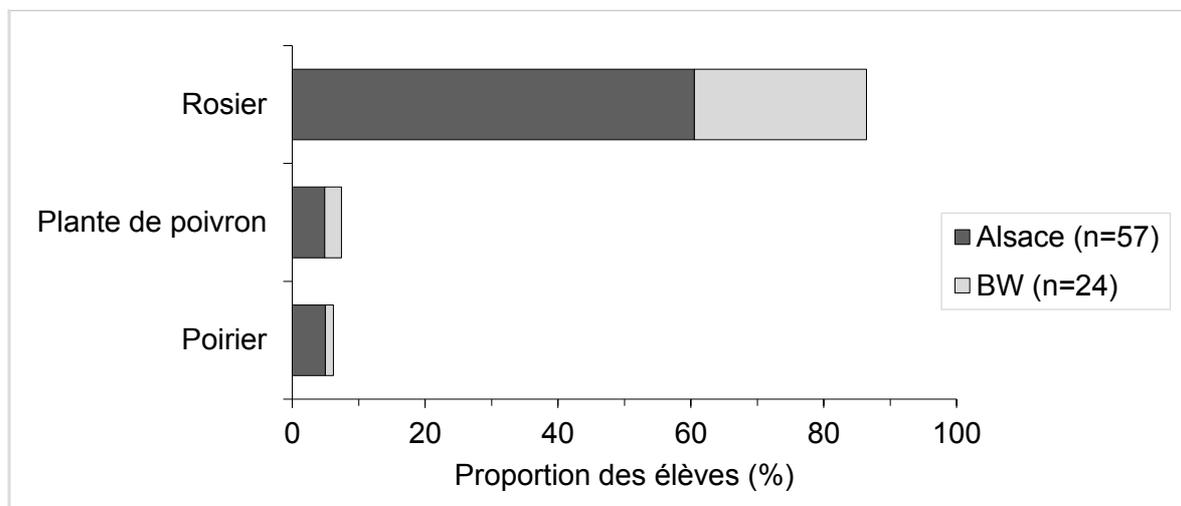


Figure 60 : Pourcentage des élèves décrivant le cycle floral en fonction du type de plante et de la région

Cependant la probabilité de décrire le cycle floral est seulement légèrement plus importante pour les élèves d'Alsace ($B=0,62$, $df=1$, valeur-Wald= $3,63$, $p=0,057$) ainsi que pour les élèves issus d'un établissement rural ($B=0,61$, $df=1$, valeur-Wald= $3,73$, $p=0,053$). Cette probabilité est par contre grande pour les élèves répondant à un questionnaire sur le rosier ($B=3,10$, $df=1$, valeur-Wald= $73,76$, $p<0,001$). Le sexe des élèves ne semble pas avoir d'influence sur cette conception ($p\geq 0,465$).

b) Les cycles intergénérationnels vs centrés sur l'individu

A partir des différents types de cycle (Tableau 67), plusieurs raisonnements cycliques ont pu être identifiés. Certains abordent l'aspect intergénérationnel, donc d'une génération à la suivante : « *Lorsque les poivrons pourrissent, les graines se trouvant à l'intérieur tombent dans la terre et donnent vie à une autre plante* » (élève d'Alsace). Ces élèves sont bien dans une logique de perpétuation de l'espèce. L'origine et/ou le moyen de dissémination des graines varient cependant en fonction du cycle décrit. D'autres, décrivent un cycle au niveau de l'individu. C'est le cas du cycle saisonnier ou de celui avec un retour à l'état de graine. Ces élèves-là ne mentionnent pas de nouvelle génération.

Le Tableau 68 présente les différents types de cycles regroupés en fonction du raisonnement centré sur la génération ou sur l'individuel. 4 élèves décrivent à la fois un cycle intergénérationnel et un cycle centré sur l'individu. Les cycles "non définis" ne peuvent pas être considérés.

Tableau 68 : Types de cycles classés en fonction d'un raisonnement intergénérationnel ou individuel

Raisonnement	Intergénérationnel (n=257)	Individuel (n=55)
Types de cycle	De vie	Saisonnier
	Floral	Avec retour à la graine
	Avec intervention humaine	
	Avec intervention animalière	
	Par dissémination des graines	
	Autres	

Une régression logistique binaire (Backward Wald) indique que la probabilité de décrire un cycle intergénérationnel est importante pour les garçons ($B=0,83$, $df=1$, valeur-Wald= $6,22$,

$p=0,013$). Ni la région, ni le type de plante, ni la zone urbaine ou rurale de l'établissement ne semblent influencer un tel raisonnement (tous les $p \geq 0,155$).

c) Les cycles en accord vs en rupture avec les conceptions botaniques actuelles

Tous les cycles intergénérationnels ne sont pas obligatoirement en accord avec les conceptions botaniques actuelles. Ainsi, lorsque le cycle floral est décrit, il existe certes de nouvelles graines, une nouvelle génération, mais elles sont issues de la fleur et non pas du fruit. A l'inverse le cycle saisonnier, n'est certes pas intergénérationnel, mais correspond bien à la description annuelle d'une plante vivace. Cette description est donc en accord avec les conceptions actuelles des botanistes. Le Tableau 69 présente les cycles en accord ou en rupture avec les conceptions botaniques actuelles. Les cycles "non définis" ainsi que ceux "par dissémination des graines" n'ont pas été considérés ici ; il ne m'est donc pas possible d'en déduire si cette verbalisation est en accord ou en rupture avec le modèle botanique.

Tableau 69 : Types de cycles classés en fonction de leur accord ou non avec les conceptions actuelles des botanistes

Raisonnement	En accord avec le modèle botanique (n=155)	En rupture avec le modèle botanique (n=136)
Types de cycle	De vie	Floral
	Saisonnier	Avec retour à la graine
	Avec intervention animalière	Avec intervention humaine
		Autre

Les cycles en accord avec les conceptions botaniques actuelles sont davantage décrits par les élèves répondant à un questionnaire sur le poirier (Figure 61). En revanche, les régions ne se distinguent pas vraiment.

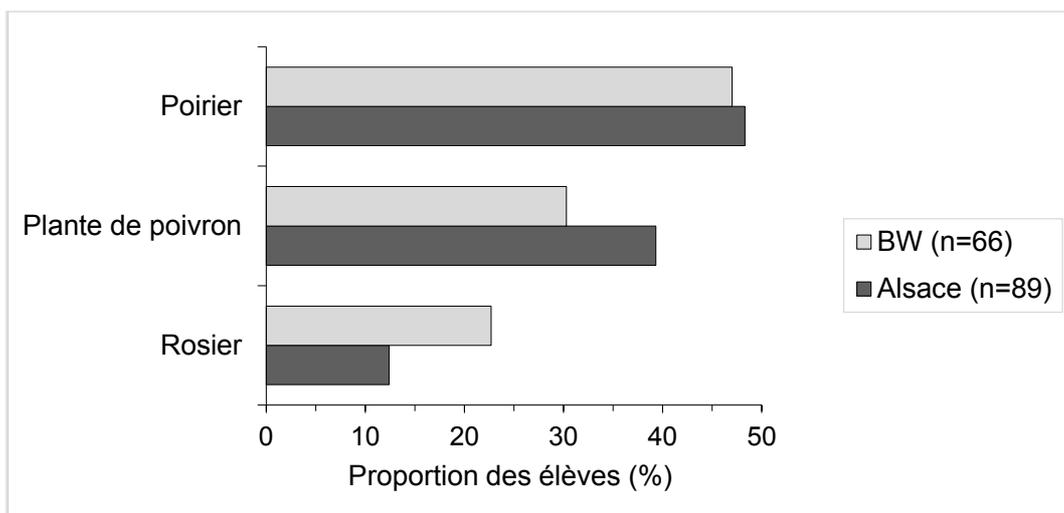


Figure 61 : Pourcentage des élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg* verbalisant un cycle en accord avec les conceptions botaniques actuelles en fonction du type de plante

La probabilité de décrire un cycle en accord avec le modèle botanique est faible pour les élèves répondant à un questionnaire sur le rosier ($B=-1,67$, $df=1$, valeur-Wald=26,75, $p<0,001$). Ni la région, ni le sexe des élèves ni la zone urbaine ou rurale de l'établissement n'ont d'influence sur la description de ces cycles (tous les $p\geq 0,075$).

11.2.3 L'intervention humaine

Le troisième questionnement³⁴⁸ interroge deux aspects de l'intervention humaine : 1) celle au profit de la plante (en arrosant, semant, ...) et 2) celle qui met en avant un raisonnement anthropocentré, utilitaire.

1) Intervention humaine au profit de la plante

De manière générale, environ un tiers des élèves évoque une intervention au profit de la plante dans la première partie du questionnaire. Il ne semble pas y avoir de différences ni entre les régions ni entre les différentes plantes présentées. Cependant, si l'on considère l'item 8 (de la deuxième partie du questionnaire), seuls 17,7% des élèves estiment qu'il est indispensable que l'humain récolte les graines puis les sème afin qu'une nouvelle plante puisse pousser ($n=928$). La plupart des élèves répondent que la dissémination naturelle et celle effectuée par une intervention humaine peuvent avoir lieu (67,2%). Le type de plante semble avoir une influence pour cet item : c'est davantage avec les "plantes de cultures" que

³⁴⁸ Les élèves du Baden-Württemberg raisonnent-ils de manière plus pragmatique (utilitaire) que les élèves d'Alsace ? Le type de plante influence-t-il la verbalisation des actions humaines relatives à la culture d'une plante ?

l'ensemencement par intervention humaine semble nécessaire ($df=2$, $\chi^2=10,151$, $p=0,006$, Figure 62).

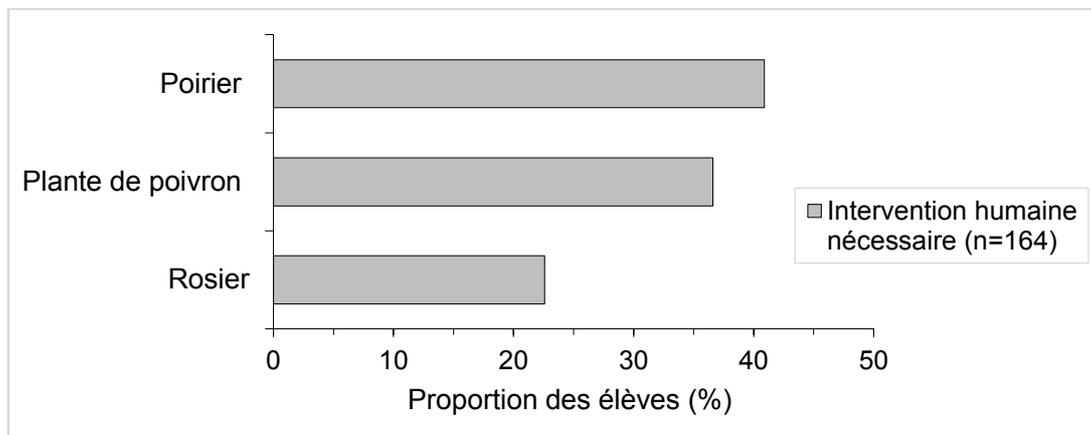


Figure 62 : Pourcentage des élèves qui estiment que la récolte puis l'ensemencement par l'humain sont nécessaires pour la croissance d'une nouvelle plante, en fonction du type de plante

Une régression binaire logistique (Backward Wald) indique que la probabilité que les élèves estiment une intervention humaine indispensable pour la croissance d'une nouvelle plante (item 8) est plus importante pour les élèves issus d'un établissement en zone urbaine ($B=0,37$, $df=1$, valeur-Wald=4,42, $p=0,036$) et importante pour ceux répondant à un questionnaire sur l'une des deux plantes de culture alimentaire ($B=0,65$, $df=1$, valeur-Wald=10,09, $p=0,001$). Ni la région, ni le sexe des élèves ne semblent influencer sur une telle réponse (tous les $p \geq 0,273$). L'ensemble de ces résultats ne permet pas d'infirmer l'hypothèse H_8 ³⁴⁹.

2) Intervention humaine utilitaire

Plus d'un tiers des élèves mentionnent dans la première partie du questionnaire l'utilisation de certaines parties de la plante à des fins culinaire, commerciale ou décorative. Il s'agit davantage des élèves du *Baden-Württemberg* et de ceux répondant à un questionnaire sur l'une des plantes de culture alimentaire (Figure 63).

³⁴⁹ H_8 : La verbalisation de l'intervention humaine se fait davantage pour les "plantes de culture" (poirier et plante de poivron) que pour les "fleurs" (rosier).

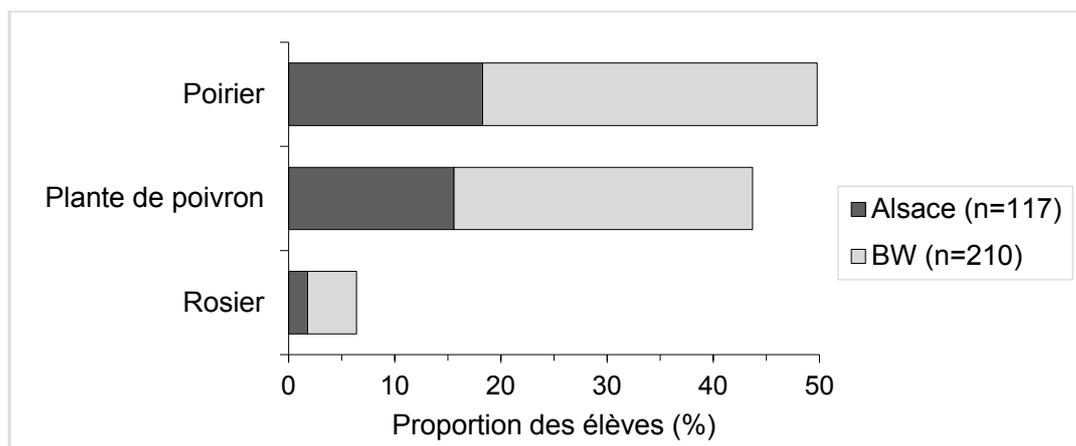


Figure 63 : Pourcentage des élèves décrivant l'intervention humaine utilitaire en fonction du type de plante et de la région

La probabilité de décrire cet aspect utilitaire de l'intervention humaine est grande pour les élèves du *Baden-Württemberg* ($B=1,21$, $df=1$, valeur-Wald=57,82, $p<0,001$), ainsi que pour ceux issus d'un établissement rural ($B=0,45$, $df=1$, valeur-Wald=7,62, $p=0,006$) et pour ceux répondant à un questionnaire sur l'une des deux plantes de culture alimentaire ($B=2,71$, $df=1$, valeur-Wald=120,31, $p<0,001$). Le sexe des élèves ne semble pas avoir d'influence ($p=193$). Ces réponses sont en accord avec nos hypothèses H6 et H8³⁵⁰.

Comme évoqué dans la méthodologie, la récolte des fruits pour le poirier et la plante de poivron a également été relevée. 635 élèves ont répondu à un questionnaire sur l'une ou l'autre plante ainsi qu'à la première partie de celui-ci. Parmi eux, 273 ont évoqué la récolte du fruit soit 176 élèves du *Baden-Württemberg* et 96 d'Alsace. Il n'y a cependant pas de différence significative entre les deux plantes.

La probabilité de décrire la récolte du fruit est plus grande pour les élèves du *Baden-Württemberg* ($B=1,15$, $df=1$, valeur-Wald=46,14, $p<0,001$) et ceux issus d'un établissement en zone rurale ($B=0,53$, $df=1$, valeur-Wald=9,38, $p=0,002$). Ni le type de plante (poirier ou plante de poivron), ni le sexe ne semblent avoir d'influence ($p\geq 0,073$). Ces résultats sont en accord avec l'hypothèse H9³⁵¹.

Les élèves qui ont exprimé un raisonnement linéaire, avancent à 38,1% en Alsace et à 67,0% au *Baden-Württemberg* que le fruit doit être récolté (Alsace : $df=1$, $\chi^2=12,90$, $p<0,001$; *Baden-Württemberg* : $df=1$, $\chi^2=29,43$, $p<0,001$). Les autres élèves, verbalisant le

³⁵⁰ H6 : Les élèves du Baden-Württemberg verbalisent davantage les aspects utilitaires lorsqu'ils décrivent le développement de la plante que les élèves d'Alsace ; H8 : La verbalisation de l'action humaine relative à la culture se fait davantage pour les "plantes de culture alimentaires (poirier et plante de poivron) que pour les "fleurs" (rosier)

³⁵¹ H9 : Les élèves du Baden-Württemberg décrivent davantage la récolte du fruit que les élèves d'Alsace

développement de l'individu, ont exprimé la fanaison voire la mort de la plante, la continuation de sa croissance, ou la présence du fruit, ou encore l'apparition de nouveaux fruits.

11.2.4 Utilisation d'un vocabulaire spécifique

Au quatrième questionnement³⁵² deux aspects linguistiques sont interrogés : 1) l'utilisation des notions disciplinaires et 2) le sens attribué aux termes de pollinisation, fécondation et dissémination.

1) Notions utilisées par les élèves pour décrire le développement de la plante à fleurs

Les résultats de l'analyse univariée de la variance (ANOVA, type II) mettent en évidence que la région ($F(1,934)=74,36$, $p>0,001$), le rosier ($F(1,934)=17,98$, $p>0,001$) et le poirier ($F(1,934)=9,87$, $p=0,002$) ont un effet significatif sur l'utilisation d'un vocabulaire disciplinaire. Ni le sexe des élèves ni la zone urbaine ou rurale de l'établissement ne semblent avoir d'influence. Les élèves d'Alsace semblent utiliser plus souvent un vocabulaire disciplinaire adéquat pour décrire le développement d'une plante à fleurs (en moyenne $2,6 \pm 0,05$) que ceux du *Baden-Württemberg* (en moyenne $2,0 \pm 0,05$). Les élèves qui ont répondu à un questionnaire sur le rosier ont utilisé en moyenne $2,1 \pm 0,07$ notions botaniques alors que les autres en ont utilisé davantage (en moyenne $2,4 \pm 0,04$). La différence entre les plantes vient sans doute du fait que, pour le rosier, le fruit a moins souvent été identifié sur les images (Figure 53). Parmi les trois plantes, c'est en décrivant le développement du poirier que les élèves ont utilisé le plus de notions botaniques (en moyenne $2,4 \pm 0,07$) alors que pour les autres questionnaires il s'agissait en moyenne de $2,2 \pm 0,04$ notions.

Au niveau de la classe, la différence entre l'utilisation de ces notions par les élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg* est illustrée par la Figure 64.

³⁵² Les élèves utilisent-ils un vocabulaire spécifique à la botanique pour décrire les stades-clés du cycle de vie végétal ? Leurs définitions des processus-clés sont-elles en accord avec celles des botanistes actuels ?



Figure 64 : Pourcentage des notions utilisées par les élèves de chaque classe pour décrire le développement d'une plante à fleurs en fonction des enseignants d'Alsace et du *Baden-Württemberg*

Contrairement au terme de “germe”, de “plantule” et de “fruit”, les notions “graine” et “fleur” sont utilisées par la plupart des élèves (Figure 65). Il y a une différence importante entre les deux cohortes concernant l'utilisation des termes “germe” et “plantule” et un peu moindre pour celui de “graine”. En effet, les élèves du *Baden-Württemberg* ont également recours à d'autres termes pour désigner les graines tels que “grain” ou “pépin” voire à plusieurs termes différents en fonction des images (une graine, plusieurs graines) (Tableau 70). Ainsi certains élèves décrivent par exemple l'image 6 (plusieurs graines) par « *Körner* » alors que l'image 1 (une graine) est annotée par « *Samen* » (élève du *Baden-Württemberg*). Les explications suivantes ont été données : « *Die Samen werden zu Kernen ; Samen wächst zum Kern heran*³⁵³ » ou « *Die Samen bilden sich zu einem Samenkorn*³⁵⁴ » (deux élèves du *Baden-Württemberg*). D'autres utilisent ces différents termes sans expliciter leur lien.

³⁵³ « Les graines deviennent des pépins ; la graine se développe en pépin » (traduction personnelle)

³⁵⁴ « Les graines se forment en un grain » (traduction personnelle)

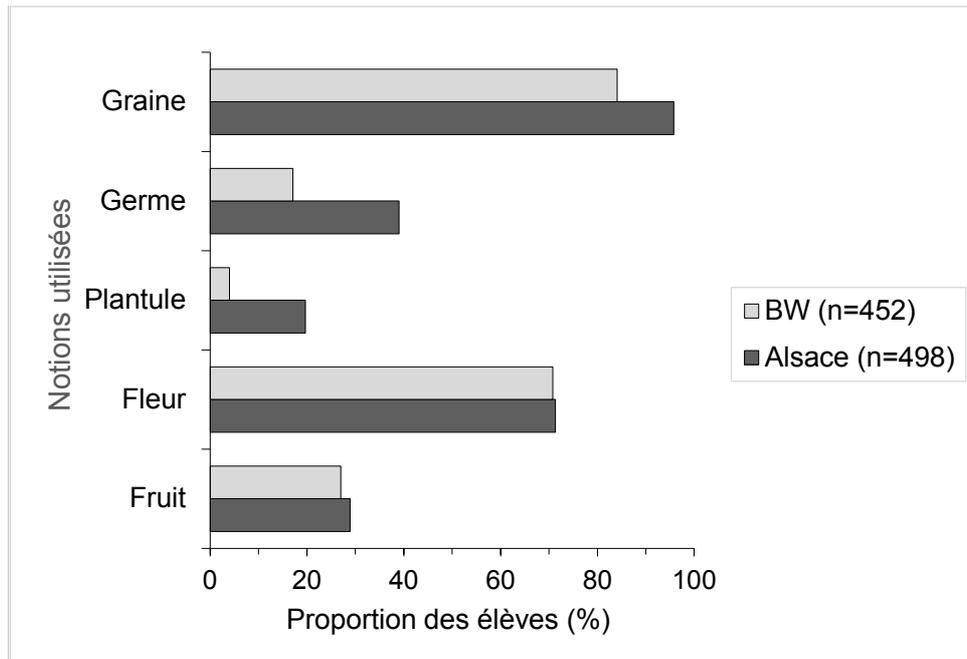


Figure 65 : Notions utilisées par les élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg* pour décrire le développement d'une plante à fleurs

Tableau 70 : Termes utilisés par les élèves de l'enquête principale pour décrire les images de graines

Termes utilisés	Proportion des élèves	
	d'Alsace (n=498)	du <i>Baden-Württemberg</i> (n=452)
Graine (<i>Samen</i>)	95,0	78,1
Grain (<i>Korn</i>)	0,2	6,0
Pépin (<i>Kern</i>)	0,4	5,5
Plusieurs termes	0,8	6,0

Dans la ligne "Graine" de ce tableau n'est comptabilisée que l'utilisation du seul terme graine. Les élèves qui ont utilisé plusieurs termes se trouvent dans la dernière ligne du tableau. Les élèves manquants n'ont utilisé aucun de ces termes.

Le terme de "fleur" au sens "plante à fleurs" a été utilisé par 29 élèves du *Baden-Württemberg* et 16 d'Alsace. Dans 88,9% des cas, ce terme est utilisé pour décrire le rosier.

2) Sens attribué aux processus de pollinisation, de fécondation et de dissémination

Je vais maintenant présenter les résultats de la troisième partie du questionnaire : les questions à choix multiples concernant le sens attribué aux termes de “pollinisation”, de “fécondation” et de “dissémination”.

La pollinisation

En tout, 900 élèves ont coché l'une des propositions pour définir la pollinisation. 71 ont coché “je ne sais pas”. 73 élèves ont coché plusieurs propositions. La moitié des élèves (50,9%) a défini la pollinisation par le butinage des fleurs par les abeilles (Figure 66). Il semble donc y avoir une confusion entre ces deux pratiques. Certes les abeilles sont des insectes pollinisateurs et vont à cet effet sur les fleurs ; leur intérêt étant d'y trouver du pollen et du nectar pour se nourrir et entretenir leurs larves avec le miel fabriqué. Il y a ainsi un service d'échange entre les insectes pollinisateurs et les fleurs. Les insectes assurent la pollinisation des fleurs en échange de quoi ils récoltent de quoi se nourrir. Cependant, la pollinisation est un processus permettant à la plante de se reproduire. L'abeille n'est que l'un des vecteurs rendant la pollinisation possible. Il y a donc deux points de vue différents : celui centré sur l'insecte et l'autre sur la plante. C'est ce deuxième point de vue qui caractérise la pollinisation.

Lorsque ces élèves (n=29) ont coché à la fois la bonne définition de pollinisation ainsi que celle du butinage, leur réponse a été acceptée comme correcte, en accord avec les conceptions actuelles des botanistes. La régression logistique binaire (Backward Wald) indique que la probabilité d'attribuer le sens correct à la pollinisation est importante pour les élèves d'Alsace ($B=0,42$, $df=1$, valeur-Wald=8,50, $p=0,004$). Ni le type de plante, ni le sexe des élèves, ni la zone urbaine ou rurale de l'établissement ne semblent avoir d'influence (tous les $p \geq 0,073$).

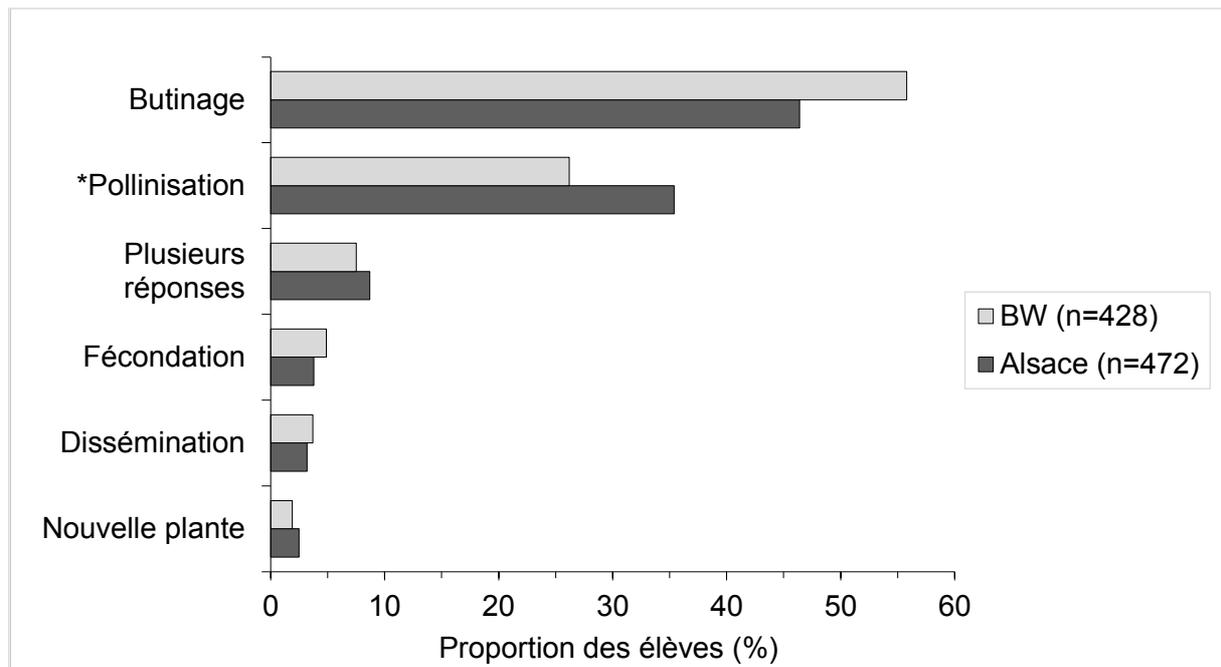


Figure 66 : Pourcentage des réponses données par les élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg* pour définir la pollinisation (item 11). Plusieurs réponses ont pu être cochées. La réponse considérée comme correcte est précédée d'une " * "

La fécondation

896 élèves ont attribué un sens à la fécondation (item 12) ; 72 ont coché "je ne sais pas". Seule la réponse définissant la fécondation (« l'union du grain de pollen avec l'ovule ») est considérée comme étant en accord avec les conceptions actuelles des botanistes. Ainsi, 53,1% des élèves ont coché la bonne définition (Figure 67). Les autres l'ont définie par la pollinisation (12,2%), l'apparition d'une nouvelle plante (10,4%) ou encore le butinage (9,7%). Ni la région, ni le type de plante, ni le sexe des élèves, ni la zone urbaine ou rurale de l'établissement n'ont d'influence (tous les $p \geq 0,141$).

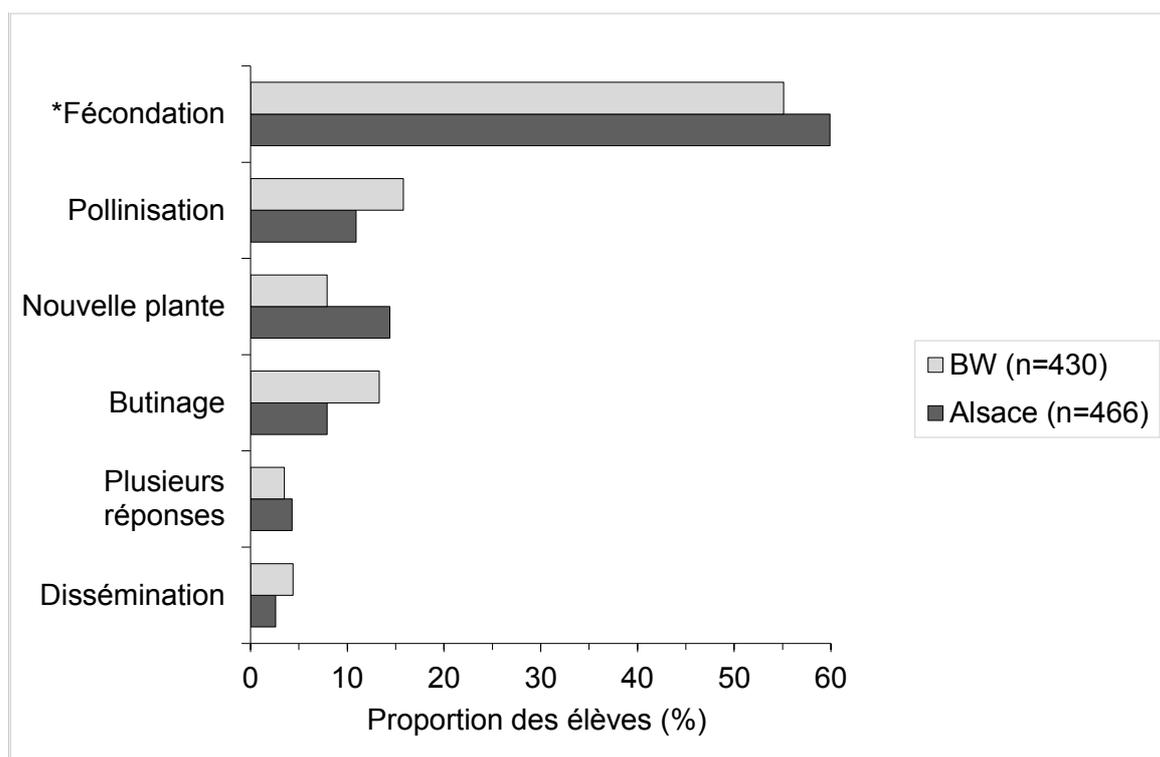


Figure 67 : Pourcentage des réponses données par les élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg* pour définir la fécondation (item 12). Plusieurs réponses ont pu être cochées. La réponse considérée comme correcte est précédée d'une " * "

La dissémination

En tout, 891 élèves ont attribué un sens à la dissémination (item 13). 79 élèves ont répondu "je ne sais pas". La dissémination est définie comme suit : "les graines sont transportées à un autre endroit". Seule cette modalité est retenue comme étant en accord avec les conceptions actuelles des botanistes. 57,7% des élèves ont coché cette modalité. La Figure 68 illustre les différents sens cochés en fonction de la région. Hormis l'attribution correcte, les élèves d'Alsace ont davantage attribué la définition de la pollinisation au terme de dissémination et les élèves du *Baden-Württemberg* celle de la croissance d'une nouvelle plante.

Une régression binaire logistique (Backward Wald) indique que la probabilité que les élèves d'Alsace attribuent le sens correct à la dissémination est importante ($B=0,28$, $df=1$, valeur-Wald=4,33, $p=0,039$). Ni le type de plante, ni la zone urbaine ou rurale de l'établissement, ni le sexe des élèves n'ont d'influence (tous les $p \geq 0,131$).

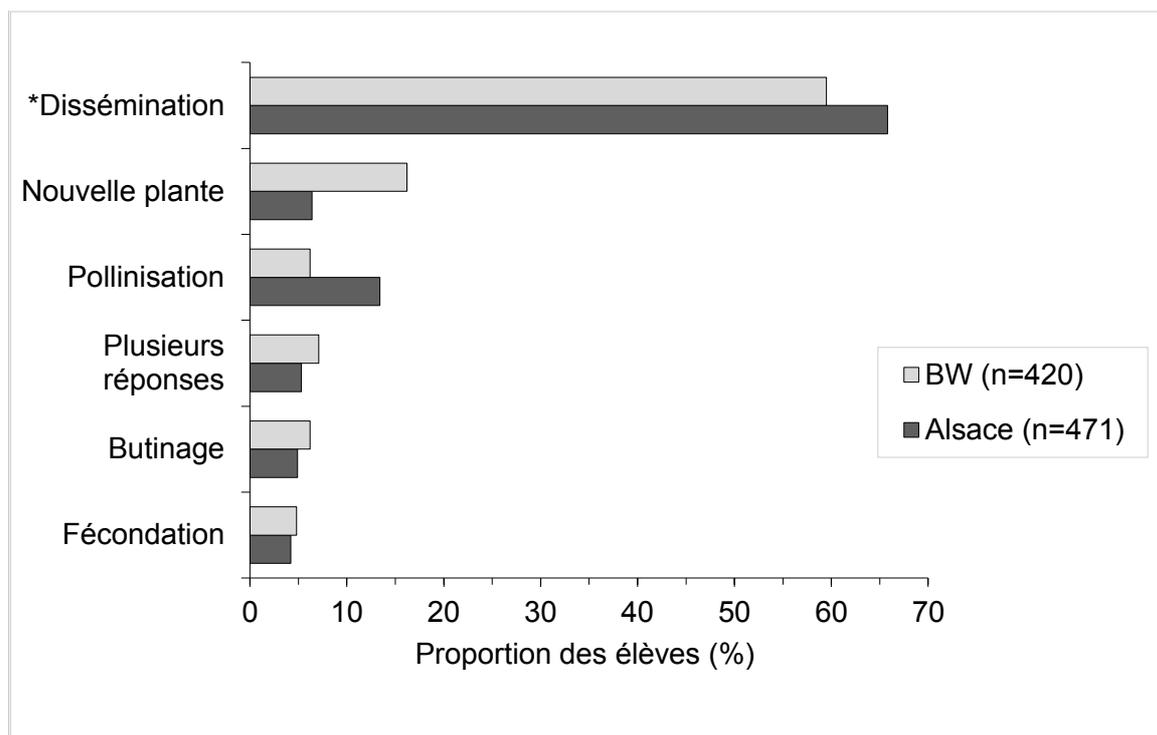


Figure 68 : Pourcentage des réponses données par les élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg* pour définir la dissémination (item 13). Plusieurs réponses ont pu être cochées. La réponse considérée comme correcte est précédée d'une " * "

Cependant, le fait que certains élèves n'attribuent pas le sens "correct" au terme de pollinisation, fécondation et/ou dissémination ne donne pas d'indication concernant une éventuelle confusion entre les concepts.

11.2.5 Conceptions sur la formation des graines et des fruits

Les deux processus-clés évoqués dans le cinquième questionnaire³⁵⁵ sont ceux 1) de la formation des graines (item 6) et 2) de la formation du fruit (items 9 et 10).

1) Conceptions sur la formation des graines

857 élèves ont répondu à l'item 6³⁵⁶. Seuls 252 des élèves ont su répondre à la question posée à savoir la formation, l'origine des graines ; 354 des élèves ont donné une réponse inadéquate pour décrire le devenir des graines (Figure 69, Tableau 71). Si l'on considère les

³⁵⁵ Les conceptions exprimées par les élèves sur la formation des graines sont-elles en accord avec celles des botanistes actuels ? La catégorie de plante influence-t-elle l'identification du fruit et par là les conceptions sur la formation du fruit ?

³⁵⁶ Explique comment se forment ces graines

“réponses en accord” et les “réponses imprécises” comme étant “correctes”, respectivement 40 et 28 élèves d’Alsace et du *Baden-Württemberg* ont décrit correctement la formation des graines. 251 élèves ont coché “je ne sais pas”.

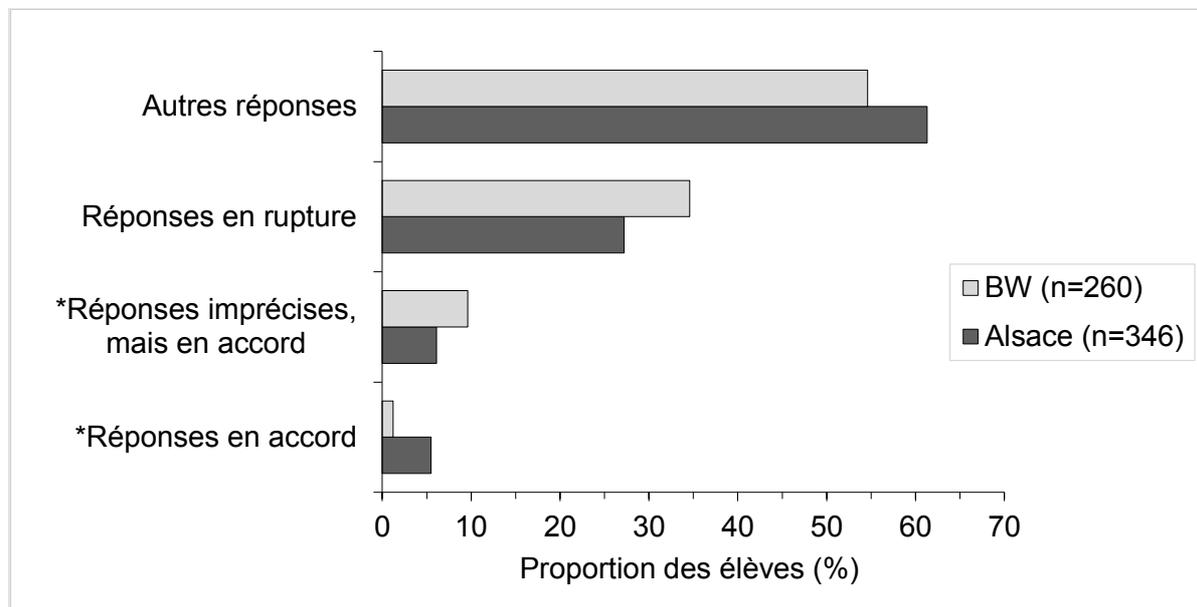


Figure 69 : Pourcentages des réponses données par les élèves d’Alsace et du *Baden-Württemberg* à l’item 6 sur la formation des graines. Les réponses précédées d’une “*” sont considérées comme étant correctes

Le Tableau 71 présente des exemples de réponses données par les élèves quant à la formation des graines en fonction des différentes catégories de réponses.

En considérant les réponses adéquates³⁵⁷, la régression binaire logistique (Backward Wald) indique que la probabilité de décrire la formation des graines selon les conceptions botaniques actuelles est faible pour les élèves répondant à un questionnaire sur le rosier ($B=-0,63$, $df=1$, valeur-Wald=3,85, $p=0,050$). Ni la région, ni le sexe des élèves ni la zone urbaine ou rurale de l’établissement ne semblent avoir d’influence (tous les $p \geq 0,123$).

³⁵⁷ “Réponses en accord”, “partiellement en accord” ou “autres réponses”

Tableau 71 : Réponses données par les élèves à l'item 6 sur la formation des graines

Catégories	Idées	Exemples
Réponses en accord	L'union du grain de pollen avec l'ovule du pistil	« Elles se forment dans le pistil quand il y a union entre le grain de pollen et l'ovule » (élève d'Alsace) « Eine Biene landet auf einer Blüte und bringt fremde Pollen mit, die treffen auf die Narbe und wird in den Fruchtknoten geleitet, dort verschmelzen sie zusammen ³⁵⁸ » (élève du <i>Baden-Württemberg</i>)
Réponses imprécises mais en accord	Les éléments (pollen et pistil) sont décrits mais pas les processus (pollinisation et/ou fécondation) Le processus est nommé (pollinisation ou fécondation) ; sa définition est en accord avec les conceptions botaniques (item 11 ou 12)	« Les graines se forment dans la fleur avec le pistil et le pollen » (élève d'Alsace) « In der Blüte, nach der Befruchtung » (élève du <i>Baden-Württemberg</i>)
Réponses en rupture	Formation par croissance Par les racines La tige Grâce aux nutriments Pendant la formation de la fleur	« Sie entstehen durch wachsen der Pflanze » (élève du <i>Baden-Württemberg</i>) « Ces graines se forment dans les racines, elles se développent entre elles » (élève d'Alsace) « Quand on met une graine dans la terre et que la tige pousse, elle donnera d'autres graines » (élève d'Alsace) « Sie bilden sich von den Nährstoffen der Pflanze » (élève du <i>Baden-Württemberg</i>) « Les graines se forment à l'intérieur de la fleur car la fleur possède des petites graines qui poussent avec elle » (élève d'Alsace) « Les graines se forment en les arrosant plusieurs fois pour que ça puisse pousser » (élève d'Alsace) « Quand une poire tombe, les graines vont tomber faire un nouvel arbre » (élève d'Alsace) « Die Samen bilden sich im Fruchtknoten » (élève du <i>Baden-Württemberg</i>)
Autres réponses (exemples)	Par la dissémination voire la plantation de nouvelles graines Lorsque le lieu de la formation est indiqué mais le processus n'est pas décrit	

Réponses en accord avec les conceptions actuelles des botanistes

³⁵⁸ Traduction personnelles dans l'ordre d'apparition dans le tableau : « Une abeille atterrit sur une fleur et apporte du pollen étranger, celui-ci rencontre le stigmate et est mené dans l'ovaire, là ils fusionnent » ; « Dans la fleur après la fécondation » ; « Ils se forment par croissance de la plante » ; « Ils se forment à partir des nutriments de la plante » ; « Les graines se forment dans l'ovaire »

Cependant, parmi les 982 élèves qui ont répondu à l’item 5, 583 considèrent que les graines se forment dans la fleur ou le pistil. Toutefois, 236 élèves cochent que les graines se forment dans les racines.

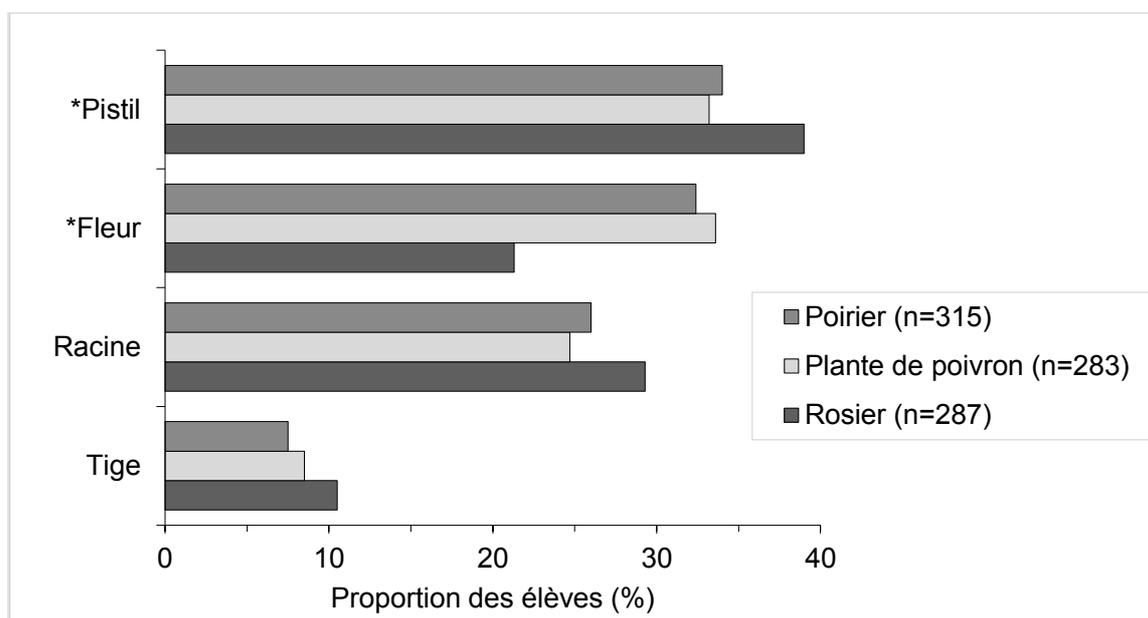


Figure 70 : Pourcentage des réponses données par les élèves à l’item 5 sur le lieu de formation des graines en fonction du type de plante. Les réponses précédées d’une “*” sont considérées comme correcte

La probabilité que les élèves cochent l’une des réponses considérées comme correcte est importante pour les garçons ($B=0,56$, $df=1$, valeur-Wald=14,76, $p<0,001$). Ni la région, ni le type de plante, ni la zone urbaine ou rurale de l’établissement ne semblent avoir d’influence (tous les $p\geq 0,063$).

Arrivée à maturité, les graines se trouvent, d’après les réponses cochées par les élèves à l’item 7, soit dans la fleur (c’est principalement le cas pour le rosier), soit dans le fruit (principalement le cas pour les plantes de culture alimentaire) (Figure 71).

La probabilité que les élèves cochent que les graines mûres se trouvent dans le fruit est importante pour ceux répondant à un questionnaire sur l’une des deux plantes de culture ($B=1,64$, $df=1$, valeur-Wald=100,58, $p<0,001$). Les autres facteurs (régions, zone urbaine ou rurale, sexe) ne semblent pas avoir d’influence (tous les $p\geq 0,130$).

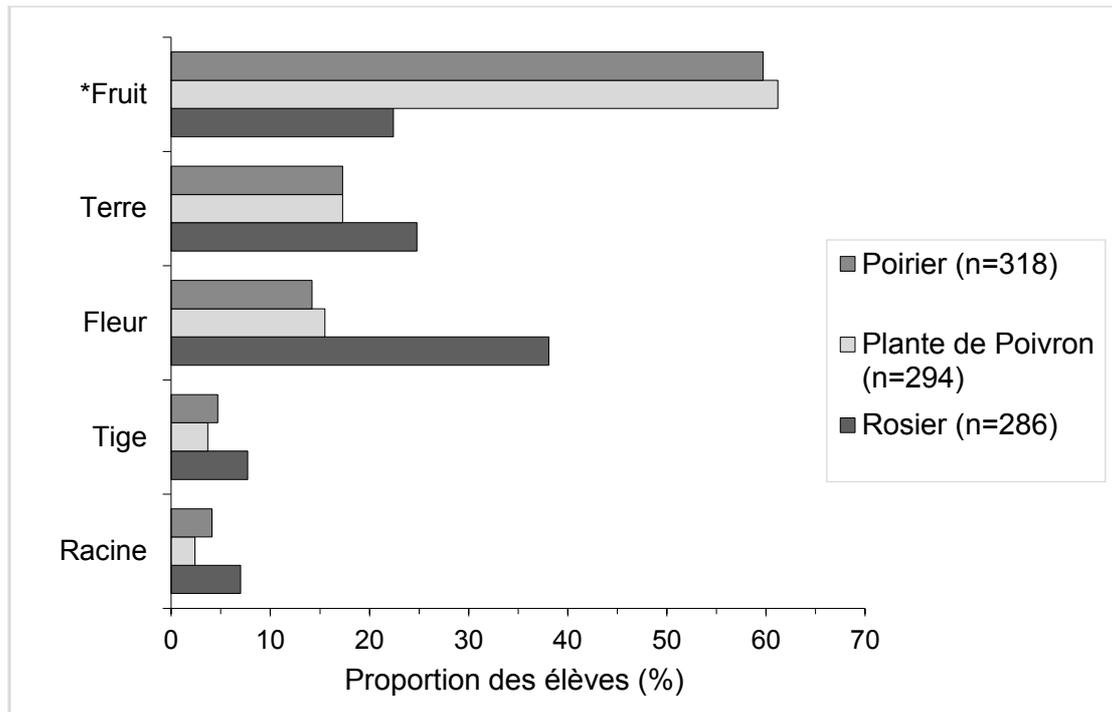


Figure 71 : Pourcentage des réponses données par les élèves à l'item 7 sur la localisation des graines matures en fonction du type de plante. La réponse précédée d'une " * " est considérée comme correcte

2) La formation du fruit

966 élèves ont répondu convenablement à l'item 9, c'est-à-dire en ne cochant qu'une seule case comme demandé dans la consigne. Pour cet item, je m'attends davantage à voir des différences au niveau du type de plante qu'au niveau des régions. La Figure 72 montre les réponses données par les élèves concernant le rapport entre la fleur et le fruit. Il est intéressant de noter que pour près de la moitié des élèves répondant au questionnaire sur le rosier, celui-ci n'a pas de fruit. A l'inverse, plus de 70% des élèves considèrent que la poire ou le poivron se développent à partir de la fleur respective.

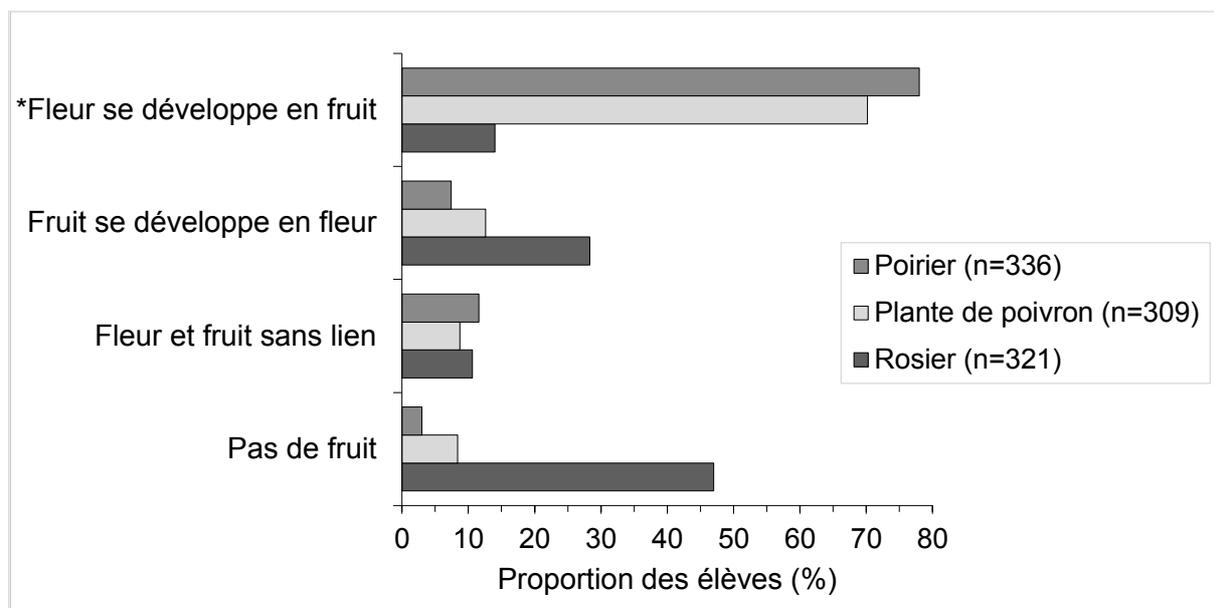


Figure 72 : Pourcentage des réponses données par les élèves pour chaque modalité de l’item 9 en fonction du type de plante. La réponse considérée comme étant correcte est précédée d’une “ * ”

Une régression binaire logistique (Backward Wald) montre que la probabilité de cocher la réponse correcte « la fleur se développe en fruit » est importante pour les élèves répondant à un questionnaire sur l’une des deux plantes de culture alimentaire ($B=2,83$, $df=1$, valeur-Wald=236,70, $p>0,001$). Ni la région, ni le sexe des élèves ni la zone urbaine ou rurale de l’établissement n’ont d’influence (tous les $p\geq 0,205$).

Comme cela a été présenté dans la partie méthodologique, les élèves ont dû justifier leur réponse donnée à l’item 9. Des 966 élèves qui ont répondu à l’item 9, 708 ont donné une réponse à l’item 10 (Figure 73). La plupart des élèves confirment ce qu’ils ont coché à l’item d’avant. Pour 32 élèves la justification (item 10) ne correspond pas à ce qu’ils ont coché à l’item 9. Certains ont par exemple décrit à l’item 10 comment la fleur se développe en fruit alors qu’ils ont coché la modalité “le fruit se développe en fleur” à l’item 9 (par exemple : « *Bah elle fait des fleurs qui se transformeront en poivrons* » (élève d’Alsace)). D’autres ont coché l’une des deux premières modalités de l’item 9³⁵⁹ mais ont répondu à l’item 10 « *car le fruit n’a rien à voir avec la fleur* » (élève d’Alsace). Cette réponse correspond à la modalité 3 de l’item 9. Il existe bien d’autres variantes dans la catégorie des réponses infirmées.

³⁵⁹ “La fleur se développe en fruit” ou “le fruit se développe en fleur”

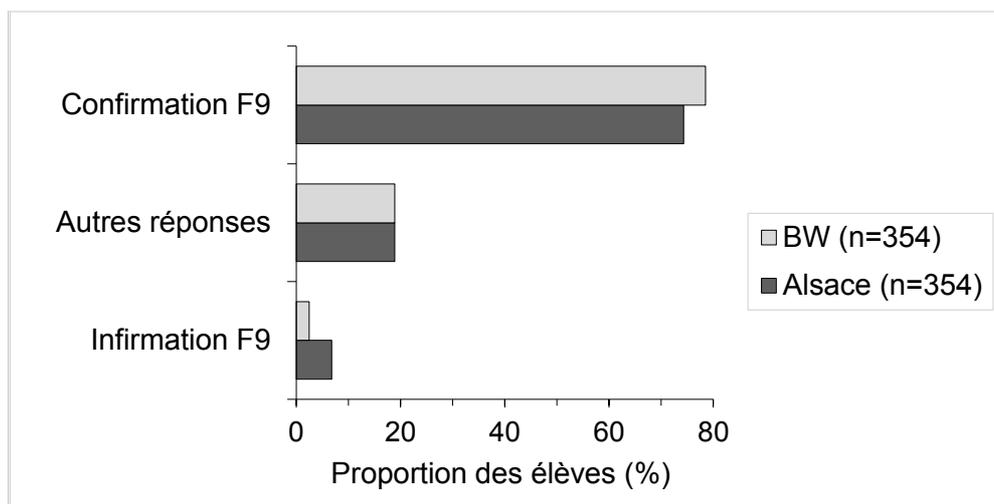


Figure 73 : Pourcentage des réponses données par les élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg* à l'item 10 pour justifier leur réponse quant au lien entre la fleur et le fruit

11.2.6 Récapitulation des résultats

Le Tableau 72 récapitule l'ensemble des résultats significatifs qui ont été présentés dans ce chapitre. Cinq facteurs d'influence ont été considérés : la région, le type de plante, la zone urbaine ou rurale de l'établissement, le sexe des élèves et l'enseignant. La plupart des données ont été analysées à l'aide d'une régression binaire logistique. Celle-ci exprime la probabilité relative qu'un phénomène arrive en dépendance avec l'un des facteurs d'influence. Seuls la description du développement de la plante et le nombre de notions utilisées pour cette description ont été testés à l'aide d'une analyse univariée de la variance (ANOVA, type II). Je tiens à préciser que ces résultats ne sont valables que pour les élèves interrogés de 5^e (collège) d'Alsace et ceux de la *Realschule* du *Baden-Württemberg*.

Tableau 72 : Récapitulation des facteurs d'influence significatifs sur les réponses données par les élèves

Organisation des données	Tests effectués	Facteurs d'influences testés			
		Région	Type de plante	Zone	Sexe Enseignant
Placement	Cyclique	Rbl	*** Alsace	** Rosier	
	Idéal		** Alsace	*** Plante de culture	
	1-6		Transfrontalier		
	6-1		*** BW		
	5-4		** Alsace	*** Rosier	
Dernier stade	Graines	Rbl	*** Alsace	* Rosier	** Garçons
	Fleur			*** Rosier	
	Fruit		*** BW	*** Plante de culture	
Description	Points	Auv	* Alsace	*** Plante de culture	* Campagne
Raisonnement	Cyclique	Rbl	*** Alsace	* Rosier	
	Cycle de vie			*** Plante de culture	* Garçons
	Cycle floral			*** Rosier	
	Cycle inter				* Garçons
	Cycle accord			- *** Rosier	
Intervention Hum	Pour plante	Rbl		** Plante de culture	* Ville
	Utilitaire		*** BW	*** Plante de culture	** Campagne
	Récolte fruit		*** BW		** Campagne
Notions utilisées	Description images	Auv	*** Alsace	- *** Rosier, ** Poirier	
	Cycle	Rbl	*** Alsace		Non (Auv)
Définition termes	Pollinisation	Rbl	** Alsace		
	Dissémination		* Alsace		
Conceptions	Formation graine	Rbl		-* Rosier	
	Graines dans fruit			*** Plante de culture	
	Formation fruit			*** Plante de culture	

Régression binaire logistique (Rbl) ; Analyse univariée de la variance (Auv) ; Baden-Württemberg (BW) ; * : p<0,05, ** : p<0,01 ; *** : p<0,001 ; " - " : influence négative

11.3 Discussion et conclusion

Je vais discuter par la suite trois éléments relevés à partir des résultats de cette enquête auprès des élèves : 1) les différences quant à l'approche adoptée pour répondre aux items en fonction de la région de provenance des élèves et du type de plante traité dans le questionnaire, en fonction de la zone urbaine ou rurale de l'établissement et en fonction du sexe des élèves ; 2) les obstacles et difficultés quant à la conceptualisation de la formation du fruit et des graines ; 3) le placement transfrontalier "une graine puis plusieurs graine".

Les résultats de cette enquête principale montrent clairement que les élèves d'Alsace adoptent davantage un raisonnement cyclique que ceux du *Baden-Württemberg*. Aussi le cycle de vie d'une plante à fleurs est plus souvent verbalisé par les élèves d'Alsace que par ceux du *Baden-Württemberg*. Plusieurs explications, ne s'excluant pas mutuellement, peuvent être avancées. Premièrement, la notion même de "cycle de vie" figure dans les programmes scolaires du primaire en France ; l'idée de la perpétuation de l'espèce est préconisée dans ceux du secondaire (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008a, 2008c). Deuxièmement, le cycle de vie est également représenté dans plusieurs manuels scolaires du primaire et du secondaire (chapitre 8). Troisièmement, les connaissances, tant dans les programmes que dans les manuels scolaires, sont organisées autour des principes du vivant dont fait partie la reproduction sexuée. Ceci met en avant une vision centrée sur les êtres vivants et permet un raisonnement plaçant notamment la plante, son devenir et celui de l'espèce au centre, indépendamment de l'humain ou de son intervention. Les définitions du cycle de vie données par la quasi-totalité des enseignants d'Alsace interrogés expriment l'aspect cyclique et sont centrées sur l'espèce et sa perpétuation. L'enseignement d'un tel concept semble avoir une influence sur les conceptions des élèves. Cependant, les conditions d'enseignement détaillés (temps consacré au sujet, outils utilisés, etc.) n'ont pas été relevées ; ce propos ne pourra donc pas être approfondi. Les élèves d'Alsace semblent avoir davantage de connaissances botaniques sur le cycle de vie d'une plante à fleurs que ceux du *Baden-Württemberg*. C'est le cas non seulement pour la description de ce cycle (nombre de points obtenus), mais également concernant les notions utilisées et les définitions attribuées aux processus-clés.

Les élèves du *Baden-Württemberg* au contraire, mentionnent davantage l'intervention humaine et adoptent essentiellement un raisonnement linéaire du développement de la plante depuis sa naissance jusqu'à sa récolte. Ceci peut s'expliquer par le fait que dans les *Bildungspläne* de la *Realschule*, la distinction est faite entre les plantes de culture et les plantes sauvages (chapitre 7) et que les manuels scolaires du *Baden-Württemberg* mettent en avant l'aspect utilitaire des plantes pour l'humain (chapitre 8). Les principes du vivant préconisés par le *Bildungsplan* de la *Realschule* du *Baden-Württemberg* ne sont pas vraiment transposés dans les manuels scolaires correspondant qui maintiennent leur organisation atomistique tout

en décloisonnant les différents stades et processus du cycle de vie. Les enseignants du *Baden-Württemberg* semblent plutôt s'appuyer sur les manuels scolaires (chapitre 10). La plupart d'entre eux définissent le cycle de vie de manière linéaire, centré sur l'individu et non pas sur l'espèce.

Rien que le placement des différentes images dans l'ordre de développement de la plante peut donner des indications quant à la nature du raisonnement et de l'approche adoptée (Bautier *et al.*, 2000). Ainsi plus d'élèves d'Alsace placent les images de manière cyclique ou dans l'ordre idéal, commençant et terminant par une ou plusieurs graines respectivement. Cela peut indiquer une vision centrée sur la perpétuation de l'espèce. Au contraire, terminer avec le fruit est plutôt caractéristique d'une vision utilitariste. C'est le cas pour la majorité des élèves du *Baden-Württemberg*.

Les deux groupes semblent ainsi se différencier au niveau du raisonnement adopté pour décrire le développement d'une plante à fleurs : les élèves d'Alsace semblent être davantage dans une approche biocentrée (plaçant l'être vivant au centre du raisonnement) et ceux du *Baden-Württemberg* dans une approche anthropocentrée (plaçant l'utilité de la plante pour l'humain au centre du raisonnement). Ces deux orientations, biocentrée et anthropocentrée, ont également été relevées par Kahn et Kellert (2002) lors de leurs études interrogeant des enfants du Brésil, du Portugal et des Etats-Unis, sur la valeur attribuée à la nature. Selon eux, les enfants raisonnant de manière biocentrée attribuent une valeur intrinsèque à la nature alors que les enfants raisonnant de manière anthropocentrée jugent la nature en fonction de son apport utilitaire et bénéfique pour l'humain. Il est vrai que dans le cadre de la présente recherche, la valeur de la plante pour les élèves n'a pas été relevée. Par mon propos, je souhaite mettre en avant que le point focal du raisonnement, diverge et que cela a une conséquence sur la façon de décrire le développement de la plante. Cependant, les élèves adoptant une approche biocentrée ne raisonnent pas forcément de manière cyclique. D'ailleurs il y a dans les deux cohortes davantage d'élèves décrivant le développement de la plante sous forme linéaire (sans évoquer l'idée de recommencement). Toutefois, dans ce cas, les élèves d'Alsace, contrairement à ceux du *Baden-Württemberg*, se focalisent davantage sur le devenir de la plante (mort, continuation de la croissance, nouveaux fruits, etc.) que sur la récolte des fruits et restent en ce sens biocentrés. Une étude sur les conceptions et valeurs des enseignants et futurs enseignants d'Alsace et du *Baden-Württemberg* pourrait sans doute éclairer ces propos.

Une différence dans l'approche est également relevée entre les trois types de plante, entre la zone urbaine et rurale de l'établissement, et entre les filles et les garçons. C'est en effet avec le rosier que les élèves verbalisent davantage le cycle, en l'occurrence le cycle floral ; et c'est davantage avec les plantes de culture alimentaire que les élèves expriment

l'intervention humaine. Il est à supposer que ces deux faits soient liés. Il semble, que les élèves adoptent davantage un raisonnement biocentré avec le rosier et un raisonnement anthropocentré avec les plantes de culture alimentaire. Presque la totalité des élèves mentionne effectivement des aspects utilitaires en répondant à un questionnaire sur l'une des plantes de culture alimentaire. Peut-être que le rosier est plutôt perçu comme une "plante sauvage" contrairement aux "plantes utiles" que peuvent représenter le poirier et la plante de poivron (chapitre 7). Krüger et Burmester (2005) ont d'ailleurs mis en évidence que 75% des élèves allemands de la quatrième à la douzième année d'enseignement classent les images de plante en fonction de leur utilité alimentaire pour l'humain. Il serait intéressant d'effectuer une telle étude avec des élèves français.

Les élèves issus d'un établissement situé à la campagne évoquent davantage l'intervention humaine utilitaire. Toutefois, leur description du cycle de vie correspond davantage aux conceptions botaniques actuelles (mesurées par l'attribution des points). Les pratiques sociales de leur milieu, tel que l'agriculture ou le jardinage familial par exemple, peuvent expliquer ces résultats. Les garçons, quant à eux, verbalisent davantage le lien intergénérationnel et adoptent peut-être plus un raisonnement biocentré. Cependant ils ne semblent pas avoir plus de connaissances botaniques que les filles.

Cette étude a également soulevé quelques obstacles quant à la conceptualisation de la reproduction sexuée : notamment par une conceptualisation du fruit dépendant du type de plante ainsi que par une difficile conceptualisation de la formation des graines. En effet, la conceptualisation du fruit se fait plus facilement avec les plantes de culture alimentaire qu'avec le rosier. Les réponses données par les élèves quant à la formation du fruit diffèrent en fonction de la plante abordée. La plupart des élèves pensent soit que le rosier n'a pas de fruit soit que le fruit se développe en fleur. Le fruit du rosier n'a que très rarement été verbalisé dans la première partie du questionnaire. Ceci explique également que les élèves, raisonnant de manière cyclique, décrivent davantage le cycle floral et répondent que les graines mûres se trouvent soit dans la fleur, soit dans les racines, soit dans la tige. La conceptualisation de la formation du fruit n'est pas généralisée à l'ensemble des plantes à fleurs. Cette difficulté a déjà été mentionnée au chapitre 4 ; pour certains la conception du lien (existant ou non) de la fleur et du fruit dépend de la plante étudiée, pour d'autres c'est la conception de la fonction de la fleur qui est en rupture avec celle des botanistes actuels (fleur ou ses éléments vus comme excréments par exemple). Au niveau des élèves, il semble que le principal obstacle soit une conception du fruit au sens commun. Ceci rejoint les propos de Catherine Boyer (2000, p. 161-162) ; elle précise que c'est « *le caractère comestible qui vient du concept quotidien [qui] crée une résistance particulière* ». Cette difficulté de conceptualisation pourrait être prise en compte par l'enseignant et par les éditeurs des manuels scolaires lors de leur choix d'exemples pour

illustrer la formation du fruit. « *C'est à partir des nombreux cas particuliers, relevant de différentes classes de situations auxquelles l'élève est confronté, que s'instaure la rupture* » (Boyer, 2000, p. 168).

La conceptualisation de la formation des graines semble également être difficile pour les élèves. Ce constat est aussi fait par Nathalie Jewell (2002). Rappelons, que l'ensemble des enseignants d'Alsace et une partie de ceux du *Baden-Württemberg* disent aborder ce processus ; cependant cet enseignement ne semble pas avoir d'influence sur la conceptualisation des élèves. Dans l'étude de Jewell (2002) ainsi que dans celle présentée ici certains élèves ont verbalisé la formation des graines par simple croissance. L'analyse historico-épistémologique a mis en évidence certaines conceptions en rupture avec celles des botanistes actuels quant à la formation des graines (chapitre 4). Notamment Césalpin (XVI^e siècle) décrit que les graines se développent à partir de la tige. Cette conception a également été retrouvée chez les élèves. Il en est de même de l'idée d'une formation grâce à des nutriments. Pour les "anciens" il s'agissait du nectar. Les abeilles, en butinant les fleurs, empêchent ainsi la formation du fruit (chapitre 4). Certains élèves de l'enquête exploratoire (chapitre 2) ainsi que ceux de l'étude de Nyberg (2004) ont également verbalisé une telle idée.

La conception de la multiplication³⁶⁰ de la graine, verbalisée dans la première partie du questionnaire pour justifier le placement "une graine puis plusieurs graines", semble être présente chez les élèves d'Alsace et ceux du *Baden-Württemberg*. Aucun des facteurs d'influence testés ne semblent avoir d'effet sur une telle conception. Cette idée peut provenir du fait qu'une plante, à partir d'une graine, peut former, notamment grâce à la reproduction sexuée, de nouvelles graines. Une seule graine peut donc donner plusieurs graines, mais non directement. Il est possible que la nature du questionnement, et en l'occurrence la présence des images "une graine" et "plusieurs graines", favorise l'expression d'une telle conception. Les études de Benkowitz et Lehnert (2010; 2014) ont également relevé cette conception. Près de 70% des élèves interrogés de la sixième année d'enseignement au *Baden-Württemberg* l'ont verbalisée (Benkowitz et Lehnert, 2010). Cependant peu d'élèves savent justifier leur placement. Parmi ceux qui donnent une explication, la plupart évoquent l'ensemencement³⁶¹ (Benkowitz, 2014). Tanja Riemeier (2005, p. 48) a mis en évidence dans le cadre d'une analyse cognitivo-linguistique que le mot "croissance" pouvait, d'après nos expériences du milieu de vie, signifier entre autres : « *devenir plus nombreux* » : *Lorsque les objets croissent, les éléments de*

³⁶⁰ Ou du développement, de la division ou dispersion des graines

³⁶¹ Explications possibles : on plante d'abord une graine puis plusieurs

*l'objet se multiplie*³⁶² ». La verbalisation de la division de la graine peut également s'expliquer par son sens : lorsqu'un objet est divisé, le nombre des éléments après cette division est supérieur. « *Division signifie dans ce cas une "augmentation du nombre" des parts*³⁶³ » (Riemeier, 2005, p. 49). Il est possible, que les élèves fassent de telles analogies concernant le développement de la graine.

Trois types d'obstacles ont pu être identifiés à partir des résultats de cette enquête : un raisonnement centré sur l'individu, une vision anthropocentrée et une définition des concepts de fleur et de fruit au sens commun. L'objectif permettant de surmonter ces obstacles serait avant tout d'ordre réflexif. La prise de conscience et de recul du raisonnement ou de l'approche adoptée par l'élève pourrait l'amener à s'ouvrir à d'autres perspectives. Les conceptions connexes de l'obstacle d'ordre lexical, concernant les notions fleur et fruit au sens commun, méritent d'être détaillées (Tableau 6).

³⁶² « "Mehr werden" : Wenn Objekte wachsen, werden die Teile des Objekts vermehrt. »

³⁶³ « Teilung bedeutet in diesem Fall ein "Mehr werden" der Stücke. »

Tableau 73 : Obstacle épistémologique d'ordre lexical concernant les concepts de fleur et de fruit, dégagé à partir des résultats de l'enquête principale (modifié d'après Astolfi et Peterfalvi, 1993, p. 113)

Déclinaison de l'obstacle	Conceptions connexes
Obstacles	La fleur à une fonction décorative, esthétique Le fruit est sucré, juteux, comestible
Ce que l'obstacle empêche de comprendre	L'existence d'une reproduction sexuée chez les plantes à fleurs Les mécanismes de cette reproduction sexuée : pollinisation et fécondation La formation des graines et des fruits par fécondation ; l'origine des graines et des fruits La perpétuité de l'espèce avec brassage génétique : cycle de vie
Réseau d'idées associées qui expliquent la résistance de l'obstacle	Idées anthropocentrées : <ul style="list-style-type: none"> - les fleurs sont là pour "faire joli", pour sentir bon (voir Helldén, chapitre 1) ; - les fruits sont là pour être mangés, pour nourrir les humains et les animaux Pas de lien entre la fleur et le fruit ; sur certaines plantes, il est, par exemple, possible d'observer à la fois des fleurs et des fruits (en même temps) Le fruit peut être acheté dans les étals, sans connaître l'origine biologique
Concept visé	La fleur a une fonction biologique, celle de la reproduction Le fruit est issu de la reproduction sexuée d'une plante à fleurs
Les conditions de possibilité pour franchir l'obstacle lexical (à titre d'exemple)	Problématisation sur l'obtention de graines ; situation expérimentale avec diverses plantes à fleurs ; chez certaines les fleurs sont coupées et par exemple utilisées à titre décoratif, d'autres plantes gardent leurs fleurs ; observation de la pollinisation et de la formation du fruit, dissection du fruit et identification d'une graine Travail sur la définition d'un fruit ; confrontation des idées ; observations à partir d'exemples variés de fruits

Pour clore ce chapitre, je vais revenir sur les hypothèses, formulées dans l'introduction. La plupart d'entre elles ont été confortées. L'hypothèse H9³⁶⁴ a été infirmée puisque les notions botaniques sont davantage utilisées par les élèves d'Alsace bien qu'au chapitre 8, j'ai pu mettre en évidence que les termes disciplinaires sont utilisés dans les manuels scolaires des

³⁶⁴ H9 : Le vocabulaire botanique est à la fois utilisé par les élèves d'Alsace et par ceux du Baden-Württemberg pour décrire le cycle de vie des végétaux

deux côtés du Rhin. L'enseignant peut y jouer un rôle important puisque c'est lui qui utilise ou non ces notions botaniques et peut amener ses élèves à les utiliser. Cependant aucune question à ce propos n'a été posée aux enseignants lors de cette enquête. L'hypothèse H11³⁶⁵ n'a pas vraiment été confortée bien qu'il y ait effectivement davantage d'élèves d'Alsace qui soient en mesure de décrire précisément la formation des graines. La plupart des élèves n'ont cependant pas répondu au sens de la question posée. Ainsi, l'obstacle conceptuel correspondant n'a pas pu être mis en évidence. Une enquête par entretiens pourrait approfondir cette question sur les conceptions qu'ont les élèves de la formation des graines. Le taux élevé des "autres réponses" données par les élèves peut indiquer que le sens de l'item n'a pas été compris par les élèves ou que les élèves n'ont pas vraiment construit de conceptions à ce propos. Je m'appuie à ce sujet sur Giordan et De Vecchi (1994, p. 94) pour lesquels les conceptions « *correspondent d'abord à une mobilisation de l'acquis en vue d'une explication, d'une prévision, ou encore d'une action simulée ou réelle* ».

J'insiste sur le fait, que les résultats ne sont pas généralisables à l'ensemble des élèves du *Baden-Württemberg*, de même niveau, du fait de l'organisation scolaire du secondaire inférieur. Mon choix pour la *Realschule* a été argumenté dans le cadre méthodologique de l'enquête principale (chapitre 9). Il serait cependant intéressant de mener une telle étude auprès des élèves du Gymnasium par exemple et de comparer les résultats entre ces deux types d'établissement.

Quant au choix des plantes utilisées pour cette étude, il peut également être discuté, en particulier pour le rosier. En effet, l'image représentant le fruit du rosier, peut être confondue avec le bourgeon floral. C'est aussi ce qu'ont montré les explications données par les élèves pour justifier le placement avec inversion de l'image de la fleur et celle du fruit. Cependant, l'item 9, interrogeant sur le lien entre la fleur et le fruit a montré clairement, que pour la plupart des élèves, le rosier n'a pas de fruit. Est-ce parce qu'ils ne l'ont pas reconnu sur les images ? J'en doute puisque la justification donnée pour expliquer l'absence de fruit montre qu'ils identifient le rosier comme étant une fleur ou plante ou plante à fleurs et le distingue des fruits et des légumes. Il est vrai que les élèves sont sans doute moins familiarisés avec l'églantine ou le cynorrhodon.

Le dernier chapitre de cette thèse présentera les modèles mentaux, élaborés à partir des résultats ci-dessus.

³⁶⁵ H11 : Les élèves d'Alsace sont davantage en mesure de décrire la formation des graines (en accord avec les connaissances botaniques actuelles) que ceux du Baden-Württemberg

Chapitre 12 : Les modèles mentaux élaborés à partir des conceptions des élèves

L'enquête exploratoire m'a permis de découvrir les différents modèles conceptuels du cycle de vie de certaines plantes à fleurs que pouvaient avoir des élèves de CM2, 6^e et 4^e des deux côtés du Rhin (chapitre 2). Au sein de l'enquête principale, j'ai cherché à connaître la fréquence de ces modèles dans chaque région. A quelle fréquence et sous quelles modalités les différents modèles mentaux du cycle de vie des plantes à fleurs sont-ils décrits par les élèves en Alsace et au *Baden-Württemberg* ? Lors de l'enquête exploratoire, certains élèves ont verbalisé des modèles mentaux différents selon la plante qu'ils avaient devant eux. Meunier et Cordier (2004) ont également évoqué la catégorisation des plantes par les élèves. L'hypothèse suivante peut donc être formulée :

H14. H1 Selon le type de plante, un élève peut exprimer des modèles mentaux différents.

Je vais dans un premier temps détailler les méthodes d'analyses utilisées pour élaborer les modèles mentaux à partir des conceptions recueillies par questionnaires lors de l'enquête principale. Les modèles seront présentés dans un deuxième temps.

12.1 Méthodologie

Cette enquête s'appuie sur les modèles mentaux élaborés lors des entretiens de l'enquête exploratoire. Ils servent de base pour analyser les données de l'enquête principale. Le Tableau 74 rappelle les différents modèles avec leurs points de rupture et les conceptions attribuées.

Tableau 74 : Les points de rupture et modèles mentaux de l'enquête exploratoire

Point de rupture	Conceptions	Modèles
/	Au sens botanique (B)	B
Intervention Humaine (IH)	Graines issues du fruit	IH1
	Graines issues d'une autre partie de la plante	IH2
Graines (G)	Développement de la plante de la graine au fruit ou mort de la plante ; origine de la graine non connue	G1
	Une graine se multiplie	G2
	Cycle floral	G3
	Graines issues d'une autre partie de la plante	G4
Fleur-Fruit (FF)	Ordre chronologique sans lien entre la fleur et le fruit	FF1
	Fleur et fruit en même temps	FF2
	Fruit puis fleur	FF3

Cependant, un certain nombre de critiques et de modifications sont à apporter aux modèles établis lors de l'enquête exploratoire :

- 1) Dans l'enquête exploratoire, le modèle linéaire G1 était le seul à être "linéaire". Cependant, tous les points de rupture peuvent s'exprimer sous forme linéaire ou cyclique. Ainsi l'expression linéaire n'est qu'une version d'un point de rupture (par opposition à la version cyclique). Un élève qui décrit par exemple le développement d'une plante de manière linéaire avec la naissance et la mort de la plante peut en même temps affirmer que le fruit se développe en fleur (FF3) ou évoquer la multiplication des graines (G2). J'ai ainsi revu la classification des modèles en fonction du point de rupture et de leur expression cyclique ou linéaire.
- 2) Le point de rupture graine est spécifié puisque les conceptions en rupture avec le modèle botanique du devenir de la graine (une graine se multiplie ou plusieurs graines fusionnent, modèles dG) sont à différencier de celles sur l'origine de la graine (de la fleur, de la tige, des racines, modèles oG).
- 3) Quatre modèles sont ajoutés à la liste (Tableau 74 et Tableau 75) :
 - a. Certains élèves décrivent que plusieurs graines fusionnent avant de se développer en une plante : modèle dG2.
 - b. Certains élèves verbalisent qu'une plante se développe à partir de plusieurs graines : modèle dG3.

- c. Pour d'autres la plante redevient une graine : modèle oG3.

Le Tableau 75 récapitule ce qui vient d'être évoqué et renomme les différents modèles sous forme de sigles. Ainsi les modèles mentaux ont été déclinés en fonction de leur version (cyclique ou linéaire) et en fonction du point de rupture par rapport au modèle botanique. Pour donner quelques exemples : le modèle cyclique en accord avec les conceptions actuelles des botanistes (CB) correspond au cycle de vie tel que je l'ai défini au chapitre 4. La version linéaire (LB) correspond au développement d'une plante à fleurs (de la graine à la plante ou au fruit). J'ai attribué le modèle CIH1 lorsque l'intervention humaine (IH) est décrite comme nécessaire pour l'ensemencement, que les graines sont issues du fruit et que la description du développement est cyclique (C). Si cette dernière est linéaire (L), cela correspond au modèle LIH1.

La grille de saisie des questionnaires de l'enquête principale est construite afin d'identifier les différentes conceptions (chapitre 11), à partir desquelles les modèles sont élaborés. Le Tableau 76 présente ainsi les différents critères permettant d'attribuer un ou plusieurs modèles à un élève. Dans la mesure du possible, l'attribution des modèles se fait manuellement pendant la saisie des données. Cette attribution manuelle est ensuite comparée à l'attribution automatique (à partir des critères énumérés dans le Tableau 76). L'identification des points de rupture par rapport au modèle botanique les plus fréquents me permet alors d'identifier les principaux obstacles.

Cependant la saisie automatisée ne permet pas d'identifier ou de prendre en compte les réponses des élèves qui dévient de ces critères ou qui sont imprécises. Ainsi je ne peux pas attribuer un modèle à chaque élève. La comparaison de la répartition des modèles mentaux entre les élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg* ne sera donc qu'indicative.

Tableau 75 : Modèles mentaux relevés lors de l'enquête principale différenciés en fonction du point de rupture et de l'expression cyclique ou linéaire

Points de rupture	Conceptions liées	Modèles	Nbr. d'élèves (n=654)		Version cyclique (C)	Nbr. d'élèves (C)		Version linéaire (L)	Nbr. d'élèves (L)
/	Au sens botanique (B)	B	106		CB	72		LB	34
Intervention Humaine (IH)	Provenance des graines non identifiée	IH	31		CIH	5		LIH	26
	Graines issues du fruit	IH1	34		CIH1	11		LIH1	23
	Graines issues d'une autre partie de la plante	IH2	16		CIH2	1		LIH2	15
Devenir des Graines (dG)	Une graine se multiplie (1-6)	dG1	109		CdG1	35		LG1	74
	Plusieurs graines fusionnement (6-1)	dG2	58		CdG2	15		LG2	43
	Une graine se multiplie (1-6) + Plusieurs graines forment une seule plante	dG3 ³⁶⁶	15		CdG3	5		LdG3	10
Origine des Graines (oG)	De la fleur	oG1	97		CoG1	56		LoG1	41
	Des racines ou de la tige	oG2	30		CoG2	5		LoG2	25
	La plante redevient une graine	oG3	4		CoG3	4		LoG3	0
Fleur-Fruit (FF)	Fleur n'a rien à voir avec le fruit	FF1	6		CFF1	4		LFF1	2
	Fleur et fruit en même temps	FF2	0		CFF2	0		LFF2	0
	Fruit puis fleur	FF3	8		CFF3	4		LFF3	4
Plusieurs (P)	Combinaison de plusieurs points de ruptures	P	155		CP	23		LP	132

³⁶⁶ Ce modèle n'a été relevé qu'en modèle combiné (dG1 + dG3) puisqu'en amont l'existence de plusieurs graines est nécessaire : une graine – plusieurs graines – une seule plante à partir de ces (plusieurs) graines

Tableau 76 : Critères permettant d'attribuer un modèle mental

Modèles	Critères d'attribution	
	Pour les modèles cycliques :	Pour les modèles linéaires :
	verbalisation du cycle (P1) +	verbalisation du développement (P1) +
B	Description du cycle de vie (P1) Placement correct Item 7 : fruit Item 8 : Homme et Nature Item 9 : fleur puis fruit	Placement correct Item 7 : fruit Item 8 : Homme et Nature Item 9 : fleur puis fruit
IH1	Description du cycle avec intervention humaine (P1) Item 7 : fruit	Item 7 : fruit Item 8 : Homme
IH2	Description du cycle avec intervention humaine (P1) Item 7 : tige, racines ou fleur	Item 7 : tige, racines ou fleur Item 8 : Homme
dG1	Explication du placement une graine – plusieurs graines en rupture avec la conception scientifique actuelle (P1)	Explication du placement une graine – plusieurs graines en rupture avec la conception scientifique actuelle (P1)
dG2	Explication du placement plusieurs graines – une graine en rupture avec la conception scientifique actuelle (P1)	Explication du placement plusieurs graines – une graine en rupture avec la conception scientifique actuelle (P1)
dG3	Explication que plusieurs graines ensemble forment une seule plante (P1)	Explication que plusieurs graines ensemble forment une seule plante (P1)
oG1	Description du cycle floral (P1) Item 7 : fleur ou terre Item 8 : Homme et Nature ou Nature	Item 7 : fleur Item 8 : Homme et Nature ou Nature
oG2	Item 7 : tige ou racines Item 8 : Homme et nature ou Nature	Item 7 : tige ou racines Item 8 : Homme et nature ou Nature
oG3	Explication que la plante redevient une graine (P1)	/
FF1	fruit puis fleur (P1) Item 9 : fruit puis fleur Ordre de placement fruit-fleur (5-4)	fruit puis fleur (P1) Item 9 : fruit puis fleur Ordre de placement fruit-fleur (5-4)
FF2	Fleur et fruit en même temps (P1) Item 9 : fleur et fruit ne sont pas liés	Fleur et fruit en même temps (P1) Item 9 : fleur et fruit ne sont pas liés
FF3	Placement correct Item 7 : fruit Item 9 : fleur et fruit ne sont pas liés	Placement correct Item 7 : fruit Item 9 : fleur et fruit ne sont pas liés

P1 : Partie une du questionnaire de l'enquête principale ; Item 7 : "Où se trouvent les graines de poirier mûres ?" ; Item 8 concerne la dissémination qui se fait soit naturellement soit par intervention humaine ; Item 9 concerne le rapport entre la fleur et le fruit ; / : ne peut être attribué puisque c'est une explication cyclique

Etant donné que l'attribution des modèles mentaux s'appuie sur les conceptions présentées et analysées au chapitre précédent, aucune analyse recherchant les facteurs d'influence possibles ne sera effectuée ici. L'intérêt de ce chapitre est de montrer la fréquence des différents modèles, de définir les principaux points de rupture et de confronter les modèles du premier et du deuxième questionnaire. Ce dernier point permettra de répondre au questionnement sur la construction de modèles mentaux différents en fonction du type de plante.

390 élèves répondent à deux questionnaires portant sur des plantes différentes (chapitre 11, méthodologie). Plusieurs combinaisons sont alors possibles (Tableau 77). J'ai veillé à ce que la distribution du deuxième questionnaire se fasse de manière à peu près égalitaire pour les trois plantes (rosier, n=135 ; plante de poivron, n=129 ; poirier, n=126).

Tableau 77 : Combinaison de plantes possibles

Intitulé de la combinaison	Types de plantes (Q1 et Q2)
Légume + Fruit	Plante de poivron et poirier Poirier et plante de poivron
Légume + Fleur	Plante de poivron et rosier Rosier et plante de poivron
Fruit + Fleur	Poirier et rosier Rosier et poirier

En comparant les modèles mentaux issus du premier et du deuxième questionnaire, je peux connaître le taux de correspondance entre les deux. Je peux ainsi dire, si les élèves ont des modèles différents selon la plante abordée dans chacun des questionnaires. Les modèles mentaux sont attribués sur les mêmes critères pour les deux questionnaires.

12.2 Résultats

Je vais d'abord présenter les différents points de rupture et les conceptions liées. Ce sont ces conceptions qui caractérisent les différents modèles mentaux. Puis je détaillerai la fréquence des différents modèles ayant pu être attribué clairement aux élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg*. Ensuite, les différents points de rupture seront considérés et enfin la correspondance entre le premier et le deuxième questionnaire sera abordée.

12.2.1 Les points de rupture et les conceptions liées

Avant de détailler les différents points de rupture et les conceptions liées, voici le modèle botanique, sous forme cyclique et linéaire. Ces deux modèles sont illustrés par des exemples et serviront de base pour mieux comprendre les points de rupture.

Le modèle au sens botanique (B ; Figure 74) correspond à la description du cycle de vie d'une plante à fleur et inclus l'idée de perpétuation de l'espèce. Les élèves qui décrivent ce modèle évoquent le lien intergénérationnel et plus précisément la dissémination des nouvelles graines contenues dans le fruit. Ces graines peuvent ensuite à leur tour se développer, produire des fleurs qui se développent (après pollinisation et fécondation) en fruits contenant des graines et ainsi donner naissance à la génération suivante (chapitre 4).

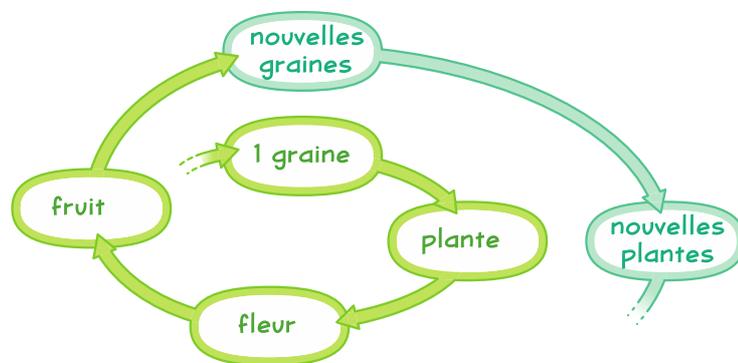


Figure 74 : Modèle CB : cycle de vie au sens botanique³⁶⁷

Les élèves qui décrivent le cycle de vie au sens botanique écrivent par exemple aux items 2, 3, et 4 :

Images : 1. « La graine ; la graine va germer » ; 2. « La graine va germer ; Elle va faire apparaître une pousse » ; 3. « Pousse ; qui va grandir et faire apparaître des fleurs » ; 4. « Les fleurs de poivron ; et les fleurs vont se transformer en poivron » ; 5. « Poivron ; les poivrons vont laisser des graines et l'été prochain elles vont de nouveau pousser » ; 6. / ; Item 3 : « cela va recommencer » (élève d'Alsace).

Images : 1. « Samen ; der Same keimt » ; 2. « Keimen ; er wächst aus dem Boden und es bilden sich Blätter » ; 3. « Sprößling ; an den Ästen bilden sich Blüten » ; 4. « Blüten ; aus den Blüten werden kleine Früchte, die dann wachsen » ; 5. « Frucht ; aus den Samen der Früchte werden wieder kleine Bäumchen ; Samen » ; Item 3 : « Der Kreislauf beginnt von vorn. Es wachsen neue Bäume³⁶⁸ » (élève du Baden-Württemberg).

³⁶⁷ Schéma réalisé par Laurent Schmitt (laurentschmitt.pro@free.fr)

³⁶⁸ Images : 1. « La graine ; la graine germe » ; 2. « germination ; elle pousse hors du sol et des feuilles se forment » ; 3. « plantule ; des fleurs se forment aux branches » ; 4. « fleurs ; les fleurs deviennent de petits fruits, qui grandissent alors » ; 5. « fruit ; les graines des fruits forment à nouveau de petits arbres ; graines. » Item 3 : « Le cycle recommence au début ; de nouveaux arbres se forment » (traduction personnelle)

La version linéaire en accord avec le modèle botanique correspond au développement de la graine jusqu'au fruit ou jusqu'à la mort de la plante, mais sans évoquer de nouvelle génération, ni de lien entre le fruit et les graines (Figure 75). Les différents stades de développement sont identiques à ceux du cycle de vie au sens botanique.



Figure 75 : Modèle LB : développement d'une plante à fleur³⁶⁹

Voici deux exemples d'élèves :

Images : 6 « *La plantation ; Il y a que la graine qui peut se développer qui va rester* » ; 1 : « *La graine ; la graine va commencer à faire des pousses* » ; 2 : « *Le germe ; elle va commencer à faire des racines et donner des feuilles* » ; 3 : « *Le développement ; le poirier va fleurir et les abeilles vont venir butiner le pollen* » ; 4 : « *La floraison ; les fleurs ont donné des fruits* » ; 5 : « *Le fruit* ». Item 3 : « *Si on ne cueille pas le fruit quand il est mûr le fruit va pourrir et va tomber, puis se dégrader dans le sol* » (élève d'Alsace).

Images : 6 : « *Einpflanzen ; nur 1 Samen schafft es* » ; 1 : « *Nur einer schafft es ; es regnet und der Samen keimt* » ; 2 : « *Der Samen keimt ; aus dem Samen wird ein kleiner Baum* » ; 3 : « *Ein kleiner Baum wächst ; aus dem kleinen Baum wird eine kleine Pflanze mit Blüten* » ; 4 : « *Blüte ; aus der Blüte wird eine Birne* » ; 5 : « *Birne (Frucht)* ». Item 3 : « *Die Birne wird geerntet*³⁷⁰ » (élève du Baden-Württemberg).

Je vais dès à présent illustrer les différents points de rupture et leurs conceptions liées par des exemples d'élèves (Tableau 78). Les nouvelles conceptions sont sur fond vert, permettant ainsi de les distinguer plus facilement des modèles existants de l'enquête exploratoire. Je précise que chaque point de rupture ou conception ne présente qu'un moment particulier du développement de la plante. Les élèves peuvent cependant exprimer une combinaison de plusieurs points de rupture ou plusieurs conceptions d'un même point de rupture lorsque l'ensemble du développement est décrit. Les modèles mentaux dans leur globalité ne figurent pas dans le Tableau 78. Seules les conceptions et ainsi des extraits des productions des élèves y sont présentés. J'appelle modèle mental les explications données par les élèves sur le phénomène dans sa globalité et non pas uniquement la conception-caractéristique du point de rupture ; le phénomène dont il s'agit ici est bien sûr celui du cycle

³⁶⁹ Schéma réalisé par Laurent Schmitt (laurentschmitt.pro@free.fr)

³⁷⁰ Images : 6. « Planter ; une seule graine y arrive ; une seule y arrive » ; 1. « il pleut et la graine germe » ; 2. « la graine germe ; de la graine pousse un petit arbre » ; 3. « un petit arbre pousse ; le petit arbre devient une petite plante avec des fleurs » ; 4. « fleur ; la fleur devient une poire » ; 5. « poire (fruit) ». Item 3 : « la poire est récoltée » (traduction personnelle)

de vie ou du développement d'une plante à fleurs selon que l'explication mentionne l'idée de recommencement avec une nouvelle génération ou reste centrée sur l'individu.

J'ai choisi d'illustrer les points de rupture et les conceptions liées sans distinguer dans un premier temps les expressions cycliques et linéaires pour plusieurs raisons :

- Les critères d'attribution ne me permettent pas de fournir une verbalisation des élèves pour chaque modèle linéaire (notamment pour LIH, LoG1 et 2) puisqu'ils sont basés sur des réponses données aux questions à choix multiples de la deuxième partie du questionnaire (Tableau 76). Dans la première partie, ces élèves ne mentionnent pas l'origine des graines puisqu'ils décrivent le développement de la plante jusqu'à sa fin.
- Une représentation graphique cyclique ou linéaire de l'ensemble du développement (telle qu'elle a été effectuée pour l'enquête exploratoire) n'a plus son sens puisque seuls des aspects du cycle ou du développement sont exprimés et qu'une combinaison de conceptions est possible.

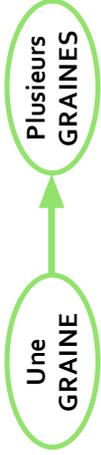
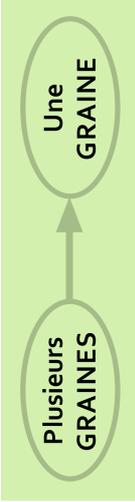
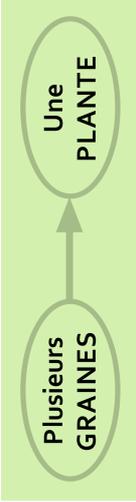
La conception caractérisant le modèle FF2 (Fleur et fruit en même temps) n'est pas présentée, puisqu'elle n'est pas identifiée clairement. Ce modèle a été relevé lors de l'enquête exploratoire faisant allusion aux élèves pour lesquels, non seulement la fleur et le fruit se trouvent en même temps sur la plante, mais sont également dépendant l'un de l'autre ("la fleur récupère le CO₂ pour nourrir le fruit", chapitre 2). Aucun item spécifique n'a été formulé dans le questionnaire pour relever une telle conception. Certains élèves verbalisent effectivement que la fleur et le fruit se trouvent en même temps sur la plante, mais cette conception n'est pas approfondie dans ce questionnaire. Ce phénomène est par ailleurs tout à fait observable dans l'environnement des élèves.

Tableau 78 : Illustration des différents points de rupture

Points de rupture	Conceptions en rupture avec le modèle botanique	Exemples
<p>Intervention Humaine (IH) nécessaire à la perpétuation des plantes. L'humain doit récolter les graines et les semer pour qu'une nouvelle plante puisse pousser. L'origine des graines diffère selon le modèle</p>	<p>IH : provenance des graines non identifiée</p>	<p>Item 3 : La plante fane et meurt. Avant, l'homme récolte les graines et les sème. Item 7 : Les graines mûres se trouvent dans la terre (élève d'Alsace).</p>
	<p>IH1 : graines issues du fruit</p>	<p>Item 3 : Cela va continuer, les poivrons vont prendre de la couleur et ils vont pouvoir être cueillis et on pourra planter les graines qui sont dans les poivrons et cela va recommencer (élève d'Alsace).</p> <p>Item 3 : Sie werden geerntet und dann ist die Pflanze kaputt. Die Samen aus der Frucht können wieder eingepflanzt [werden] (élève du BW*).</p>
	<p>IH2 : graines issues d'une autre partie de la plante</p>	<p>Item 3 : Aus der Blüte kommen neue Samenkörner und dann kann man einen neuen Rosenstock anpflanzen (élève du BW*).</p> <p>Item 3 : la fleur meurt puis on l'enlève puis on recommence ; Image 1 : Plante les graines ; Item 7 : Les graines de rosier mûres se trouvent dans la fleur (élève d'Alsace).</p>

*Baden-Württemberg. Traduction personnelle des exemples : IH1 : « Elles seront récoltées et après la plante est cassée. Les graines du fruit peuvent à nouveau être plantées » ; IH2 : « De la fleur proviennent de nouvelles graines après quoi on peut replanter un nouveau rosier »

Tableau 78 : Illustration des différents points de rupture (suite)

Points de rupture	Conceptions en rupture avec le modèle botanique	Exemples
Devenir des Graines (dG) (voir regroupement 1-6 ; 6-1 au chapitre 11)	<p>dG1 : une graine se multiplie (1-6)</p>  <p>dG2 : plusieurs graines fusionnent (6-1)</p>  <p>dG3 : plusieurs graines forment une seule plante</p> 	<p>Images : 1 Der Samen ; Der Samen vermehrt sich ; 6. Die Samenvermehrung (élève du BW*).</p> <p>Images : 1. Observation d'une graine ; La graine se sépare en plusieurs graines ; 6. La séparation (élève d'Alsace).</p> <p>Images : 6. graines semées ; les graines se sont rassemblées ; 1. Graine (élève d'Alsace).</p> <p>Images : 6. 3 Samen ; die drei Samen bilden einen einzigen Samen ; 1. 1 Samen (élève du BW*).</p>
Origine des Graines (oG)	<p>oG1 : de la fleur</p> 	<p>Les graines donnent naissance à une pousse (élève d'Alsace).</p> <p>Les graines disparaissent et deviennent des racines et font pousser des feuilles (élève d'Alsace).</p> <p>Aus den drei Samen wird eine Pflanze (élève du BW*).</p> <p>Images : 5 Fleur naissante ; les fleurs éclosent et les graines peuvent être lâchées ; 4. Rosier en fleur (été) ; Item 3 : Les fleurs meurent puis la plante, mais pas la graine. Puis celle-ci continue son cycle (élève d'Alsace).</p> <p>Item 3 : Die Blüte lässt ihre Samen von dem Wind wegwehen oder lässt sie auf den Boden fallen. Die Blume geht kaputt und die Samen entwickeln sich erneut weiter (élève du BW*).</p>

*Baden-Württemberg. Traduction personnelle des exemples : dG1 : « La graine ; la graine se multiplie ; la graine se multiplie » ; dG2 : « Trois graines ; les trois graines forment une seule graine ; une graine » ; dG3 : « A partir des trois graines se forme une plante » ; oG1 : « La fleur laisse le vent emporter ses graines ou les laisse tomber au sol. La fleur se casse et les graines se développent à nouveau »

Tableau 78 : Illustration des différents points de rupture (suite)

Points de rupture	Conceptions en rupture avec le modèle botanique	Exemples
	<p>oG2 : des racines ou de la tige</p> <p>oG3 : la plante redevient une graine</p>	<p>Item 3 : Le rosier donne des graines qui eux aussi pousseront et seront un beau rosier qui à leur tour donneront des graines et ainsi de suite. Item 7 : Les graines mûres du rosier se trouvent dans la tige (élève d'Alsace).</p> <p>Item 3 : La plante redevient une graine (élève d'Alsace). Images : 4. Blume. Entwicklung zurück zu Samen ; 6. Samen (élève du BW*).</p>
Fleur-Fruit (FF)	<p>FF1 : fleur et fruit se succèdent mais n'ont pas de lien</p> <p>FF3 : le fruit se développe en fleur</p>	<p>Images : 4. Blüten ; dann kommen die Paprikafrüchte ; 5. Paprikafrüchte. Item 9 : Le fruit n'a rien à voir avec la fleur (élève du BW*).</p> <p>Images : 4. Grande pousse et floraison ; la plante donne des poivrons ; 5. Plante avec des poivrons. Item 9 : Le fruit n'a rien à voir avec la fleur (élève d'Alsace). Images : 5. Erntereife Paprikapflanze ; Nach den Paprikas wachsen Blüten an der Pflanze die nun schön blühen ; 4. Blütenbildung und verstreuen der nächsten Samen (élève du BW*).</p> <p>Images : 5. Formation de la poire ; la fleur apparaît ; 4. Fleur (élève d'Alsace).</p>
Plusieurs (P) combinaison de plusieurs points de ruptures	P : modèle combiné	<p>Cycle floral (CoG1) et multiplication des graines (CdG1) : Images : 1. La graine du rosier ; les graines se multiplient ; 6. Les graines du rosier ... Item 3 : des graines tombent de la fleur puis la fleur fane et ça recommence (élève d'Alsace).</p>

*Baden-Württemberg. Traduction personnelle des exemples : oG3 : « Fleur ; Développement "à nouveau" en graines ; graines » ; FF1 : « Fleurs ; après il y a les fruits de poivron ; fruits de poivron » ; FF3 : « Plante de poivron à maturité ; après les poivrons poussent les fleurs sur la plante qui fleurit maintenant joliment ; Formation des fleurs et dissémination des prochaines graines »

12.2.2 Fréquence des modèles mentaux

La Figure 76 présente la fréquence des principaux modèles mentaux qui ont pu être clairement attribués (d'après les critères énoncés dans le Tableau 76). Ce graphique montre que les élèves d'Alsace verbalisent davantage des modèles mentaux cycliques alors que ceux du *Baden-Württemberg* expriment plutôt des modèles linéaires correspondant au développement de la plante. En tout, 155 élèves exposent des modèles combinés ; parmi eux, 71 proviennent d'un établissement d'Alsace et 84 d'un établissement du *Baden-Württemberg*. Il y a donc principalement des modèles "simples" qui sont relevés (n=499). Les modèles les plus répandus dévient du modèle botanique au niveau de la graine. Les points de rupture seront détaillés un peu plus loin.

Observons maintenant les modèles les plus fréquents pour chacune des plantes (Figure 77). Il y a en effet certains modèles qui apparaissent plus souvent avec un type de plante particulier. C'est le cas notamment du cycle floral, qui apparaît essentiellement auprès des élèves abordant le rosier. Le cycle "plusieurs graines - une graine" (CdG2) est plutôt propre au questionnaire sur la plante de poivron. Les modèles avec intervention humaine sont essentiellement exprimés dans les questionnaires portant sur le poirier. Et les modèles correspondant au point de rupture de l'origine des graines sont surtout verbalisés dans le questionnaire abordant le rosier. La Figure 77 indique également que les modèles botaniques sont presque exclusivement décrits par les élèves abordant l'une des deux plantes de culture alimentaire (poirier ou plante de poivron). Un seul modèle cyclique est commun aux trois plantes, celui mentionnant la multiplication de la graine en plusieurs (CdG1).

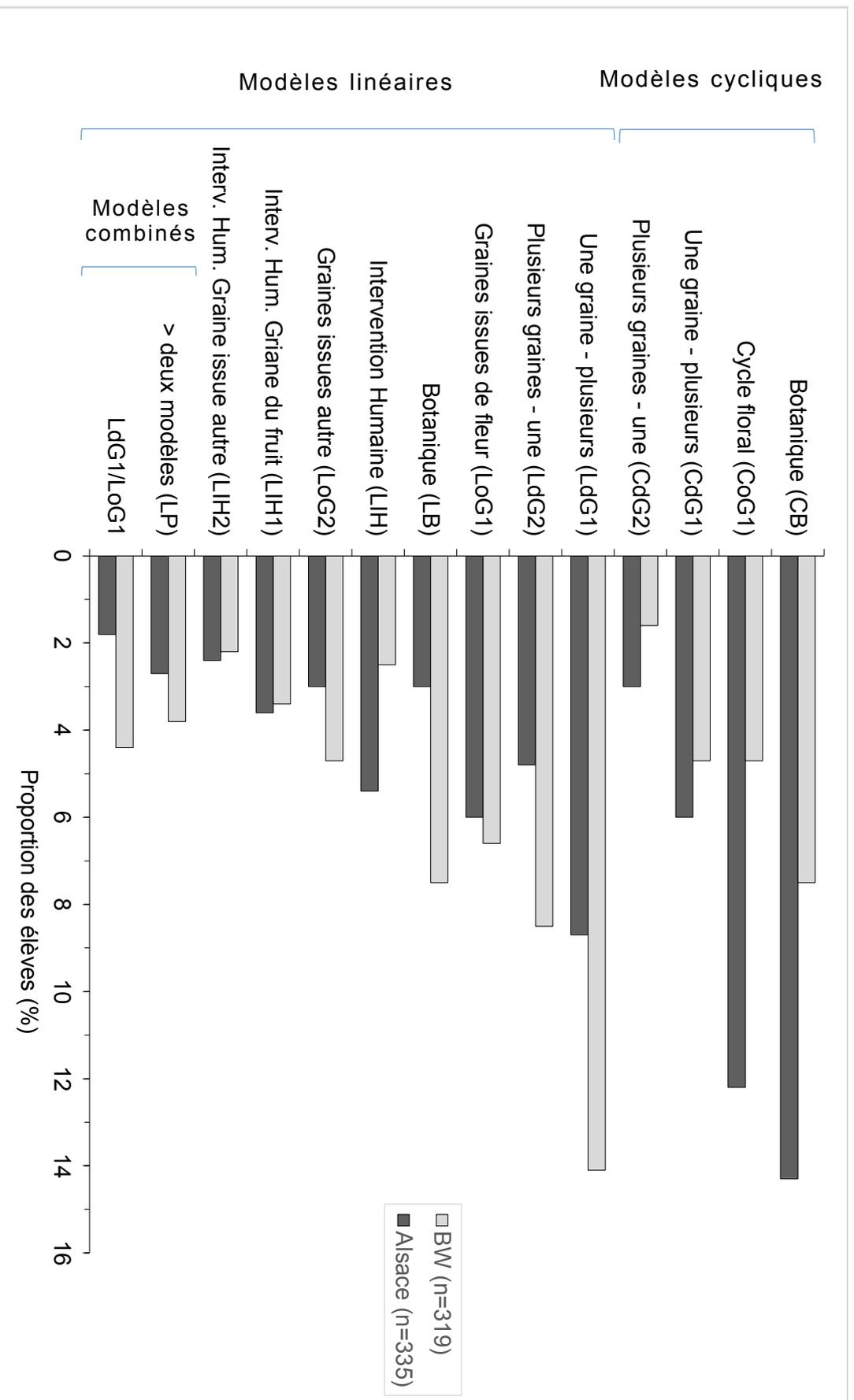


Figure 76 : Pourcentage des élèves d'Alsace et du Baden-Württemberg verbalisant clairement les principaux modèles mentaux cycliques et linéaires (≥ 15 élèves)

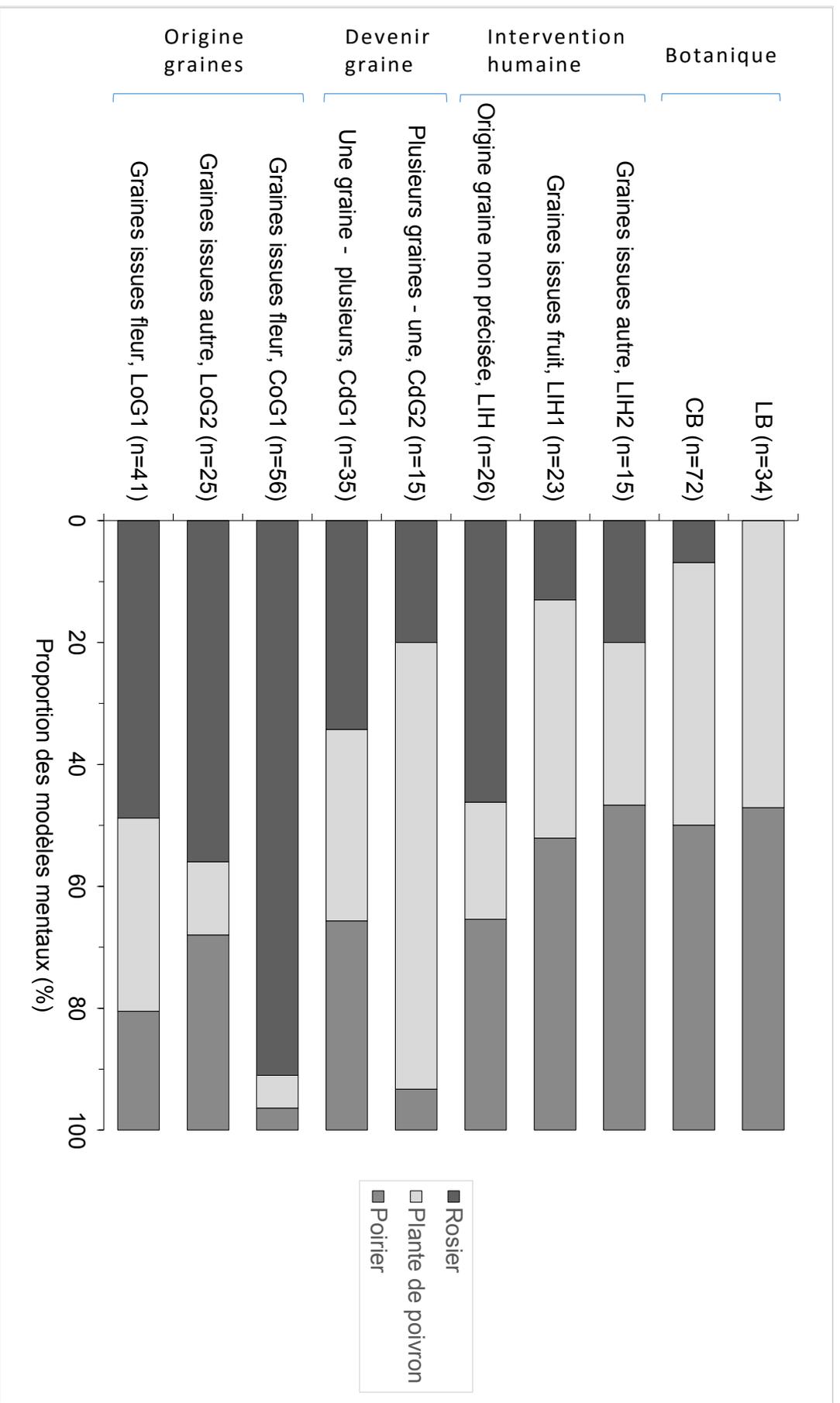


Figure 77 : Pourcentage des principaux modèles mentaux (>30%) en fonction du type de plante

12.2.3 Fréquence des points de rupture

La Figure 78 illustre les points de rupture les plus fréquents. Il est intéressant de notifier que les conceptions des élèves dévient essentiellement au niveau des graines du modèle botanique. La conceptualisation du devenir et de l'origine des graines semble poser problème. Le modèle combiné "Graines" rassemble les points de rupture du "devenir" et de "l'origine" des graines. Toutes les combinaisons possibles ont été relevées à partir des données de l'enquête principale, seules les plus fréquentes (> 10 élèves) ont été représentées.

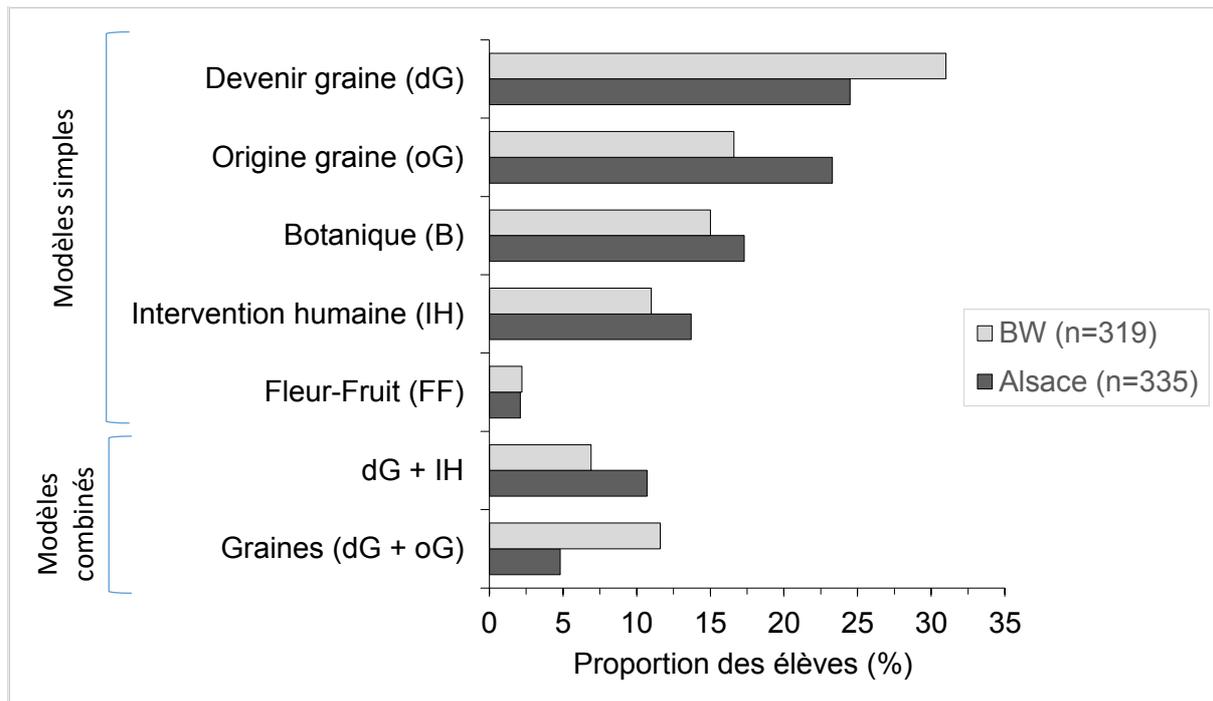


Figure 78 : Pourcentage des élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg* exprimant clairement les points de rupture les plus fréquents (> 10 élèves)

Les points de rupture relevés dans les questionnaires sur le poirier et la plante de poivron sont relativement similaires (Figure 79). Seuls les modèles déviants du modèle botanique au niveau de la fleur et du fruit sont davantage exprimés par les élèves abordant un questionnaire sur la plante de poivron. Le point de rupture combiné "origine et devenir de la graine" est fréquent auprès des élèves traitant le poirier et le rosier. Le point de rupture "origine des graines" est essentiellement trouvé dans les questionnaires sur le rosier.

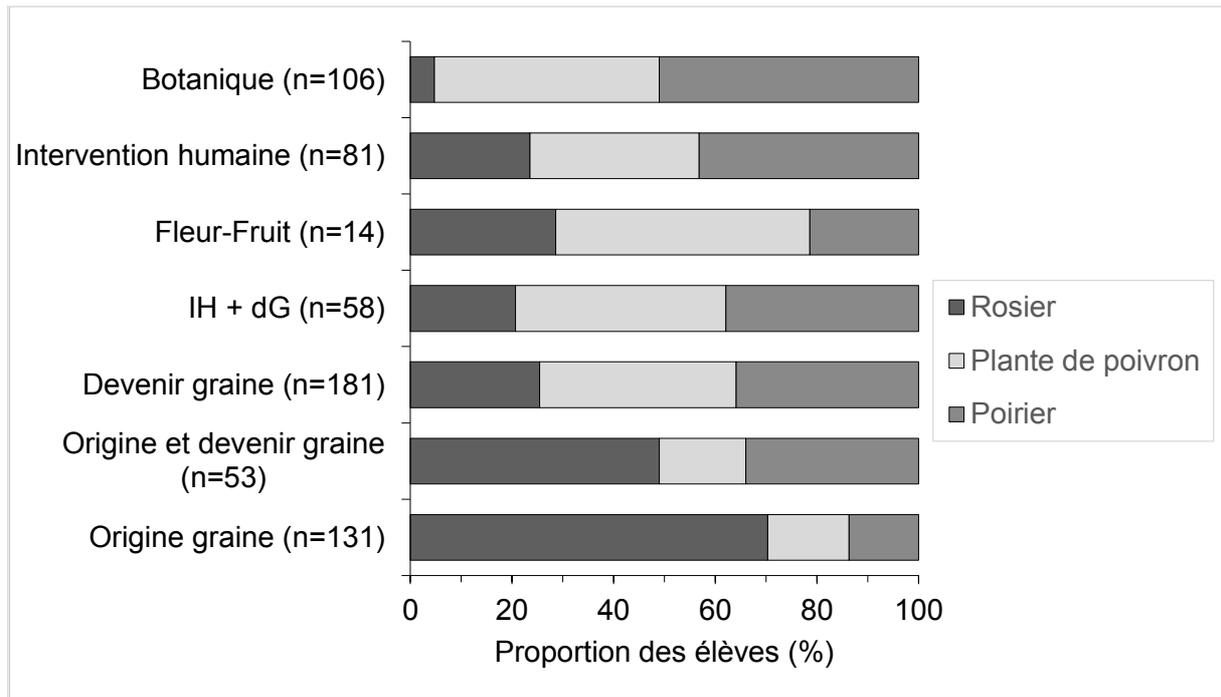


Figure 79 : Pourcentage des élèves exprimant clairement les points de rupture les plus fréquents (> 10 élèves) en fonction du type de plante

12.2.4 Correspondance entre les points de rupture du premier et du deuxième questionnaire

206 élèves ont clairement exprimé des modèles mentaux dans les deux questionnaires. La comparaison des modèles mentaux s'est cependant avérée difficile puisque trop de modèles combinés ont été relevés. Ainsi la correspondance entre les points de rupture du questionnaire un et deux pour chaque élève est de 38,8%. 126 élèves verbalisent donc des points de rupture différents en fonction de la plante abordée. Ces résultats confortent l'hypothèse H1³⁷¹.

Si l'on observe les points de ruptures qui diffèrent d'un questionnaire à l'autre, il existe une différence significative en fonction de la combinaison de plantes ($df=2$, $\chi^2=7,41$, $p=0,025$). La correspondance entre les points de rupture est plus élevée lorsque les élèves abordent un questionnaire sur le poirier et un autre sur la plante de poivron. A l'inverse, lorsque les élèves répondent à un questionnaire sur le poirier et sur le rosier, les points de rupture semblent davantage diverger (Figure 80).

³⁷¹ H1 Selon la catégorie de plante, un élève peut exprimer des modèles mentaux différents

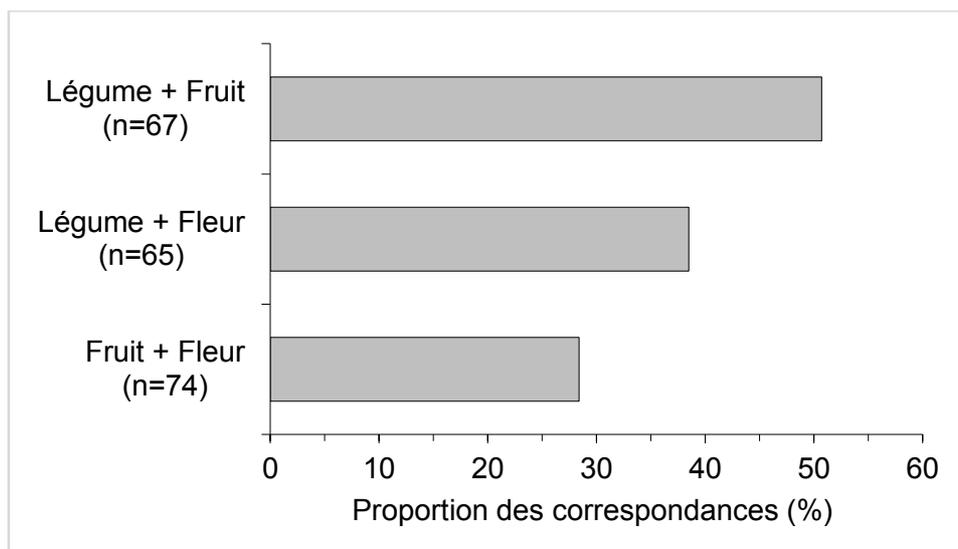


Figure 80 : Taux de correspondance entre les modèles mentaux du premier et du deuxième questionnaire (n=206) pour chaque combinaison de plantes

Une régression logistique binaire (Backward Wald) montre que la probabilité est faible pour les élèves répondant à un questionnaire sur le rosier de décrire le même point de rupture avec un questionnaire portant sur une autre plante ($B=-0,76$, $df=1$, valeur-Wald=5,25, $p=0,022$). Ni la région, ni le sexe des élèves, ni la zone urbaine ou rurale de l'établissement ne semble avoir d'influence (tous les $p \geq 0,239$).

Observons d'un peu plus près les élèves ayant répondu à la fois à un questionnaire sur le rosier et à un questionnaire sur le poirier. Plusieurs remarques peuvent être formulées. Le point de rupture sur le devenir de la graine semble se maintenir d'un questionnaire à l'autre (voir taux de correspondance Tableau 79 et Tableau 80). Cela n'est pas le cas pour les points de rupture sur l'origine des graines et sur l'intervention humaine ; ces derniers semblent dépendre de la plante abordée. Les tableaux suivants visualisent également que l'intervention humaine, évoquée dans un questionnaire sur le poirier, l'est davantage, lorsque les élèves répondent d'abord à celui-ci puis à celui portant sur le rosier. A l'inverse, le point de rupture sur l'origine des graines est davantage exprimé dans un questionnaire sur le poirier lorsque les élèves ont d'abord répondu à celui portant sur le rosier. Il semble ainsi y avoir une certaine influence du premier questionnaire sur le second.

Tableau 79 : Points de rupture dans le premier et second questionnaire et leur taux de correspondance dans le cas de figure 1 : les élèves ont d'abord répondu à un questionnaire sur le poirier puis à celui sur le rosier

Points de rupture	Questionnaires		Taux de correspondance (%)
	1. Poirier	2. Rosier	
Devenir des graines	25	25	96,0
Origine des graines	3	14	0,0
Intervention humaine	15	8	26,7

Tableau 80 : Points de rupture dans le premier et second questionnaire et leur taux de correspondance dans le cas de figure 2 : les élèves ont d'abord répondu à un questionnaire sur le rosier puis à celui sur le poirier

Points de rupture	Questionnaires		Taux de correspondance (%)
	1. Rosier	2. Poirier	
Devenir des graines	25	25	92,0
Origine des graines	24	14	45,9
Intervention humaine	9	8	22,2

12.3 Discussion et conclusion

Les différents modèles mentaux ainsi que les points de rupture relevés dans cette enquête principale confirment ceux trouvés dans l'enquête exploratoire. Quatre points de rupture ont été mis en évidence : le devenir des graines, l'origine des graines, l'intervention humaine ainsi que le lien entre la fleur et le fruit³⁷². Certains semblent cependant plus fréquents que d'autres en fonction de la région ou du type de plante. Alors que le point de rupture sur le devenir des graines est indépendant de l'origine régionale des élèves et du type de plante, celui sur l'origine des graines est avant tout exprimé avec le rosier. Les élèves ont bien des conceptions différentes en fonction de la plante abordée. Cette différence est d'autant plus remarquable lorsque les élèves répondent à un questionnaire sur le poirier et sur le rosier. Le cycle de vie au sens botanique actuel, est avant tout décrit avec le poirier. Dans son cas, le sens attribué à la notion de fruit est identique dans le registre commun et botanique ; sa conceptualisation semble ainsi plus facile. Au contraire, avec le rosier, la conceptualisation de la reproduction sexuée avec la formation d'un fruit contenant des graines paraît bien plus

³⁷² Ordre : du plus fréquent au moins fréquent

difficile. C'est pourtant un maillon essentiel pour conceptualiser le cycle de vie d'une plante à fleurs.

Les modèles mentaux cycliques ont davantage pu être attribués aux élèves d'Alsace ; ce qui rejoint les résultats présentés au chapitre précédent. En revanche, les élèves du *Baden-Württemberg* semblent davantage exprimer un modèle mental combiné associant un point de rupture sur l'origine et sur le devenir des graines.

Cependant, utiliser les réponses données dans le cadre d'une enquête par questionnaire et notamment celles des questions à choix multiples a ses limites. L'une d'elles a trait au sens des questions et à l'interprétation qu'en fait l'élève (Pourtois, 1988). Cette limite est accentuée par le fait que certains élèves peuvent se trouver en difficulté face à cet exercice de lecture et d'écriture (H.-H. Krüger, 2006). J'ai montré au chapitre précédent, que les élèves n'ont pas toujours coché la "bonne" case à l'item 9³⁷³, correspondant à leur explication décrite à l'item 10³⁷⁴. L'attribution automatique notamment des modèles linéaires, peut ainsi être critiquée puisqu'elle se base entre autres sur les questions à choix multiples de la deuxième partie du questionnaire.

L'une des modalités de l'item 7³⁷⁵ peut également être critiquée. Dans le cas d'une reproduction d'une telle enquête, la réponse que les graines mûres de la plante se trouvent dans la "terre" devrait être supprimée. En effet, contrairement aux autres modalités présentées, la "terre" est la seule réponse ne désignant aucun organe de la plante. Elle n'indique pas non plus, où les graines se trouvaient avant : sont-elles formées au niveau des racines ou sont-elles simplement tombées d'une partie aérienne de la plante sur la terre ? Il serait cependant possible d'ajouter une modalité "autre".

Pour clore ce chapitre, je récapitule les modèles mentaux, exprimés par les conceptions, en les situant aux différents stades du cycle de vie d'une plante à fleurs (Tableau 81). Je complète ce tableau par les conceptions relevées au chapitre 11, de manière à obtenir une vue d'ensemble. Le principal obstacle pouvant être dégagé de ce chapitre semble se situer au niveau de l'origine et donc de la formation des graines. En effet, sans une connaissance de base sur la formation des graines (représentant la nouvelle génération), la reproduction sexuée des plantes à fleurs ne peut pas être conceptualisée. Les conceptions liées au point de rupture sur le devenir des graines ainsi que l'indispensable intervention humaine pour l'ensemencement de ces dernières me semblent pour partie être liées à la conceptualisation

³⁷³ L'item 9 présente quatre modalités sur le lien entre la fleur et le fruit (la fleur se développe en fruit ; le fruit se développe en fleur ; il n'y a pas de lien entre la fleur et le fruit ; la plante n'a pas de fruit)

³⁷⁴ Item 10 : justifie ta réponse donnée à la question 9

³⁷⁵ Par exemple : « Où se trouvent les graines de poirier mûres ? Coche la case correspondante » Modalités : « Dans la tige, dans la fleur, dans le fruit, dans les racines, dans la terre, je ne sais pas »

de la graine ainsi que de sa formation. Il faut distinguer ici, les conceptions d'une intervention possible (dépendant, entre autres, du point de vue adopté, voir chapitre précédent) et d'une intervention considérée comme étant indispensable. Conceptualiser qu'une graine se forme dans le pistil après pollinisation et fécondation de l'ovule permet de comprendre que ce processus biologique se fait naturellement, sans l'intervention de l'humain. La conceptualisation d'une graine comportant un embryon me semble tout autant importante. Cependant, il faudrait étudier davantage cette conception d'une graine qui se multiplie ainsi que les situations d'enseignement. L'analyse des programmes et manuels scolaires ainsi que l'enquête auprès des enseignants montrent que tant la germination que la formation du fruit comportant une ou plusieurs graines devraient être enseignées. Qu'en est-il sur le terrain ?

Tableau 81 : Présentation des stades du cycle de vie d'une plante à fleurs (selon le modèle botanique) et des conceptions en rupture avec ceux-ci

Stades du cycle de vie (modèle botanique)	Modèles déviant et conceptions liées
Une fleur se forme ↓	Les graines se forment en même temps que la fleur
Après pollinisation et fécondation certaines parties de la fleur se développent en graine(s) d'autres en fruit ↓	Le fruit se développe en fleur (FF1) Il y a des fleurs puis des fruits sans lien apparent (FF3) La plante n'a pas de fruits Les graines se forment dans la tige / dans les racines / par simple croissance / grâce aux nutriments
Le fruit contient de nouvelles graines qui sont disséminées ↓	La fleur disperse les graines (oG1) La plante redevient une graine (oG3) Le fruit est récolté, pas de dissémination (LIH) La plante meurt, l'Homme doit semer pour qu'une nouvelle plante puisse pousser (IH)
Plusieurs graines (issues des fruits de la plante-mère) se retrouvent dans ou sur le sol ↓	L'Homme sème nécessairement les graines (IH) La graine est issue de la fleur (oG1) La graine est issue de la tige ou des racines (oG2) Les graines fusionnent en une graine (dG2) La graine doit devenir une graine capable de germer
Une graine germe ↓	Une graine se multiplie (dG1)
Le germe se développe en une pousse ↓	Un germe se multiplie (dG1) Plusieurs graines se développent en une pousse (dG3)
La plante développe une ou plusieurs fleurs	

CONCLUSION GENERALE

Pour conclure cette recherche sur les conceptions des élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg*, au sujet du cycle de vie des plantes à fleurs, j'en soulignerai les éléments caractéristiques. Il s'agira dans un premier temps de valider la méthodologie puis, dans un deuxième temps, de pointer les principaux résultats de cette étude qui mettent en lien les différents niveaux de la transposition didactique. Dans un troisième temps, j'ouvrirai le débat sur la modélisation du cycle de vie et je proposerai quelques perspectives de recherche. Enfin, j'énoncerai quelques mots sur l'intérêt scientifique et les apports personnels de cette thèse.

Etant donné que chacun des chapitres contient ou se conclut par une discussion des principaux résultats d'analyse ou d'enquête, j'ai choisi de situer cette conclusion générale dans une approche plus globale.

METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Une enquête exploratoire a permis d'identifier les modèles mentaux qu'ont les élèves du cycle de vie de certaines plantes à fleurs (chapitre 2). Elle a servi à bâtir l'enquête principale qui a confirmé les modèles mentaux tout en les précisant davantage et en les validant (chapitre 12). Les deux méthodologies, avec leurs avantages et inconvénients respectifs, semblent avoir été adaptées à la récolte des conceptions des élèves. En particulier, la première partie du questionnaire s'est avérée pertinente. Elle a permis, par le libre placement, l'annotation des images, l'explication du développement de la plante (d'une image à l'autre) et de son devenir, de révéler les conceptions des élèves. L'enquête par questionnaire a ainsi permis de comparer, à plus grande échelle, les conceptions des élèves d'Alsace et du *Baden-Württemberg*. Elle est par ailleurs reproductible et facilement adaptable à d'autres langues. Cependant, des enquêtes complémentaires restent à mener : 1) au niveau des élèves pour approfondir les connaissances sur certaines conceptions (notamment sur la conception de la multiplication de la graine ou de la formation des graines), 2) au niveau des enseignants et de leurs pratiques en classe.

L'analyse contextuelle, a permis de relever des similitudes et des différences entre les régions étudiées, au niveau socio-culturel et particulièrement au niveau scolaire (partie 2). Le chapitre 4 a permis de clarifier l'objet d'étude d'un point de vue botanique et d'identifier le principal obstacle historico-épistémologique, qu'est celui de la conceptualisation de la fleur (au sens botanique) et de la reproduction sexuée des végétaux. Le chapitre 5 a soulevé certaines valeurs notamment concernant le rapport à la nature et à l'environnement en France et en Allemagne. Les particularités lexicales de la langue française et allemande ont également été évoquées. Les chapitres 6, 7 et 8 concernent directement la culture scolaire et sont mis en lien avec les résultats de l'enquête principale. Certains de ces facteurs culturels sont fortement

susceptibles d'influencer les conceptions des apprenants (chapitre 11). Un engrenage peut ainsi être décrit, reliant entre elles les conceptions (connaissances, valeurs et pratiques sociales) des différents niveaux de la transposition didactique (chapitre 3).

MISE EN LIEN DES DIFFERENTS NIVEAUX DE LA TRANSPOSITION DIDACTIQUE

Alors que le système éducatif en France est national, celui de l'Allemagne est fédéral, c'est-à-dire que l'éducation est gérée au niveau des *Länder*. Comme je l'ai remarqué aux chapitres 6 et 7, même s'il existe des cadres nationaux en Allemagne (établie par la *KMK*³⁷⁶), ces derniers n'ont cependant pas été pris en compte dans l'élaboration des *Bildungspläne* de 2004 du *Baden-Württemberg*, ce qui a fait apparaître plusieurs divergences dans le domaine de l'enseignement des sciences naturelles, notamment quant à l'approche des êtres vivants (holistique vs atomistique, chapitre 7).

J'ai également souligné que, dans le cadre de la transition vers les compétences-clés (au niveau de l'OCDE et de l'Union Européenne), les connaissances gardent une place importante dans les textes officiels en France (chapitre 6). Cette importance est mise en exergue à la fois dans le code de l'éducation, dans le socle commun et dans les programmes scolaires (chapitres 6 et 7). Dans cette lignée, la nouvelle réforme scolaire de 2016 souhaite « renforcer l'acquisition des savoirs fondamentaux en combinant des apprentissages théoriques et pratiques³⁷⁷ ». Au *Baden-Württemberg*, la *Bildung* est mise en avant, caractérisée par l'éducation personnelle, pratique et politique. Ainsi, la dimension "personnelle", affective et en quelque sorte morale (par la *Kompetenz* du jugement), fait partie de cette "*Bildung* scientifique globale" (chapitre 6). Depuis les *Bildungspläne* de 2004, il y a eu un « changement de paradigme³⁷⁸ » d'un enseignement disciplinaire centré sur les contenus et la matière vers un apprentissage par *Kompetenzen*. D'ailleurs, il s'agit actuellement pour les élèves du *Baden-Württemberg* "d'acquérir" une culture scientifique alors qu'en France, les élèves doivent "maîtriser des éléments" de cette culture (chapitre 6). Cela s'exprime peut-être par le fait que les contenus d'enseignement sont plus détaillés dans les programmes scolaires français, définissant un certain nombre de concepts, alors qu'au *Baden-Württemberg* ce sont avant tout,

³⁷⁶ Kultusministerkonferenz

³⁷⁷ Source : <http://www.education.gouv.fr/cid86831/college-mieux-apprendre-pour-mieux-reussir.html> (consulté le 11.06.2016)

³⁷⁸ Source : <http://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/dateien/Altdateien/202/Umweltplan2007.pdf> (consulté le 26.06.2016)

les *Kompetenzen* à acquérir qui sont mises en avant et peu de contenus sont détaillés³⁷⁹ (chapitre 7). Cette différence fondamentale pourrait expliquer la plus forte homogénéité des contenus enseignés, indiqués par les enseignants en Alsace (chapitre 10). Au *Baden-Württemberg* au contraire, les indications concernant les contenus enseignés sont plus hétérogènes d'un enseignant à l'autre. Toutefois, même si des contenus "identiques" sont enseignés, les pratiques mises en place, les méthodes utilisées, ainsi que le temps consacré à chacun des contenus divergent d'un enseignant à l'autre. Ces aspects mériteraient d'être étudiés. Les manuels scolaires pour la Realschule, utilisés par la plupart des enseignants interrogés du *Baden-Württemberg*, n'abordent pas la dissémination (chapitre 8). Ce contenu n'est pas n'ont plus enseigné par tous les enseignants interrogés de ce *Land* (chapitre 10). Il se peut, de ce fait, que moins d'élèves du *Baden-Württemberg* aient spontanément décrit le lien intergénérationnel naturel dans la première partie du questionnaire (chapitre 11). Cependant, je suppose que c'est avant tout lié au point de vue adopté par les élèves : une vision utilitaire des végétaux dans le cadre de laquelle le lien intergénérationnel et la perpétuation de l'espèce ne sont pas considérés.

Les éléments historiques expliquant l'anthropocentrisme ont été détaillés aux chapitres 4 et 5. Comme nous l'avons vu aux chapitres 7 et 8, l'aspect utilitaire des végétaux est présent dans les programmes et manuels scolaires du *Baden-Württemberg*. Or, il semble que la mise en avant d'une vision utilitaire, notamment dans les manuels scolaires et peut-être également par les enseignants, influence celle des élèves. L'enquête principale a montré qu'au *Baden-Württemberg*, c'est avant tout l'expression de l'intervention humaine utilitaire (notamment par la récolte du fruit) qui conditionne la description linéaire du développement de la plante (chapitre 11). Ce n'est pas le cas pour les élèves d'Alsace qui restent avant tout centrés sur le devenir de la plante (même dans le cadre d'une description linéaire). Dans une approche utilitaire, c'est effectivement le "produit final" qui est important et non pas la perpétuation de l'espèce. En France, le questionnement est centré sur l'espèce à partir du peuplement du milieu interrogeant par exemple l'origine des graines et abordant leur devenir (chapitre 7 et 8). Dans les programmes et manuels scolaires français, il ne s'agit pas uniquement d'aborder les différents processus du cycle de vie, mais de générer un lien et un sens. Il me semble que, dans l'état actuel, c'est bien ce lien qui manque dans les *Bildungspläne* et manuels scolaires du *Baden-Württemberg*. Dans ces derniers, les différents processus sont certes abordés, mais ne sont ni fédérés par un thème ou une question, ni mis en relation.

³⁷⁹ L'une des raisons avancées par le *Kultusministerium* du *Baden-Württemberg* pour justifier la réforme scolaire de 2016 est la formulation imprécise des *Kompetenzen*. Ainsi les contenus disciplinaires seront à nouveau plus détaillés et précis. Par ailleurs, il existera un *Bildungsplan* commun aux trois types d'établissement du secondaire inférieur avec des niveaux différenciés. L'enseignement des sciences naturelles au primaire accentuera également la technicité en réintégrant la "*Sachkunde*" ("discipline d'éveil")

Cela ne sera pas non plus le cas dans le nouveau *Bildungsplan* pour le secondaire inférieur du *Baden-Württemberg* de 2016 : les différents processus du cycle de vie sont certes détaillés, la reproduction sexuée végétale mentionnée, mais le lien n'est pas mis en évidence (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016b). A la *Grundschule* cependant, les élèves devront documenter la croissance et le développement d'au moins une plante ; l'établissement d'un concept structurant du cycle de développement de la graine aux graines est, en effet, énoncé comme suggestion à réflexion (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016a). Alors que les nouveaux programmes scolaires français pour la rentrée de 2016 explicitent qu'il s'agit, au cours du cycle 4, dans le cadre des Sciences de la Vie et de la Terre, « de permettre aux jeunes de se distancier d'une vision anthropocentrée du monde » (Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2015), les nouveaux *Bildungspläne* du *Baden-Württemberg* de 2016 maintiennent l'aspect utilitaire des végétaux pour les humains tant à la *Grundschule* qu'au secondaire inférieur (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016a, 2016b). Le référentiel pour les élèves, influencé par les pratiques sociales, l'intérêt sociétal, les programmes et manuels scolaires, diverge ainsi dans les deux régions. C'est peut-être l'une des limites du présent travail de recherche et notamment de l'enquête principale. Dans le cadre des entretiens de l'enquête exploratoire (chapitre 2), l'origine de la "première graine" a notamment pu être questionnée ; cela n'a pas été possible lors de l'enquête principale par questionnaires. Les connaissances sur la perpétuation de l'espèce n'ont pas été directement interrogées, puisque les élèves ont dû décrire le développement d'une plante (chapitre 11). De ce fait, l'aspect linéaire, et peut-être utilitaire, apparaît davantage dans le cadre de l'enquête principale. Je précise également que les résultats, présentés au chapitre 11, ne sont pas catégoriques ; il y a une part non négligeable d'élèves d'Alsace qui verbalisent également des aspects utilitaires de l'intervention humaine.

Certaines des conceptions d'élèves, détaillées au chapitre 11, semblent être influencées par ce référentiel, d'autres en semblent indépendantes. Dans le premier cas, il s'agit par exemple de la dénomination utilisée pour décrire une graine, une fleur, un fruit ou de l'évocation de l'intervention humaine utilitaire. Il est possible que, malgré le caractère motivationnel avec la création de sens, l'intégration des aspects anthropocentrés et disciplinaires brouille les élèves dans la clarification des concepts botaniques. Cela transparait notamment avec l'utilisation de différents termes pour décrire le stade de graine (chapitre 11). Cela étant, l'obstacle lexical, lié au sens, du concept de fleur ou de fruit (chapitre 5) semble être indépendant de ce référentiel, puisqu'il apparaît à la fois auprès des élèves d'Alsace et de ceux du *Baden-Württemberg*. A mon sens, il est primordial d'amener les élèves à comprendre qu'il existe différents registres et que le sens donné à un terme dépend du

contexte. Gilles Baillat (2011, p. 58) évoque « *les processus de "secondarisation", entendus comme les processus qui permettent aux élèves, par-delà les logiques de sens commun de leur univers quotidien, de construire un "rapport second" au monde grâce aux savoirs disciplinaires portés par l'école* ». La conception de la multiplication des graines ou encore celle sur l'origine et la formation des graines semble également être indépendantes du référentiel évoqué ci-dessus.

Il semble que la conceptualisation du cycle de vie, notamment des "fleurs" (tel que le rosier), dépend de la conceptualisation de la reproduction sexuée avec la formation de fruits et de graines. Pour cela, il est essentiel de clarifier les différents concepts-clés (graine – fleur – fruit). Malgré la présence dans certains manuels scolaires français d'une visualisation de la formation du fruit et des graines pour des plantes non alimentaires (chapitre 8), les élèves ont des difficultés à la décrire voire à la concevoir dans le cadre de cette étude (chapitre 11). Comme évoqué ci-dessus, aucune réponse ne peut être donnée ici concernant les pratiques concrètes d'enseignement et ce quel que soit le territoire considéré. Certes, les manuels scolaires du *Baden-Württemberg* illustrent tous la formation du fruit et de la graine à l'exemple du cerisier (chapitre 8), mais il n'est pas exclu, que les enseignants utilisent d'autres exemples.

MODELISATION DU CYCLE DE VIE

Le lien manquant dans les *Bildungspläne* et manuels scolaires du *Baden-Württemberg*, évoqué ci-dessus, peut notamment être établi par la modélisation du cycle de vie. Celle-ci permettrait de mettre en relation les différents concepts-clés et processus-clés du cycle et par là, de comprendre que celui-ci est indépendant de l'intervention humaine. Même si les processus sont abordés de manières dissociées, le sens peut être maintenu en les situant sur l'ensemble du modèle du cycle de vie. Dans les deux cohortes, un nombre important d'élèves exprime des conceptions en rupture avec celles des botanistes actuels (chapitres 2, 11 et 12). Elles dévient du modèle botanique essentiellement aux points de rupture du devenir et de l'origine des graines ainsi que de l'intervention humaine et peuvent s'exprimer sous forme cyclique ou linéaire. Plusieurs auteurs, dont Giordan et de Vecchi (1994) mentionnent qu'il est important de prendre en compte les conceptions des apprenants notamment pour la réflexion sur le contenu de l'information que le modèle doit véhiculer et sur sa forme. Au vu des résultats de cette enquête, il semble important de focaliser le propos sur la fleur comportant les éléments mâles et/ou femelles permettant la reproduction sexuée par la formation de la graine et celle du fruit pour modéliser le cycle de vie au sens de la perpétuation de l'espèce. En ce sens, le modèle serait une construction conceptuelle théorique, représentant la dynamique des processus et mettant en avant les principales caractéristiques du cycle de vie végétal (Eschenhagen *et al.*, 2006). Rappelons, que la modélisation est préconisée dans les textes

officiels français et dans ceux du *Baden-Württemberg* (chapitre 7). Au *Baden-Württemberg* elle fait d'ailleurs partie des *Kompetenzen* à acquérir notamment pour mieux comprendre les phénomènes du vivant. Dans le cadre de cette thèse je me contente de proposer un modèle du cycle de vie reposant sur les résultats de l'étude (Figure 81). Il serait cependant envisageable de confronter les modélisations des élèves, recueillies notamment à partir des items de la première partie du questionnaire de l'enquête principale. Une critique peut être apportée ici concernant la nature de la question posée dans le questionnaire. Certes cette question sur le développement de la plante renvoie à un fonctionnement et donc à un phénomène explicatif ; cependant, de par les réponses obtenues des élèves, l'approche peut diverger. La question devrait ainsi être reformulée en la centrant sur la perpétuation de l'espèce et non sur le développement de l'individu. Orange (2012, p. 18) souligne l'importance de cette question de départ visant à « *conduire la classe à travailler un problème scientifiquement pertinent* ». Pour amener les élèves à travailler sur un problème explicatif, la question doit non seulement porter sur le fonctionnement d'un phénomène mais également le relier à la fonction. En ce sens, une proposition de reformulation pourrait être : "Comment la reproduction sexuée des plantes à fleurs permet-elle d'assurer la perpétuation de leur espèce".

Ces modélisations « *peuvent constituer des supports au débat scientifique dans la classe* » (Sanchez, 2008, p. 99) ; ce qui n'exclut en aucun cas l'utilisation d'autres outils (observation, pratique de jardinage, étude de documents, manipulations...), bien au contraire. Christian Orange et Denise Orange-Ravachol (2013, p. 54) mentionnent d'ailleurs que « *la construction par un élève d'une production explicative et de la représentation correspondante partagée avec la modélisation des scientifiques le fait d'articuler des éléments appartenant à un registre empirique (celui des phénomènes dont on cherche à rendre compte, à expliquer) avec des éléments appartenant au registre des modèles (celui des constructions explicatives)* ». L'impact d'un tel procédé sur la construction des connaissances botaniques par les élèves devra toutefois être étudié. Une simple représentation du cycle de vie, visualisant les différents stades et processus (graine, germination, germe, plantule, plante, floraison, plante en fruit, dissémination), ne suffit peut-être pas pour aider les élèves à conceptualiser la reproduction sexuée et surtout la formation des graines. Celle-ci pourrait cependant servir de base avant d'approfondir les connaissances sur les processus-clés. Cette représentation graphique permet effectivement de situer la reproduction sexuée dans un contexte plus global. Sa modélisation pourra ensuite être utilisée pour comprendre d'autres phénomènes tel l'impact de l'activité humaine sur la perpétuation des espèces, thématiques du développement durable, décrites dans l'introduction.

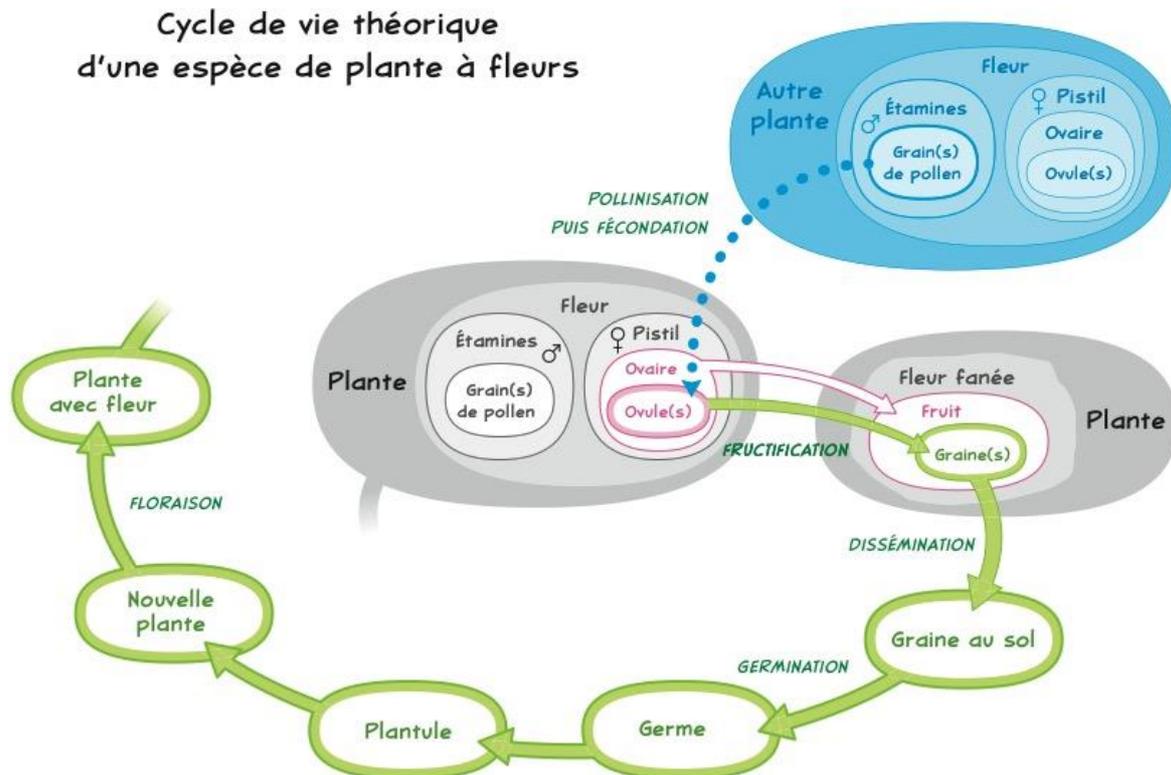


Figure 81 : Cycle de vie théorique d'une plante à fleurs axé sur la reproduction sexuée, entre deux plantes de la même espèce, avec la formation du fruit et de la graine

PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Comme je l'ai évoqué dans l'introduction, le concept du cycle de vie a tout son intérêt dans un questionnement sur certaines thématiques du développement durable. Par le biais de la problématisation et modélisation, le cycle de vie pourrait être utilisé en classe pour mener, par exemple, une réflexion sur la disparition de certains pollinisateurs et les conséquences qu'elle engendre, entre autres, au niveau des espèces végétales. Il serait intéressant de mener, sur ce sujet, des débats scientifiques au sein des classes de 3^e par exemple. Une étude comparative de tels débats, menés dans plusieurs classes du *Baden-Württemberg* et d'Alsace, permettrait d'approfondir plus concrètement les similitudes et divergences culturelles des deux régions concernant les types de raisonnement des élèves. L'approche anthropocentrée et utilitaire est-elle dépassée dans un tel cadre ? Les connaissances sont-elles mobilisées dans une approche plus systémique ? Quels sont les obstacles auxquels se heurtent les élèves dans un tel exercice ?

En effet, dans le cadre de cette thèse, un certain nombre de divergences, pointées tout au long de la juxtaposition des systèmes scolaires, n'ont pas été approfondies. Il s'agit

notamment de l'approche de la "crise écologique" (institutionnalisation vers le bas vs vers le haut ; question d'obligation vs question morale, chapitre 5) et de l'intégration de l'éducation pour un développement durable ("application des textes" vs appropriation du concept en Allemagne avec des conséquences sur l'enseignement, l'apprentissage et le rapport au savoir, chapitre 6). Or dans une étude telle qu'elle a été suggérée ci-dessus, ces aspects pourraient être pris en compte.

Comme je l'ai déjà pointé à différentes reprises, il serait intéressant de mener une enquête sur les pratiques des enseignants. Comment les élèves sont-ils amenés à construire des concepts scientifiques notamment du fruit et de la fleur, concepts-clés pour la compréhension de la reproduction sexuée des plantes à fleurs ? Dans quelle approche se placent l'enseignant : une approche utilitaire / diététique (en opposant par exemple les fruits et les légumes) ou plutôt botanique ?

La présente recherche est avant tout exploratoire et a eu pour objectif de comparer les conceptions qu'ont les collégiens d'Alsace et les élèves de la *Realschule* du *Baden-Württemberg* sur le cycle de vie des plantes à fleurs. Des divergences, mais également des similitudes ont pu être décelées. L'utilisation du cadre théorique de la transposition didactique a permis d'expliquer, au moins en partie, ces différences. Il serait intéressant d'élargir cette étude aux différents types d'établissement du *Baden-Württemberg*, mais également aux autres *Länder* d'Allemagne, qui par leur souveraineté en matière d'éducation, ont interprété différemment le cadre national de la *Kultusministerkonferenz*.

INTERETS SCIENTIFIQUES DE LA THESE

Les résultats de ce travail ont surtout leur intérêt pour les enseignants et leur formation. J'ai ainsi montré qu'il existe différentes approches, pouvant être induites par un certain type de questionnement ou de présentation thématique. J'ai aussi identifié les principaux obstacles à la conceptualisation du cycle de vie des plantes à fleurs. Leur perception et leur prise en compte à la fois dans la préparation des cours et dans leur mise en pratique, me paraissent essentielles. Celles-ci peuvent également déclencher, chez les enseignants, un questionnement sur leurs propres conceptions et engendrer une remise en cause de l'approche ou du point de vue adopté. En ce sens, l'enseignement vise à aider les élèves dans leur construction des connaissances et des concepts scientifiques et à surmonter les obstacles en les considérant. Quant aux éditeurs de manuels scolaires, la connaissance de ces obstacles peut leur servir à la conception des pages traitant le sujet, voire à celle du guide pour l'enseignant.

QUELQUES MOTS PERSONNELS POUR FINIR

De multiples rencontres ont marqué ma formation doctorale. Les échanges et le travail avec mon directeur et mes directrices de thèse, issues de cultures universitaires et de recherche assez différentes, m'ont amenée à prendre des décisions, à les argumenter et à m'ouvrir à la rencontre interculturelle. C'est ainsi que j'ai développé une identité personnelle de jeune chercheuse. L'organisation des enquêtes, leur réalisation, la préparation, puis l'analyse des données a demandé beaucoup de persévérance, d'endurance, de concentration, de rigueur, mais a également été un travail fascinant par la découverte des différents raisonnements, des idées avancées souvent logiques et pertinentes des élèves. Les discussions et échanges avec les autres doctorants, chercheurs et collègues, les présentations et la vulgarisation de mes résultats m'ont poussée à devenir plus précise, à me remettre en cause et à faire preuve de réflexion tant sur mon travail que sur ma personnalité. Somme toute, ce travail de thèse aura été un long chemin, une aventure inoubliable et formatrice d'un point de vue professionnel et personnel.

DEUTSCHE ZUSAMMENFASSUNG DER EINZELNEN KAPITEL

Die Dissertation wurde im Rahmen einer binationalen Vereinbarung geschrieben und enthält somit eine lange Zusammenfassung der einzelnen Kapitel auf Deutsch. Diese ist wie folgt gegliedert:

ALLGEMEINE EINLEITUNG

TEIL 1: Erste Annäherungen an Schülervorstellungen

Kapitel 1: Theoretische Annäherung an Schülervorstellungen

Kapitel 2: Denkmodelle zum pflanzlichen Lebenszyklus

TEIL 2: Kontextanalyse

Kapitel 3: Didaktische Transposition und vergleichende Erziehungswissenschaft

Kapitel 4: Historisch-epistemologische Analyse des Lebenszyklus der Blütenpflanzen

Kapitel 5: Soziokultureller Kontext

Kapitel 6: Vergleich der Schulsysteme in Frankreich und Baden-Württemberg

Kapitel 7: Analyse der Bildungspläne

Kapitel 8: Die Entwicklung und die sexuelle Fortpflanzung in den Schulbüchern

TEIL 3: Hauptstudie

Kapitel 9: Methodischer Rahmen der Hauptstudie

Kapitel 10: Unterrichtliche Vorgehensweisen und Vorstellungen der Lehrer

Kapitel 11: Die Schülervorstellungen

Kapitel 12: Denkmodelle, die an Hand der Schülervorstellungen erarbeitet wurden

ALLGEMEINE SCHLUSSFOLGERUNGEN

ALLGEMEINE EINLEITUNG

Die Idee zu dieser Dissertation entstand an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe. Dort wurde unter anderem durch die Untersuchungen von Dorothee Benkowitz festgestellt, dass nur wenige Schüler und Studenten die Herkunft der Samen und den pflanzlichen Lebenszyklus beschreiben können. Als Lehrerin an einer französischen Schule wollte ich dies überprüfen und stellte fest, dass die Hälfte meiner Schüler den Lebenszyklus richtig erklären konnten. In der vorliegenden Dissertation wurde deshalb den Fragen nachgegangen, (1) ob es tatsächlich Unterschiede zwischen den französischen und deutschen Schülern gibt und (2) welche alternativen Erklärungen bzw. Denkmodelle von den Schülern geäußert werden. Durch meinen eigenen Werdegang sind mir das französische und das baden-württembergische Schulsystem sowie das soziokulturelle Umfeld vertraut. Dies erleichterte mir das kontextuelle Verständnis und die Interpretation der Ergebnisse.

Die pflanzliche Fortpflanzung ist Teil vieler *Curricula*. Im Gegensatz zu den baden-württembergischen Bildungsplänen befindet sich der Begriff des Lebenszyklus in den französischen *programmes scolaires* und die sexuelle Fortpflanzung der Pflanzen wird dort detailliert aufgeführt. Im Rahmen meiner Dissertation sollten (1) die Vorstellungen gleichaltriger Schüler aus dem Elsass und aus Baden-Württemberg zum pflanzlichen Lebenszyklus erhoben, (2) deren Lernhindernisse aufgegriffen und (3) mögliche Einflussfaktoren aufgespürt werden.

Schülervorstellungen sind aus didaktischer Sicht, wichtige Bausteine bei der Entwicklung naturwissenschaftlicher Kenntnisse. Ihre Erforschung hat demnach eine Bedeutung für die methodische Planung und Gestaltung des Unterrichts. Helldén (2000) sieht außerdem ein naturwissenschaftliches Wissen über die Blütenfunktion als Basiselement zur Entwicklung weiterer ökologischer Konzepte. Mehrere Forschungsarbeiten zeigen jedoch, dass Schüler eher Interesse an Tieren als an Pflanzen haben (Wandersee, 1986; Wandersee und Schussler, 1999; Lindemann-Matthies, 2005) bzw. sich wenig für Pflanzen interessieren (Holstermann und Bögeholz, 2007).

Die vorliegende Dissertation gliedert sich in drei Teile. Im ersten Teil wird der theoretische Rahmen der Schülervorstellungen erläutert. Zudem werden die Ergebnisse einer Vorstudie, die mit Hilfe von Interviews, vorgestellt. Im zweiten Teil werden der naturwissenschaftliche und soziokulturelle Kontext beschrieben und die Analyse der Bildungspläne und Schulbücher vorgestellt. Durch die vorläufigen Ergebnisse der Vorstudie und die der Kontextanalyse konnten Hypothesen generiert werden. Im dritten Teil geht es um die Hauptstudie, in der mit Hilfe einer schriftlichen Befragung die aufgestellten Hypothesen

überprüft wurden. In den allgemeinen Schlussfolgerungen wird die Verzahnung der einzelnen Teile hervorgehoben.

KAPITEL 1: THEORETISCHE ANNÄHERUNG AN SCHÜLERVORSTELLUNGEN

Im Rahmen des moderaten Konstruktivismus wird der Mensch als aktiver Konstrukteur seines Wissens verstanden, der sich so ein grundlegendes Verständnis von seiner Umwelt verschafft (D. Krüger, 2007). Lernen wird demnach als ein konstruktiver Prozess aufgefasst, in dem der Lerner mit seinem kognitiven und emotionalen System eine aktive Rolle spielt (Pellaud, Eastes und Giordan, 2005; Riemeier, 2007). Vorstellungen werden nicht einfach assimiliert oder akkumuliert, sondern es wird auf der Basis von elementaren Vorstellungen (Vosniadou und Brewer, 1994) eine neue Information vielmehr interpretiert, modelliert und neu formuliert (Pellaud *et al.*, 2005). Vorstellungen entstehen aus der Lebenswelt der Lerner und stimmen nicht immer mit den wissenschaftlichen Vorstellungen überein. Nach Krüger (2007) spielen bei der Entwicklung beziehungsweise Veränderung der Vorstellungen sowohl externe Variablen, wie zum Beispiel der kulturelle Kontext oder die Lehr- und Lernsituation, als auch interne Variablen, wie zum Beispiel Unzufriedenheit und Interesse, eine Rolle.

Eine Vorstellung wird demnach als ein subjektiver, mentaler Prozess verstanden, der mehr oder weniger komplex sein kann (Gropengießer, 1997) und sich durch die Interaktion eines Menschen mit seiner Umwelt bildet (Clément, 2010). Gropengießer (1997) unterscheidet zwischen der Denkwelt, in der sich die Vorstellungen befinden, der Lebenswelt, auf die sich die Vorstellungen beziehen, und der Sprachwelt, in der die Vorstellungen geäußert werden können. Innerhalb der Denkwelt werden fünf Komplexitätsebenen festgehalten, die sich jeweils auf bestimmte Aspekte der Lebenswelt und der Sprachwelt beziehen. Im Rahmen der vorliegenden Dissertation wurde versucht, Denkmodelle zu erheben, die den Denkfiguren nach Gropengießer (1997) gleichkommen. Diese haben einen erklärenden Charakter, entsprechen realen Aspekten der Lebenswelt und können als Prinzipien geäußert werden. Nach Vosniadou und Brewer (1994) sind Denkmodelle dynamische Strukturen, die geschaffen werden, um bestimmte Problemsituationen zu erklären. Sie zeichnen sich durch drei Merkmale aus: (1) ihre Struktur entspricht jeweils dem Zustand der Welt, den sie repräsentieren (Lebenswelt nach Gropengießer); (2) sie können gedanklich manipuliert werden, um mögliches Geschehen in bestimmten Situationen voraussagen zu können; (3) sie bieten Erklärungen für physische Phänomene (erklärender Charakter nach Gropengießer). Clément (2010) unterscheidet außerdem die situierten Vorstellungen, die sich auf eine bestimmte

Situation beziehen, von denjenigen, die vom Forscher anhand mehrerer situierter Vorstellungen herausgearbeitet wurden.

In dieser Arbeit geht es nicht nur darum, Schülervorstellungen zu erheben, sondern auch darum, mögliche Lernhindernisse zu erkennen. Bachelard führte 1934 den Begriff der epistemologischen Lernhindernisse ein. Lernhindernisse behindern die Aneignung von Wissen. Astolfi, Peterfalvi und Vérin (1998, S. 52) definieren Lernhindernisse als „*eine Art harten Kerns*“ der Vorstellungen, die zwar den erforderlichen Erklärungen der Schüler gerecht werden, aber dem wissenschaftlichen Denken und Lernen Widerstand leisten.

Mehrere Studien zeigen, dass Schüler bei Eintritt in die Grundschule noch kein tragfähiges Konzept des pflanzlichen Lebenszyklus entwickelt haben (Boyer, 2000; Cherubini, Rasmussen, Gash und McCloughlin, 2002; Nyberg und Andersson, 2004). Auch ein mehrwöchiger Unterricht zum Thema scheint die Schüler nur teilweise dazu zu bringen, ein naturwissenschaftliches Konzept zu entwickeln (Boyer, 2000; Nyberg und Andersson, 2004). Die Hauptschwierigkeit liegt darin, die Verbindung zwischen einer Generation und der nächsten bzw. die sexuelle Fortpflanzung und die Befruchtung zu verstehen (Nyberg und Andersson, 2004). Ein besonders hartnäckiges Lernhindernis scheint die Frucht, im alltagsprachlichen Sinn, darzustellen (Boyer, 2000). Einige Schüler zeigen demnach Schwierigkeiten, die Fruchtentwicklung bei Blütenpflanzen zu verallgemeinern. Auch Meunier und Cordier (2004) stellten fest, dass Schüler Pflanzen nicht gleich kategorisieren. Es liegt also nahe, dass Schüler, je nach Pflanze, unterschiedliche Vorstellungen zu bestimmten natürlichen Phänomenen entwickeln. Blüten haben für Schüler eher eine ästhetische Funktion (Boyer, 2000; Helldén, 2000). Insekten, insbesondere Bienen, werden nicht immer als Bestäuber erkannt, sondern können die Bestäubung zum Beispiel auch verhindern bzw. der Pflanze schaden (Nyberg und Andersson, 2004). Für manche Schüler werden die Samen vom Menschen hergestellt und sind in einem Supermarkt erhältlich (Cherubini *et al.*, 2002; Benkowitz und Lehnert, 2009). Samen müssen auch ausgesät, dann gegossen und an einen sonnigen Platz gestellt werden, damit sie wachsen können (Barman, Stein, Mc Nair und Barman, 2006). Ohne die Intervention des Menschen gäbe es keine neuen Pflanzen.

Das Modell des Lebenszyklus beinhaltet nicht nur ein einzelnes Konzept, sondern benötigt das Verständnis von einer komplexen Interaktion zwischen den Konzepten der Schlüsselstadien (Samen-Blüte-Frucht) und der Schlüsselprozesse (Bestäubung, Befruchtung, Frucht- bzw. Samenbildung, Verbreitung) (vgl. Vosniadou und Brewer, 1994). Es handelt sich eigentlich um eine mentale Konstruktion, die vereinfacht eine Reihe abhängiger Phänomene darstellt.

Die Vorstudie diente dazu, eine Bestandsaufnahme möglicher Schülervorstellungen vom pflanzlichen Lebenszyklus zu machen. Bei ihrer Planung wurden die aufgeführten Aspekte berücksichtigt.

KAPITEL 2: DENKMODELLE ZUM PFLANZLICHEN LEBENSZYKLUS

Ziel der Vorstudie war es, Denkmodelle zum pflanzlichen Lebenszyklus von Schülerinnen und Schülern im Elsass und in Baden-Württemberg herauszuarbeiten. Es wurde erwartet, dass die Ergebnisse der Vorstudie Tendenzen aufzeigen, die in der Hauptstudie überprüft werden können. Für die Voruntersuchung stellten sich folgende Fragen:

- 4) Welche Denkmodelle vom Lebenszyklus bestimmter Samenpflanzen entwickeln Schüler der 5., 6. und 8. Klasse?
- 5) An welchen Stellen gibt es Abweichungen vom wissenschaftlichen Modell des pflanzlichen Lebenszyklus bzw. Überschneidungen mit diesem?
- 6) Woraus leiten die Schüler ihr Wissen bzw. ihre Vorstellungen vom pflanzlichen Lebenszyklus ab? Welche Schwierigkeiten können für sie daraus entstehen?

Methodik

Die Erhebungen der Vorstudie erfolgten in einer Realschule in Baden-Württemberg sowie in einer Grundschule und einem *collège* im Elsass. Um ein möglichst breites Spektrum an Teilnehmern und damit auch an Vorstellungen vom pflanzlichen Lebenszyklus zu erhalten, wurden die Schüler so ausgewählt, dass sie sich im Alter, Vorwissen und Wohnort unterschieden.

Je zwei bis drei Schüler der 5., 6. und 8. Klassen (insgesamt 16 Klassen) wurden durch Zufall ausgewählt und nahmen an einem ca. 30-minütigem Interview teil. Insgesamt wurden 46 Schüler zum Lebenszyklus der Samenpflanzen befragt.

Die Vorstellungen zum Lebenszyklus der Blütenpflanzen wurden mit Hilfe eines leitfaden- und materialgestützten, problemzentrierten Interviews erhoben. Die Interviews wurden mit Hilfe einer Kamera aufgezeichnet und später analysiert. Zentraler Bestandteil war ein Test, in dem die Schüler verschieden alte Samenpflanzen in die Reihenfolge ihrer Entwicklung bringen sollten. Sie hatten verschiedene Töpfe mit Senfpflanzen vor sich. Die Pflanzen waren dabei in unterschiedlichen Entwicklungsstadien (ein Samen - Keimpflanze -

blühende Pflanze - fruchtende Pflanze - viele Samen). Ebenso bekamen die Schüler Bildkarten von den Entwicklungsstadien einer Apfel-, Kirsch-, Paprika- oder Erbsenpflanze zum Ordnen. Die Schüler sollten nach dem Ordnen ihre Reihenfolge begründen. In den meisten Fällen wurden weitere Verständnis- bzw. Vertiefungsfragen gestellt. Auch wurde erhoben, ob die Schüler Begriffe wie Lebens- bzw. Entwicklungszyklus bereits gehört hatten und, wenn ja, in welchem Kontext. Abschließend wurden den Schülern zwei Situationen präsentiert, zu denen sie Stellung nehmen sollten. Diese waren illustriert und bezogen sich auf die Rolle der Bienen bei der Apfelbildung (Situation Bienenstock) und auf die Entstehung eines neuen Baumes durch die Eicheln einer umgefallenen Eiche (Situation alte Eiche).

Die Interviews wurden mit Videograph transkribiert und qualitativ ausgewertet. Zunächst wurde offen, später themengebunden mit MAXQDA codiert. Insgesamt waren 22 der 46 Interviews geeignet, mit Hilfe des Programms MAXQDA sogenannte "One-Case-Models" zu erzeugen, aus denen sich bildlich-schematische Denkmodelle zum Lebenszyklus der Samenpflanzen erstellen ließen. Elf der 22 Interviews wurden danach durch Peers gelesen. Sie arbeiteten ebenfalls Denkmodelle heraus, die mit den ursprünglich aufgestellten übereinstimmten.

Ergebnisse

Aus den 22 Interviews konnten fünf Kategorien von Denkmodellen zum pflanzlichen Lebenszyklus abgeleitet werden, die als Grundtypen gelten können. Eines davon ist das wissenschaftliche Modell (Modelltyp B³⁸⁰). Die vier anderen Modelltypen weichen an folgenden Problemfeldern (PF) vom wissenschaftlichen Modell ab:

- PF Intervention Mensch (Modelltyp IH): der Mensch ist verantwortlich für das Gedeihen der Pflanzen;
- PF Samen (Modelltyp G): Antworten auf die Fragen „wie entstehen Samen, woher kommen sie und was wird aus ihnen?“ weichen von wissenschaftlichen Aussagen ab;
- PF Blüte-Frucht (Modelltyp FF): Blüten werden nicht als Fortpflanzungsorgane betrachtet. Das Konzept von der Entstehung der Frucht weicht vom wissenschaftlichen Modell ab;

³⁸⁰ Die Bezeichnungen der Modelle beziehen sich auf die französischen Begriffe : B steht für Botanique, IH für Intervention humaine, G für Graine, FF für Fleur-Fruit, P für Plusieurs

- PF Samen-Blüte-Frucht (Modelltyp P): dieses Problemfeld setzt sich aus dem PF Samen (Modelltyp G) und dem PF Blüte-Frucht (Modelltyp FF) zusammen³⁸¹.

Einige Schüler entwickelten je nach Pflanze unterschiedliche Denkmodelle. Es stellt sich die Frage, ob Schüler Pflanzen kategorisieren, wie es bereits von Meunier und Cordier (2004) beschrieben wurde und innerhalb einer bestimmten Pflanzengruppe ein Denkmodell entwickeln. Auch wenn die Denkmodelle je nach Pflanze unterschiedlich waren, bezogen sich die Ausprägungen doch meist auf dasselbe Problemfeld.

Die Begriffe "Lebenszyklus" und "Entwicklungszyklus" waren, laut Interviews, hauptsächlich aus der Schule bekannt. Einige Schüler aus dem Elsass kannten diese Begriffe auch aus den Medien wie z.B. Dokumentarfilmen oder Büchern. Alle Schüler, die eine wissenschaftliche Vorstellung zur Entstehung der Frucht hatten, gaben an, dies in der Schule gelernt zu haben.

Die Antworten zur Apfelbildung (Situation Bienenstock) konnten in drei Kategorien gegliedert werden: (1) es gibt weniger Äpfel, da die Bienen der Blüte etwas entnehmen, das die Fruchtbildung verhindert (n=4), (2) es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Bienenstock und der Apfelbildung (n=7) und (3) Karins Aussage wird zugestimmt (n=26). Allerdings ist zu beachten, dass in dieser letzten Kategorie lediglich 13 Schüler die Übertragung der Pollen einer Blüte zur nächsten erwähnten. Diese Ergebnisse stimmen mit denen Nybergs (2004) überein. Auch konnte eine Verwechslung zwischen Bestäubung und Verbreitung bemerkt werden. Bei der Situation "alte Eiche" erklärten die meisten Schüler, dass aus den Eicheln eine neue Eiche wachsen kann.

Schlussfolgerungen

Im Rahmen der Vorstudie konnten drei Hauptlernhindernisse festgestellt werden. Das erste Hindernis besteht darin, dass Pflanzen, insbesondere die Frucht oder die Blüte, lediglich als dem Menschen dienendes „Element“ gesehen werden. Somit wird zum Beispiel die Frucht zum Endstadium, die vom Menschen geerntet und verarbeitet wird. Die Beschreibung der Entwicklung der Pflanze hat einen utilitaristischen Charakter. Das zweite Lernhindernis bezieht sich auf die Kategorisierung der Blütenpflanzen in Pflanzen mit Früchten und in Blumen (jeweils im alltagsprachlichen Sinn). Das Nichterkennen der Frucht (im botanischen Sinn) verhindert ein globales Verständnis der sexuellen Fortpflanzung der Blütenpflanzen und begünstigt somit die Vorstellung der Samenverbreitung durch die Blüte (Blütenzyklus). Das

³⁸¹ Die einzelnen Denkmodelle sind in der französischen Version ersichtlich. Dort befinden sich auch Zitate der deutschen Schüler.

dritte Lernhindernis betrifft den lexikalischen Bereich. Begriffe können, je nach Sprachebene, unterschiedliche Bedeutungen haben. Dies ist zum Beispiel bei der Blüte und der Frucht der Fall.

In der Vorstudie konnten unterschiedliche Denkmodelle herausgearbeitet werden. Die Schule, aber auch Beobachtungen und Erfahrungen scheinen die Schülervorstellungen zu prägen. Auch die Sprache spielt eine wichtige Rolle, da sie Träger kultureller Vorstellungen ist. Somit ist es von Bedeutung, den soziokulturellen Kontext der Schüler zu definieren und Gemeinsamkeiten sowie Gegensätze hervorzuheben. Um dies zu unterstützen, wird der theoretische Rahmen der didaktischen Transposition ausgewählt. Dieser ermöglicht ebenfalls die Verbindung folgender Fragen: Gibt es Vorstellungen, die in beiden Regionen vorhanden sind? Gibt es Vorstellungen, die eher in der einen oder anderen Region verbreitet sind? Gibt es außer den erarbeiteten noch weitere Denkmodelle? Sind diese tatsächlich je nach Pflanzenart unterschiedlich? Warum kommt der Begriff des Lebenszyklus in den französischen *programmes scolaires* vor, nicht aber in den Bildungsplänen Baden-Württembergs? Wie sieht es im akademischen Bereich aus? Seit wann wird der Terminus „Lebenszyklus“ benutzt?

KAPITEL 3: DIDAKTISCHE TRANSPOSITION UND VERGLEICHENDE ERZIEHUNGS- WISSENSCHAFT

Im Rahmen der didaktischen Transposition werden nicht nur Schülervorstellungen bzw. das angeeignete Wissen betrachtet, sondern auch das soziale und institutionelle Umfeld. Diese Aspekte sind bei einem Vergleich der Schülervorstellungen aus unterschiedlichen Kulturen von Bedeutung. Chevallard (1985) erklärte die didaktische Transposition durch den Übergang des „wissenschaftlich gelehrten Wissens“ zum Wissen, das unterrichtet werden soll bis hin zum tatsächlich unterrichteten Wissen. Das erste wird von wissenschaftlichen Einrichtungen, hauptsächlich von Wissenschaftlern, „produziert“, Aus diesem Wissen werden dann Wissensinhalte als „unterrichtenswürdig“ angesehen und zum Beispiel in *Curricula* aufgenommen. Letzten Endes wird dann dieses Curriculum unterrichtet.

Einige Didaktiker haben die didaktische Transposition erweitert. Martinand (in Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel und Toussaint, 2008) hat zum Beispiel das „wissenschaftliche Wissen“ um die „sozialen Praktiken“ ergänzt. Ein Lehrinhalt wird nicht nur aus reinem „Fachwissen“ ausgewählt, sondern auch aus Aktivitäten. So kann zum Beispiel der Schulgarten auf die Landwirtschaft oder den Familiengarten zurückgeführt werden. Das

wissenschaftliche Arbeiten und Experimentieren sind ebenfalls Praktiken, die es in der Gesellschaft gibt und die in der Schule eingeführt wurden. Clément (2006) behauptet, die didaktische Transposition besteht aus mehreren Ebenen und ist wesentlich komplexer. Er berücksichtigt nicht nur das Wissen, sondern die Vorstellungen der Akteure jeder Ebene. Diese versteht er als eine Verbindung zwischen Kenntnissen, sozialen Praktiken und Werten.

Im Rahmen dieser Studie wurden auf vier Ebenen der didaktischen Transposition betrachtet:

- 1) die Ebene der naturwissenschaftlichen und soziokulturellen Referenzen,
- 2) die Ebene der "zu unterrichteten *Curricula*" an Hand einer Bildungsplan- und Schulbuchanalyse,
- 3) die Ebene der "unterrichteten *Curricula*", erhoben durch eine Lehrerbefragung,
- 4) und letztlich die Ebene der wiedergegebenen Kenntnisse der Schüler und deren Vorstellungen.

Das erziehungswissenschaftliche Vergleichen berücksichtigt historische, sozioökonomische und politische Aspekte, um Gemeinsamkeiten und Gegensätze zu erklären. Dabei kann der Vergleich sowohl auf internationaler als auch auf intranationaler Ebene stattfinden. Ziel ist es, Phänomene zu verstehen und bereits Bestehendes zu verbessern. In der vorliegenden Dissertation wurden Vorstellungen von Schülern verglichen, die aus unterschiedlichen Regionen (Elsass, Baden-Württemberg) und Ländern (Frankreich, Deutschland) kamen. Die Schülervorstellungen wurden mit den naturwissenschaftlichen, soziokulturellen und schulischen Kontexten verbunden. Es ging außerdem darum, Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu verstehen, um mögliche didaktische Ansätze zu formulieren. Ein Vergleich kann jedoch nur stattfinden, wenn es vergleichbare Kriterien gibt. Diese wurden an Hand der Methode Beredays (1967) festgelegt. Er beschreibt vier Etappen einer vergleichenden Analyse: (1) die Beschreibung der pädagogischen Gegebenheiten jedes Landes, (2) die Interpretation dieser Gegebenheiten im politischen, sozialen, ökonomischen und historischen Kontext, (3) die Juxtaposition der interpretierten Gegebenheiten und die Identifikation der Gemeinsamkeiten und Unterschiede, um vergleichende Kategorien zu schaffen und Hypothesen zu formulieren und (4) der eigentliche Vergleich der etablierten Kategorien.

Um die pädagogischen Gegebenheiten interpretieren zu können, wurden zunächst historische, naturwissenschaftliche und soziokulturelle Aspekte zum Thema pflanzlicher Lebenszyklus untersucht.

KAPITEL 4: HISTORISCH-EPISTEMOLOGISCHE ANALYSE DES LEBENSZYKLUS DER BLÜTENPFLANZEN

Im Laufe der Zeit veränderten sich nicht nur die Vorstellungen zur sexuellen Fortpflanzung der Pflanzen, sondern auch die Art zu denken. Drei Denkweisen konnten erhoben werden: ein zyklisches, ein systemisches und ein lineares Denken. Es handelt sich dabei um verschiedene Weisen die Welt zu erfassen. Diese können durch Vorgehensweisen, Haltungen oder Entdeckungen hervorgerufen werden. Seit Jahrtausenden beeinflusst und strukturiert der Mond- und Jahreszyklus den Anbau der Pflanzen. Heute wird diese natürliche, saisonale Zeiteinteilung durch neue landwirtschaftliche Methoden und Techniken (z.B. Gewächshaus) sowie durch die Folgen des Warenverkehrs und ihrer Vermarktung in Frage gestellt. Nach der Herkunft der Früchte, die man das ganze Jahr über kaufen kann, muss nicht mehr gefragt werden. Den Kindern aber verhilft der Wechsel der pflanzlichen Genussmittel je nach Jahreszeit, die Zeit zu strukturieren.

In der Antike wurde ein globales, zyklisches Denken mit einem unendlichen Wiederkehren hervorgehoben. Ein zyklisches Denken bezüglich der Blütenpflanzen wurde schon bei Theophrast erkannt, der sich von der Urzeugung abwandte und den Ursprung der Samen bei der Pflanze sah. Dieser Kreislauf konnte mit der Entdeckung der sexuellen Fortpflanzung der Pflanzen im 17. Jahrhundert konkretisiert werden. Auch die Begriffe der "Art" und der "Generation" bekamen fortan einen anderen Sinn. Mit dem ökologischen Denken ab dem 19. Jahrhundert ging das systemische Denken über das zyklische Denken hinaus da die Beziehungen zwischen Individuen berücksichtigt wurden.

Die Idee der göttlichen Schöpfung, die insbesondere durch die christlichen Religionen vorangestellt wurde, äußert ein lineares Denken mit einem Anfang und einem Ende. Zu diesem Denken gehört auch eine teleologische Sichtweise. So stellten zum Beispiel für Césalpin (im 16. Jahrhundert) die Samen die Finalität der Pflanze dar.

Es konnten aus der Literatur einige Vorstellungen erhoben werden, die von den heutigen botanischen abweichen. Einige sollen hier exemplarisch aufgeführt werden:

- Zu den Blüten: sterile Blüten verhindern das Wachstum der Frucht, Blüten sind Ausscheidungsprodukte, Staubblätter sind Ausscheidungsorgane; Pollen sind Nährstoffe
- Zur Fruchtbildung: die Frucht entwickelt sich ohne Blüte, durch die göttliche Kraft, durch Wachstum, durch den Pflanzensaft im Stängel, durch eine Wärmeübertragung von der männlichen Blüte zur weiblichen

- Zum Samen: Der Samen erscheint durch Urzeugung, durch den Pflanzensaft des Stängels, durch den Nektar → Bienen verhindern somit die Samenbildung

Das Haupthindernis, das sich aus dieser Analyse ableiten lässt, ist das Nichtbetrachten der Blüten als Träger der Fortpflanzungsorgane. Somit können weder männliche oder weibliche Blütenteile, noch Fortpflanzungsprozesse erkannt werden. Auch kann der Lebenszyklus im Sinne des Fortbestands der Art mit einem genetischen Austausch nicht beschrieben werden. Dieses Hindernis ist insofern resistent, dass Pflanzen als statisch betrachtet werden. Eine Annäherung der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane, ist somit schwer vorstellbar bzw. ersichtlich.

KAPITEL 5: SOZIOKULTURELLER KONTEXT

Die Entwicklung der Entdeckungen zur sexuellen Fortpflanzung der Blütenpflanzen wird in diesem Kapitel in einen soziokulturellen Zusammenhang gebracht. So hat sich im Laufe der Zeit das Verhältnis zwischen Mensch und Natur, sowie das Verhältnis zwischen Religion und Wissenschaft, verändert. Die Natur wurde in der Antike vergöttlicht. Seit der Verbreitung des Christentums wurde die Natur jedoch eher als unabdingbare Ressource für den Menschen gesehen. Ab der Renaissance ging es dann darum, die Natur als Objekt zu untersuchen, zu gestalten und zu beherrschen. Die Industrialisierung löste im 20. Jahrhundert eine "ökologische Krise" aus, in der die Natur als bedroht erfasst wurde. Es entwickelte sich nach und nach ein ökologisches Umweltbewusstsein, bei dem der Mensch als Teil der Natur betrachtet wird, der in ihr interveniert und sie gestaltet.

Auch wenn die Entwicklung des Umweltbewusstseins der Franzosen und der Deutschen unterschiedlich verlief, zeigen die politischen Wahlergebnisse seit dem 21. Jahrhundert ein klares Interesse der Bevölkerung beider Länder an Umweltthemen. Es geht also nicht darum, ob Franzosen oder Deutsche "ökologischer" sind, sondern darum, die unterschiedliche Auseinandersetzung beider Länder mit der Umweltkrise zu erkennen (Caillaud, Kalampalikis und Flick, 2010). Caillaud *et al.* (2010) heben außerdem hervor, dass die Verankerung der deutschen Grünen eher ethisch, die der französischen eher politisch ist. Das ökologische Handeln ist bei den Ersten auf moralische Aspekte zurückzuführen, bei den Zweiten eher auf gesellschaftliche Verpflichtungen.

Auch in diesem Kapitel konnten zwei Lernhindernisse kultureller und lexikalischer Ordnung ermittelt werden. Zum einen hindert der Glaube an eine göttliche Kraft, die die verschiedenen Entwicklungsprozesse der Pflanze generiert, das Verstehen der natürlichen

Prozesse und die Essenz des Lebenszyklus im Sinne des Fortbestands der Art. Zum anderen kann die Verwendung identischer Termini in Alltagssprache und Fachsprache, die aber unterschiedliche Bedeutungen haben, Vorstellungen begünstigen, die von denen der Botaniker abweichen. Dies ist zum Beispiel bei den Begriffen "Frucht", "Blüte" bzw. "Blume" der Fall. Weitere abweichende Vorstellungen können durch Analogien der deutschen Fachausdrücke zu alltagssprachlichen Begriffen entstehen (z.B. Staubbeutel, Fruchtfleisch).

KAPITEL 6: VERGLEICH DER SCHULSYSTEME IN FRANKREICH UND BADEN-WÜRTTEMBERG

In Frankreich fängt die Schule bereits mit der *école maternelle* (also ab 3 Jahren, in einigen Fällen sogar ab 2 Jahren) an. Die *programmes scolaires* der Primarstufe beinhalten sowohl diejenigen für die *école maternelle* als auch diejenigen für die *école élémentaire*. Diese umfasst fünf Schuljahre, darauf folgt das *collège*. In Baden-Württemberg gibt es im Kindergarten lediglich einen Orientierungsrahmen. Dort arbeiten Erzieher und Sozialpädagogen, jedoch keine Lehrer wie es in der französischen *école maternelle* der Fall ist. Die Grundschule hat vier Schuljahre. Danach kommen Schüler, je nach Leistungsniveau und Berufsorientierung, entweder in die Werkrealschule, die Realschule oder auf das Gymnasium. Es gibt allerdings auch Gesamtschulen. Die Sekundarstufe I endet nach insgesamt 9 bzw. 10 Schuljahren.

In beiden Ländern gibt es nationale Rahmenrichtlinien. Allerdings wurden in Baden-Württemberg die Bildungspläne 2004, zeitgleich mit dem Beschluss der Kultusministerkonferenz zu den Bildungsstandards im Fach Biologie, veröffentlicht. Im Nachhinein wurden manche Fächer oder Fachverbände der Bildungspläne Baden-Württembergs auf Übereinstimmung überprüft. Die französischen Richtlinien halten sich an die Schlüsselkompetenzen des europäischen Referenzrahmens für lebenslanges Lernen, der 2006 veröffentlicht wurde.

In Europa, scheint es ein von Alter und Geschlecht abhängiges Desinteresse junger Menschen an naturwissenschaftlichem Unterricht zu geben. Dies liegt weniger am Inhalt als am Selektionscharakter der Studiengänge und an deren Schwierigkeitsruf. Zwei Initiativen, Pollen und Sinus-Transfer, schafften es, das Interesse und die Ergebnisse der Schüler in den naturwissenschaftlichen Fächern zu steigern. Diese Initiativen schlugen einen forschenden, pädagogischen Ansatz vor, der auch in den Bildungsplänen beider Regionen Anschluss fand.

Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts, laut französischer *programmes scolaires*, ist die "Beherrschung der Hauptelemente der wissenschaftlichen und technischen Kultur". In den Bildungsplänen Baden-Württembergs geht es vielmehr um die Aneignung einer solchen Kultur. In Frankreich wird demnach das Wissen in den Vordergrund gestellt. In Baden-Württemberg geht es eher um globalere Aspekte, die sowohl kognitive als auch persönliche, affektive, auf Erfahrung beruhende Elemente mit einbeziehen.

In Deutschland hat das Einführen der Bildung für nachhaltige Entwicklung zu einer Veränderung des Bildungsansatzes geführt. Die Lern- und Unterrichtskultur wurde überdacht und neu strukturiert. In Frankreich sieht es eher so aus, als wären die europäischen Richtlinien direkt in die nationalen übernommen worden.

KAPITEL 7: ANALYSE DER BILDUNGSPLÄNE

In diesem Kapitel werden sowohl die Lehrinhalte zum pflanzlichen Lebenszyklus als auch die der Natur, der Umwelt und der Pflanzen zugrundeliegenden Werte ermittelt.

Um die Natur-, Umwelt- und Pflanzenbilder in den Bildungsplänen nach der Beschreibung Kattmanns (in Eschenhagen *et al.*, 2006) zu definieren, wurden zunächst alle Textstellen markiert, dann in MAXQDA codiert und schließlich von zwei Peers gegencodiert. Die Übereinstimmung lag bei über 85%. Unterschiedliche Auffassungen wurden im Rahmen einer Diskussion geklärt. Die in den Bildungsplänen aufgeführten Lehrinhalte zum pflanzlichen Lebenszyklus, zum Kreislaufdenken und zur Modellierung wurden zunächst erhoben, dann für jedes Land besprochen und schließlich gegenübergestellt. So konnten Unterschiede und Gemeinsamkeiten ermittelt werden.

Die Natur- und Umweltbilder in den *programmes scolaires des collèges* sind differenzierter dargestellt als in denen der *école primaire*. Pflanzen werden hauptsächlich als Lerngegenstand und als Ressource für den Menschen dargestellt. In den Bildungsplänen Baden-Württembergs sind die Natur- und Umweltbilder je nach Schulart sehr unterschiedlich. Sie werden eher in der Grundschule differenziert dargestellt. Die Pflanzen werden in der Grundschule sowohl als Lerngegenstand als auch als erlebt, geliebt und als Ressource dargestellt. In beiden Regionen wird der Mensch als Teil und Gegenüber der Natur gesehen. In den Bildungsplänen Baden-Württembergs werden auch Nutz- bzw. Kulturpflanzen von Wildpflanzen unterschieden.

Bezüglich der Lehrinhalte scheinen die nationalen Richtlinien beider Regionen relativ ähnlich zu sein. Beide empfehlen die Wissensaneignung der individuellen Entwicklung, der

Evolution der Arten und der verschiedenen Formen der Fortpflanzung der Lebewesen. Die Übertragung der Lehrinhalte dieser Richtlinien in die Bildungspläne findet allerdings nur in Frankreich statt. In den *programmes scolaires* geht es um die Fortpflanzung der Lebewesen (sowohl der Tiere als auch der Pflanzen, holistischer Ansatz). Diese sollte ab der *école maternelle* unterrichtet werden. In den Bildungsplänen Baden-Württembergs wird systematisch unterschieden (atomistischer Ansatz), wenn auch in der Grundschule, der Realschule und dem Gymnasium ein holistischer Ansatz erwähnt wird. Die pflanzliche Fortpflanzung bzw. Vermehrung sollte einmal in der Grundschule und einmal in der Sekundarstufe I im Unterricht behandelt werden. Im Gegensatz zu den baden-württembergischen Bildungsplänen, die an Kompetenzen orientiert sind, führen die französischen *programmes scolaires* die zu erlernenden Kenntnisse detailliert auf.

Der Lebenszyklus wird in den *programmes scolaires* der *école primaire* wörtlich aufgeführt, jedoch unterschiedlich definiert. Erst in den höheren Klassen der *école élémentaire* wird der Lebenszyklus vom Samen zum Samen beschrieben. Im *collège* wird der Begriff nicht verwendet, jedoch sollte das Konzept Gegenstand des Unterrichts sein. In Baden-Württemberg wird dieses Konzept lediglich in der Realschule erwähnt. Um die Vergleichbarkeit der französischen und baden-württembergischen Schüler zu gewährleisten, nahmen Schüler dieser Schulart an den Befragungen teil. Die Wahl der Realschule wurde durch die Ergebnisse der Pisa-Studie unterstützt, die zeigte, dass sich in dieser Schulart sowohl Schüler mit gymnasialem Niveau als auch mit Werkrealschulniveau befinden.

KAPITEL 8: DIE ENTWICKLUNG UND DIE SEXUELLE FORTPFLANZUNG IN DEN SCHULBÜCHERN

Schulbücher haben eine pädagogisch-didaktische Funktion, vermitteln aber auch gesellschaftliche, kulturelle und ideologische Werte. Ziel der Schulbuchanalyse war es, die Darstellungen der pflanzlichen Entwicklung und sexuellen Fortpflanzung zu erheben sowie kulturelle Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den französischen und baden-württembergischen Schulbüchern aufzuzeigen. Im Gegensatz zu den französischen Schulbüchern müssen Schulbücher in Baden-Württemberg vom Landesinstitut für Schulentwicklung zugelassen werden. Insgesamt wurden 28 französische und 27 baden-württembergische Schulbücher der naturwissenschaftlichen Fächer untersucht. Von diesen waren jeweils 16 für die Primarstufe. Drei thematische Schwerpunkte wurden zur Analyse festgelegt: (1) Aufbau der Schulbücher und Reihenfolge der behandelten Themen, (2)

inhaltliche Darstellung der Schlüsselkonzepte und -prozesse des Lebenszyklus, (3) lexikalische Analyse.

Die französischen Schulbücher sind nach den Phasen des forschend-entdeckenden Ansatzes aufgebaut: sie beginnen mit einer Frage- oder Problemstellung, gefolgt von Beobachtungssituationen, Manipulationen oder anderen Aktivitäten, die es ermöglichen Antworten auf die Fragestellung zu finden. Eine Synthese wird entweder vom Schüler / von der Klasse produziert oder vom Schulbuch vorgeschlagen. Danach kommen meist Übungsaufgaben. In den Schulbüchern ist relativ wenig Text. Es sind überwiegend beschriftete Abbildungen aufgeführt. In den Schulbüchern Baden-Württembergs für die Sekundarstufe gibt es Seitentypen, die unterschiedliche Funktionen haben. Dennoch wird der Sachverhalt in Form eines informativen Textes dargestellt. Dieser wird durch Abbildungen veranschaulicht. In der Grundschule werden die naturwissenschaftlichen Themen durch künstlerische Beiträge ergänzt. Dies stimmt mit den Anforderungen des Fächerverbands Mensch-Natur-Kultur überein.

Der holistische bzw. atomistische Ansatz, der in den Bildungsplänen festgestellt wurde, kommt auch in den Schulbüchern zu tragen. So sind französische Schulbücher nach den Prinzipien des Lebendigen aufgebaut, wohingegen die baden-württembergischen Schulbücher Tiere und Pflanzen getrennt behandeln. Alle Prozesse des Lebenszyklus werden in den französischen Schulbüchern der *école élémentaire* und des *collèges* aufgeführt. In den Schulbüchern des *collèges* sind sie durch Fragestellungen (z.B. Wie bilden sich die Samen? Wie werden die Samen in eine neue Umgebung transportiert?) verlinkt. In vier von drei Schulbüchern der Realschule werden die Verbreitung der Samen und die Verbindung zwischen den Generationen nicht dargestellt. Die anderen Schulbücher der Sekundarstufe I behandeln alle Prozesse des Lebenszyklus. In den Schulbüchern der Grundschule werden die einzelnen Prozesse sehr unterschiedlich dargestellt. Alle weisen die Keimung auf. Fast die Hälfte aller untersuchten französischen Schulbücher stellt den Lebenszyklus grafisch dar. Dies ist in den Schulbüchern Baden-Württembergs nur dreimal der Fall.

Die lexikalische Analyse zeigt, dass die Begriffe der Schlüsselkonzepte und -prozesse in den französischen Schulbüchern eher hervorgehoben und auch definiert werden. In den baden-württembergischen Schulbüchern ist dies in der Grundschule selten der Fall. In der Sekundarstufe I ist das Register sehr ausführlich, aber es werden weniger Begriffe gesondert definiert. Auch wird in diesen Schulbüchern unterschiedlich auf die Fortpflanzung, die sexuelle oder asexuelle Fortpflanzung, die Vermehrung, die sexuelle oder asexuelle Vermehrung verwiesen. Es scheint keinen Konsens bezüglich dieser Begriffe unter den Schulbüchern zu geben.

Schlussfolgerungen aus der Bildungsplan- und Schulbuchanalyse

Der wissenschaftliche und technische Fortschritt, ebenso wie die sich daraus ergebende Stofffülle, führten dazu, dass der Biologieunterricht eher nach den Prinzipien des Lebendigen aufgebaut wurde; weg von einem systematischen Aufbau (Eschenhagen *et al.*, 2006). Dies ist im Beschluss der Kultusministerkonferenz (2005) ersichtlich, zum Teil auch in den Bildungsplänen Baden-Württembergs, jedoch nicht in den entsprechenden Schulbüchern, obwohl sie einer Zulassungserlaubnis unterliegen. Auch sind die Schulbücher in Baden-Württemberg sehr textreichhaltig und inhaltlich detailliert, wohingegen sich die Bildungspläne an den Kompetenzen und wenig an Inhalten orientieren. Es scheint also eine Diskrepanz bei der Umsetzung der nationalen Richtlinien in die Bildungspläne und von diesen in die Schulbücher zu geben. In Frankreich scheinen die unterschiedlichen Dokumente, inhaltlich und strukturell, aufeinander abgestimmt zu sein.

In den Bildungsplänen und Schulbüchern beider Regionen wird die Landwirtschaft mit unterschiedlichen Ansätzen behandelt. So geht es in Frankreich eher um die Wissensaneignung technischer Aspekte der Landwirtschaft im Dienste der Bevölkerungsernährung. In Baden-Württemberg wird eher der Nützlichkeitsaspekt und somit die Bedeutung der Pflanzen für den Menschen in den Vordergrund gestellt. In der deutschen Biologiedidaktik werden unter anderem drei Kriterien zur Auswahl der Lerninhalte herangezogen: die Wissenschaftsrelevanz, die Schülerrelevanz und die Gesellschaftsrelevanz. Auch das Prinzip des Exemplarischen von Martin Wagenscheins hat die deutsche Biologiedidaktik geprägt. Dieses Prinzip befindet sich in den Schulbüchern Baden-Württembergs bei der Darstellung der Fruchtbildung am Beispiel der Kirsche oder bei der Keimung am Beispiel der Bohne. Ein Nachteil dieses Prinzips, so Gropengießer *et al.* (2010) ist, dass dadurch die Übersicht allgemeiner Prozesse und deren Vernetzung verloren geht. In den wenigsten Schulbüchern der Sekundarstufe I Baden-Württembergs wird die sexuelle Fortpflanzung erwähnt, wenn es darum geht, die Entwicklung der Frucht ab der Blüte zu beschreiben.

Durch die Bildungsplan- und Schulbuchanalyse konnten drei Forschungsschwerpunkte für die Hauptstudie festgelegt werden: das zyklische Denken, die Intervention des Menschen und die Verwendung der Fachbegriffe.

KAPITEL 9: METHODISCHER RAHMEN DER HAUPTSTUDIE

Die Hauptstudie hatte zum Ziel, die Schülervorstellungen zum Lebenszyklus der Blütenpflanzen im Elsass und in Baden-Württemberg zu erheben und die Verbreitung der Denkmodelle zu ergründen. Die Ergebnisse konnten dann mit denen der Kontextanalyse in Verbindung gebracht werden. Es wurden 998 Schüler der 7. Jahrgangsstufe, aus jeweils neun Realschulen in Baden-Württemberg und *collèges* im Elsass, befragt. 42 Klassen nahmen an der Studie teil. Die Fragebögen wurden in zwei Durchläufen getestet und entsprechende Änderungen vorgenommen. Eine Erlaubnis des Kultusministeriums und der *Académie de Strasbourg* wurde eingeholt. In der Hälfte der Schulen habe ich selbst die Befragung durchgeführt. Es war mir somit möglich, die Schüler zwei unterschiedliche Fragebögen ausfüllen zu lassen. An die anderen Schulen wurden die vorbereiteten Fragebögen samt Durchführungsanweisung und Lehrerfragebogen geschickt. Ein frankierter Umschlag lag zur Rücksendung bei.

KAPITEL 10: UNTERRICHTLICHE VORGEHENSWEISEN UND VORSTELLUNGEN DER LEHRER

Der Lehrerfragebogen diente dazu, Informationen über verwendete Hilfsmittel und Begriffe, über die unterrichteten Prozesse sowie Vorstellungen zum Lebenszyklus zu erhalten. Insgesamt antworteten 8 Lehrer aus dem Elsass und 13 aus Baden-Württemberg.

Im Elsass wurden von den befragten Lehrern ganz unterschiedliche Schulbücher verwendet. In Baden-Württemberg handelte es sich hauptsächlich um das Schulbuch Prisma von Klett (11 Lehrer). Auch verwendeten die baden-württembergischen Lehrer ihr Schulbuch öfters im Unterricht als diejenigen im Elsass. Dort benutzten die Lehrer entweder den Begriff Lebenszyklus oder Entwicklungszyklus im Unterricht. In Baden-Württemberg wurden unterschiedliche Begriffe von einem Lehrer benutzt: Lebenskreislauf, Entwicklungszyklus, Entwicklungskreislauf. Lebenszyklus wurde von keinem baden-württembergischen Lehrer verwendet. Im Gegensatz zu den elsässischen Lehrern beschrieben die Lehrer aus Baden-Württemberg den Entwicklungszyklus einer Blütenpflanze linear, bzw. vom Samen bis zur Pflanze oder Frucht. Die unterrichteten Inhalte waren unter den elsässischen Lehrern homogener als unter den baden-württembergischen. Dies kann unter anderem daran liegen, dass die Lehrinhalte in den *programmes scolaires* ausführlicher sind als in den Bildungsplänen.

Es ist zu vermuten, dass sich, aufgrund der Antworten der elsässischen und der baden-württembergischen Lehrer, auch die Antworten der Schüler unterscheiden und zwar bezüglich (1) der zyklischen vs. linearen Denkweise und (2) der Kenntnisse über die Schlüsselprozesse des Lebenszyklus. Der Lehrerfragebogen war nicht ausführlich genug, um weitere Vermutungen äußern zu können.

KAPITEL 11: DIE SCHÜLERVORSTELLUNGEN

Fünf Fragestellungen und dreizehn dazugehörige Hypothesen wurden im Rahmen der Schülerbefragung aufgestellt. Dabei ging es um (1) die Reihenfolge der Entwicklungsstadien, (2) den zyklischen vs. linearen Denkansatz, (3) die utilitaristische Sichtweise, (4) die Verwendung der botanischen Fachausdrücke und (5) die Vorstellungen zur Samen- und Fruchtbildung. Es gab drei Fassungen der Fragebögen. Zwar waren die Fragen identisch, doch bezogen sie sich jeweils auf andere Pflanzen. Es wurden an Hand der Vorstudie und der Kontextanalyse drei Pflanzentypen ausgewählt: die Rosenpflanze als "Blume", die Birnenpflanze als "Früchte tragende Pflanze" und die Paprikapflanze als "Gemüsepflanze" (jeweils im alltagsprachlichen Sinn). Der Fragebogen bestand aus drei Teilen. Im ersten Teil ging es um die Vorstellungen zur pflanzlichen Entwicklung. Hierzu sollten die Schüler sechs verbildlichte Stadien der entsprechenden Pflanze in die Reihenfolge ihrer Entwicklung bringen, die Bilder beschriften, die Reihenfolge durch Pfeile kenntlich machen und diese Pfeile (von einem Bild zum nächsten) beschriften. Danach sollten sie erklären wie es nach dem letzten geklebten Bild weitergeht. Im zweiten Teil ging es um die Samen- und Fruchtbildung sowie um die Rolle des Menschen bei der Verbreitung. Vier Fragen waren geschlossen, in Form von Multiple-Choice-Antworten, die aus den Ergebnissen der Vorstudie generiert wurden; zwei waren offene Fragen. Im dritten Teil ging es um die Prozesse der Bestäubung, Befruchtung und Verbreitung. Zu allen drei Fragen gab es die gleichen Antwortvorschläge (Multiple-Choice). Diese orientierten sich an den Definitionen der Schulbücher; andere mögliche Antworten wurden ergänzt. Die Daten wurden zunächst in eine Tabelle eingetragen und später mit Hilfe des quantitativen Analyseprogramms SPSS analysiert. Verschiedene statistische Verfahren und Modelle wurden zur Auswertung verwendet: einfache χ^2 -Tests, die binäre logistische Regression, die univariate Varianzanalyse (ANOVA, Typ II) und die lineare Regression. Um den Klassen- und Lehrereffekt zu messen, wurden die Daten aggregiert.

Innerhalb der getesteten Kohorte spielte die Region, Elsass oder Baden-Württemberg, sowie der Pflanzentyp (Rose, Birne, Paprika) eine erhebliche Rolle bezüglich der Reihenfolge, des zyklischen Denkens, der utilitaristischen Sichtweise und der Verwendung der botanischen

Fachbegriffe. Schüler aus dem Elsass hatten eher einen biozentrischen Ansatz. So stand bei der Beschreibung der Entwicklung die Pflanze im Mittelpunkt. Es ging darum, was mit der Pflanze passiert, ganz egal ob ein Zyklus geäußert wurde oder nicht (die Pflanze stirbt; sie wächst weiter; oder die neuen Samen keimen und der Zyklus geht von vorne los). Die Schüler aus Baden-Württemberg stellten hingegen den Nützlichkeitsaspekt der Pflanzen für den Menschen in den Vordergrund (die Früchte werden geerntet, gegessen...) und beschrieben eher die Entwicklung der Pflanze vom Samen bis zur Frucht. Dieser Ansatz kann mit den Inhalten und deren Aufbereitung in den Bildungsplänen und Schulbüchern zusammenhängen. Auch bei den drei Pflanzen wurde der Nützlichkeitsaspekt fast ausschließlich bei den essbaren Kulturpflanzen beschrieben. Der Blütenzyklus hingegen wurde hauptsächlich bei der Rosenpflanze verbalisiert. Die Beschreibung des Lebenszyklus war sowohl vom Pflanzentyp (essbare Kulturpflanzen) als auch vom Lehrer abhängig (wenn dieser selbst eine dem botanischen Modell entsprechende Vorstellung vom Lebenszyklus hatte und dieses Konzept unterrichtete).

Die Vorstellung der Vermehrung der Samen (ein Samen-viele Samen) war von allen getesteten Einflussfaktoren unabhängig. Es ist möglich, dass die Entwicklung einer solchen Vorstellung durch die Fragestellung begünstigt wurde. Möglich ist jedoch auch, dass die Schüler das Wachstum (der Samen) mit deren Vermehrung in Verbindung brachten (siehe Riemeier, 2005).

Auch in der Hauptstudie wurde das Lernhindernis der Auffassung einer Frucht oder einer Blume im alltagsprachlichen Sinn festgestellt. So wurde die Entwicklung der Frucht aus der Blüte hauptsächlich bei den essbaren Kulturpflanzen beschrieben. Fast die Hälfte der Schüler, die einen Fragebogen zur Rose beantworteten, gab an, dass diese keine Frucht hat. Dies könnte auch erklären, warum der Blütenzyklus eher bei der Rosenpflanze beschrieben wurde.

Die Konzeptualisierung der Samenbildung schien für die meisten Schüler schwierig zu sein, obwohl die Lehrer beider Kohorten angaben, diesen Prozess im Unterricht zu behandeln. Hier müsste allerdings sowohl auf Schüler- als auch Lehrerebene weiter und vertiefend nachgeforscht werden.

KAPITEL 12: DENKMODELLE, DIE AN HAND DER SCHÜLERVORSTELLUNGEN ERARBEITET WURDEN

An Hand der erhobenen Schülervorstellungen konnten die Denkmodelle generiert werden. Ziele der Hauptstudie waren es, die Verbreitung dieser Modelle im Elsass und in Baden-Württemberg zu ermitteln und die Übereinstimmung der Modelle des ersten und des zweiten Fragebogens zu messen. Die Denkmodelle der Vorstudie wurden als Grundlage verwendet, später angepasst und erweitert. So wurde (1) die zyklische um die lineare Ausprägung der Denkmodelle ergänzt, (2) das Problemfeld der Samen in Werden und Herkunft der Samen aufgeteilt und es wurden (3) weitere vier Modelle hinzugefügt. Dann wurden für jede Ausprägung und jedes Modell Zuteilungskriterien aufgestellt, sodass den Schülern aufgrund ihrer Antworten automatisch Modelle zugeteilt werden konnten. Die Schüler, die zwei Fragebögen ausgefüllt hatten, wurden nach Pflanzenkombination geordnet (Frucht + Blume, Gemüse + Blume, Frucht + Gemüse). So konnte die Übereinstimmungsrate je nach Kombination differenziert werden.

Insgesamt konnten 654 Denkmodelle zugeordnet werden. Es wurden hauptsächlich einfache Modelle und weniger kombinierte Modelle ermittelt. Die meisten wichen an den Problemfeldern der Samen ab. Den elsässischen Schülern konnten mehr zyklische Modelle zugeteilt werden als den baden-württembergischen. Je nach Pflanze kamen bestimmte Modelle häufiger vor als andere. So tauchte zum Beispiel das zyklische Modell "viele Samen-ein Samen" hauptsächlich bei der Paprikapflanze auf. Die Modelle, die am Problemfeld der Herkunft des Samens vom botanischen Modell abwichen, kamen hauptsächlich bei der Rosenpflanze vor. Diejenigen, die am Problemfeld des Werdens des Samens vom botanischen Modell abwichen, traten hauptsächlich bei den essbaren Kulturpflanzen auf.

Insgesamt konnte die Übereinstimmung der Modelle zwischen dem ersten und dem zweiten Fragebogen bei 206 Schülern gemessen werden. Am höchsten war die Überschneidungsrate bei der Kombination "Birnenpflanze und Paprikapflanze", am tiefsten bei der "Birnenpflanze und Rosenpflanze". Die Modelle der Birnenpflanze und der Rosenpflanze wichen hauptsächlich am Problemfeld der Herkunft des Samens und an dem der Intervention Mensch ab.

Die Ergebnisse der Hauptstudie bestätigen die Vermutung, dass Schüler je nach Pflanzentyp unterschiedliche Vorstellungen entwickeln. Das Modell des Lebenszyklus wurde hauptsächlich bei der Birnenpflanze geäußert. Dort stimmten die Bedeutungen der Frucht im alltagsprachlichen und botanischen Sinn überein.

ALLGEMEINE SCHLUSSFOLGERUNGEN

Abschließend werden die Zusammenhänge der einzelnen Ergebnisse der Schülervorstellungen und der Kontextanalyse erörtert.

Trotz des internationalen Übergangs der Bildungspläne zu Schlüsselkompetenzen misst Frankreich den Kenntnissen einen hohen Stellenwert bei (Kapitel 6). Diese Kenntnisse werden auch detailliert in den *programmes scolaires* aufgeführt (Kapitel 7). Durch die persönlichen, praktischen und politischen Aspekte, scheint der Begriff der Bildung eine globalere Auffassung auszudrücken (Kapitel 6). So orientieren sich die Bildungspläne Baden-Württembergs an Kompetenzen und weniger an Inhalten (Kapitel 7). Dieser Unterschied erklärt auch die Homogenität bzw. Heterogenität der angegebenen, unterrichteten Inhalte im Elsass bzw. in Baden-Württemberg (Kapitel 10). Auch wenn diese Inhalte gleich sind, so sind die Umsetzungen, die Unterrichtsmethoden und die aufgewandte Zeit vom Lehrer abhängig. Das Schulbuch, das von den meisten baden-württembergischen Lehrern verwendet wird, erörtert die Samenverbreitung nicht (Kapitel 8). Die Lehrer scheinen auch nicht alle diesen Prozess zu unterrichten (Kapitel 10). So kann es sein, dass die baden-württembergischen Schüler den natürlichen intergenerationellen Link nicht spontan im ersten Teil des Fragebogens erwähnen (Kapitel 11). Es ist allerdings eher zu vermuten, dass dies hauptsächlich mit der angenommenen Sichtweise zusammenhängt.

Die in Kapitel 4 und 5 erwähnten historischen Aspekte erklärten die Entwicklung der anthropozentristischen Sichtweise. Aus Kapitel 7 und 8 wurde ersichtlich, dass der Nützlichkeitsaspekt der Pflanzen sowohl in den Bildungsplänen als auch in den Schulbüchern Baden-Württembergs erläutert wird. Es scheint jedoch als ob diese, in Schulbüchern und vermutlich auch von Lehrern dargestellte, utilitaristische Sichtweise die Schüler beeinflussten. Die Ergebnisse der Hautstudie zeigten, dass die utilitaristische Intervention des Menschen (insbesondere die Ernte der Frucht) die lineare Beschreibung der pflanzlichen Entwicklung bedingt (Kapitel 11). Dies war bei den Schülern aus dem Elsass nicht der Fall, die die Pflanze in den Mittelpunkt stellten. Im Fall einer utilitaristischen Sichtweise ist jedoch das "Endprodukt" und nicht der Fortbestand der Art von Bedeutung. In den französischen *programmes scolaires* und Schulbüchern richtet sich die Fragestellung auf die Art bzw. auf die Besiedelung der Umwelt, wobei auch die Herkunft und das Werden der Samen aufgegriffen werden (Kapitel 7 und 8). So geht es dort nicht nur darum, die Prozesse des Lebenszyklus oder der sexuellen Fortpflanzung zu behandeln, sondern vielmehr sie zu verbinden und einen Sinn zu schaffen. Es scheint mir, als würde derzeit diese Verbindung in den Bildungsplänen und Schulbüchern Baden-Württembergs fehlen. Dort werden zwar die verschiedenen Prozesse erwähnt, aber weder durch ein Thema noch durch eine Fragestellung verbunden. Dies wird auch in den neuen Bildungsplänen 2016 nicht der Fall sein. Auch werden die utilitaristischen Aspekte

beibehalten. Die neuen französischen *programmes scolaires* 2015 für das *collège* erwähnen jedoch, dass der naturwissenschaftliche Unterricht den Schülern helfen soll, sie von einer anthropozentrischen Sichtweise zu entfernen. Das Bezugssystem der Schüler, das von den sozialen Praktiken und Interessen, von den Bildungsplänen und den Schulbüchern, geprägt ist, unterscheidet sich somit in beiden Regionen.

Einige der ermittelten Schülervorstellungen (Kapitel 11) scheinen von diesem Bezugssystem abhängig, andere unabhängig, zu sein. Im ersten Fall handelt es sich zum Beispiel um die verwendete Benennung zur Beschreibung eines Samens (als Samenkorn, Korn, Kern, Saatgut). Es ist möglich, dass die Integration sowohl anthropozentrischer als auch fachlicher Aspekte die Schüler bei der Klärung der botanischen Konzepte verwirren kann. Die Vorstellung einer "Samenvermehrung" sowie das lexikalische Lernhindernis der Begriffe "Blüte" und "Frucht" scheinen von diesem Bezugssystem unabhängig zu sein. Sie finden sich sowohl bei den elsässischen als auch den baden-württembergischen Schülern. Es ist daher wichtig, den Schülern klar zu machen, dass es verschiedene Sprachebenen gibt und dass die Bedeutung eines Begriffs vom Kontext abhängt. Baillat (2011) beschreibt den Prozess der "Sekundarisierung". Dieser soll den Schülern helfen, an Hand der allgemeinen Logik ihrer alltäglichen Welt eine "sekundäre Beziehung", die von den in der Schule vermittelten Fachkenntnissen geprägt ist, aufzubauen.

Die Modellierung des Lebenszyklus könnte helfen, die mangelnde Verbindung der Schlüsselkonzepte und -prozesse zu beheben. Auch wenn die Prozesse einzeln im Unterricht behandelt werden, könnten diese im gesamten Modell geortet werden. Im Rahmen dieser Studie wichen die Vorstellungen der Schüler hauptsächlich an den Problemfeldern der Herkunft und des Werdens der Samen ab. Daher sollte bei der Modellierung das Hauptaugenmerk auf die Blüte bzw. die sexuelle Fortpflanzung gerichtet werden. Solche Modellierungen können auch verwendet werden, um weitere Phänomene, zum Beispiel im Bereich der nachhaltigen Entwicklung, zu bearbeiten und zu verstehen.

BIBLIOGRAPHIE

- Allemann-Ghionda, C. (2010). Methodologische Ansätze der Vergleichenden Erziehungswissenschaft - Die Operation des Vergleichs. *Enzyklopädie Erziehungswissenschaften Online*, 35. Doi:10.3262/EEO05100152
- Alluin, F., Billet, M. et Gentil, R. (2010). Les technologies de l'information et de la communication (TIC) en classe au collège et au lycée éléments d'usages et enjeux. Paris : Ministère de l'Education nationale, Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance.
- Anderson, J. L., Ellis, J. P. et Jones, A. M. (2014). Understanding early elementary children's conceptual knowledge of plant structure and function through drawings. *CBE-Life Sciences Education*, 13(3), 375–386.
- Aspe, C. (1989). Acot Pascal, Histoire de l'écologie. *Revue française de sociologie*, 30(2), 345–346.
- Astolfi, J.-P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y. et Toussaint, J. (2008). Mots-clés de la didactique des sciences: repères, définitions, bibliographies. Paris : De Boeck.
- Astolfi, J.-P. et Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *ASTER*, (16), 103-141.
- Astolfi, J.-P., Peterfalvi, B. et Vérin, A. (1998). Comment les enfants apprennent les sciences. Paris : Retz.
- Bachelard, G. (1993). La formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance. Paris : J. Vrin.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. et Weiber, R. (dir.). (2011). *Multivariate Analysemethoden: eine anwendungsorientierte Einführung; [Extras im Web]* (13. überarbeitete Auflage). Berlin Dordrecht London New York : Springer.
- Baillat, G. (2011). Entre diagnostic institutionnel et constats de recherche: l'enseignement des sciences au primaire. Dans A. Hasni et G. Baillat (dir.), *Pratiques d'enseignement en sciences et technologies regards sur la mise en oeuvre des réformes curriculaires et sur le développement des compétences professionnelles des enseignants* (p. 57-103). Reims : Épure, Éditions et presses universitaires de Reims.
- Baisch, P. (2009). *Schülervorstellungen zum Stoffkreislauf: eine Interventionsstudie im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung*. Hamburg : Kovač.
- Barbault, R. (2008). *Écologie générale: structure et fonctionnement de la biosphère*. Paris : Dunod.
- Barman, C. R., Stein, M., Mc Nair, S. et Barman, N. S. (2006). Students' Ideas about Plants & Plant Growth. *The American biology teacher*, 68(2), 73–79.
- Barroca-Paccard, M. (2011). L'idée de nature dans les programmes scolaires: de l'éducation à l'environnement vers l'éducation au développement durable, réflexion épistémologique et enjeux curriculaires. Dans A. Giordan et R.-E. Eastes (dir.), *L'idée de nature dans la médiatisation et l'éducation scientifique*. Actes des 31e Journées Internationales de l'Education Scientifique (p. 10). Paris : TRACES. Repéré à <http://artheque.ens-cachan.fr/archive/files/ee757efe23de84bc1e0c769e6e890768.pdf>
- Bautier, É., Manesse, D., Peterfalvi, B. et Vérin, A. (2000). Le cycle de vie du Cerisier: une narration « scientifique ». *Repères: Diversité narrative*, 21, 143–164.
- Benbrook, C. M. (2012). Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. *Environmental Sciences Europe*, 24(1), 24. doi:10.1186/2190-4715-24-24
- Benkowitz, D. (2014). Wirkung von Schulgartenerfahrung auf die Wahrnehmung pflanzlicher Biodiversität durch Grundschul Kinder: inklusive CD mit der Originaldissertation und den

- verwendeten Fragebögen und Pflanzenlisten. Baltmannsweiler : Schneider-Verlag Hohengehren.
- Benkowitz, D. et Lehnert, H.-J. (2009). Vom Samen zum Samen - Studie zum Verständnis des pflanzlichen Entwicklungszyklus. Dans Lernen und kindliche Entwicklung: Elementarbildung und Sachunterricht ; [Jahrestagung der Gesellschaft für die Didaktik des Sachunterrichts e.V. vom 13. bis 15. März 2008 in Bremen]. Bad Heilbrunn : Klinkhardt.
- Benkowitz, D. et Lehnert, H.-J. (2010). Denken in Kreisläufen: Lernerperspektiven zum Entwicklungszyklus von Blütenpflanzen. *Biologie Lehren und Lernen—Zeitschrift für Didaktik der Biologie*, 17(1), 31–40.
- Berck, K.-H. (2001). *Biologiedidaktik: Grundlagen und Methoden* (2., korrigierte und Aufl.). Wiebelsheim : Quelle & Meyer.
- Bereday, G. Z. (1967). Reflections on comparative methodology in education, 1964-1966. *Comparative Education*, 3(3), 169–287.
- Blatrix, R. et McKey, D. (2012). Des plantes et des fourmis, (77), 88-93.
- Bonhoure, G. et Hagnerelle, M. (2003). L'éducation relative à l'environnement et au développement durable (no 2003 014) (p. 30). Inspection générale de l'Education Nationale. Repéré à <http://media.education.gouv.fr/file/01/2/6012.pdf>
- Bonny, S. (2008). Les cultures transgéniques tolérantes à un herbicide permettent-elles de réduire l'usage des pesticides? Le cas du soja et du maïs aux Etats-Unis. *Innovations Agronomiques*, (3), 193–212.
- Bortz, J. et Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler: mit 163 Tabellen* (7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Berlin Heidelberg : Springer.
- Boyer, C. (1998). *Conceptualisation de la reproduction végétale à l'école primaire* (thèse de doctorat). Université Paris V, France.
- Boyer, C. (2000). *Conceptualisation et actions didactiques à propos de la reproduction végétale*. *ASTER*, 31, 149-171.
- Brandenberg, V. (2006). *Rechtliche und wirtschaftliche Aspekte des Verlegens von Schulbüchern mit einer Fallstudie zum bayerischen Zulassungsverfahren*. Erlangen : Buchwiss., Univ. Erlangen-Nürnberg.
- Bray, M., Adamson, B. et Mason, M. (dir.). (2010). *Recherche comparative en éducation: approches et méthodes* (1. éd.). Bruxelles : De Boeck Université.
- Bresinsky, A., Körner, C., Kadereit, J. W., Neuhaus, G. et Sonnewald, U. (2008). *Lehrbuch der Botanik* (36. Aufl; édité par E. Strasburger). Heidelberg : Spektrum, Akad. Verl.
- Bretin-Chabrol, M. et Leduc, C. (2009). La botanique antique et la problématique du genre. *Clio. Femmes, Genre, Histoire*, (29), 205–223.
- Bronckart, J.-P. et Plazaola Giger, M. I. (1998). La transposition didactique. *Histoire et perspectives d'une problématique fondatrice*. *Pratiques*, (97-98), 35–58.
- Bundesamt für Naturschutz. (2008). *Welternährung, Biodiversität und Gentechnik: Kann die Agro-Gentechnik zur naturverträglichen und nachhaltigen Sicherung der Welternährung beitragen?* Bonn.
- Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (dir.). (1998). *Bildung für eine nachhaltige Entwicklung: Orientierungsrahmen*. Bonn.
- Caillaud, S. (2010). Die „grünen Deutschen“. Dans *Frankreich Jahrbuch 2009 Französische Blicke auf das zeitgenössische Deutschland* (p. 61–76). Wiesbaden : VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. Repéré à http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-531-92259-1_5

- Caillaud, S., Kalampalikis, N. et Flick, U. (2010). Penser la crise écologique: représentations et pratiques franco-allemandes. *Les cahiers internationaux de psychologie sociale*, 87(3), 621–644.
- Campbell, N. A. et Reece, J. B. (2007). *Biologie*. Paris : Pearson éducation France.
- Campbell, N. A., Reece, J. B. et Markl, J. (2003). *Biologie* (6. Aufl [2. dt. Ausg.]). Heidelberg : Spektrum Akad. Verl.
- Caro, C. (2009). Le développement de la conscience environnementale et l'émergence de l'écologie politique dans l'espace public en France et en Allemagne, 1960-1990 (thèse de doctorat, Technische Universität Dresden; Université Sorbonne Nouvelle Paris III). Repéré à http://www.qucosa.de/recherche/frontdoor/cache.off?tx_slubopus4frontend%5Bid%5D=urn%3Anbn%3Ade%3Absz%3A14-qucosa-64392
- Carricano, M., Bertrandias, L. et Poujol, F. (2010). *Analyse de données avec SPSS®*. Paris : Pearson Education.
- Castéra, J. et Clément, P. (2010). Interaction entre connaissances scientifiques et valeurs dans les conceptions d'enseignants français sur le déterminisme génétique de comportements humains. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (1), 241-264. doi:10.4000/rdst.226
- Charbonneau-Lassay, L. (1990). *The Ouroboros*. Parabola. Repéré à <http://racines.traditions.free.fr/ouroboros/ourochla.pdf>
- Charles, L. et Kalaora, B. (2007). De la protection de la nature au développement durable: vers un nouveau cadre de savoir et d'action? *Espaces et sociétés*, 130(3), 121–133.
- Cherubini, M., Rasmussen, J., Gash, H. et McCloughlin, T. (2002). Digital Seed: An interactive toy for children's explorations of plant growth and life cycles. Dans *Interaction Design and Children Workshop*. Repéré à <http://jamierasmussen.com/publications/digitalseed.pdf>
- Chézaud, P. (2000). Culture de la nature au XVIIIe siècle: le sens dans le jardin. XVII-XVIII. *Bulletin de la société d'études anglo-américaines des XVIIe et XVIIIe siècles*, 51(1), 129–140.
- Choppin, A. (1992). *Les manuels scolaires: histoire et actualité*. Paris : Hachette.
- Choppin, A. (2005). L'édition scolaire française et ses contraintes : une perspectives historique. Dans E. Bruillard (dir.), *Manuels scolaires, regards croisés*. Caen : Canopé - CRDP de la Basse-Normandie.
- Choppin, A. (dir.). (2010). Le livre à l'école. Dans *Une histoire de l'école: anthologie de l'éducation et de l'enseignement en France XVIII-XXe siècles* (p. 259-265). Paris : Retz.
- Clément, P. (1998). La biologie et sa didactique, dix ans de recherche. *ASTER*, (27), 59-93.
- Clément, P. (2004). Science et idéologie: exemples en didactique et épistémologie de la biologie. Dans *Actes du Colloque Sciences, médias et société*. ENS-LSH (p. 53–69). Repéré à http://science.societe.free.fr/documents/pdf/Sciences_medias_societe_2004/actes.pdf#page=57
- Clément, P. (2006). Didactic transposition and the KVP model: conceptions as interactions between scientific knowledge, values and social practices. (p. 9-18). Communication présentée au ESERA Summer School, Braga Portugal.
- Clément, P. (2010). Conceptions, représentations sociales et modèle KVP. *Skholê : cahiers de la recherche et du développement*, (16), 55–70.
- Commission Européenne et Direction générale de la recherche Science, économie et société. (2007). *L'enseignement scientifique aujourd'hui: Une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. Bruxelles : auteur. Repéré à http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_fr.pdf

- Coquidé, M., Lange, J.-M. et Pincemin, J.-M. (2009). Éducation à l'environnement en France: éléments de situation et questions curriculaires. Repéré à <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00526082/>
- Cosnard, X. (2005). Représentations du temps et formation. Spirale, HS4, 69–82.
- Daugey, F. (2015). Les plantes, ont-elles un sexe?: histoire d'une découverte. Paris : Ulmer.
- de Haan, G. (2008). Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Dans *Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung: Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde*. Wiesbaden : Verlag für Sozialwissenschaften.
- de Haan, G. et Harenberg, D. (1999). Bildung für eine nachhaltige Entwicklung: Gutachten zum Programm. Bonn : Bund-Länder-Komm. für Bildungsplanung und Forschungsförderung, Geschäftsstelle.
- Deléage, J.-P. (1994). Une histoire de l'écologie. Paris : Seuil.
- Dell'Angelo-Sauvage, M. (2007). De l'école au collège, le rapport au vivant d'élèves de 10 à 12 ans: en quoi les enseignements de SVT en 6ème font-ils évoluer le rapport au vivant des élèves? (thèse de doctorat, École normale supérieure de Cachan-ENS Cachan). Repéré à <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00268883/>
- Demalsy, P. et Feller-Demalsy, M.-J. (1990). Les Plantes à graines: structure, biologie, développement. Québec; Paris : Décarie ; A. Colin.
- Develay, M. (1995). Le sens d'une réflexion épistémologique. Dans *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines: une encyclopédie pour aujourd'hui*. Paris : ESF.
- Doll, J. et Rehfinger, A. (2012). Historische Forschungsstränge der Schulbuchforschung und aktuelle Beispiele empirischer Schulbuchwirkungsforschung. Dans J. Doll, K. Frank, D. Fickermann et K. Schwippert (dir.), *Schulbücher im Fokus: Nutzungen, Wirkungen und Evaluation*. Münster : Waxmann.
- Driver, R., Rushworth, P., Squires, A. et Wood-Robinson, V. (2005). Making sense of secondary science: Research into children's ideas. London : Routledge.
- Duris, P. et Gohau, G. (1997). Histoire des sciences de la vie. Paris : Nathan.
- Durkheim, E. (1912). Les formes élémentaires de la vie religieuse. Le système totémique en Australie. (Vol. 1). Paris : Presses universitaires de France. Repéré à <http://sociology.sunimc.net/htmledit/uploadfile/system/20110204/20110204130638855.pdf>
- Elster, D. (2007). In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant? Ergebnisse der ROSE-Erhebung in Österreich und Deutschland. *Plus Lucis*, 3, 1–8.
- Eschenhagen, D., Kattmann, U. et Rodi, D. (dir.). (2006). *Fachdidaktik Biologie: die Biologiedidaktik* (8. durchges. Aufl., [Nachdr.]). Köln : Aulis-Verlag.
- Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire (EM). (2003). Les écosystèmes et le bien-être de l'Homme: Un cadre d'évaluation - résumé français. Repéré à <http://www.unep.org/maweb/documents/document.6.aspx.pdf>
- Forissier, T. (2003). Les valeurs implicites dans l'éducation à l'environnement. Analyse de la formation d'enseignants de SVT (Sciences de la Vie et de la Terre) et des conceptions de futurs enseignants français, allemands et portugais. (thèse de doctorat). Université Claude Bernard, Lyon 1.
- Forquin, J.-C. (2008). *Sociologie du curriculum*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Forschungsprogramm « Bildung für nachhaltige Entwicklung ». (2004). Lüneburg / Hannover : Deutsche Gesellschaft für Erziehungswissenschaft.
- Freud, S. (1936). *Nouvelles conférences sur la psychanalyse*. Paris : Gallimard. Repéré à http://www.univ-montp3.fr/ufr5/telechargement/supportdecours/Nouv_conf_psychalyse.pdf

- Freudig, D. (dir.). (2000). *Lexikon der Biologie. 5: Elektivitätsindex bis Flitterzellen*. Heidelberg : Spektrum, Akad. Verl.
- Gauthier, C. et Tardif, M. (2005). *La pédagogie: théories et pratiques de l'Antiquité à nos jours*. Montréal : G. Morin.
- Geertz, C. (1973). Religion as a cultural system. Dans *The interpretation of cultures: selected essays* (p. 87-125). Basic Books, Inc.
- Giordan, A. (2010). Nouveaux contenus, nouvelles pratiques: peut-on mutualiser les problèmes et les acquis? Dans A. Hasni et J. Lebeaume (dir.), *Enjeux contemporains de l'éducation scientifique et technologique* (p. 17-50).
- Giordan, A. (2011). L'idée de nature n'est pas naturelle. Dans A. Giordan et R.-E. Eastes (dir.), *L'idée de nature dans la médiatisation et l'éducation scientifique*. Actes des 31^e Journées Internationales de l'Education Scientifique (p. 6). Paris : TRACES. Repéré à <http://artheque.ens-cachan.fr/items/show/386>
- Giordan, A. et Vecchi, G. de. (1994). *Les origines du savoir: des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques* (2. éd). Lausanne : Delachaux et Niestlé.
- Girault, Y. et Sauvé, L. (2008). L'éducation scientifique, l'éducation à l'environnement et l'éducation pour le développement durable. *Croisements, enjeux et mouvances*. ASTER, (46), 7-30.
- 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. (2008). *Wie man Vorstellungen der Lerner Verstehen kann: Lebenswelten - Denkwelten - Sprechwelten*. Oldenburg : Didaktisches Zentrum, Carl-von-Ossietzky-Universität.
- Gropengießer, H., Kattmann, U., Krüger, D. et Etschenberg, K. (2010). *Biologiedidaktik in Übersichten*. Hallbergmoos : Aulis-Verlag.
- Groux, D. (1997). L'éducation comparée: approches actuelles et perspectives de développement. *Revue française de pédagogie*, 121(1), 111-139. doi:10.3406/rfp.1997.1149
- Groux, D., Pérez, S., Porcher, L., Rust, V. D. et Tasaki, N. (2003). *Dictionnaire d'éducation comparée*. Paris : L'Harmattan.
- Guichard, J. (2010). *Sciences expérimentales et technologie CE2, cycle 3: guide pédagogique*. Paris : Hachette éducation.
- Haguenaer, C. (1991). *Comprendre par les cycles ... et les cycles pour apprendre ou le concept de cycle, indicateur de la connaissance, des sciences de la nature à l'écologie forestière* (thèse de doctorat). Université de Nancy I.
- Harlen, W. et Allende, J. E. (2006). *Rapport du Groupe de travail sur la Collaboration Internationale pour l'Evaluation des Programmes D'Enseignement Scientifique Fondés sur L'Investigation (ESFI)*. Groupe Interacadémies sur des questions internationales (IAP). Repéré à <http://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/ressources/pedago/evaluation/RapportIBSE.pdf>
- Hasni, A. et Lebeaume, J. (dir.). (2010). *Enjeux contemporains de l'éducation scientifique et technologique*. Ottawa : Les Presses de l'Université d'Ottawa.
- Heidenreich, F. (2006). Einleitung: Bildungsideale und -politiken im deutsch-französischen Vergleich. Dans M. G. / F. Heidenreich (dir.), *Bildung in Frankreich und Deutschland* (p. 7-17). Münster : LIT Verlag.
- Heinzel, F. (dir.). (2000). *Methoden der Kindheitsforschung: Ein Überblick über Forschungszugänge zur kindlichen Perspektive*. Weinheim : Juventa-Verlag.
- Helldén, G. (2000). A longitudinal study of pupils' conceptualisation of the role of the flower in plant reproduction. Dans *The Second Conference of European Researchers in Didaktik*

- of Biology, University of Göteborg, November 18-22, 1998 (p. 47–59). Repéré à <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:320112>
- Henriet, A. et Granier-Fauquert, M.-H. (2010). Évaluation de la politique de formation continue des enseignants des premier et second degrés (sur la période 1998-2009) (no 2010-111). Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. Repéré à http://www.education.gouv.fr/archives/2012/refondonslecole/wp-content/uploads/2012/07/rapport_igen_igaenr_evaluation_de_la_politique_de_formation_continue_des_enseignants_octobre_2010.pdf
- Hershey, D. R. (1996). A historical perspective on problems in botany teaching. *The American Biology Teacher*, 58(6), 340–347.
- Hickling, A. K. et Gelman, S. A. (1995). How does Your Garden Grow? Early conceptualization of seeds and their place in the plant growth cycle. *Child Development*, 66, 856–876.
- Holstermann, N. et Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I [Gender-specific interests of adolescent learners in science topics]. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 71–86.
- Höltermann, A. et Oesten, G. (2001). Forstliche Nachhaltigkeit - Ein forstwirtschaftliches Konzept als Vorbild für die Strategie der nachhaltigen Entwicklung? *Der Bürger im Staat*, 51(1), 39-45.
- Houchot, A. et Robine, F. (2007). Les livrets de compétences: nouveaux outils pour l'évaluation des acquis: Rapport à monsieur le Ministre de l'Education Nationale. Ministère de l'Education Nationale; Inspection générale de l'Education Nationale.
- Inspection générale de l'Education Nationale et Inspection générale de l'administration de l'Education Nationale et de la recherche. (2010). Le manuel scolaire à l'heure du numérique - Une « nouvelle donne » de la politique des ressources pour l'enseignement (no 2010-87). Ministère de l'Éducation Nationale, Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.
- Jahn, I. (dir.). (1998). *Geschichte der Biologie: Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien* (3., neubearbeitete und Aufl.). Jena : G. Fischer.
- Jewell, N. (2002). Examining children's models of seed. *Journal of Biological Education*, 36(3), 116–122.
- Kahn, P. H. et Kellert, S. R. (dir.). (2002). *Children and nature: psychological, sociocultural, and evolutionary investigations*. Cambridge, Mass : MIT Press.
- Kalali, F. (2010). L'enquête ROSE en France (Relevance Of Science Education): Analyse statistique des populations scolaires de Paris et de Créteil. Repéré à <http://www.roseproject.no/network/countries/france/ROSE-Kalali.pdf>
- Karr, J. R. (2002). What from Ecology is Relevant to Design and Planning. Dans B. R. Johnson et K. Hill (dir.), *Ecology and design: frameworks for learning*. Washington D.C. : Island Press.
- Kattmann, U. (1997). *Der Mensch in der Natur: Die Doppelrolle des Menschen als Schlüssel für Tier-und Umweltethik*. Westdeutscher Verlag. Repéré à http://www.researchgate.net/profile/Ulrich_Kattmann/publication/271528400_Der_Mensch_in_der_Natur._Die_Doppelrolle_des_Menschen_als_Schlssel_zur_Tier-_und_Umweltethik/links/54cbbd040cf29ca810f411b0.pdf
- Kaufmann-Hayoz, R. et Di Giulio, A. (dir.). (1996). *Umweltproblem Mensch: humanwissenschaftliche Zugänge zu umweltverantwortlichem Handeln*. Bern : P. Haupt.
- Kelle, U. et Erzberger, C. (2007). Qualitative und quantitative Methoden : kein Gegensatz. Dans U. Flick, E. von von Kardorff et I. Steinke (dir.), *Qualitative Forschung: ein Handbuch* (5e éd.). Reinbek bei Hamburg : Rowohlt-Taschenbuch-Verlag.

- Killermann, W., Hiering, P. et Starosta, B. (dir.). (2005). *Biologieunterricht heute: eine moderne Fachdidaktik* (11., aktualisierte Auflage). Donauwörth : Auer Verlag.
- Kramer, C. (1998). Umweltbewußtsein in Europa: ähnliche Probleme, unterschiedliches Verhalten. *Informationsdienst Soziale Indikatoren*, (20), 10-14.
- Krieger, C. (2008). Leitfaden-Interviews. Dans *Qualitative Forschungsmethoden in der Sportpädagogik* (p. 45-64). Schorndorf : Hofmann.
- Krüger, D. (2007). Die conceptual Change-Theorie. Dans D. Krüger et H. Vogt (dir.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (p. 69-80). Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag.
- Krüger, D. et Burmester, A. (2005). Wie Schüler Pflanzen ordnen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, (11), 85–102.
- Krüger, H.-H. (2006). Forschungsmethoden in der Kindheitsforschung. *Diskurs Kindheits- und Jugendforschung*, 1(1), 91–115.
- Kultusministerkonferenz. (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10): Beschluss vom 16.12.2004*. Neuwied.
- Kultusministerkonferenz et Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. (2007). *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung*.
- La Ferme Ornée de Carrouges (dir.). (2014). *Histoire de l'art des jardins*.
- Land Baden-Württemberg. *Verfassung des Landes Baden-Württemberg*. , no GBl. S. 173 (1953).
- Land Baden-Württemberg. *Schulgesetz für Baden-Württemberg* (1983). Repéré à <http://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=jlink&query=SchulG+BW&psml=bsbawueprod.psml&max=true>
- Lange, H. (2011). Umweltbewusstsein und « Environmentalism » in der « Ersten » und « Dritten Welt ». Dans M. Gross (dir.), *Handbuch Umweltsoziologie* (1. Auflage, p. 613-627). Wiesbaden : VS Verlag.
- Lange, J.-M. et Martinand, J.-L. (2010). Éducation au développement durable et éducation scientifique: balises pour un curriculum. Dans A. Hasni et J. Lebeaume (dir.), *Enjeux contemporains de l'éducation scientifique et technologique* (p. 125-154).
- Leclerc, G.-L. (1812). *Morceaux choisis ou recueil de ce que ses écrits ont de plus parfait sous le rapport du style et de l'éloquence*. Paris : Ant. Aug. Renouard.
- Lehmann, A. (2001). Mythos Deutscher Wald - Waldbewusstsein und Waldwissen in Deutschland. *Der Bürger im Staat*, 51(1), 4-9.
- Leroy, M. (2012). *Les manuels scolaires: situation et perspectives* (no 2012-36). Ministère de l'Éducation Nationale, Jeunesse et Vie associative. Repéré à http://cache.media.education.gouv.fr/file/2012/07/3/Rapport-IGEN-2012-036-Les-manuels-scolaires-situation-et-perspectives_225073.pdf
- Lévêque, C. (2013). *L'écologie est-elle encore scientifique ?* Versailles : Éd. Quae.
- L'Hôte, Y. (1990). Historique du concept de cycle de l'eau et des premières mesures hydrologiques en Europe. *Hydrologie continentale*, 5(1), 13–27.
- 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.
- Lindemann-Matthies, P. et Stelzig, I. (2013). Umweltbildung. Dans U. Spörhase-Eichmann (dir.), *Biologie-Didaktik*. Berlin : Cornelsen.
- Magnin-Gonze, J. (2009). *Histoire de la botanique*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Manzon, M. (2010). Comparer des lieux. Dans M. Bray, B. Adamson et M. Mason (dir.), *Recherche comparative en éducation: approches et méthodes* (1. éd., p. 91-107). Bruxelles : De Boeck Université.

- Marouf, A. (2000). Dictionnaire de botanique: Les Phanérogames. Paris : Dunod.
- Martinand, J.-L. (1986). Connaître et transformer la matière. Bern : Peter Lang. Repéré à http://www.peterlang.com/download/datasheet/6672/datasheet_03623.pdf
- Mayr, E. (1989). Histoire de la biologie: diversité, évolution et hérédité. Paris : Fayard.
- Mayring, P. (2001). Kombination und Integration qualitativer und quantitativer Analyse. Repéré à <http://qualitative-research.amplifiednews.xyz/index.php/fqs/article/view/967>
- Mayring, P. (2010). Qualitative inhaltsanalyse. Dans Handbuch der qualitativen Forschung in der Psychologie. Springer. Repéré à http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-531-92052-8_42
- Mayring, P. (2012). Qualitative Inhaltsanalyse - ein Beispiel für Mixed Methods. Dans M. Gläser-Zikuda, T. Seidel, C. Rohlf, S. Gröschner et S. Ziegelbauer (dir.), Mixed Methods in der empirischen Bildungsforschung (p. 27–36). Münster : Waxmann.
- McNair, S. et Stein, M. (2001). Drawing on their understanding: using illustrations to invoke deeper thinking about plants. Dans Proceedings of the 2001 annual international conference of the association for the education of teachers in science (p. 1364–1375). ERIC. Repéré à <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED453083.pdf#page=1364>
- Meier, R. (dir.). (2004). Mobile - Mensch, Natur und Kultur. 1, Lehrmaterialien (Baden-Württemberg, Dr. A 1). Braunschweig : Westermann.
- Meske, M. (2011). « Natur ist für mich die Welt »: lebensweltlich geprägte Naturbilder von Kindern (1. Aufl). Wiesbaden : Verlag für Sozialwissenschaften.
- Meunier, B. et Cordier, F. (2004). La catégorie des plantes: Etude développementale de son organisation. *Enfance*, 56(2), 163–185.
- Meuris, G. (2006). L'Education Comparée, pour faire connaissance. *Recherches & éducations*. Repéré à <http://rechercheseducations.revues.org/45>
- Meyer, S., Reeb, C. et Bosdeveix, R. (2008). Botanique: biologie et physiologie végétales. Paris : Maloine.
- Mialaret, G. (2004). Méthodes de recherche en sciences de l'éducation. Paris : Presses Universitaires de France.
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (dir.). (2012). Rencontre avec les pollinisateurs. Repéré à http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Pollinisateurs_05-02-2013.pdf
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2008a). Horaires et programmes d'enseignement de l'école primaire (Bulletin officiel hors-série n°3). Repéré à <http://www.education.gouv.fr/bo/2008/hs3/default.htm>
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2008b). Le socle commun de connaissances et de compétences: Tout ce qu'il est indispensable de maîtriser à la fin de la scolarité obligatoire: Décret du 11 juillet 2006. Direction générale de l'enseignement scolaire. Repéré à <http://cache.media.education.gouv.fr/file/51/3/3513.pdf>
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2008c). Programmes de l'enseignement de sciences de la vie et de la Terre (Bulletin officiel spécial n°6). Repéré à http://media.education.gouv.fr/file/special_6/52/9/Programme_SVT_33529.pdf
- Ministère de l'Éducation Nationale. Accompagnement en sciences et technologie - Présentation du dispositif et modalités de mise en oeuvre. , no circulaire n°2010-083 (2010). Repéré à <http://www.education.gouv.fr/cid52100/mene1000474c.html>
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2010). Le livret personnel de compétences - Repères pour sa mise en oeuvre au collège. Repéré à http://media.eduscol.education.fr/file/socle_commun/97/5/ReperesLivretcompetences_145975.pdf
- Ministère de l'Éducation Nationale. Préparation de la rentrée 2011. , no circulaire n°2011-071 (2011). Repéré à <http://www.education.gouv.fr/cid55941/mene1111098c.html>

- Ministère de l'Éducation Nationale, de la jeunesse et de la vie associative. (2010). Document d'appui - Palier 3 - Compétence 3 : Les principaux éléments de mathématiques et la culture scientifique et technologique: aide au suivi de l'acquisition des connaissances et des capacités du socle commun. MENJVA / DGESCO.
- Ministère de l'Éducation Nationale, de la jeunesse et de la vie associative. (2011a). Livret personnel de compétences: Grilles de références du palier 2 pour l'évaluation et la validation des compétences du socle commun. DGESCO.
- Ministère de l'Éducation Nationale, de la jeunesse et de la vie associative. (2011b). Livret personnel de compétences: Grilles de références du palier 3 pour l'évaluation et la validation des compétences du socle commun. DGESCO.
- Ministère de l'Éducation Nationale, de la jeunesse et de la vie associative. (2012a). Progressions pour le cours élémentaire deuxième année et le cours moyen: Sciences expérimentales et technologie: Ressources pour l'école élémentaire. MNJVADGESCO. Repéré à http://media.eduscol.education.fr/file/Progressions_pedagogiques/77/1/Progression-pedagogique_Cycle3_Sciences_experimentalles_et_technologie_203771.pdf
- Ministère de l'Éducation Nationale, de la jeunesse et de la vie associative. (2012b). Progressions pour le cours préparatoire et le cours élémentaire première année: Découverte du monde: Ressources pour l'école élémentaire. MNJVA/DGESCO. Repéré à http://media.eduscol.education.fr/file/Progressions_pedagogiques/78/2/Progression-pedagogique_Cycle2_Decouverte_du_monde_203782.pdf
- Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. (2015). Programmes d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), du cycle de consolidation (cycle 3) et du cycle des approfondissements (cycle 4) (Bulletin officiel n°11). Repéré à http://cache.media.education.gouv.fr/file/MEN_SPE_11/67/3/2015_programmes_cycles234_4_12_ok_508673.pdf
- Ministère de l'Éducation Nationale et Direction de l'évaluation de la prospective et de la performance. (2014). Repères et références statistiques sur les enseignements, la formation et la recherche: [RERS 2014]. Paris : Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Repéré à http://cache.media.education.gouv.fr/file/2014/04/7/DEPP_RERS_2014_344047.pdf
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2004). Bildungsplan 2004 - Grundschule. Stuttgart : auteur.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2004). Bildungsplan 2004 - Gymnasium. Stuttgart : auteur.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2004). Bildungsplan 2004 - Realschule. Stuttgart : auteur.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2012). Bildungsplan 2012 - Werkrealschule. Stuttgart : auteur.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2016a). Bildungsplan 2016 - Grundschule. Stuttgart : auteur.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2016b). Bildungsplan 2016 - Sekundarstufe I. Stuttgart : auteur.
- Morton, A. G. (1981). History of botanical science: an account of the development of botany from ancient times to the present day. London; New York : Academic Press.
- Musset, M. (2009). Sciences en classe, sciences en société. Dossier d'actualité de la VST, (45). Repéré à <http://www.istic-ibse.org/sites/default/files/upload/media/ressources/pedago/11461/VST45-mai-2009.pdf>

- Nicolle, J.-M. (2006). Histoire des méthodes scientifiques: du théorème de Thalès au clonage. Rosny : Bréal.
- Nultsch, W. (2001). Allgemeine Botanik (11. völlig neubearb. und Aufl). Stuttgart : Thieme.
- Nyberg, E. et Andersson, B. (2004). Elementary school students' understanding of life cycles. Dans M. Ergazaki, J. Lewis et V. Zogza (dir.), Trends in biology education research in the new biology era. Proceedings of the Vth Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB). Patras Greece : Patras University Press.
- Obst und Gemüse. (2004). Grundschule Sachunterricht, (24).
- OCDE. (1999). Mesurer les connaissances et les compétences des élèves - un nouveau cadre d'évaluation. Paris : auteur. Repéré à <https://www.oecd.org/edu/school/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/33694005.pdf>
- OCDE. (2006). Compétences en sciences, lecture et mathématiques: Le cadre d'évaluation de PISA 2006. Washington : auteur. Repéré à <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/38378898.pdf>
- OCDE. (2012). Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050: Les conséquences de l'inaction: Synthèses. Paris : auteur. Repéré à <https://www.oecd.org/fr/env/indicateurs-modelisation-perspectives/49884240.pdf>
- Oldemeyer, E. (1983). Entwurf einer Typologie des menschlichen Verhältnisses zur Natur. Dans G. Grossklaus et E. Oldemeyer (dir.), Natur als Gegenwelt: Beiträge zur Kulturgeschichte der Natur (p. 15-42). Karlsruhe : Von Loeper.
- Olson, S. et Loucks-Horsley, S. (dir.). (2000). Inquiry and the National Science Education Standards: a guide for teaching and learning. Washington D.C. : National Academies Press.
- Orange, C. (2012). Enseigner les sciences: problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe. Bruxelles : De Boeck.
- Orange, C. et 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.
- Parlement Européen et Conseil de l'Union Européenne. Recommandation du Parlement Européen et du Conseil du 18 décembre 2006 sur les compétences clés pour l'éducation et la formation tout au long de la vie. , no 2006/962/CE (2006). Repéré à <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=URISERV%3Ac11090>
- Paun, E. (2006). Transposition didactique : un processus de construction du savoir scolaire. Carrefours de l'éducation, n° 22(2), 3-13.
- Pellaud, F., Eastes, R.-E. et Giordan, A. (2005). Un modèle pour comprendre l'apprendre: le modèle allostérique. Gymnasium Helveticum, 1(5), 18–24.
- Perez, S., Groux, D. et Ferrer, F. (2002). *Education comparée et éducation interculturelle: éléments de comparaison*. De Boeck Supérieur. Repéré à <http://www.cairn.info/pourquoi-des-approches-interculturelles-en-science--9782804140205-page-49.htm>
- Petit, S. (1997). Christianisme et nature: une histoire ambiguë. Courrier de l'environnement de l'INRA, (31). Repéré à <http://www7.inra.fr/lecourrier/assets/C31Petit.pdf>
- Pichot, A. (2011). Expliquer la vie: de l'âme à la molécule. Versailles : Éditions Quæ.
- Planche, É. (2011). Le rapport de l'Homme à son environnement et la notion de sujet. Dans L'idée de nature dans la médiatisation et l'éducation scientifique. Actes des 31e Journées Internationales de l'Education Scientifique (p. 14). Paris : TRACES. Repéré à <http://artheque.ens-cachan.fr/items/show/407>
- Porcher, L. (1997). Introduction. Revue française de pédagogie, 121(1), 5-7. doi:10.3406/rfp.1997.1149

- Pourtois, J.-P. (1988). *Epistémologie et instrumentation en sciences humaines*. Liège : P. Mardaga.
- Prenzel, M. et Deutsches PISA-Konsortium (dir.). (2008). *PISA 2006 in Deutschland: die Kompetenzen der Jugendlichen im dritten Ländervergleich*. Münster : Waxmann.
- Ralle, B. (dir.). (2005). *Arbeiten mit den Bildungsstandards im Fach Biologie fachspezifisch und fachübergreifend, dimensioniert und niveauevoll: Empfehlungen für die Umsetzung der KMK-Standards - Biologie S I*.
- Raulin, D. (2009). Valeurs et contenus d'enseignement. Le cas français. Dans *Colloque international*. Sèvres : Centre international d'études pédagogiques.
- Rey, O. (2010). Contenus et programmes scolaires: comment lire les réformes curriculaires? Dossier d'actualité de la VST, 53. Repéré à http://www.education.gouv.fr/archives/2012/refondonslecole/wp-content/uploads/2012/07/dossier_d_actualite_inrp_n_53_contenus_et_programmes_scolaires_comment_lire_les_reformes_curriculaires_avril_2010.pdf
- Riemeier, T. (2005). Schülervorstellungen von Zellen, Teilung und Wachstum. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11(1), 52–72.
- Riemeier, T. (2007). Moderater Konstruktivismus. Dans D. Krüger et H. Vogt (dir.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (p. 69-80). Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag.
- Rode, H. (2005). *Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (« 21 »): Abschlussbericht des Programmträgers zum BLK-Programm (Stand: Herbst 2004)*. Bonn : Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung.
- Rudolf, F. (1998). *L'environnement, une construction sociale: pratiques et discours sur l'environnement en Allemagne et en France*. Presses universitaires de Strasbourg.
- Rumelhard, G. (1997). Travailler les obstacles pour assimiler les connaissances scientifiques. *ASTER*, (24), 13-35.
- Saltiel, E. (2007). Guide méthodologique: La démarche d'investigation: Comment faire en classe? Repéré à http://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/minisites/astep/PDF/guideenseignant_fr.pdf
- Sanchez, É. (2008). Quelles relations entre modélisation et investigation scientifique dans l'enseignement des sciences de la terre? *Éducation et didactique*, 2(2), 93–118.
- Savaton, P. (2005). Place des manuels scolaires dans les travaux de recherche français en didactique des SVT. Dans E. Bruillard (dir.), *Manuels scolaires, regards croisés*. Caen : Canopé - CRDP de la Basse-Normandie.
- Scherf, G. (1997). *Wörterbuch Biologie (Orig.-Ausg)*. München : Dt. Taschenbuch-Verlag.
- Schneekloth, L. H. (1989). « Where did you go? » « The forest. » « What did you see? » « Nothing. » *Children's Environments Quarterly*, 6(1), 14–17.
- Siebenhüner, B. (1995). *Ökonomisches und ökologisches Denken: Darstellung und Verbindung ihrer Strukturelemente*. Berlin : IÖW. Repéré à https://www.ioew.de/uploads/tx_ukioewdb/IOEW_SR_084_Oekonom_Oekolog_Denk_en.pdf
- Tiberghien, A. (2002). Des connaissances naïves aux savoirs scientifiques. Repéré à <https://halshs.archives-ouvertes.fr/edutice-00000285/document>
- UNESCO. (2005). *Décennie des Nations Unies pour l'éducation en vue du développement durable (2005-2014): plan international de mise en oeuvre*. Repéré à <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001486/148654f.pdf>
- UNESCO. (2012). *L'éducation pour le développement durable: Ouvrage de référence*. Paris.
- Van Damme, S. (dir.). (2015). *Histoire des sciences et des savoirs (vol. 1. De la Renaissance aux Lumières)*. Paris : Editions du Seuil.

BIBLIOGRAPHIE

- Vogt, G. (2001). Geschichte des oekologischen Landbaus im deutschsprachigen Raum. *Ökologie & Landbau*, 118(2/2001), 47–49.
- von Goethe, J. W. (1829). *Goethe's Gedichte* (vol. 1). Stuttgart und Tübingen : J.G. Cotta'scher Verlag.
- Vosniadou, S. W. F. et Brewer, W. F. (1994). Mental Models of the Day/Night cycle. *Cognitive Science*, (18), 123–183.
- Wandersee, J. H. (1986). Plants or animals - which do Junior high school students prefer to study? *Journal of Research in Science Teaching*, 23(5), 415-426.
- Wandersee, J. H. et Schussler, E. E. (1999). Preventing plant blindness. *The American Biology Teacher*, 61(2), 82–86.
- Wiater, W. (2003). Das Schulbuch als Gegenstand pädagogischer Forschung. Dans *Schulbuchforschung in Europa: Bestandsaufnahme und Zukunftsperspektive* (p. 11-21). Bad Heilbrunn/Obb : Klinkhardt.
- Wit, H. C. D. de. (1992). *Histoire du développement de la biologie* (vol. 1). Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Wit, H. C. D. de. (1993). *Histoire du développement de la biologie* (vol. 2). Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Witzel, A. (2000). The problem-centered interview. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, 1(1), Art. 22.

Liste des manuels analysés

N°	Éditeur	Auteurs	Collection	Nom	Niveau	Date	Type	Pages
M1	Belin	Gratian M. et al.		J'apprends les Sciences par l'expérience	cycle 3	2010	manuel	112
M2	Bordas	Tavernier R. et al.	R. Tavernier	La découverte du monde	CP-CE1	2009	manuel	144
M3	Bordas	Tavernier R. et al.	R. Tavernier	Sciences expérimentales et technologie	CE2	2009	manuel	96
M4	Bordas	Tavernier R. et al.	R. Tavernier	Sciences expérimentales et technologie	CM1- CM2	2010	manuel	160
M5	Hachette éducation	Blandino G. et al.	Les ateliers Hachette	Découverte du monde	CP-CE1	2011	manuel	160
M6	Hachette éducation	Guichard J. et al.	Les ateliers Hachette	Sciences expérimentales et technologie	CE2	2009	manuel	80
M7	Hachette éducation	Guichard J. et al.	Les ateliers Hachette	Sciences expérimentales et technologie	CM	2010	manuel	160
M8	Hatier	Courdent A. et al.	Les cahiers de la Luciole	Sciences expérimentales et technologie	CP	2010	cahier d'activité	65
M9	Hatier	Courdent A. et al.	Les cahiers de la Luciole	Sciences expérimentales et technologie	CE1	2010	cahier d'activité	65
M10	Hatier	Courdent A. et al.	Les cahiers de la Luciole	Sciences expérimentales et technologie	CE2	2012	cahier d'activité	80
M11	Hatier	Courdent A. et al.	Les cahiers de la Luciole	Sciences expérimentales et technologie	CM1	2012	cahier d'activité	80
M12	Hatier	Courdent A. et al.	Les cahiers de la Luciole	Sciences expérimentales et technologie	CM2	2012	cahier d'activité	80
M13	Magnard	Koné M. et al.	Odysséo	Découvrir le monde	CP-CE1	2011	manuel	160

N°	Éditeur	Auteurs	Collection	Nom	Niveau	Date	Type	Pages
M14	Magnard	Rolando J.-M. et al.	Odysséo	Sciences; 64 enquêtes pour comprendre le monde	cycle 3	2010	manuel	224
M15	Nathan	Giordan A. et al.	A. Giordan	Découverte du monde - le monde en question	Cycle 2	2012	manuel	159
M16	Nathan	Giordan A. et al.	A. Giordan	Toutes les Sciences	cycle 3	2008	manuel	240
M17	Belin	Duco A. et al.	A. Duco	SVT	6 ^e	2009	manuel	216
M18	Bordas	Lizeaux C. et al.	C. Lizeaux - D. Baude	SVT	6 ^e	2009	manuel	192
M19	Hachette éducation	Hervé M.-C. et al.		Sciences de la Vie et de la Terre	6 ^e	2005	manuel	208
M20	Hatier	Dupuis M. et al.		Sciences de la Vie et de la Terre	6 ^e	2005	manuel	222
M21	Magnard	Salviat S. et al	S. Salviat	SVT	6 ^e	2013	manuel	224
M22	Nathan	Salviat B. et al.		SVT	6 ^e	2009	manuel	176
M23	Belin	Duco A. et al.	A. Duco	SVT	4 ^e	2007	manuel	224
M24	Bordas	Lizeaux C. et al.	C. Lizeaux - R. Tavernier	SVT	4 ^e	2007	manuel	224
M25	Hachette éducation	Hervé M.-C. et al.		Sciences de la Vie et de la Terre	4 ^e	2007	manuel	240
M26	Hatier	Dupuis M. et al.		Sciences de la Vie et de la Terre	4 ^e	2007	manuel	264
M27	Magnard	Périlleux E. et al.	E. Périlleux	SVT	4 ^e	2007	manuel	240
M28	Nathan	Rojat D. et al.		SVT	4 ^e	2007	manuel	255
M29	Cornelsen	v. Boxberg W. et al.	Jo-Jo	Mensch Natur Kultur	1.	2004	manuel	80
M30	Cornelsen	Bayer G. et al.	Jo-Jo	Mensch Natur Kultur	2.	2004	manuel	104
M31	Cornelsen	Böttcher M. et al.	Jo-Jo	Mensch Natur Kultur	3.	2005	manuel	143
M32	Cornelsen	Böttcher M. et al.	Jo-Jo	Mensch Natur Kultur	4.	2005	manuel	152
M33	Klett	Bartnitzky H. et al.	Kunterbunt	Mensch Natur Kultur	1.	2005	Cahier d'activité	96

N°	Éditeur	Auteurs	Collection	Nom	Niveau	Date	Type	Pages
M34	Klett	Bartnitzky H. et al.	Kunterbunt	Mensch Natur Kultur	2.	2004	manuel	112
M35	Klett	Bartnitzky H. et al.	Kunterbunt	Mensch Natur Kultur	3.	2005	manuel	136
M36	Klett	Bartnitzky H. et al.	Kunterbunt	Mensch Natur Kultur	4.	2006	manuel	152
M37	Schroedel	Djuga G. et al.	Pustebume	Mensch Natur Kultur	1.	2004	manuel	134
M38	Schroedel	djuga G. et al.	Pustebume	Mensch Natur Kultur	2.	2004	manuel	176
M39	Schroedel	djuga G. et al.	Pustebume	Mensch Natur Kultur	3.	2005	manuel	186
M40	Schroedel	djuga G. et al.	Pustebume	Mensch Natur Kultur	4.	2005	manuel	206
M41	Westermann	Meier R. et al.	Mobile	Mensch Natur Kultur	1.	2004	manuel	176
M42	Westermann	Meier R. et al.	Mobile	Mensch Natur Kultur	2.	2004	manuel	176
M43	Westermann	Meier R. et al.	Mobile	Mensch Natur Kultur	3.	2005	manuel	190
M44	Westermann	Meier R. et al.	Mobile	Mensch Natur Kultur	4.	2005	manuel	194
M45	Cornelsen	Gaßler H. et al.	Materie Natur Technik 1		5.-6.	2004	manuel	168
M46	Klett	Beck H. et al.	Einblicke 1	Materie Natur Technik	5.-6.	2004	manuel	288
M47	Schroedel	Cieplik D. et al.	Erlebnis 1	Natur & Co.	5.-6.	2004	manuel	256
M48	Westermann	Hausfeld R. et al.	Natur bewusst 1		5.-6.	2004	manuel	308
M49	Cornelsen	Bresler S. et al.	Naturwissenschaftliches Arbeiten 1		5.-6.	2004	manuel	203
M50	Klett	Philipp E. et al.	NAWlgator 1	Naturwissenschaftliches Arbeiten	5.-6.	2004	manuel	184
M51	Klett	Bäuerle W. et al.	Prisma 1	NWA	5.-6.	2004	manuel	192
M52	Schroedel	Cieplik D. et al.	Erlebnis 1	Naturwissenschaft	5.-6.	2004	manuel	321
M53	Cornelsen	Grimm S. et al.	Biosphäre 1	Biologie	5.-6.	2010	manuel	288
M54	Klett	Dreher C. et al.	Natura 1	Biologie	5.-6.	2004	manuel	290
M55	Schroedel	Jungbauer W. et al.	Netzwerk 1	Biologie	5.-6.	2004	manuel	246

TABLE DES MATIERES

Remerciements	III
Sommaire	V
INTRODUCTION GENERALE	9
Genèse du sujet et processus de recherche	11
Intérêt du cycle de vie végétal.....	12
Déroulement de la thèse.....	19
Methodologie générale	20
Organisation et plan de la thèse	21
PARTIE 1 : PREMIERE APPROCHE DES CONCEPTIONS DES ELEVES	25
Chapitre 1 : Approche théorique des conceptions	27
1.1 Les conceptions des apprenants.....	27
1.1.1 Approche constructiviste de l'apprentissage	27
1.1.2 La théorie du changement conceptuel	29
1.1.3 Les conceptions en didactique des sciences	31
1.1.4 Le concept d'obstacle	34
1.2 Les conceptions relatives aux végétaux :.....	36
1.2.1 Conceptions du cycle de vie	36
1.2.2 Conceptions des concepts et processus-clés du cycle de vie végétal.....	40
1.2.3 La catégorisation et la typicalité des plantes	44
1.3 Considérations pour l'enquête exploratoire	45
Chapitre 2 : Modèles mentaux du cycle de vie végétal	49
2.1 Methodologie	49
2.1.1 Déroulement de l'enquête et recueil des données	49
2.1.2 Le questionnaire	50
2.1.3 L'entretien thématique structuré.....	51
2.1.4 Déroulement et structuration de l'entretien	54
2.1.5 Préparation des données des entretiens.....	58
2.1.6 L'analyse des entretiens	59
2.2 Résultats et discussion des entretiens de l'enquête exploratoire.....	61
2.2.1 Modèles mentaux	61
2.2.2 Notions de cycle de vie et de développement	71
2.2.3 Réponses aux situations à expliquer	71
2.3 Résumé et conclusion de l'enquête exploratoire	73
PARTIE 2 : ANALYSES CONTEXTUELLES	79
Introduction de la deuxième partie	81
Chapitre 3 : La transposition didactique et l'éducation comparée	83

3.1 La transposition didactique.....	83
3.2 L'éducation comparée.....	91
Introduction aux références en sciences naturelles et dans le champ socio-culturel.....	97
Chapitre 4 : Analyse historico-épistémologique du cycle de vie des plantes à fleurs	99
4.1 L'ancienne Egypte et la Mésopotamie.....	99
4.2 Les philosophes grecs de l'époque antique – premiers éléments de l'étude des plantes.....	100
4.3 L'époque romaine	103
4.4 Le Moyen-Âge – caractère utilitaire des plantes.....	103
4.5 La Renaissance – formation des fruits et des graines comme caractéristique de l'espèce	104
4.6 Découverte de la sexualité des plantes.....	105
4.7 Les mécanismes de la pollinisation et la morphologie des fleurs.....	107
4.8 La biologie moderne – découverte de la fécondation	109
4.9 Le cycle de vie des plantes à fleurs vu par les botanistes actuels	111
4.10 Discussion et conclusion de l'analyse historico-épistémologique.....	116
Chapitre 5 : Contexte socio-culturel	121
5.1 Approche sociétale de l'évolution des découvertes scientifiques.....	122
5.1.1 La religion et la découverte de la sexualité des plantes	122
5.1.2 Rapport entre les humains et la nature	124
5.1.3 Rapports particuliers à la nature en Allemagne.....	129
5.2 L'écologie – lien entre la science et la société.....	132
5.2.1 Le développement des mouvements écologistes en Allemagne	134
5.2.2 Développement des mouvements écologistes en France	136
5.2.3 Différences dans les approches.....	138
5.3 Particularités des notions relatives au cycle de vie végétal en langue française et allemande.....	140
5.4 Discussion et conclusion de l'analyse socio-culturelle.....	143
Chapitre 6 : Comparaison des systèmes scolaires en France et au <i>Baden-Württemberg</i>	147
6.1 Organisation des établissements scolaires	147
6.1.1 L'école primaire, le <i>Kindergarten</i> et la <i>Grundschule</i>	149
6.1.2 Le collège et la <i>Sekundarstufe I</i>	151
6.1.3 Précision des termes de compétence et <i>Kompetenz</i>	154
6.1.4 Organisation des programmes scolaires.....	155
6.2 L'enseignement scientifique	158
6.2.1 Constats et revendications européennes.....	159
6.2.2 <i>L'inquiry based science education</i> ou la démarche d'investigation.....	161
6.2.3 L'enseignement scientifique en France.....	162
6.2.4 L'enseignement des sciences au <i>Baden-Württemberg</i>	165
6.2.5 Discussion sur l'enseignement des sciences naturelles.....	168

6.3 L'éducation à l'environnement et au développement durable	170
6.3.1 Vers l'éducation au développement durable en France	171
6.3.2 Vers une <i>Bildung für nachhaltige Entwicklung</i> au <i>Baden-Württemberg</i>	174
6.3.3 Discussion relative à l'éducation au développement durable	180
6.4 Résumé du chapitre 6	181
Introduction aux “<i>curricula</i> à enseigner” : analyses des programmes et manuels scolaires	183
Chapitre 7 : Analyse des programmes scolaires	185
7.1 Méthodologie de l'analyse des programmes scolaires	185
7.1.1 Méthode d'analyse des images de la nature, de l'environnement et des végétaux	189
7.1.2 Précisions méthodologiques pour l'analyse des contenus d'enseignement .	190
7.2 Images de la nature, des végétaux et de la place de l'être humain dans les programmes scolaires.....	190
7.3 Le cycle de vie végétal dans l'enseignement scientifique	195
7.3.1 Les contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie végétal dans les programmes scolaires français.....	195
7.3.2 Les contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie végétal dans les textes officiels allemands	201
7.3.3 Juxtaposition des contenus d'enseignement : convergences et divergences....	209
7.4 Résumé et conclusion de la comparaison des programmes scolaires.....	216
Chapitre 8 : Le développement et la reproduction sexuée dans les manuels scolaires	219
8.1 Les manuels scolaires en France et au <i>Baden-Württemberg</i>	220
8.1.1 Définitions.....	220
8.1.2 Les manuels dans les programmes scolaires	221
8.1.3 Les cadres juridiques.....	221
8.1.4 Financement du manuel scolaire	223
8.1.5 L'édition scolaire.....	224
8.1.6 Fonctions du manuel scolaire	224
8.1.7 L'utilisation des manuels scolaires.....	225
8.2 Aspects théoriques pour l'analyse des manuels scolaires	226
8.3 Méthodologie	228
8.3.1 Choix des manuels scolaires	229
8.3.2 Grilles d'analyse	231
8.3.3 Exploitation des données.....	234
8.4 Organisation générale des manuels scolaires en France et au <i>Baden-Württemberg</i> ...	235
8.5 Ordre thématique des processus relatifs au cycle de vie végétal	238
8.5.1 Les manuels du primaire et de la <i>Grundschule</i>	238
8.5.2 Les manuels du secondaire inférieur	240
8.6 Représentation des processus et des concepts-clés relatifs au cycle de vie végétal....	243

8.6.1	Les manuels du primaire et de la <i>Grundschule</i>	243
8.6.2	Les manuels du secondaire	247
8.6.3	Discussion et conclusion	250
8.6.4	Le cycle de vie dans les manuels scolaires	251
8.6.5	Les manuels français du primaire	252
8.6.6	Les manuels français du secondaire.....	256
8.6.7	Les manuels du <i>Baden-Württemberg</i>	257
8.6.8	Discussion et conclusion	260
8.7	Résultats de l'analyse sémantique	260
8.7.1	Les manuels français.....	260
8.7.2	Les manuels du <i>Baden-Württemberg</i>	264
8.7.3	Discussion et conclusion	270
8.8	Conclusion de l'analyse des manuels	270
Discussion et conclusion des "curricula à enseigner"		273
PARTIE 3 ENQUETE PRINCIPALE.....		277
Introduction de l'enquête principale		279
Chapitre 9 : Cadre méthodologique de l'enquête principale		283
9.1	Choix de la cohorte	283
9.2	Validation des questionnaires	286
9.2.1	Démarches administratives.....	287
9.2.2	Déroulement de l'enquête.....	287
Chapitre 10 : Pratiques et conceptions des enseignants.....		289
10.1	Méthodologie	289
10.1.1	Recueil des données	289
10.1.2	Préparation des données.....	290
10.1.3	Analyse des données	290
10.2	Résultats et discussion	290
10.3	Conclusion.....	297
Chapitre 11 : Les conceptions des élèves.....		299
11.1	Méthodologie	302
11.1.1	Les questionnaires à destination des élèves.....	302
11.1.2	Préparation et analyse des données.....	306
11.2	Résultats	313
11.2.1	Ordre de placement des images.....	313
11.2.2	Les types de raisonnement.....	325
11.2.3	L'intervention humaine.....	335
11.2.4	Utilisation d'un vocabulaire spécifique	338
11.2.5	Conceptions sur la formation des graines et des fruits.....	344
11.2.6	Récapitulation des résultats.....	350
11.3	Discussion et conclusion	352

Chapitre 12 :Les modèles mentaux élaborés à partir des conceptions des élèves.....	359
12.1 Méthodologie	359
12.2 Résultats	364
12.2.1 Les points de rupture et les conceptions liées.....	365
12.2.2 Fréquence des modèles mentaux.....	371
12.2.3 Fréquence des points de rupture	374
12.2.4 Correspondance entre les points de rupture du premier et du deuxième questionnaire.....	375
12.3 Discussion et conclusion	377
CONCLUSION GENERALE	383
Méthodologie de l'étude.....	385
Mise en lien des différents niveaux de la transposition didactique.....	386
Modélisation du cycle de vie	389
Perspectives de recherche.....	391
Intérêts scientifiques de la thèse	392
Quelques mots personnels pour finir.....	393
Deutsche Zusammenfassung der einzelnen Kapitel	395
Bibliographie.....	419
Table des matières	435
Liste des sigles.....	441
Liste des figures	443
Liste des tableaux	447
Annexes papier.....	451

LISTE DES SIGLES

BW : *Baden-Württemberg*

Système scolaire du *Baden-Württemberg* :

KMK : *Kultusministerkonferenz*

GS : *Grundschule*

WRS : *Werkrealschule*

HS : *Hauptschule*

RS : *Realschule*

GYM : *Gymnasium*

Système scolaire de France :

PS, Petite section

MS : Moyenne section

GS : Grande section

CP : Cours préparatoire

CE1 : Cours élémentaire 1

CE2 : Cours élémentaire 2

CM1 : Cours moyen 1

CM2 : Cours moyen 2

C1 : Cycle 1

C2 : Cycle 2

C3 : Cycle 3

DEGSCO : Direction générale de l'enseignement scolaire

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Conséquences de l'utilisation de semences génétiquement modifiées ou de plantes hybrides dans les trois volets du développement durable et sur le cycle de vie végétal	14
Figure 2 : Conséquences de l'utilisation excessive de pesticides et d'herbicides sur le cycle de vie végétal et dans les trois volets du développement durable.....	16
Figure 3 : Combinaison des méthodologies tout au long du processus de la présente thèse	21
Figure 4 : Les composantes de la théorie du changement conceptuel (inspiré par Pellaud <i>et al.</i> , 2005; D. Krüger, 2007).....	30
Figure 5 : « Placement des pots de graines dans l'ordre en fonction de la tranche d'âge, regroupé par catégories "une-plusieurs" → le placement commence avec le pot contenant une graine suivi de celui avec plusieurs ; "plusieurs-une" → le placement commence avec le pot contenant plusieurs graines suivi par celui en contenant une ; "cycle" → le placement commence avec une et termine avec plusieurs graines » ; traduction personnelle du titre original (Benkowitz et Lehnert, 2010, p. 36).....	40
Figure 6 : Situation d'entretien lors de l'enquête exploratoire en 2010 dans une école élémentaire d'Alsace. L'élève en face est en train de placer les images. Les plantes situées à gauche de l'élève ont servi au début de l'entretien	53
Figure 7 : Les différents stades de développement de la plante de moutarde : de la graine aux graines (photo extrait de Benkowitz et Lehnert, 2009, p. 3)	55
Figure 8 : Les différents stades de développement de la plante de poivron.....	56
Figure 9: Illustration de la situation-problème "le vieux chêne" (dessin personnel)	57
Figure 10: Illustrations de la situation problème "la ruche" (dessin personnel).....	58
Figure 11 : Exemple de " <i>One-Case-Model</i> " réalisé à l'aide du logiciel MAXQDA.....	60
Figure 12: Modèle B - cycle de vie au sens botanique actuel	62
Figure 13: Modèle IH1 - intervention humaine, les graines provenant du fruit.....	63
Figure 14 : Modèle IH2 - intervention humaine, les graines provenant d'une autre partie de la plante.....	64
Figure 15 : Modèle G1 – développement au sens de l'individu de la graine au fruit ou à la mort de la plante, origine de la graine non connue.....	64
Figure 16 : Modèle G2 – une graine se divise ou se multiplie	65
Figure 17 : Modèle G3 - cycle floral, graines issues de la fleur	66
Figure 18 : Modèle G4 - graines issues d'une autre partie de la plante.....	66
Figure 19 : Modèle FF1 - ordre chronologique, pas de lien entre la fleur et le fruit.....	67
Figure 20 : Modèle FF2 - fleur et fruit sont en même temps sur la plante	68
Figure 21 : Modèle FF3 - fruit puis fleur.....	68
Figure 22 : Ensemble des modèles mentaux regroupés en fonction de leur point de rupture autour du modèle botanique actuel (au centre).....	74
Figure 23 : La transposition didactique (d'après Develay, 1995, p. 27).....	85
Figure 24 : La transposition didactique associée aux conceptions des différents acteurs établie par Pierre Clément (2014)	87
Figure 25 : Schéma de la transposition didactique adapté au présent sujet de recherche	89
Figure 26 : Cube de Bray et Thomas décrivant les dimensions de l'éducation comparée (d'après Bray, Adamson et Mason, 2010, p. 21).....	93
Figure 27 : Objets, unités et dimensions considérés pour l'étude comparée des conceptions des apprenants en Alsace et au <i>Baden-Württemberg</i>	94
Figure 28 : Représentation simple de l'Ouroboros.....	100

Figure 29 : Cycle de vie du coquelicot (<i>Papaver rhoeas</i> ; dessin personnel)	112
Figure 30 : Représentation héliocoïdale du cycle de vie végétal (dessin personnel).....	112
Figure 31: Fleur hermaphrodite à ovaire supère (dessin personnel).....	113
Figure 32 : La rencontre entre écologie scientifique et politique (Barbault, 2008, p. 8)	133
Figure 33 : La structuration des systèmes scolaires en France (à gauche) et au <i>Baden-Württemberg</i> (à droite).....	148
Figure 34 : Approche holistique ou atomistique des êtres vivants présentés dans les cadres nationaux et programmes scolaires de France et du <i>Baden-Württemberg</i>	211
Figure 35 : Cycle de vie fermé.....	251
Figure 36 : Cycle de vie ouvert.....	251
Figure 37 : Cycle de vie sous forme de spirale	252
Figure 38 : Pourcentage d'élèves participants à l'enquête principale par tranche d'âge.....	284
Figure 39 : Cartes visualisant les établissements participants à l'enquête principale. Un point peut représenter un ou plusieurs établissements. Carte réalisée à l'aide de Google Maps (Map data ©2016 GeoBasis-De/BKG (©2009), Google)	286
Figure 40 : Fréquence d'utilisation des manuels scolaires par les enseignants interrogés en Alsace et au <i>Baden-Württemberg</i>	292
Figure 41 : Pourcentage d'enseignants d'Alsace et du <i>Baden-Württemberg</i> ayant défini le cycle de vie / de développement de manière cyclique ou linéaire	293
Figure 42 : Contenus enseignés en lien avec la reproduction sexuée des plantes à fleurs par les enseignants des deux régions.....	294
Figure 43 : Nombre d'enseignants a) d'Alsace (n=7) et b) du <i>Baden-Württemberg</i> (n=12) abordant les différents contenus liés à la reproduction sexuée des plantes à fleurs. Plusieurs réponses ont pu être cochées	295
Figure 44 : Nombre d'outils utilisés pour enseigner la reproduction sexuée des plantes à fleurs par les enseignants des deux régions.....	296
Figure 45 : Nombre d'enseignants utilisant les différents outils pour l'enseignement de la reproduction sexuée des plantes à fleurs. Plusieurs réponses ont pu être cochées....	296
Figure 46 : Pourcentage des élèves plaçant les images sous forme cyclique ou linéaire en fonction de la région	315
Figure 47 : Pourcentage des élèves (n=87) plaçant les images dans l'ordre idéal en fonction de la région.....	316
Figure 48 : Pourcentage des élèves d'Alsace et du <i>Baden-Württemberg</i> plaçant une graine puis plusieurs graines	317
Figure 49 : Pourcentage des explications données par les élèves d'Alsace et du <i>Baden-Württemberg</i> pour le placement des images 1-6.....	318
Figure 50 : Pourcentage des élèves plaçant plusieurs graines puis une graine en fonction de la région.....	319
Figure 51 : Répartition des explications données par les élèves concernant le placement "plusieurs graines puis une graine" par région	320
Figure 52 : Pourcentage des élèves qui placent d'abord l'image du fruit puis de la fleur en fonction du type de plante et de la région	321
Figure 53 : Pourcentage des élèves donnant une explication du placement fruit puis fleur en fonction du type de plante.....	322
Figure 54 : Pourcentage des élèves qui placent soit les graines, la fleur ou le fruit en dernière image en fonction de la région	324
Figure 55 : Pourcentage des élèves qui placent soit les graines, la fleur ou le fruit en dernière image en fonction de la plante	324

Figure 56 : Pourcentage des élèves décrivant le développement de leur plante, sous forme cyclique avec l'idée d'un recommencement ou de manière linéaire avec un début et une fin, en fonction de la région.....	326
Figure 57 : Taux des élèves de chaque classe verbalisant un raisonnement cyclique en fonction de l'enseignant. Un point peut symboliser une ou plusieurs classes. La ligne horizontale symbolise la moyenne de l'ensemble des classes.....	327
Figure 58 : Pourcentage des élèves décrivant le cycle de vie en fonction du type de plante et de la région.....	331
Figure 59 : Taux des élèves de chaque classe verbalisant le cycle de vie en fonction de l'enseignant. Un point peut symboliser une ou plusieurs classes. La ligne horizontale symbolise la moyenne de l'ensemble des classes.....	332
Figure 60 : Pourcentage des élèves décrivant le cycle floral en fonction du type de plante et de la région.....	332
Figure 61 : Pourcentage des élèves d'Alsace et du <i>Baden-Württemberg</i> verbalisant un cycle en accord avec les conceptions botaniques actuelles en fonction du type de plante...	335
Figure 62 : Pourcentage des élèves qui estiment que la récolte puis l'ensemencement par l'humain sont nécessaires pour la croissance d'une nouvelle plante, en fonction du type de plante.....	336
Figure 63 : Pourcentage des élèves décrivant l'intervention humaine utilitaire en fonction du type de plante et de la région.....	337
Figure 64 : Pourcentage des notions utilisées par les élèves de chaque classe pour décrire le développement d'une plante à fleurs en fonction des enseignants d'Alsace et du <i>Baden-Württemberg</i>	339
Figure 65 : Notions utilisées par les élèves d'Alsace et du <i>Baden-Württemberg</i> pour décrire le développement d'une plante à fleurs.....	340
Figure 66 : Pourcentage des réponses données par les élèves d'Alsace et du <i>Baden-Württemberg</i> pour définir la pollinisation (item 11). Plusieurs réponses ont pu être cochées. La réponse considérée comme correcte est précédée d'une " * ".....	342
Figure 67 : Pourcentage des réponses données par les élèves d'Alsace et du <i>Baden-Württemberg</i> pour définir la fécondation (item 12). Plusieurs réponses ont pu être cochées. La réponse considérée comme correcte est précédée d'une " * ".....	343
Figure 68 : Pourcentage des réponses données par les élèves d'Alsace et du <i>Baden-Württemberg</i> pour définir la dissémination (item 13). Plusieurs réponses ont pu être cochées. La réponse considérée comme correcte est précédée d'une " * ".....	344
Figure 69 : Pourcentages des réponses données par les élèves d'Alsace et du <i>Baden-Württemberg</i> à l'item 6 sur la formation des graines. Les réponses précédées d'une " * " sont considérées comme étant correctes.....	345
Figure 70 : Pourcentage des réponses données par les élèves à l'item 5 sur le lieu de formation des graines en fonction du type de plante. Les réponses précédées d'une " * " sont considérées comme correcte.....	347
Figure 71 : Pourcentage des réponses données par les élèves à l'item 7 sur la localisation des graines matures en fonction du type de plante. La réponse précédée d'une " * " est considérée comme correcte.....	348
Figure 72 : Pourcentage des réponses données par les élèves pour chaque modalité de l'item 9 en fonction du type de plante. La réponse considérée comme étant correcte est précédée d'une " * ".....	349
Figure 73 : Pourcentage des réponses données par les élèves d'Alsace et du <i>Baden-Württemberg</i> à l'item 10 pour justifier leur réponse quant au lien entre la fleur et le fruit.....	350
Figure 74 : Modèle CB : cycle de vie au sens botanique.....	365

LISTE DES FIGURES

Figure 75 : Modèle LB : développement d'une plante à fleur	366
Figure 76 : Pourcentage des élèves d'Alsace et du <i>Baden-Württemberg</i> verbalisant clairement les principaux modèles mentaux cycliques et linéaires (≥ 15 élèves)	372
Figure 77 : Pourcentage des principaux modèles mentaux ($> 30\%$) en fonction du type de plante.....	373
Figure 78 : Pourcentage des élèves d'Alsace et du <i>Baden-Württemberg</i> exprimant clairement les points de rupture les plus fréquents (> 10 élèves)	374
Figure 79 : Pourcentage des élèves exprimant clairement les points de rupture les plus fréquents (> 10 élèves) en fonction du type de plante.....	375
Figure 80 : Taux de correspondance entre les modèles mentaux du premier et du deuxième questionnaire (n=206) pour chaque combinaison de plantes	376
Figure 81 : Cycle de vie théorique d'une plante à fleurs axé sur la reproduction sexuée, entre deux plantes de la même espèce, avec la formation du fruit et de la graine.....	391

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Termes correspondants aux niveaux de complexité dans les domaines référentiel, mental et linguistique (modifié d'après Gropengießer, 1997, p. 26)	32
Tableau 2 : Caractéristiques des participants et des lieux de l'enquête exploratoire.....	50
Tableau 3 : Dans les entretiens avec 49 élèves, les conceptions suivantes, en rupture celles des botanistes actuels, ont pu être identifiées lors de la description du cycle de vie végétal	75
Tableau 4 : Sens donnés au terme de <i>curriculum</i> par Forquin (2008, p. 8).....	90
Tableau 5 : Conceptions en rupture avec celles des botanistes actuels en fonction des stades du cycle de vie des plantes à fleurs	118
Tableau 6 : Principal obstacle épistémologique d'ordre scientifique dégagé à partir de l'analyse historico-épistémologique de l'évolution des conceptions relatives à la reproduction sexuée des plantes à fleurs (modifié d'après Astolfi et Peterfalvi, 1993, p. 113)	119
Tableau 7 : Quelques correspondances entre les termes techniques français et allemands relatifs à l'anatomie de la fleur	142
Tableau 8 : Les différentes et principales facettes du rapport des humains à la nature, caractéristiques de chaque époque et correspondants aux idées religieuses ou scientifiques.....	144
Tableau 9 : Images de la nature et conceptions pédagogiques et didactiques s'appuyant sur celles-ci (d'après Eschenhagen et al., 2006, p. 134-136)	145
Tableau 10 : L'école maternelle et le <i>Kindergarten</i>	150
Tableau 11 : L'école élémentaire et la <i>Grundschule</i>	151
Tableau 12 : Le collège et la <i>Sekundarstufe 1</i>	153
Tableau 13: Particularités du système éducatif français et du <i>Baden-Württemberg</i>	182
Tableau 14 : Années d'enseignement attribuées aux classes et paliers du socle commun français ainsi qu'aux <i>Bildungsstandards</i> du <i>Baden-Württemberg</i>	184
Tableau 15 : Documents ou parties des documents considérés pour l'analyse des programmes scolaires	187
Tableau 16 : Méthodes d'analyse des deux entrées thématiques.....	188
Tableau 17 : Typologie utilisée pour l'identification de l'image de la nature, des végétaux et de la place de l'Homme dans les programmes scolaires en France et au <i>Baden-Württemberg</i>	189
Tableau 18 : Images de la nature, des végétaux et de l'environnement dans les programmes scolaires de France et du <i>Baden-Württemberg</i>	193
Tableau 19 : Perception de la nature ou de l'environnement dans les programmes scolaires de France et du <i>Baden-Württemberg</i>	194
Tableau 20 : Contenus d'enseignement du socle commun de connaissances et de compétences relatives au cycle de vie des plantes à fleurs	196
Tableau 21 : Contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie végétal dans les outils accompagnant le socle commun.....	197
Tableau 22 : Contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie végétal dans les programmes scolaires français du primaire	198
Tableau 23 : Contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie végétal dans les programmes scolaires français du collège.....	199
Tableau 24 : Contenus relatifs au cycle de vie végétal dans les progressions pour l'école primaire française	200

Tableau 25 : Contenus d'enseignements relatifs au cycle de vie des plantes à fleurs dans les décisions de la <i>Kultusministerkonferenz</i>	203
Tableau 26 : Contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie végétal dans les <i>Bildungspläne</i> du <i>Baden-Württemberg</i>	204
Tableau 27 : Contenus d'enseignement relatifs au cycle de vie végétal dans les <i>Bildungspläne</i> du secondaire inférieur du <i>Baden-Württemberg</i>	205
Tableau 28 : <i>Kompetenzen</i> évoquées dans les <i>Bildungspläne</i> du <i>Baden-Württemberg</i> relatives à la modélisation des phénomènes du vivant.....	208
Tableau 29 : Termes relatifs au cycle de vie des plantes à fleurs présents dans les textes officiels obligatoires de France et du <i>Baden-Württemberg</i>	213
Tableau 30 : Connaissances relatives au cycle de vie des plantes à fleurs préconisées par les programmes scolaires en France et au <i>Baden-Württemberg</i>	214
Tableau 31 : Différences et similitudes entre les programmes scolaires français et ceux du <i>Baden-Württemberg</i> (images et contenus d'enseignement).....	217
Tableau 32 : Choix des manuels des sciences naturelles de France et du <i>Baden-Württemberg</i> pour la comparaison entre la représentation du développement et de la reproduction sexuée des plantes à fleurs	229
Tableau 33 : Eléments modifiés dans les programmes scolaires français (Sciences de la Vie et de la Terre) entre 2004 et 2008 concernant le développement et la reproduction sexuée des végétaux	231
Tableau 34 : Champ conceptuel relatif au cycle de vie recherché dans les titres et index des manuels scolaires.....	233
Tableau 35 : Regroupements des aspects analysés dans les manuels scolaires selon les axes d'analyses et les questionnements correspondants	234
Tableau 36 : Pourcentages des manuels scolaires présentant un lexique, un index et des références explicites aux programmes scolaires.....	236
Tableau 37 : Correspondances entre les intitulés des parties de manuels et des programmes scolaires en France et au <i>Baden-Württemberg</i>	237
Tableau 38 : Ordre dans lequel les processus clés du cycle de vie végétal sont présentés dans les manuels scolaires des sciences naturelles du primaire en France et au <i>Baden-Württemberg</i>	239
Tableau 39 : Ordre dans lequel les processus clés du cycle de vie végétal sont présentés dans les manuels scolaires des sciences naturelles du secondaire en France et au <i>Baden-Württemberg</i>	241
Tableau 40 : Ordre thématique en fonction du processus de départ présenté dans les manuels de 6 ^e du collège français ainsi que dans ceux du secondaire inférieur du <i>Baden-Württemberg</i>	242
Tableau 41 : Processus relatifs au cycle de vie végétal abordés dans les manuels scolaires de sciences naturelles du primaire en France et au <i>Baden-Württemberg</i>	244
Tableau 42 : Représentation des processus relatifs à la reproduction sexuée dans les manuels scolaires de l'école élémentaire et de la <i>Grundschule</i> (classes 3 et 4).....	246
Tableau 43 : Processus relatifs au cycle de vie végétal abordés dans les manuels scolaires du secondaire des sciences de la vie en France et au <i>Baden-Württemberg</i>	248
Tableau 44 : Représentation du cycle de vie d'une plante à fleurs dans les manuels français de sciences expérimentales (cycle 3) et de découverte du monde (cycle 2) de l'école élémentaire.....	253
Tableau 45 : Identification du premier stade du cycle de vie et de la mort de la plante dans les manuels scolaires français illustrant le cycle de vie végétal	255
Tableau 46 : Représentation du cycle de vie d'une plante à fleurs dans les manuels français des sciences de la vie et de la terre.....	256

Tableau 47 : Représentation du cycle de vie d'une plante à fleurs dans les manuels des sciences naturelles du <i>Baden-Württemberg</i>	259
Tableau 48 : Mots mis en valeur (■) et définitions (■) figurant dans les manuels scolaires du primaire en France.....	262
Tableau 49 : Mots mis en valeur (■) et définitions (■) figurant dans les manuels scolaires du collège en France	263
Tableau 50 : Mots figurant dans l'index des manuels scolaires du collège en France	264
Tableau 51 : Mots mis en valeur (■) et définitions (■) figurant dans les manuels scolaires de la <i>Grundschule</i> du <i>Baden-Württemberg</i>	266
Tableau 52 : Mots mis en valeur (■) et définitions (■) figurant dans les manuels scolaires du secondaire inférieur au <i>Baden-Württemberg</i>	267
Tableau 53 : Mots figurant dans l'index des manuels scolaires du secondaire inférieur du <i>Baden-Württemberg</i>	268
Tableau 54 : Mots liés à la reproduction et la multiplication figurant dans l'index des manuels scolaires du secondaire inférieur du <i>Baden-Württemberg</i>	269
Tableau 55 : Principaux éléments relevés lors de l'analyse des manuels scolaires des sciences naturelles de France et du <i>Baden-Württemberg</i>	271
Tableau 56 : Elèves participants à l'enquête principale	283
Tableau 57 : Répartition des établissements participants à l'enquête principale.....	285
Tableau 58 : Manuels utilisés par les enseignants interrogés en Alsace et au <i>Baden-Württemberg</i> (* : manuels analysés au chapitre 8).....	291
Tableau 59 : Utilisation des différentes notions s'apparentant au cycle de vie, par les enseignants d'Alsace et du <i>Baden-Württemberg</i>	292
Tableau 60 : Nombre de questionnaires distribués par catégorie de plantes et par région. Le questionnaire 1 sert à étudier les conceptions (chapitre 11), le questionnaire 2 à mesurer la correspondance des modèles mentaux (chapitre 12).....	303
Tableau 61 : Modalités des items 11, 12 et 13 en allemand et en français	306
Tableau 62 : Ordre de placement idéal du rosier	309
Tableau 63 : Description des stades de développement.....	309
Tableau 64 : Distribution des différents ordres de placement des images	314
Tableau 65 : Regroupement des placements d'images en fonction de l'ordre de placement des graines.....	316
Tableau 66 : Placements des images avec une inversion des images fleurs et fruits (5-4).320	
Tableau 67 : Fréquence des différents types de cycles verbalisés par les élèves d'Alsace (n=229) et du <i>Baden-Württemberg</i> (n=135)	328
Tableau 68 : Types de cycles classés en fonction d'un raisonnement intergénérationnel ou individuel	333
Tableau 69 : Types de cycles classés en fonction de leur accord ou non avec les conceptions actuelles des botanistes.....	334
Tableau 70 : Termes utilisés par les élèves de l'enquête principale pour décrire les images de graines.....	340
Tableau 71 : Réponses données par les élèves à l'item 6 sur la formation des graines.....	346
Tableau 72 : Récapitulation des facteurs d'influence significatifs sur les réponses données par les élèves	351
Tableau 73 : Obstacle épistémologique d'ordre lexical concernant les concepts de fleur et de fruit, dégagé à partir des résultats de l'enquête principale (modifié d'après Astolfi et Peterfalvi, 1993, p. 113).....	357
Tableau 74 : Les points de rupture et modèles mentaux de l'enquête exploratoire.....	360

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 75 : Modèles mentaux relevés lors de l'enquête principale différenciés en fonction du point de rupture et de l'expression cyclique ou linéaire	362
Tableau 76 : Critères permettant d'attribuer un modèle mental	363
Tableau 77 : Combinaison de plantes possibles.....	364
Tableau 78 : Illustration des différents points de rupture.....	368
Tableau 79 : Points de rupture dans le premier et second questionnaire et leur taux de correspondance dans le cas de figure 1 : les élèves ont d'abord répondu à un questionnaire sur le poirier puis à celui sur le rosier.....	377
Tableau 80 : Points de rupture dans le premier et second questionnaire et leur taux de correspondance dans le cas de figure 2 : les élèves ont d'abord répondu à un questionnaire sur le rosier puis à celui sur le poirier.....	377
Tableau 81 : Présentation des stades du cycle de vie d'une plante à fleurs (selon le modèle botanique) et des conceptions en rupture avec ceux-ci	380

Enquête exploratoire :

- Annexe 1 : a) Guide d'entretien de l'enquête exploratoire
b) Interviewleitfaden der Vorstudie

Enquête principale :

- Annexe 2 : a) Questionnaire à destination des enseignants
b) Lehrerfragebogen

- Annexe 3 : a) Questionnaire à destination des élèves à l'exemple du rosier
b) Schülerfragebogen am Beispiel der Rosenpflanze

- Annexe 4 : Images³⁸² distribuées aux élèves pour répondre au questionnaire / Bilder, die den Schülerinnen und Schülern zur Beantwortung des Fragebogens ausgeteilt wurden
 - a) Images du rosier / Bilder der Rosenpflanze
 - b) Images de la plante de poivron / Bilder der Paprikapflanze
 - c) Images du poirier / Bilder der Birnenpflanze

³⁸² Ces images ont été réalisées par Laurent Schmitt (lauretschmitt.pro@free.fr)

Annexe 1 : a) Guide d'entretien de l'enquête exploratoire

Placement des pots

- 1) Devant toi, tu vois une série de plante. Il s'agit de la plante de moutarde. Peux-tu les mettre dans l'ordre chronologique de développement ?
- 2) Peux-tu me dire / m'expliquer **pourquoi** tu les as placés de cette façon ?
- 3) Peux-tu me **décrire ce que tu vois** dans les différents pots ?
- 4) Que se passe-t-il après ton dernier pot / ensuite ?

Questionnement d'approfondissement : lien entre fleur et fruit, placement des graines, ...

Placement des images ; séries 1, 2, 3

- 5) Ce sont tous des images de la **plante du petit pois / plante de poivron / pommier / cerisier** à différents âges. Peux-tu placer ces images dans l'ordre chronologique de développement ?
- 6) Peux-tu me dire / **m'expliquer** pourquoi tu les as placées de cette façon ?
- 7) Peux-tu me **décrire** ce que tu vois sur les différentes images ?
- 8) Que se passe-t-il après ton dernier pot / ensuite ?

Cycle de vie

- 9) As-tu déjà entendu parler de « **cycle de vie** » ?

Si oui : dans quel contexte ?

- 10) As-tu déjà entendu parler de « **cycle de développement** » ?

Si oui : dans quel contexte ?

- 11) Qu'est-ce que pour toi le « **cycle de vie des plantes** » ?

Situation problème 1 : Le vieux chêne

« Dans une forêt il y a un seul chêne. Un jour d'automne, une forte tempête fait tomber ce chêne et les racines sont en l'air. Est-il possible que l'année suivante un nouveau chêne puisse pousser dans cette forêt ? » Explique ta réponse.

Situation problème 2 : La ruche

« Deux voisines, Liliane et Carine, discutent ensemble. Liliane raconte à Carine qu'elle a installé une ruche dans son jardin. Carine dit Ouais chouette, maintenant je vais avoir plus de pommes sur mon pommier. » Qu'en penses-tu ?

Annexe 1 : b) Interviewleitfaden der Vorstudie

Stellen der Reihe

- 1) Vor dir steht eine Reihe von Pflanzen und zwar ist es die Senfpflanze. Kannst du versuchen sie in die Reihenfolge ihrer Entwicklung stellen?
- 2) Kannst du mir sagen /erklären **warum** du sie so gestellt hast?
- 3) Kannst du mir **beschreiben** was du in den einzelnen Töpfen siehst?

Nachfragen: Zusammenhang Blüte Frucht, Erklärung 1 Samen / viele Samen...

Reihenfolge der Bilderreihen 1, 2, 3

- 4) Das sind alles Bilder von der Erbsenpflanze / Paprikapflanze / Apfelbaum / Kirschbaum in unterschiedlichem Alter. Kannst du sie in die Reihenfolge ihrer Entwicklung legen?
- 5) Kannst du mir sagen /**erklären** warum du sie so gelegt hast?
- 6) Kannst du mir **beschreiben** was du auf den einzelnen Bildern siehst?
- 7) Nachfragen: Zusammenhang Blüte Frucht, Erklärung 1 Samen / viele Samen...

Lebenszyklus

- 8) Hast du den Begriff „Lebenszyklus“ schon einmal gehört?

Wenn ja: weißt du noch wo du ihn gehört hast? In welchem Zusammenhang?

- 9) Hast du den Begriff „Entwicklungszyklus“ schon einmal gehört?

Wenn ja: weißt du noch wo du ihn gehört hast? In welchem Zusammenhang?

- 10) Was ist denn für dich der Lebenszyklus einer Blütenpflanze?

Problemsituation 1: Die alte Eiche

„In einem Wald steht eine einzige Eiche. Im Herbst warf ein heftiger Sturm die Eiche um, sodass alle Wurzeln in der Luft sind. Ist es möglich, dass im nächsten Jahr eine neue Eiche in diesem Wald wächst?“ Erkläre deine Antwort.

Problemsituation 2: Der Bienenstock

„Zwei Nachbarskinder, Liliane und Kerstin, reden miteinander. Liliane erzählt Kerstin, dass sie in ihrem Garten einen Bienenstock aufgestellt hat. Kerstin sagt: Hey super, jetzt werde ich mehr Äpfel auf meinem Apfelbaum bekommen.“ Was hältst du davon?

Annexe 2 : a) Questionnaire à destination des enseignants



Pädagogische Hochschule ·
Institut für Biologie und Schulgartenentwicklung
Postfach 11 10 62 · 76060 Karlsruhe



Université de Strasbourg -
Laboratoire interuniversitaires des sciences de
l'éducation et de la communication
7 rue de l'Université - 67000 Strasbourg

Aux enseignants des SVT qui ont eu les ac-
tuels 5^e en 6^e

QUINTE, Jana
06.88.62.21.59
jana.quinte@etu.unistra.fr

13.11.2013
Quinte Jani
06.88.62.21
jana.quinte

Strasbourg, le 17 décembre 2013

Madame, Monsieur,

Dans le cadre de mon travail de thèse, qui est encadré à la fois par Monsieur le Professeur Lehnert et Madame le Professeur Lindemann-Matthies de l'Ecole Supérieure de Pédagogie de Karlsruhe ainsi que par Mesdames les Professeurs Kirch et Poteaux de l'Université de Strasbourg, je m'intéresse aux représentations qu'ont les élèves du cycle de vie des plantes à fleurs. Les représentations des élèves seront saisies à l'aide de questionnaires. Afin de pouvoir relever des facteurs d'influence possible, j'aurais besoin de quelques informations concernant votre enseignement et les outils utilisés. Je vous serais ainsi très reconnaissante, si vous pouviez répondre aux questions situées aux pages 2 et 3. Cela ne prendra que quelques minutes.

Je vous remercie vivement pour votre aide.

Je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de mes salutations les plus respectueuses.

Jana Quinte

1) Merci de cocher le manuel que vous utilisez en cours :

Belin 2009	<input type="checkbox"/>
Bordas 2009	<input type="checkbox"/>
Hachette 2005	<input type="checkbox"/>
Hatier 2005	<input type="checkbox"/>
Magnard 2009	<input type="checkbox"/>
Nathan 2009	<input type="checkbox"/>
Autre	
Aucun manuel	<input type="checkbox"/>

2) Lorsque vous utilisez un manuel en cours, vous le faites :

A chaque heure de cours	<input type="checkbox"/>
Une fois par semaine	<input type="checkbox"/>
Une fois par mois	<input type="checkbox"/>
Moins d'une fois par mois	<input type="checkbox"/>

3) Merci de cocher l'expression que vous utilisez en cours

Cycle de vie	<input type="checkbox"/>
Cycle de développement	<input type="checkbox"/>
Aucune des notions mentionnées	<input type="checkbox"/>

4) Qu'entendez-vous par « cycle de vie d'une plante à fleur » ?

5) La notion « cycle de vie » est-elle pour vous synonyme de « cycle de développement » ?

oui non

6) Enseignez-vous le concept défini

du cycle de vie ? oui non

du cycle de développement ? oui non

7) Avez-vous abordé en classe de 6^e la reproduction sexuée des plantes à fleurs ?

oui non

Si oui :

a) Quels aspects avez-vous abordés:

La formation du fruit	<input type="checkbox"/>
La formation des graines	<input type="checkbox"/>
Le développement de la fleur en fruit	<input type="checkbox"/>
La pollinisation :	
- par le vent	<input type="checkbox"/>
- par les insectes	<input type="checkbox"/>
La fécondation	<input type="checkbox"/>
La dispersion des graines	<input type="checkbox"/>

b) Avez-vous utilisé / effectué à cet effet :

Des schémas (ou autre représentation graphique)	<input type="checkbox"/>
Des films	<input type="checkbox"/>
Des observations sur des plantes réelles	<input type="checkbox"/>
Le jardin scolaire	<input type="checkbox"/>
Des textes documentaires / explicatifs	<input type="checkbox"/>

c) A quel moment de l'année avez-vous abordé la reproduction sexuée ?

Remarques libres :

Annexe 2 : b) Lehrerfragebogen der Hauptstudie



**Institut für Biologie
und Schulgartenentwicklung**

Pädagogische Hochschule • Postfach 11 10 62 • 76060 Karlsruhe

17. Dezember 2013

An die NWA-Lehrer/innen; die die jetzige
Klasse 7 in der 5. bzw. 6. Klasse unterrichtet
haben

Prof. Dr. Hans-Joachim Lehnert
Institutsleiter
Telefon 0721 925-4251
Telefax 0721 925-4249
lehnert@ph-karlsruhe.de

Jana Quinte
Telefon 00336 88 62 21 59
quinte@ph-karlsruhe.de

Sehr geehrte Lehrerinnen und Lehrer,

im Rahmen meiner Promotionsarbeit, die von Herrn Prof. Dr. Lehnert und Frau Prof. Dr. Lindemann-Matthies von der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe sowie von Frau Prof. Kirch und Frau Prof. Poteaux von der Universität Strasbourg betreut wird, beschäftige ich mich mit Schülervorstellungen zum Entwicklungszyklus von Blütenpflanzen. Die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler sollen mit Hilfe von Fragebögen erfasst werden. Um mögliche Einflussfaktoren erheben zu können, benötige ich einige Angaben über Ihren Unterricht und die eingesetzten Lehrmittel. Ich wäre Ihnen deshalb sehr dankbar, wenn Sie mir die Fragen auf Seite 2 und 3 beantworten würden. Dies dauert nur einige Minuten.

Vielen Dank für Ihre Mithilfe.

Mit freundlichen Grüßen

Jana Quinte

!

Pädagogische Hochschule Karlsruhe
Hauptgebäude: 76133 Karlsruhe Telefon +49 721 925-3
Bismarckstraße Germany www.ph-karlsruhe.de

1) Bitte kreuzen Sie an, ob die jetzige 7. Klasse von Ihnen schon früher unterrichtet wurde:
in der 5. Klasse in der 6. Klasse

2) Kreuzen Sie bitte an, welches Schulbuch Ihre SchülerInnen im Unterricht benutzen:

Cornelsen, NWA, 2004	<input type="checkbox"/>
Cornelsen, Interaktiv Biologie, 2006	<input type="checkbox"/>
Klett, NAWigator, 2004	<input type="checkbox"/>
Klett, Prisma, 2004	<input type="checkbox"/>
Schroedel, Erlebnis NWA, 2004	<input type="checkbox"/>
Anderes	
Kein Schulbuch	<input type="checkbox"/>

3) Falls Sie ein Schulbuch im Unterricht benutzen, verwenden Sie dieses:

In jeder Stunde	<input type="checkbox"/>
Jede Woche	<input type="checkbox"/>
Ein Mal im Monat	<input type="checkbox"/>
Weniger als ein Mal im Monat	<input type="checkbox"/>

4) Kreuzen Sie bitte an, welche Begriffe Sie im Unterricht verwenden

Lebenszyklus	<input type="checkbox"/>
Entwicklungszyklus	<input type="checkbox"/>
Lebenskreislauf	<input type="checkbox"/>
Entwicklungskreislauf	<input type="checkbox"/>
Keine der genannten	<input type="checkbox"/>

5) Was verstehen Sie unter „Entwicklungszyklus einer Blütenpflanze“?

6) Ist der Begriff „Entwicklungszyklus“ für Sie synonym mit dem Begriff „Lebenszyklus“?
Ja Nein

7) Unterrichten Sie das von Ihnen beschriebene Konzept:
des Entwicklungszyklus? Ja Nein
des Lebenszyklus? Ja Nein

8) Haben Sie in der 5. oder 6. Klasse mit den SchülerInnen die geschlechtliche Fortpflanzung der Blütenpflanzen durchgenommen?
Ja Nein

Wenn ja:

a) Welche Aspekte wurden behandelt:

Die Fruchtbildung	<input type="checkbox"/>
Die Samenbildung	<input type="checkbox"/>
Die Entwicklung der Blüte zur Frucht	<input type="checkbox"/>
Die Bestäubung:	
- Durch den Wind	<input type="checkbox"/>
- Durch Insekten	<input type="checkbox"/>
Die Befruchtung	<input type="checkbox"/>
Die Verbreitung der Pflanzen	<input type="checkbox"/>

b) Was haben Sie zu diesem Zweck verwendet / durchgeführt:

Graphische Darstellungen	<input type="checkbox"/>
Filme	<input type="checkbox"/>
Beobachtungen an echten Pflanzen	<input type="checkbox"/>
Schulgarten	<input type="checkbox"/>
Dokumentartexte	<input type="checkbox"/>

c) Zu welchem Zeitpunkt haben Sie dieses Thema im Schuljahr unterrichtet?

Freie Bemerkungen:

Annexe 3 : a) Questionnaire à destination des élèves de l'enquête principale (à l'exemple du rosier)

Merci pour ta participation à cette enquête !

N° d'anonymat : _____

Sexe : fille : garçon :

Âge : _____

Partie 1: IMAGES DU ROSIER

(1) Place les 6 images (contenues dans l'enveloppe) de manière à ce qu'ils montrent le développement du rosier puis colle les images dans l'ordre sur la page 2. **ATTENTION** : laisse assez de place entre les images afin de pouvoir répondre à la question (4) !

(2) Que représentent ces images ? Donne un titre approprié à chaque image.

(3) Comment cela continue après ta dernière image ?

(4) Que se passe-t-il d'un stade de développement (image) à l'autre ? Relie les images par des flèches. Annote ces flèches de manière à ce qu'elles décrivent ce qui s'y passe.

Le développement du rosier

Partie 2 : LE ROSIER

(5) Où les graines du rosier se forment-elles ? Coche la case correspondante :

Dans la tige.	<input type="radio"/>
Dans la fleur.	<input type="radio"/>
Dans le pistil.	<input type="radio"/>
Dans les racines.	<input type="radio"/>
Je ne sais pas.	<input type="radio"/>

(6) Explique comment se forment ces graines:

(7) Où se trouvent les graines de rosier mûres ? Coche la case correspondante :

Dans la tige.	<input type="radio"/>
Dans la fleur.	<input type="radio"/>
Dans le fruit.	<input type="radio"/>
Dans les racines.	<input type="radio"/>
Dans la terre.	<input type="radio"/>
Je ne sais pas.	<input type="radio"/>

(8) Avec laquelle de ces affirmations es-tu d'accord ? Coche une seule case :

Les graines du rosier doivent toujours être récoltées puis semées par l'homme pour qu'un nouveau rosier puisse pousser.	<input type="radio"/>
Un rosier répand ses graines toujours seul, sans l'aide de l'homme.	<input type="radio"/>
Les graines du rosier peuvent être récoltées puis semées par l'homme. Elles peuvent aussi se répandre seules, pour qu'un nouveau rosier puisse pousser.	<input type="radio"/>
Je ne sais pas.	<input type="radio"/>

(9) Quelle affirmation te paraît exacte pour le rosier ? Coche la case correspondante :

La fleur se développe en fruit (chez le rosier).	<input type="radio"/>
Le fruit se développe en fleur (chez le rosier).	<input type="radio"/>
Le fruit n'a rien à voir avec la fleur (chez le rosier).	<input type="radio"/>
Le rosier n'a pas de fruit.	<input type="radio"/>

(10) Justifie ta réponse donnée à la question (9)

Partie 3 : GÉNÉRALITÉS

(11) Pour toi, la **pollinisation** c'est quand :

Les abeilles viennent butiner les fleurs.	<input type="radio"/>
Les grains de pollen sont transportés sur le pistil de la fleur	<input type="radio"/>
L'union du grain de pollen avec l'ovule.	<input type="radio"/>
Une nouvelle plante pousse.	<input type="radio"/>
Les graines sont transportées à un autre endroit.	<input type="radio"/>
Je ne sais pas.	<input type="radio"/>

(12) Pour toi, la **fécondation** c'est quand :

Les abeilles viennent butiner les fleurs.	<input type="radio"/>
Les grains de pollen sont transportés sur le pistil de la fleur	<input type="radio"/>
L'union du grain de pollen avec l'ovule.	<input type="radio"/>
Une nouvelle plante pousse.	<input type="radio"/>
Les graines sont transportées à un autre endroit.	<input type="radio"/>
Je ne sais pas.	<input type="radio"/>

(13) Pour toi, la **dispersion** c'est quand :

Les abeilles viennent butiner les fleurs.	<input type="radio"/>
Les grains de pollen sont transportés sur le pistil de la fleur	<input type="radio"/>
L'union du grain de pollen avec l'ovule.	<input type="radio"/>
Une nouvelle plante pousse.	<input type="radio"/>
Les graines sont transportées à un autre endroit.	<input type="radio"/>
Je ne sais pas.	<input type="radio"/>

Annexe 3 : b) Schülerfragebogen der Hauptstudie (am Beispiel der Rosenpflanze)

Vielen Dank für Deine Mitarbeit!

Kennnummer: _____

Geschlecht: Mädchen Junge

Alter: _____

Teil 1: BILDER DER ROSENPFLANZE

(1) Ordne bitte die 6 Bilder aus dem Umschlag so an, dass sie die Entwicklung einer Rosenpflanze zeigen und klebe sie entsprechend auf Seite 2 auf. **ACHTUNG:** Lasse genügend Platz zwischen den Bildern um Frage (4) bearbeiten zu können!

(2) Was stellen die Bilder dar? Finde für jedes Bild eine passende Überschrift.

(3) Wie geht es wohl nach deinem letzten Bild weiter:

(4) Was geschieht von einem Entwicklungsstadium (Bild) zum nächsten? Verbinde die Bilder durch Pfeile. Beschrifte die Pfeile so, dass sie beschreiben was passiert.

Entwicklung einer Rosenpflanze

Teil 2: DIE ROSENPFLANZE

(5) Kreuze bitte an, wo die Samen einer Rosenpflanze gebildet werden:

Im Stängel	<input type="checkbox"/>
In der Blüte	<input type="checkbox"/>
Im Fruchtknoten	<input type="checkbox"/>
In der Wurzel	<input type="checkbox"/>
Weiß nicht	<input type="checkbox"/>

(6) Erkläre bitte, wie sich diese Samen bilden:

(7) Kreuze bitte an, wo sich die fertigen Samen einer Rosenpflanze befinden:

Im Stängel	<input type="checkbox"/>
In der Blüte	<input type="checkbox"/>
In der Frucht	<input type="checkbox"/>
In den Wurzeln	<input type="checkbox"/>
In der Erde	<input type="checkbox"/>
Weiß nicht	<input type="checkbox"/>

(8) Kreuze bitte an, welche der folgenden Aussagen zutrifft (nur ein Kreuz möglich):

Die Samen einer Rosenpflanze müssen immer von einem Menschen entnommen und ausgesät werden, damit eine neue Rosenpflanze wachsen kann.	<input type="checkbox"/>
Die Samen einer Rosenpflanze säen sich immer ohne die Hilfe des Menschen aus.	<input type="checkbox"/>
Die Samen einer Rosenpflanze können vom Menschen entnommen und ausgesät werden. Sie können sich aber auch von selbst aussäen, damit eine neue Rosenpflanze wachsen kann.	<input type="checkbox"/>
Weiß nicht	<input type="checkbox"/>

(9) Kreuze bitte an, was Deiner Meinung nach bei der Rosenpflanze zutrifft:

Aus der Blüte entwickelt sich die Frucht (bei der Rosenpflanze).	<input type="checkbox"/>
Aus der Frucht entwickelt sich die Blüte (bei der Rosenpflanze).	<input type="checkbox"/>
Die Frucht hat nichts mit der Blüte zu tun (bei der Rosenpflanze).	<input type="checkbox"/>
Es gibt (bei der Rosenpflanze) keine Frucht.	<input type="checkbox"/>

(10) Begründe Deine Antwort aus Frage 9:

Teil 3: ALLGEMEINES

(11) Kreuze bitte an, was **Bestäubung** ist:

Bienen suchen in den Blüten nach Nektar.	<input type="checkbox"/>
Pollenkörner gelangen auf die Narbe einer Blüte.	<input type="checkbox"/>
Die männliche Geschlechtszelle des Pollenkorns verschmilzt mit dem weiblichen Zellkern der Eizelle.	<input type="checkbox"/>
Eine neue Pflanze wächst.	<input type="checkbox"/>
Die Samen gelangen an einen anderen Ort.	<input type="checkbox"/>
Weiß nicht	<input type="checkbox"/>

(12) Kreuze bitte an, was **Befruchtung** ist:

Bienen suchen in den Blüten nach Nektar.	<input type="checkbox"/>
Pollenkörner gelangen auf die Narbe einer Blüte.	<input type="checkbox"/>
Die männliche Geschlechtszelle des Pollenkorns verschmilzt mit dem weiblichen Zellkern der Eizelle.	<input type="checkbox"/>
Eine neue Pflanze wächst.	<input type="checkbox"/>
Die Samen gelangen an einen anderen Ort.	<input type="checkbox"/>
Weiß nicht	<input type="checkbox"/>

(13) Kreuze bitte an, was **Verbreitung** ist:

Bienen suchen in den Blüten nach Nektar.	<input type="checkbox"/>
Pollenkörner gelangen auf die Narbe einer Blüte.	<input type="checkbox"/>
Die männliche Geschlechtszelle des Pollenkorns verschmilzt mit dem weiblichen Zellkern der Eizelle.	<input type="checkbox"/>
Eine neue Pflanze wächst.	<input type="checkbox"/>
Die Samen gelangen an einen anderen Ort.	<input type="checkbox"/>
Weiß nicht	<input type="checkbox"/>

Annexe 4 : a) Images du rosier / Bilder der Rosenpflanze

Titre :					
Titre :					

Annexe 4 : b) Images de la plante de poivron / Bilder der Paprikapflanze

Titre :						
Titre :						

Annexe 4 : c) Images du poirier / Bilder der Birnenpflanze

Titre :						
Titre :						

CYCLE DE VIE DES PLANTES A FLEURS - LEBENSZYKLUS DER BLÜTENPFLANZEN

Vergleichsstudie der Schülervorstellungen im Elsass und in Baden-Württemberg

Zusammenfassung

Ziel dieser Studie ist es, Schülervorstellungen, im Elsass und in Baden-Württemberg, in Grund- und weiterführenden Schulen zum Lebenszyklus der Blütenpflanzen zu untersuchen, mögliche Einflussfaktoren aufzuzeigen und Hauptlernhindernisse zu ermitteln. Drei Elemente gliedern diese Doktorarbeit: 1) eine Vorstudie mit Hilfe von Interviews (n=49), 2) eine Kontextanalyse der naturwissenschaftlichen und im soziokulturellen Bereich liegenden Referenzen, der "zu lehrenden *Curricula*" anhand von Bildungsplänen und Schulbüchern, und der "unterrichteten *Curricula*"; 3) eine Hauptstudie anhand von Fragebögen (n=1388). Die Erhebungsinstrumente enthielten Fragen zu Schlüsselkonzepten (Samen, Blüte, Frucht) und Prozessen (Bestäubung, Befruchtung, Frucht- und Samenbildung, Verbreitung), die den Lebenszyklus der Blütenpflanzen charakterisieren. Insbesondere wurden Schüler gebeten, verschiedene Entwicklungsstadien einiger Pflanzen in eine Reihenfolge zu bringen und diese zu erklären. Unterschiedliche Denkmodelle konnten aus den Ergebnissen abgeleitet werden. Die Konzeptualisierung des pflanzlichen Lebenszyklus ist von der sexuellen Fortpflanzung abhängig und somit auch von Pflanzentypen (zum Beispiel Blume, im alltagssprachlichen Sinn oder Früchte tragende Bäume). Kulturelle Unterschiede konnten ebenfalls ermittelt werden.

Schlagwörter: Lebenszyklus der Blütenpflanzen, Schülervorstellungen, Denkmodelle, vergleichende Studie, Elsass, Baden-Württemberg, didaktische Transposition, Interviews, Fragebögen, Inhaltsanalyse

[ANNEXE NUMERIQUE](#)

CYCLE DE VIE DES PLANTES A FLEURS - LEBENSZYKLUS DER BLÜTENPFLANZEN

Étude comparative des conceptions d'élèves en Alsace et au Baden-Württemberg

Résumé

Cette recherche a pour objet d'étudier la conception qu'ont les élèves du cycle de vie des plantes à fleurs, en Alsace et au Baden-Württemberg, dans des établissements du primaire et du secondaire, de rechercher les facteurs d'influence potentiels et de dégager les principaux obstacles aux apprentissages. Trois éléments structurent cette thèse : 1) une enquête exploratoire par entretiens (n=49) ; 2) une analyse contextuelle des références en sciences naturelles et dans le champ socio-culturel, des "curricula à enseigner", à travers les programmes et manuels scolaires, et des "curricula enseignés" ; 3) une enquête principale par questionnaires (n=1388). Les outils de recueil interrogent les concepts-clés (graine, fleur, fruit) et les processus-clés (pollinisation, fécondation, fructification, formation des graines, dissémination) qui caractérisent le cycle de vie des plantes à fleurs. Les élèves ont été priés d'ordonner différents stades de développement des plantes et d'expliquer ce placement. Différents modèles mentaux ont été élaborés à partir des résultats. D'autre part, les résultats sont mis en lien avec ceux de l'analyse contextuelle. La conceptualisation du cycle de vie végétal dépend, entre autres, de celle de la reproduction sexuée et ainsi du type de plante (fleur, au sens commun, ou d'un arbre fruitier). Des différences culturelles ont également pu être relevées.

Mots-clés : Cycle de vie des plantes à fleurs, conceptions, modèles mentaux, étude comparative, Alsace, Baden-Württemberg, transposition didactique, entretiens, questionnaires, analyse de contenu

Abstract

This research aims to investigate students' conceptions about the life cycle of flowering plants in both *Alsace* and *Baden-Württemberg*, in primary and secondary schools, to detect potential factors influencing student's conceptions and to identify main learning obstacles. Three elements structured this PhD-thesis : 1) an exploratory investigation with the help of interviews (n=49) ; 2) a context analysis of references in natural sciences and in the socio-cultural domain, of "curricula to teach" through school programmes and manuals, and of "taught curricula" ; 3) a main investigation using questionnaires (n=1388). The instruments included questions to key concepts (seed, flower, fruit) and processes (pollination, fecundation, fructification, formation of seeds, dissemination), which characterize the life cycle of flowering plants. Students were especially asked to order different development stages of plants and to explain their ordering. Different mental models could be derived from the results. Moreover, results were related to those of the context analysis. Conceptualizations of the life cycle of plants depend, amongst others, on those of the sexual reproduction and thus the type of plant (flower, fruit tree). Cultural differences were also identified.

Keywords: Life cycle of flowering plants, conceptions, mental models, comparative study, Alsace, Baden-Württemberg, didactic transposition, interviews, questionnaire, content analysis