UNIVERSITE REIMS CHAMPAGNE ARDENNE
UFR DE LETTRES ET SCIENCES HUMAINES
LABORATOIRE CLEA COGNITION LANGAGE EMOTION ACQUISITIONS (EA4296)
ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE L'HOMME ET DE LA SOCIETE (ED462)

THESE DE DOCTORAT

Pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE

Discipline : Psychologie

Présentée et soutenue publiquement
Le 10 septembre 2010, à Reims, par
Benoît Charlieux

CONCEPTIONS NAÏVES DES VEGETAUX ET CHANGEMENTS CONCEPTUELS DANS L'ENFANCE

Directeur de thèse

Florence Labrell

Professeur des Universités

Membres du jury :

Françoise Cordier (Professeur des Universités), Université de Poitiers

Jean-Pierre Thibaut (Professeur des Universités), Université de Bourgogne

Paola Perucchini (Professeur des Universités), Université de Rome III

Florence Labrell (Professeur des Universités), Université de Reims

Remerciements

Je souhaite remercier ici toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont apporté leur soutien dans la concrétisation de ce travail.

Ma directrice de thèse, Florence Labrell, a droit à toute ma reconnaissance pour m'avoir permis de travailler dans les meilleures conditions.

Le travail de thèse s'inscrit dans la continuité du cursus universitaire et ouvre la voie sur l'un des plus enrichissants métiers qui soit de par son renouvellement permanent et la diversité des rencontres qu'il autorise. Pour m'avoir révélé au métier d'enseignant chercheur et donné l'opportunité de gravir cette marche, j'adresse toute ma gratitude à Valérie Barbe et à Nathalie Bedoin.

Si le métier de chercheur est souvent perçu comme un travail solitaire, je profite de cet espace pour affirmer qu'il est avant tout un travail d'équipe. J'ai bénéficié de toute la solidarité des membres du laboratoire CLEA à qui je souhaite ici faire part de ma gratitude pour l'attention et l'affection qu'ils m'ont prodiguées au cours des années passées à leurs côtés. Ainsi, je tiens à remercier Christelle Besche, Véronique Baltazart, Leila Bensalah, Stéphanie Caillies, Gérard Chasseigne, Sandrine Le Sourn-Bissaoui, Sophie Griffini, Caroline Calmus, Magali Marzo, François Oziurak, Nicolas Stefaniak, Jean-Baptiste Légal, Catherine Jovet, Astrid Mignon, Régis Lefeuvre et Patrick Mollaret pour leur disponibilité, leur écoute et pour l'expérience qu'ils m'ont transmise.

Pour leurs relectures attentives de mon manuscrit, leur rigueur scientifique et leurs nombreux encouragements, je remercie tout particulièrement Marie Olivier et Christelle Declercq. Vos critiques constructives m'ont permis de finaliser mon travail, champagne !

Aux doctorants qui ont rejoint cette équipe, j'adresse tout mon courage et ma sympathie. Je les remercie pour leur bonne humeur et les moments de détentes qu'ils ont su créer par leur enthousiasme et leur humour. Je vous souhaite en toute sincérité d'apprécier ce chemin oh combien long et tortueux mais également plein de gratifications. Un grand merci à Emilie Quantin, Fanny d'Ambrosio, Laurianne Brulé, Arnaud Calmus, Isabella Morrone, Florent Antoine, Arnaud Carré, Marine Blondel et Camille Gavoille.

Enfin, je remercie les inspecteurs d'académie, les directeurs et les instituteurs des écoles Anquetil, Clairmarais, Jean Moulin, Les Jards, Notre-Dame, Ruisselet, Sculpteurs Jacques, Sully, Tournebonneau, Ville-Dommange, Voltaire, les étudiants de l'université Reims Champagne-Ardenne et tous les enfants qui ont gentiment accepté de répondre aux plus loufoques de mes

questions, sans la contribution de toutes ces personnes, ce travail n'aurait évidemment pas pu exister.

Je me suis longtemps demandé s'il était judicieux d'écrire ces quelques lignes de remerciements et à l'heure où je cherche les derniers mots, c'est à Jeanne que je souhaite adresser mon plus grand merci. Les derniers mois passés à écrire, reformuler, corriger les chapitres et les réécrire à nouveau ne sont pas au nombre des plus radieux moments passés avec toi. Tu as su résister à mon accablement face à cette tâche que je pensais insurmontable, apaiser l'acidité qui me rongeait et réjouir mes humeurs les plus maussades. C'est donc tout naturellement à toi et à ton merveilleux Kung Fu de la vie que je dédie ce travail.

Résumé

L'investigation des conceptions relatives au monde biologique pose la question de la position qu'entretiennent les végétaux, en tant qu'entités vivantes au même titre que les animaux et les êtres humains. Les végétaux ont longtemps été considérés comme une sous-catégorie du domaine du vivant intégrée tardivement aux conceptions biologiques enfantines. Si les conceptions relatives à ce sous-ensemble d'êtres vivants ont toujours constitué un objet de recherche pertinent pour la compréhension de la construction des savoirs, c'est très probablement parce qu'elles représentent l'achèvement d'une pensée biologique constitutive de la condition humaine d'être vivant. En effet, tout comme l'être humain, les plantes se nourrissent, grandissent, guérissent, se reproduisent et périssent. Malgré ce partage de propriétés, l'hypothèse ayant dominé les premières études des conceptions biologiques enfantines est celle d'un déficit de connaissances engendré par une absence d'explications spécifiquement biologiques jusqu'à l'âge de dix ans.

La présente thèse propose une approche alternative en suggérant que les conceptions intuitives qui se forment dans l'enfance s'organisent en domaine autonome de connaissances dès un âge précoce. Loin de considérer que les enfants d'âge préscolaire disposent de la totalité des conceptions biologiques, cette approche avance que ces enfants affichent, à travers leurs capacités de catégorisation et de raisonnement, les marques d'une construction théorique, à juste titre qualifiée de naïve, mais qui peut rendre compte de l'intégralité des phénomènes biologiques pour un large ensemble d'êtres vivants, y compris pour les végétaux.

En nous inscrivant dans ce cadre théorique, nous avons souhaité étudier, chez l'enfant de six ans et de dix ans, ainsi que chez l'adulte expert en biologie végétale et l'adulte, quel qu'il soit, la conceptualisation des propriétés biologiques de mort et de régénération appliquées aux végétaux appréhendés en fonction de leur typicalité. Cette série d'expériences permet d'observer que, si les jeunes enfants considèrent bien les végétaux comme des êtres vivants par le biais de ces propriétés biologiques, les conceptions intuitives élaborées dans l'enfance semblent présenter une forme de résistance comme l'indique la persistance de modes de raisonnement « enfantins » chez les adultes non spécialistes, mais également chez les experts dans ce domaine.

Afin d'investiguer plus avant les résistances présentées par les théories naïves, nous avons conduit une seconde expérience en utilisant un paradigme d'entraînement avec des enfants de 5 ans et demi et de six ans et demi en ce qui concerne la propriété de mort en faisant varier le degré d'élaboration des connaissances biologiques des enfants. En nous focalisant toujours sur la catégorie des végétaux, nous avons centré l'entraînement sur les raisonnements dominant la pensée

des adultes afin de mesurer les dimensions évolutives des conceptions enfantines (i.e., généralisations, explications, et raisonnement causaux). Les données produites lors de cette seconde expérience nous amènent à penser que l'âge des enfants, ainsi que leurs niveaux de connaissances préalables sont les facteurs les plus importants des changements conceptuels.

En conclusion, la présente thèse contribue à démontrer que l'étude des conceptions enfantines gagnerait à adopter la vision des théories naïves tant pour sa position spécifique quant à l'enrichissement graduel des connaissances que pour l'étude de la permanence jusqu'à l'âge adulte des formes de raisonnement élaborées dans l'enfance.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE I. DOMAINES DE CONNAISSANCE ET THEORIE NAÏVE BIOLOGIQUE 6

INTRODUCTION 6
I. 1/ LE DEVELOPPEMENT DE LA PENSEE EN DOMAINES DE CONNAISSANCE 7
I. 1. 1/ VERS UNE DEFINITION DE LA NOTION DE DOMAINE DE CONNAISSANCES 7
I. 1. 2/ CONNAISSANCES DE L'EXPERT ET CONNAISSANCES DU NOVICE 8
I. 1. 3/ THEORIES DE SENS COMMUN ET DOMAINES DE CONNAISSANCES 10
I. 2/ PERSPECTIVES DE "RESTRUCTURATION" ET DE "CONTINUITE" DU DOMAINE DES CONNAISSANCES BIOLOGIQUES 11
I. 2. 1/ POUR UNE RESTRUCTURATION RADICALE DU SYSTEME COGNITIF 12
I. 2. 2/ POUR UNE REORGANISATION PROGRESSIVE ET AUTONOME DES DOMAINES DE CONNAISSANCES 13
I. 3/ ELEMENTS DE FONDATION DU DOMAINE DES CONNAISSANCES BIOLOGIQUES 16
I. 3. 1/ PIAGET ET LA NOTION DU "VIVANT" 17
I. 3. 2/ LA PERSISTANCE DE STRATEGIES DE RAISONNEMENT ERRONEES 18
I. 3. 3/ CRITIQUES ENVERS LA THEORIE PIAGETIENNE 19
I. 3. 4/ LA DISTINCTION ANIME-INANIME 20
I. 3. 5/ LES PREMIERES BASES DE LA DISTINCTION ANIME-INANIME 21
I. 3. 6/ VERS UNE DEFINITION GLOBALE DE LA DISTINCTION ANIME-INANIME 23
I. 3. 7/ DEFINITION DU DOMAINE DES CONNAISSANCES BIOLOGIQUES 24
I. 4/ LE STATUT PARTICULIER DES VEGETAUX DANS LES CONCEPTIONS BIOLOGIQUES ENFANTINES 27
I. 4 .1/ LA VIE, LES VEGETAUX ET L'ABSENCE DE MOUVEMENT 28
I. 4. 2/ LES OBSTACLES CULTURELS A L'ATTRIBUTION DE LA VIE AUX VEGETAUX 29
I. 4. 3/ LA QUESTION DE LA TYPICALITE DES VEGETAUX 32
CONCLUSION 33

CHAPITRE II. COMPREHENSION DES PROPRIETES BIOLOGIQUES DANS L'ENFANCE 35

INTRODUCTION 35
II. 1/ LA PROPRIETE DE CROISSANCE 36
II. 1. 1/ CONCEPTIONS ENFANTINES DE LA CROISSANCE 37
II. 1. 2/ LE VITALISME COMME SUPPORT BIOLOGIQUE DE LA CROISSANCE 38
II. 2/ LA PROPRIETE D'HERITABILITE 42
II. 2. 1/ LA PROPRIETE D'HERITABILITE COMME CONCEPTUALISATION PRECOCE DU DOMAINE BIOLOGIQUE 43
II. 2. 2/ CONCLUSIONS RELATIVES A LA PROPRIETE D'HERITABILITE 45
II. 3/ LA PROPRIETE DE MORT 46
II. 3. 1/ LES PREMIERES ETUDES SUR LES CONCEPTIONS RELATIVES A LA MORT 46
II. 3. 2/ L'EMERGENCE D'UNE CONCEPTUALISATION RELATIVE A LA MORT DANS L'ENFANCE 48
II. 3. 3/ LA FONCTIONNALITE DES ORGANES ET LA PROPRIETE DE MORT 49
II. 3. 4/ LA VIE, LA FONCTION DES ORGANES ET LA MORT 51
II. 3. 5/ LES CONCEPTIONS ENFANTINES DE LA MORT DES VEGETAUX 53
II. 4/ LA PROPRIETE DE REGENERATION 55
LE DEVELOPPEMENT DES CONCEPTIONS ENFANTINES DE LA REGENERATION 55
CONCLUSION 57

CHAPITRE III. TYPES D'EXPLICATIONS ET DOMAINE DES CONNAISSANCES BIOLOGIQUES 58

INTRODUCTION 58
III. 1/ NATURE ET FONCTION DU RAISONNEMENT INTENTIONNEL 58
III. 1. 1/ LE RAISONNEMENT INTENTIONNEL : UN RAISONNEMENT PRIVILEGIE POUR LES PHENOMENES PSYCHOLOGIQUES 59
III. 1. 2/ LE RAISONNEMENT INTENTIONNEL COMME PREMIERE BASE DE CONSTRUCTION DU DOMAINE BIOLOGIQUE 60

III. 2. NATURE ET FONCTION DU RAISONNEMENT TELEOLOGIQUE 60
III. 2. 1/ LA THEORIE SELECTIVE DE KEIL 61
III. 2. 2/ LA PROPOSITION "LIBRE" DE KELEMEN 62
III. 2. 3/ LE RAISONNEMENT TELEOLOGIQUE COMME EXTENSION DU RAISONNEMENT INTENTIONNEL 63
III. 2. 4/ LA POSSIBILITE D'UN LIEN ENTRE LE RAISONNEMENT TELEOLOGIQUE ET LE RAISONNEMENT VITALISTE 65
III. 2. 5/ PERSPECTIVES SUR LE RAISONNEMENT TELEOLOGIQUE 66
III. 3/ NATURE ET FONCTION DU RAISONNEMENT VITALISTE 67
III. 3. 1/ LE VITALISME COMME COURANT PHILOSOPHIQUE ET MEDICAL 67
III. 3. 2/ CARACTERISTIQUES CULTURELLES ET UNIVERSELLES DU VITALISME 68
III. 3. 3/ CAUSALITE VITALISTE ET AUTONOMIE DU DOMAINE DE CONNAISSANCE BIOLOGIQUE 70
III. 3. 4/ PERSPECTIVES SUR LE RAISONNEMENT VITALISTE 72
III. 4/ NATURE ET FONCTION DU RAISONNEMENT ESSENTIALISTE 73
III. 4. 1/ L'ESSENTIALISME COMME MODE DE CONSTRUCTION DU DOMAINE DE CONNAISSANCES BIOLOGIQUES 73
III. 4. 2/ LES DIFFERENTES ACCEPTATIONS DU RAISONNEMENT ESSENTIALISTE 74
III. 4. 3/ NOTIONS D'ESSENCE ET D'INTERNALITE 75
III. 4. 4/ D'UNE CONSTRUCTION ABSTRAITE A UNE CONSTRUCTION CONCRETE DES CONNAISSANCES 77
III. 4. 5/ PERSPECTIVES SUR LE RAISONNEMENT ESSENTIALISTE 78
III. 5/ VARIABILITE DES TYPES D'EXPLICATION 79
III. 5. 1/ VARIABILITE DU FONCTIONNEMENT COGNITIF 80
III. 5. 2/ VARIABILITE DES RAISONNEMENTS EN FONCTIONS DES DOMAINES DE CONNAISSANCES 80
III. 5. 3/ VARIABILITE DES RAISONNEMENTS EN FONCTION DE LA MATURATION DES DOMAINES DES CONNAISSANCES 81
III. 6/ LES MECANISMES BIOLOGIQUES DE MORT ET DE REGENERATION A LA LUMIERE DES STRATEGIES DE RAISONNEMENT 83
III. 6. 1/ LA PROPRIETE BIOLOGIQUE DE MORT 83
III. 6. 2/ LA PROPRIETE BIOLOGIQUE DE REGENERATION 85
CONCLUSION 86

CHAPITRE IV. MORT ET REGENERATION DES VEGETAUX CHEZ DES ENFANTS AGES DE SIX ANS ET DIX ANS 88

INTRODUCTION 88
IV. 1/ PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES 89
IV. 1. 1/ PROBLEMATIQUE 89
IV. 1. 2/ HYPOTHESES GENERALES 90
IV. 2/ METHODE 90
IV. 2. 1/ PARTICIPANTS 91
IV. 2. 2/ MATERIEL ET PROCEDURE 91
IV. 2. 3/ CODAGE 93
IV. 2. 4/ HYPOTHESES OPERATIONNELLES 93
IV. 3/ RESULTATS 94
IV. 3. 1/ GENERALISATION DES PROPRIETES AUX DIFFERENTS EXEMPLAIRES 95
IV. 3. 2/ JUSTIFICATIONS POUR EXPLIQUER LES PROPRIETES DE MORT ET DE REGENERATION 96
IV. 3. 3/ STRATEGIES DE RAISONNEMENT UTILISEES PREFERENTIELLEMENT POUR EXPLIQUER LES PROPRIETES BIOLOGIQUES 100
IV. 4/ CONCLUSION RELATIVE AUX CONCEPTIONS DE LA MORT DES VEGETAUX 104
IV. 5/ CONCLUSION RELATIVE AUX CONCEPTIONS DE LA REGENERATION DES VEGETAUX 106

CHAPITRE V. MORT ET REGENERATION DES VEGETAUX SELON L'EXPERTISE BIOLOGIQUE CHEZ L'ADULTE 109

INTRODUCTION 109
V. 1/ PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES 109
V. 1. 1/ PROBLEMATIQUE 109
V. 1. 2/ HYPOTHESES 110
V. 2/ METHODE 111
V. 2. 1/ PARTICIPANTS 111

V. 2. 2/ MATERIEL ET PROCEDURE 112
V. 2. 3/ CODAGE 114
V. 2. 4/ HYPOTHESES OPERATIONNELLES 115
V. 3/ RESULTATS 116
V. 3. 1/ GENERALISATION DES PROPRIETES PAR LES DEUX POPULATIONS (QUESTION N° 1) 116
V. 3. 2/ JUSTIFICATIONS PRODUITES POUR EXPLIQUER LES PROPRIETES BIOLOGIQUES (QUESTION N° 2) 117
V. 3. 3/ EVALUATION DES DIFFERENTES STRATEGIES DE RAISONNEMENT (QUESTION N° 3) 121
V. 3. 4/ JUSTIFICATIONS DES STRATEGIES DE RAISONNEMENT PAR LES PARTICIPANTS (QUESTION N° 4) 126
CONCLUSION 134

CHAPITRE VI. CONCEPTIONS INTUITIVES ET CHANGEMENTS CONCEPTUELS 140

INTRODUCTION 140
VI. 1/ CONCEPTIONS NAÏVES ET CHANGEMENTS CONCEPTUELS 141
VI. 1. 1/ HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES ET CHANGEMENTS CONCEPTUELS 141
VI. 1. 2/ L'APPROCHE CONTEMPORAINE DE LA PSYCHOLOGIE DU DEVELOPPEMENT SUR LES CHANGEMENTS CONCEPTUELS 142
VI. 1. 3/ EVOLUTION DES IDEES RELATIVES AUX CHANGEMENTS CONCEPTUELS EN SCIENCES DE L'EDUCATION 145
VI. 2/ CONTRAINTES RELATIVES AUX CHANGEMENTS CONCEPTUELS 147
VI. 2. 1/ L'INFLUENCE DES CONTRAINTES D'ORDRE SOCIOCULTUREL 147
VI. 2. 2/ CONTRAINTES RELATIVES AU DEVELOPPEMENT DES HABILETES META-CONCEPTUELLES 149
VI. 3/ CHANGEMENT CONCEPTUEL ET DOMAINE DES CONNAISSANCES BIOLOGIQUES 151
VI. 3. 1/ LES PROGRAMMES SCOLAIRES 152
VI. 3. 2/ LES CHANGEMENTS CONCEPTUELS ET LE CONFLIT SOCIOCOGNITIF 154
VI. 3. 2/ LES CHANGEMENTS CONCEPTUELS COMME REELABORATION DES MODELES DE PENSEE 155
VI. 3. 3/ LES CHANGEMENTS CONCEPTUELS APPREHENDES SOUS L'ANGLE DES STRATEGIES DE RAISONNEMENT POUR LE DOMAINE DES CONNAISSANCES BIOLOGIQUES 156
CONCLUSION 160

CHAPITRE VII. CONCEPTIONS INTUITIVES ENFANTINES ET APPRENTISSAGE SCIENTIFIQUE 161

INTRODUCTION 161
VII. 1/ PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES 162
VII. 1. 1/ PROBLEMATIQUE 162
VII. 1. 2/ HYPOTHESES GENERALES 163
VII. 2/ METHODE 163
VII. 2. 1/ PARTICIPANTS 163
VII. 2. 2/ MATERIEL 165
VII. 2. 3/ PROCEDURE 166
RESULTATS 168
VII. 3/ GENERALISATION DU CONCEPT DE MORT AUX VEGETAUX 168
VII. 3. 1/ METHODE 168
VII. 3. 2/ RESULTATS AU PRE-TEST RELATIF A LA GENERALISATION DE LA PROPRIETE DE MORT 169
VII. 3. 3/ EVOLUTION DES RESULTATS ENTRE LE PRE-TEST ET LE POST-TEST RELATIFS A LA GENERALISATION DE LA PROPRIETE DE MORT 170
VII. 4/ JUSTIFICATIONS PROPOSEES POUR EXPLIQUER LA MORT DES VEGETAUX 173
VII. 4. 1/ METHODE 173
VII. 4. 2/ RESULTATS RELATIFS AUX EXPLICATIONS SPONTANEES DE LA PROPRIETE DE MORT AU PRE-TEST 174
VII. 4. 3/ RESULTATS RELATIFS AUX EXPLICATIONS SPONTANEES ENTRE LE PRE-TEST ET LE POST-TEST 176
VII. 5/ STRATEGIES DE RAISONNEMENT UTILISEES POUR RENDRE COMPTE DU MECANISME DE MORT 179
VII. 5. 1/ METHODE 179
VII. 5. 2/ RESULTATS RELATIFS AUX STRATEGIES DE RAISONNEMENT AU PRE-TEST 180
VII. 5. 3/ RESULTATS RELATIFS A L'EVOLUTION DES STRATEGIES DE RAISONNEMENT ENTRE LE PRE-TEST ET LE POST-TEST 182
VII.6/ CONCLUSIONS 186
VII.6.1/ LA QUESTION DE LA TYPICALITE DES VEGETAUX 186

VII.6.2/ L'EVOLUTION DEVELOPPEMENTALE ENTRE CINQ ANS ET DEMI ET SIX ANS ET DEMI 187
VII.6.3/ CONFRONTATIONS CONCEPTUELLES ET RESISTANCES DES THEORIES NAÏVES BIOLOGIQUES 188
CONCLUSION **190**

CHAPITRE VIII. DISCUSSION ET CONCLUSIONS **191**

INTRODUCTION **191**
VIII. 1/ LA QUESTION DE L'AUTONOMIE DU DOMAINE DES CONNAISSANCES BIOLOGIQUES 192
VIII. 2/ THEORIES NAÏVES ET CHANGEMENTS CONCEPTUELS 195
CONCLUSIONS **196**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES **197**

Table des figures et des tableaux

Tableaux

CHAPITRE IV. MORT ET REGENERATION DES VEGETAUX AGES DE SIX ET DIX ANS

Tableau 1. Scores, pourcentages moyens et écarts-types de généralisation de la mort en fonction de l'âge et de la typicalité des exemplaires. 95

Tableau 2. Scores, pourcentages moyens de généralisation et écarts-types de la régénération en fonction de l'âge et de la typicalité des exemplaires. 96

Tableau 3. Scores bruts et pourcentages de réponses par âge et par catégorie pour la propriété de mort. 97

Tableau 4. Scores et pourcentages de réponses par âge pour la propriété de mort en fonction des catégories « Autres » et « Possible ». 98

Tableau 5. Scores et pourcentages de réponses par âge pour la propriété de mort en fonction des catégories "internes" et "externes". 98

Tableau 6. Scores et pourcentages de réponses par âge et par catégorie pour la propriété de régénération. 99

Tableau 7. Pourcentages de réponses par âge pour la propriété de régénération en fonction des catégories « Autres » et « Possible ». 99

Tableau 8. Pourcentages de réponses par âge pour la propriété de régénération en fonction des catégories "interne" et "externe". 100

Tableau 9. Scores, pourcentages de réponses et écarts-types pour la propriété de mort selon l'âge et les raisonnements. 101

Tableau 10. Scores, pourcentages de réponses et écarts-types pour la propriété de régénération selon l'âge et les raisonnements. 103

CHAPITRE V. MORT ET REGENERATION DES VEGETAUX SELON L'EXPERTISE BIOLOGIQUE CHEZ L'ADULTE

Tableau 11. Scores, pourcentages moyens et écarts-types de généralisation de la mort en fonction l'expertise et de la typicalité des exemplaires. 116

Tableau 12. Scores, pourcentages moyens et écarts-types de généralisation de la régénération en fonction de l'expertise et de la typicalité des exemplaires. 116

Tableau 13. Scores et pourcentages de réponses par niveau d'expertise et par catégorie pour la propriété de mort..... 117
Tableau 14. Scores et pourcentages de réponses pour la propriété de mort en fonction des catégories « Autres » et « Possible » et de l'expertise..... 118
Tableau 15. Scores et pourcentages de réponses pour la propriété de mort en fonction des catégories " interne" et " externe" et de l'expertise. 118
Tableau 16 : Scores et pourcentages de réponses par niveau d'expertise et par catégorie pour la propriété de régénération..... 119
Tableau 17. Scores et pourcentages de réponses pour la propriété de régénération en fonction des catégories « Autres » et « Possible » et de l'expertise. 120
Tableau 18. Scores et pourcentages de réponses pour la propriété de régénération en fonction des catégories "internes" et "externes" et de l'expertise. 120
Tableau 19. Pourcentage moyen et écarts-types en fonction de l'expertise et des stratégies de raisonnement pour la propriété de mort. 122
Tableau 20. Pourcentage moyen et écarts-types en fonction de l'expertise et des stratégies de raisonnement pour la propriété de régénération. 125
Tableau 21. Scores et pourcentages moyens de justification par catégories pour le raisonnement intentionnel relative à la mort des végétaux en fonction de l'expertise..... 127
Tableau 22. Scores et pourcentages moyens de justification par catégorie pour le raisonnement téléologique relative à la mort des végétaux en fonction de l'expertise. 128
Tableau 23. Scores et pourcentages moyens de justification par catégorie pour le raisonnement vitaliste relative à la mort des végétaux en fonction de l'expertise. 129
Tableau 24. Scores et pourcentages moyens de justification par catégorie pour le raisonnement essentialiste relative à la mort des végétaux en fonction de l'expertise. 130
Tableau 25. Scores et pourcentages moyens de justification par catégorie pour le raisonnement intentionnel relative à la régénération des végétaux en fonction de l'expertise. 131
Tableau 26. Scores et pourcentages moyens de justification par catégorie pour le raisonnement téléologique relative à la régénération des végétaux en fonction de l'expertise. 132
Tableau 27. Scores pourcentages moyens de justification par catégorie pour le raisonnement vitaliste relative à la régénération des végétaux en fonction de l'expertise..... 133

Tableau 28. Scores et pourcentages moyens de justification par catégorie pour le raisonnement essentialiste relative à la régénération des végétaux en fonction de l'expertise. 134

CHAPITRE VII. CONCEPTIONS ENFANTINES ET APPRENTISSAGE SCIENTIFIQUE

Tableau 29. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types de généralisation en fonction de l'âge au pré-test. 170
Tableau 30. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types de généralisation entre le pré-test et le post-test pour les NTV de GSM. 171
Tableau 31. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types de généralisation entre le pré-test et le post-test pour les TV de GSM. 171
Tableau 32. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types de généralisation entre le pré-test et le post-test pour les NTV de CP. 172
Tableau 33. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types de généralisation entre le pré-test et le post-test pour les TV de CP. 172
Tableau 34. Pourcentages des justifications par âge et par catégorie au pré-test. 175
Tableau 35. Justifications des GSM en fonction de leur groupe (NTV, NTV+E, TV, TV+E) au pré-test et au post-test exprimées en pourcentage (%). 177
Tableau 36. Justifications des CP en fonction de leur groupe (NTV, NTV+E, TV, TV+E) au pré-test et au post-test exprimées en pourcentage (%). 178
Tableau 37. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types au pré-test en fonction des raisonnements, de l'âge et de la typicalité des végétaux 181
Tableau 38. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types en fonction du temps et de la typicalité des végétaux pour les NTV et les NTV+E de GSM. 183
Tableau 39. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types en fonction du temps et de la typicalité des végétaux pour les TV et les TV+E de GSM. 184
Tableau 40. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types en fonction du temps et de la typicalité des végétaux pour les NTV et les NTV+E de CP. 185
Tableau 41. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types en fonction du temps et de la typicalité des végétaux pour les TV et les TV+E de CP. 185

Figures

CHAPITRE IV. MORT ET REGENERATION DES VEGETAUX AGES DE SIX ET DIX ANS

Figure 1. Pourcentages de réponses en fonction de l'âge et des types de raisonnements pour la propriété de mort..... 102
Figure 2. Pourcentages de réponses en fonction de l'âge et des types de raisonnement pour la propriété de régénération..... 104

CHAPITRE V. MORT ET REGENERATION DES VEGETAUX SELON L'EXPERTISE BIOLOGIQUE CHEZ L'ADULTE

Figure 3. Pourcentages de réponses en fonction de l'expertise et des types de raisonnement pour la propriété de mort. 124
Figure 4. Pourcentages de réponses en fonction de l'expertise et des types de raisonnement pour la propriété de régénération. 126

CHAPITRE VII. CONCEPTIONS ENFANTINES ET APPRENTISSAGE SCIENTIFIQUE

Figure 5. Pourcentage moyen de réponses aux ratios de généralisation (R1) et de stratégies de raisonnement (R2) par classe d'âge et par groupe. 165

INTRODUCTION GENERALE

Les conceptions intuitives constituent la base de nos idées courantes sur différents aspects du monde. Elaborées en dehors des apprentissages formels, elles alimentent nos pensées de tous les jours concernant des domaines de connaissance dont nous n'avons souvent qu'une vision partielle. Ces conceptions sont souvent décrites dans de plus vastes ensembles de connaissances organisés en théories qualifiées de « naïves » car ces structures théoriques diffèrent des modèles scientifiques. De plus, les théories naïves sont supposées structurer les idées des enfants de manière précoce en fonction des domaines de connaissances (Wellman & Gelman, 1992, 1998). « Les théories naïves peuvent être représentées comme des systèmes de connaissances ou de croyances, sous-tendus par des principes généraux, définis par des relations causales applicables à un ensemble d'entités qui permettent aux enfants d'acquérir et d'intégrer de nouvelles connaissances propres à un domaine » (Morris, Taplin & Gelman, 2000, p. 582). Les théories naïves constituent en ce sens l'ensemble des conceptions intuitives qui résulteraient de nos expériences de tous les jours, comprenant aussi bien les interactions avec nos proches, que nos expériences concrètes sur les objets. Ainsi, certaines de nos activités cognitives reposeraient sur des stratégies de raisonnement qui, dans l'enfance, nous auraient permis de donner du sens au monde et dont, malgré l'éducation, les traces persisteraient à l'âge adulte. De fait, l'étude des théories naïves est centrale pour la compréhension du développement de nos structures cognitives. Elles touchent en effet à deux facteurs fondamentaux pour la compréhension du fonctionnement de l'esprit humain : notre capacité à apprendre de nouveaux concepts, autrement dit, les contenus de connaissance et notre capacité à les organiser par les liens qu'autorisent les stratégies de raisonnement.

Le domaine des connaissances biologiques est particulièrement intéressant à étudier afin d'explorer la cognition humaine. En effet, l'être humain étant un être biologique, les conceptions qui se rapportent à ce domaine occupent nécessairement une place privilégiée dans notre pensée. Ce domaine se définit premièrement par ses représentants, les êtres humains, les animaux et les végétaux. Il se définit deuxièmement par les critères du vivant que sont les propriétés biologiques, la mort, la régénération, la respiration, la nutrition, la croissance, la reproduction et l'héritabilité. Il se définit enfin par des stratégies de raisonnement permettant de rendre compte des caractéristiques des êtres vivants et de réaliser des inférences sur leurs comportements et leur identité. Quatre formes de stratégie de

raisonnement ont été recensées dans la littérature relative au développement des conceptions biologiques. Si elles ne peuvent pas toutes êtres considérées comme des stratégies de raisonnement spécifiquement biologiques, elles influenceraient néanmoins tour à tour la pensée des enfants. Par exemple, l'*intentionnalité* qui permet de rendre compte des intentions des êtres humains serait un mode de raisonnement utilisé par les enfants pour expliquer le comportement des animaux et parfois des végétaux par analogie avec les êtres humains tant qu'ils ne posséderaient pas suffisamment de connaissances sur les êtres vivants. Le raisonnement *téléologique* suppose de comprendre la finalité des objets. Particulièrement pertinente pour expliquer la fonction des objets manufacturés (e.g., les tournevis servent à visser), cette stratégie de raisonnement pourrait expliquer les propriétés biologiques de nutrition lorsque les arguments avancés font intervenir un gain pour l'organisme vivant. Le *vitalisme* est l'idée que les êtres vivants seraient traversés par une force vitale indéterminée. L'*essentialisme* met en lien les caractéristiques internes des objets avec leur apparence et leur comportement.

La place accordée aux végétaux dans les conceptions biologiques enfantines fait débat. Plusieurs études s'accordent pour reconnaître que c'est relativement tardivement dans l'enfance qu'ils sont appréhendés en tant qu'êtres vivants par rapport aux animaux (Carey, 1985 ; Richards & Siegler, 1986 ; Inagaki & Hatano, 1996). Le problème que peuvent rencontrer les enfants face aux végétaux s'inscrit directement dans deux questionnements. Tout d'abord, les plantes, en tant qu'êtres vivants, sont des entités "animées" bien qu'elles ne bougent pas, ne pensent pas et ne s'expriment pas, contrairement aux autres espèces vivantes. Les végétaux présentent des particularités physiques directement perceptibles qui les différencient de l'ensemble des êtres vivants. Enfin, certains végétaux, comme les fleurs, ou les plantes d'appartement, sont plus familiers des enfants que le lichen ou la mousse (Meunier & Cordier, 2004). Le second niveau de difficulté rencontré par les enfants se rapporte à la spécificité des végétaux quant à leur conformité aux propriétés biologiques définissant les critères du vivant. Parmi ces propriétés, celles de mort et de régénération sont particulièrement troublantes.

La mort des végétaux serait particulièrement difficile à comprendre pour les enfants (Nguyen & Gelman, 2002). Les végétaux présentent des caractéristiques qui peuvent déjouer notre sens commun à ce sujet. Nous pouvons avancer, par exemple, leur capacité à rester dans un état stationnaire proche de la mort, ou perçu comme tel, avant de connaître une « seconde » vie alors que nous pensions qu'ils étaient définitivement passés. Les végétaux peuvent paraître morts en partie alors qu'ils semblent partiellement encore vivants. Leur longévité

pourrait également constituer un obstacle de taille en regard de cette propriété. De fait, la propriété de mort appliquée aux végétaux apparaît facilement déconcertante pour tout un chacun et *a fortiori* pour de jeunes enfants.

D'un point de vue biologique, il est possible de concevoir la régénération selon deux niveaux distincts. Le premier, peut se comprendre comme une extension du phénomène de cicatrisation chez les mammifères. Tous les végétaux subissant une "attaque" extérieure recomposent leurs tissus en constituant un cal autour de la plaie. Le second, plus atypique d'un point de vue « anthropo-centré », est pourtant également partagé par toutes les espèces vivantes y compris les êtres humains lorsqu'ils sont encore nourrissons. C'est la capacité à générer une nouvelle partie lésée de l'organisme. Cette capacité de régénération est extrêmement développée chez les plantes. Aussi, il nous semble particulièrement intéressant d'étudier les conceptions des enfants relatives à ce sujet. En effet, sa conceptualisation nécessite certainement de posséder des connaissances structurées du domaine biologique car le partage de cette fonction biologique entre les animaux et les végétaux est nettement moins évident que celles de croissance ou de nutrition.

Parler de développement des conceptions, c'est également parler du lien qu'elles entretiennent avec les apprentissages. Cependant, cet aspect n'est pas le plus traité dans la littérature propre aux théories naïves biologiques. Peu de recherches se sont intéressées aux relations entre les conceptions naïves des enfants et un enseignement directement en lien avec l'un des aspects de ces conceptions. Pourtant, les théories naïves ont souvent été mises en cause par les psychologues et les didacticiens de par les résistances qu'elles semblent opposer aux apprentissages scientifiques (Giordan, 1998 ; Lautrey, Rémi-Giraud, Sander & Tiberghien, 2008). Ce type d'investigation a été mené pour le domaine de la physique par l'étude du développement progressif des représentations relatives à la forme de la terre (Vosniadou & Brewer, 1992). En ce qui concerne les théories naïves biologiques, quelques tentatives ont été menées en utilisant une série de prémisses ou un ensemble de conceptions centrales reliées à un type d'explication approprié (Backscheider, G. A., Shatz, M., & Gelman, S. A. (1993) ; Slaughter & Lyons, 2003).

Notre recherche suit deux objectifs. Le premier est d'enrichir nos connaissances sur les théories naïves biologiques d'enfants et d'adultes en nous focalisant sur la classe des végétaux abordée selon la typicalité de ses représentants et des propriétés biologiques de mort et de régénération. Le deuxième objectif est d'analyser la faculté des enfants à se saisir d'un apprentissage et à l'intégrer à leurs théories naïves initiales. Cela nous permettrait de voir dans quelles mesures les conceptions intuitives des enfants sont persistantes face à un

apprentissage et comment les informations proposées sont intégrées ou non aux théories naïves biologiques des enfants.

Dans le Chapitre I, nous verrons que l'organisation des connaissances en domaines et les théories naïves introduisent un renouvellement de l'étude du développement conceptuel vis-à-vis des modèles généraux de pensée. Nous aborderons plus spécifiquement, dans la première partie de ce chapitre, l'émergence de la notion de domaines de connaissances. La deuxième partie sera consacrée au débat opposant les tenants d'une réorganisation progressive des connaissances aux tenants d'une réorganisation radicale des connaissances, débat nourrissant les théories naïves biologiques. La troisième partie présentera les fondements de la notion d'être vivant en examinant le développement précoce entre les entités animées et inanimées. Enfin, la dernière partie de ce chapitre se focalisera sur les conceptions intuitives enfantines des végétaux.

Le chapitre II sera consacré entièrement à l'étude des propriétés biologiques et à leur conceptualisation dans l'enfance, ce faisant nous y analyserons les critères permettant de considérer les végétaux, les animaux et les êtres humains en tant qu'êtres vivants. Dans un premier temps, nous reviendrons sur la propriété de croissance souvent décrite comme la première autorisant l'unification des trois sous-catégories d'êtres vivants. Dans un second temps, nous traiterons de la propriété d'héritabilité des traits entre générations. Les deux dernières parties seront axées autour des propriétés de mort et de régénération.

Dans le chapitre III, nous passerons en revue les différentes stratégies de raisonnement influençant le développement des conceptions intuitives biologiques dans l'enfance. Les raisonnements intentionnel, téléologique, vitaliste et essentialiste seront successivement abordés dans leurs spécificités et dans les liens qui peuvent exister entre eux. Avant de conclure ce chapitre, tout en nous interrogeant sur l'applicabilité de ces stratégies de raisonnement aux propriétés de mort et de régénération, nous évaluerons la variabilité de ces stratégies de raisonnement en fonction des domaines de connaissances et de la maturation des conceptions biologiques.

Cette élaboration théorique centrée sur les conceptions intuitives enfantines des végétaux et des stratégies de raisonnement présentes dans l'enfance afin d'expliquer le caractère vivant de ces entités nous amènera à notre première contribution expérimentale dans le chapitre IV. Ce dernier est consacré à l'exploration des conceptions de mort et de régénération des végétaux chez des enfants de six et de dix ans. Nous traiterons plus spécifiquement la question de la typicalité de cette sous-catégorie de l'être vivant ainsi que

des stratégies de raisonnement préférentiellement utilisées par les enfants pour expliquer ces propriétés.

Dans le chapitre V, en étudiant les conceptions d'adultes experts et novices en biologie, nous montrerons l'importance des théories naïves biologiques dans leurs aspects de résistances aux apprentissages. Nous verrons que si la généralisation des propriétés de mort et de régénération n'est plus soumise à la dimension de typicalité des végétaux, les stratégies de raisonnements développées précocement durant l'enfance sont toujours efficientes à l'âge adulte.

La non-confirmation de certaines de nos hypothèses relatives au développement des conceptions biologiques dans l'enfance et chez l'adulte nous a amené, dans le chapitre VI, à nous interroger sur une éventuelle résistance des conceptions intuitives aux apprentissages formels. La première partie de ce chapitre est consacrée aux courants théoriques des changements conceptuels sous l'angle des sciences de l'éducation et de la psychologie du développement. La deuxième partie s'articule autour des obstacles socioculturel, cognitif et méta-conceptuel pouvant entraver le développement des conceptions. La troisième partie présente les changements conceptuels sous l'angle de la théorie des modèles mentaux et des « theory theory » pour les domaines de connaissances de l'astronomie et de la biologie.

Cette exploration théorique des changements conceptuels nous a conduit à étudier, dans le chapitre VII, les remaniements possibles des conceptions enfantines de la mort des végétaux à partir d'un entraînement reposant sur les déterminants des stratégies de raisonnement vitaliste et essentialiste.

Les résultats produits dans nos expérimentations seront discutés dans le chapitre VIII. Conscient que le travail du doctorant, loin d'être une fin en soi, n'est qu'une étape s'inscrivant dans la continuité de la construction d'un savoir scientifique au sein d'une communauté de chercheurs, nous aborderons les perspectives de recherche qui s'articuleront au mieux aux réponses fournies par ce travail de thèse avant d'en proposer les conclusions.

CHAPITRE I. Domaines de connaissance et théorie naïve biologique

INTRODUCTION

Jusqu'au début des années quatre-vingt, la psychologie du développement était largement dominée par la théorie piagétienne. L'objectif était alors de rendre compte du développement global de la maturation cognitive principalement par le biais des opérations logiques dont sont capables les enfants. La vision du développement cognitif se voulait très générale et poursuivait l'idée que l'objectif à atteindre constituait la pensée adulte. Les capacités de l'enfant, bien que considérées pour elles-mêmes, n'étaient perçues qu'en regard de celles des adultes. Selon cette perspective, le jeune enfant appréhenderait le monde principalement de manière perceptive et construirait ses connaissances en effectuant des actions sur le monde car il serait incapable d'opérer des abstractions sur son environnement. L'intérêt des approches basées sur les domaines généraux est de prendre en compte une large étendue de phénomènes avec un ensemble de principes relativement restreints. Les études des trente dernières années incitent à penser que les capacités conceptuelles seraient spécialisées ou spécifiquement dévolues à un type de contenu particulier Gelman et Baillargeon (1983). L'une des questions récurrentes a été de savoir quels sont les aspects de la connaissance que l'on peut réellement considérer comme relevant du domaine de connaissance. Carey et Spelke (1994) avancent que les êtres humains seraient dotés de systèmes de connaissances spécifiques qui s'appliqueraient à un ensemble distinct d'entités et de phénomènes et seraient organisés autour de principes centraux. Spelke et Kinzler (2007) envisagent que les êtres humains sont dotés dès la naissance d'un petit nombre de systèmes séparables organisés autour de connaissances centrales. Elles distinguent ainsi des systèmes spécifiques pour les objets, les actions, les nombres, l'espace et les représentations sociales. Chaque système se concentrerait autour d'un ensemble de principes servant à individualiser les entités dans son domaine, favorisant ainsi les inférences à propos du comportement de ces entités. Keil (2003a) nous rappelle que si le jeune humain est avant tout un être social et psychologique évoluant dans un milieu physique et mental, il n'en reste pas moins un être physiologique, un être vivant évoluant dans un environnement où les êtres vivants sont présents quotidiennement sous des formes diverses et variées. De fait, nous devrions nécessairement

disposer d'un module spécifié pour le traitement des informations biologiques. Ce point de vue n'est pas partagé par Carey (1985) qui soutient que le développement des conceptions biologiques émerge progressivement du domaine de connaissance psychologique. Wellman et Gelman (1992) partagent quant à eux l'analyse de Keil selon laquelle la physique, la psychologie, et la biologie naïve constituent trois formes de compréhension majeure en cela qu'elles rendent compte de la plus grande partie du monde extérieur avec lequel nous interagissons. Ces auteurs soutiennent que ces trois domaines pourraient constituer des théories structurées dès l'enfance. Nous commençons par envisager la manière dont a émergé l'idée d'une cognition s'organisant autour du domaine de connaissance. Dans un second temps, nous présentons l'un des débats classiques en psychologie opposant « continuiste» et « constructiviste ». Malgré son classicisme, ce débat est fondamental pour toute personne s'intéressant aux types de raisonnements à l'œuvre dans l'enfance pour parler des objets du monde biologique. Enfin, nous nous focaliserons plus directement sur la construction progressive amenant les enfants à concevoir la distinction entre ce qui peut être considéré comme vivant ou non, par le biais de l'opposition animé-inanimé. Cette dernière partie nous permettra de poser les jalons nécessaires au statut particulier des végétaux au sein du domaine de connaissance biologique et à leur compréhension par les enfants.

I. 1/ LE DEVELOPPEMENT DE LA PENSEE EN DOMAINES DE CONNAISSANCE

Les études sur la formation des théories dans l'enfance ont participé au renouvellement de la vision du développement cognitif et de son fonctionnement. Il est désormais pensé en termes de domaines pluriels, multidimensionnels et de spécificité de raisonnement. Cette nouvelle perspective n'a néanmoins pas vu le jour spontanément, de sorte qu'il n'est pas véritablement question de révolution paradigmatique. Elle s'appuie en effet sur des préalables relevés dans différentes disciplines, l'étude des théories naïves par exemple ou encore les recherches sur la résolution de problèmes entre experts et novices.

I. 1. 1/ Vers une définition de la notion de domaine de connaissances

Carey (1985), Wellman et Gelman (1992, 1998), supposent aujourd'hui que les enfants possèdent une structure théorique propre à un domaine de connaissances spécifique lorsqu'ils sont capables de raisonner en termes de processus causal unique opérant d'une manière large et cohérente pour les entités d'un domaine. La définition de Gelman (2000 p. 854) proposée pour un domaine de connaissances résume bien cette idée : «Un ensemble donné de principes,

les règles de leur application, et les entités auxquelles elles s'appliquent ensemble constituent un domaine». L'interrogation qui subsiste et qui divise encore la communauté scientifique est de savoir si un seul type de raisonnement causal est susceptible de rendre compte des processus cognitifs sous-jacents à un ensemble d'entités constituant un domaine de connaissances (Solomon, 2002). Les auteurs s'interrogent également sur l'âge d'apparition d'un domaine spécifique de connaissances sous tendu par un raisonnement causal particulier (Hirschfeld & Gelman, 1994).

I. 1. 2/ Connaissances de l'expert et connaissances du novice

D'après Hirschfeld et Gelman (1994), le courant de recherche de l'expertise a participé à l'émergence de l'étude de la cognition dans une perspective de domaine spécifique de connaissance. Par définition, l'expertise consiste à posséder une certaine habileté dans un domaine de compétence précis permettant une spécialisation. Au cours de la réalisation d'une tâche, l'expert se distingue du novice par une plus grande rapidité à traiter les informations et parce qu'il est moins susceptible de faire des erreurs que le novice. En effet, la réalisation de cette tâche ne reposerait pas sur une simple accumulation de connaissances formant un ensemble plus vaste que celui des novices mais sur une plus grande habileté de l'expert, acquise par l'expérience dans l'organisation spécifique des connaissances. Au cours de sa pratique, l'expert développe des stratégies qui réorganisent la structure des connaissances en un système complexe propre à traiter de la meilleure manière les informations dont il dispose. Il est ainsi plus à même de gérer les contraintes de l'environnement dans lequel il évolue (Shafto & Coley, 2003). L'étude de l'expertise a permis à la psychologie cognitive de comprendre le fonctionnement de domaines d'habiletés, conçus comme le fruit de la réorganisation cognitive d'un module de compétence en fonction de contraintes spécifiques inhérentes à la nature du domaine.

Les études relevant de l'expertise qui posent le problème de l'impact des théories naïves sur les conceptions ne sont guère nombreuses. Pourtant, elles nous renseignent utilement sur la nature des théories de sens commun et leur rapport avec les théories scientifiques. L'étude de Poling et Evans (2004) en est un bon exemple. L'objectif de l'étude était d'examiner la compréhension des concepts de mort et d'extinction des espèces chez différents groupes d'âges d'enfants de quatre à neuf ans et chez leurs parents. Les résultats ont montré qu'il était difficile pour les enfants comme pour leurs parents de concevoir l'extinction de l'espèce humaine. Les auteurs ont alors cherché à savoir d'où pouvait provenir cette résistance. Pour ce faire, ils ont proposé l'expérience à trois groupes d'adultes possédant

différents degrés d'expertise en biologie (i.e., des étudiants en médecine, des biologistes de l'évolution et des adultes tout venants). Au contraire des étudiants de médecine et de n'importe quel adulte, les biologistes acceptent l'inévitabilité de l'extinction et généralisent cette conception aux humains. Ce résultat suggère que, pour un public quelconque, la mort et l'extinction suscitent un problème existentiel et qu'ils seraient potentiellement pris dans un conflit entre deux théories intuitives, une théorie métaphysique et une théorie biologique.

La question du lien entre l'expertise adulte et les théories naïves a également été étudiée par Proffit, Coley et Medin, (2000). Ils ont effectué une série d'expériences sur les phénomènes de maladie et de contagion d'une espèce d'arbre à d'autres espèces auprès de différentes catégories d'experts en botanique de différents niveaux (i.e., des paysagistes, des taxonomistes et des personnes s'occupant de la maintenance de parcs). Les tâches proposées, de différentes natures, reposent sur le principe d'induction de propriétés d'une catégorie à une autre. En général, les inductions basées sur une catégorie requièrent que l'information à propos d'un ensemble de catégories soit utilisée pour faire des inférences sur une autre catégorie. Un ensemble de prémisses établit qu'une ou plusieurs catégories possèdent une certaine propriété. Les prémisses sont suivies par une assertion permettant de conclure que la catégorie cible possède également cette propriété. Il s'agit, par exemple, de proposer à des sujets de juger si une maladie pourrait s'étendre à tous les mammifères après leur avoir appris que les scientifiques avaient découvert une nouvelle maladie affectant les chevaux. La principale différence qui prévalait entre les différentes populations d'experts reposait davantage sur le type de recouvrement local des propriétés supposant davantage l'élaboration de raisonnements écologiques que sur des raisonnements basés sur le partage de propriétés communes à l'ensemble des espèces soumises au jugement des sujets. Ainsi, l'extension d'une propriété à une autre catégorie dépendait d'une prise en compte d'éléments locaux comme la simple extension de la propriété cible à des exemplaires de la même famille d'arbre. Les stratégies de raisonnement de ces différents experts reposant sur des facteurs écologiques déjouaient les modèles d'induction de propriétés spécifiques aux experts. Les auteurs concluent que la connaissance d'un domaine guide l'utilisation d'une variété de stratégies de raisonnement qui ne sont pas prises en compte par les modèles courants d'induction basée sur la catégorie. Cette étude nous révèle que, bien que possédant des connaissances scientifiques fortement structurées devant entraîner une certaine systématicité dans les choix des experts pour réaliser les inductions soumises à leur jugement, ces derniers optent plus volontiers pour un remaniement de leurs principes au profit de théories de sens commun.

I. 1. 3/ Théories de sens commun et domaines de connaissances

Selon Gopnik et Wellman (1994), les domaines de connaissances s'organisent en théories qui coordonnent et guident cette connaissance. De ce point de vue, une théorie englobe l'ontologie d'un domaine et des dispositifs causaux qui fonctionnent à l'intérieur de celui-ci. Ces constructions théoriques permettent aux individus de préciser leurs savoirs, invoquer des lois et produire des justifications sur le comportement des objets. Elles permettent en outre de réaliser des prédictions sur les comportements des objets ainsi que des jugements d'appartenance catégorielle. Les constructions théoriques « naïves » n'échappent pas à ces principes. Il est possible de les définir comme les connaissances intuitives de l'homme de la rue, ou des théories de sens commun (Murphy & Medin, 1985 In Thibaut, Gelaes, Cordier, & Meunier, 2005; Keil, 1989, 2003b ; Murphy, 2002). « Par théorie naïve, il faut entendre un grand nombre d'explications mentales plutôt qu'un point de vue scientifique complet et organisé » (Murphy & Medin, 1985, p. 290 In. Thibaut, Gelaes, Cordier, & Meunier, 2005). Ces théories sont des savoirs sur le monde qui justifient les connexions existant entre les traits d'un concept en fournissant un schéma causal explicatif. Une théorie permet de donner du sens à la présence simultanée de plusieurs traits d'un concept. Elle est elle-même, un ensemble de concepts qui donne une cohérence à l'ensemble des faits et des entités auxquels elle se rapporte. Par exemple, les raisonnements constituant une théorie naïve biologique ne seraient pas appliqués pour l'explication de phénomènes physiques. Les théories semblent s'appliquer dans les limites de catégories ontologiques. La notion de catégorie ontologique renvoie à l'idée qu'un ensemble de conceptions peuvent être considérées comme appartenant à une théorie, si elles constituent un domaine d'objets organisés par des principes spécifiques à ce domaine (Springer, Nguyen & Samaniego, 1996). Ces théories naïves, tout comme les théories scientifiques, consistent des propriétés inter-reliées par des lois causales qui ne s'appliquent que dans un domaine particulier et qui permettent d'acquérir des connaissances sur un mode spécifique, en contribuant à attirer l'attention sur des informations pertinentes pour le domaine. Selon Keil (1989), une théorie naïve possède quatre caractéristiques : une ontologie, un ensemble de croyances interconnectées, des lois causales spécifiques au domaine et le recours à des inobservables pour justifier l'existence d'une catégorie (par exemple, la structure génétique partagée par les membres de la catégorie des chiens). Dans cette perspective, se pose la question de l'élaboration de ces théories dans l'enfance.

Ainsi, nous constatons que ces tentatives de caractérisation des conceptions naïves parviennent à un consensus autour d'une définition générale des domaines de connaissances

permettant de rendre compte de l'importance des théories de sens commun chez l'adulte. Aussi, il est désormais possible d'envisager que le domaine des connaissances biologiques est régi par les mêmes dimensions qui autoriseraient sa constitution en tant que structure théorique. Il convient toutefois de mesurer l'instauration de ces conceptions dans l'enfance pour comprendre pourquoi, y compris chez des experts du domaine, l'on observe une résurgence de formes de raisonnement naïves. Afin de répondre à cette question, nous allons maintenant présenter le débat opposant les tenants d'une restructuration radicale à ceux qui se positionnent davantage en faveur d'une élaboration progressive et continue des conceptions biologiques dans l'enfance.

I. 2/ PERSPECTIVES DE "RESTRUCTURATION" ET DE "CONTINUITE" DU DOMAINE DES CONNAISSANCES BIOLOGIQUES

L'opposition entre tenants d'une restructuration radicale et tenants d'une réorganisation progressive de nos connaissances constitue un point de divergence central en psychologie du développement. Ces deux visions du développement conceptuel diffèrent quant à l'émergence et aux changements qui surviennent dans nos différents champs conceptuels et en particulier en ce qui concerne le domaine biologique.

La perspective de restructuration postule que le domaine des connaissances regroupant les conceptions de la biologie émerge petit à petit du domaine des connaissances psychologiques grâce à des remaniements de nos structures conceptuelles générales. C'est une position soutenue par plusieurs auteurs dont Carey (1985, 1995) ; Kelement (1999a, 1999b) ou Inagaki et Hatano (1996, 2004). La seconde soutient, pour les tenants les plus extrêmes de cette conception, que nous disposerions dès la naissance de modules innés nous permettant d'élaborer une architecture cognitive spécialisée dans le traitement des informations biologiques. Selon les plus modérés, nous extrairions précocement de notre environnement les informations typiques de la biologie et façonnerions pour cela des règles à part entière, différentes de celles de la physique et de la psychologie naïve. Pour ce deuxième courant de pensée, quelle que soit sa tendance, le domaine de connaissances biologiques comporte ses propres règles de raisonnement causal et s'étoffe progressivement en fonction de ce fondement structurel Wellman & Gelman, 1992, 1998 ; Springer & Keil, 1989 ; Springer, 1996).

I. 2. 1/ Pour une restructuration radicale du système cognitif

Comme nous l'avons laissé entendre dans l'introduction de ce chapitre, le système cognitif était conçu jusqu'au début des années quatre-vingt comme une entité régissant l'ensemble des opérations mentales. Cette théorie, principalement développée à partir des travaux de l'école piagétienne décrit le fonctionnement cognitif comme une succession de stades de maturation des mécanismes sous tendant la cognition. Il existe différentes conceptions de cette évolution des capacités cognitives, celle de Wallon divergeant de celle de Piaget (Netchine, 1999). Cependant, toutes font état de processus de raisonnement propres à un certain âge qui s'étendraient à tous les registres de la compréhension du monde. Aussi, lorsqu'un enfant accéderait à un nouveau stade de raisonnement, il généraliserait cette compréhension à tous les domaines. Ainsi, la théorie piagétienne décrit les stades principaux de la pensée (la cognition sensori-motrice, la pensée pré-opérationnelle, la pensée opérationnelle concrète, et la pensée opérationnelle formelle) qui s'appliqueraient à des aires au contenu très vaste. Par exemple, la pensée opérationnelle concrète structurerait des conceptions aussi éloignées que la compréhension du nombre, du temps, du poids, de la morale, de la causalité et de la classification. En ce sens, les structures cognitives décrites par Piaget sont indépendantes de leur contenu et également générales du point de vue du domaine (Wellman & Gelman, 1992). Les connaissances d'un enfant à un stade donné reflètent l'organisation cognitive générale caractéristique de ce stade.

Cette capacité de généralisation des modes de raisonnement fut remise en question grâce aux travaux mettant en évidence des variabilités de raisonnement entre différents champs de la connaissance (Gelman & Baillargeon, 1983). Pour Carey (1985), les limitations conceptuelles d'un enfant s'appliquent à un domaine de connaissances particulier et ne sont pas nécessairement généralisables à d'autres domaines. Carey partage cependant avec Piaget, la vision d'une restructuration radicale de la pensée, même si sa position est beaucoup plus souple que celle de son prédécesseur. Pour Carey (1985), Carey et Spelke (1994), les changements conceptuels ne sont pas entièrement dépendants de l'achèvement de la maturation de la pensée pour passer d'un stade à un autre, mais plutôt, d'un manque de connaissances spécifiques au domaine ainsi qu'à un manque de règles d'application structurant le domaine. Carey se distingue de Piaget en émettant l'idée que la pensée est organisée en domaines de connaissances (Gelman & Opfer, 2002). Carey (1985) étudie le concept de vivant en le faisant contraster avec d'autres concepts en lien avec ce dernier comme ceux de « mort », « animé », « animal » et « plante ». Elle avance que les enfants qui n'ont pas atteint le stade adulte ne pensent pas de manière pré-causale comme le suggérait Piaget, mais ont des

connaissances biologiques incomplètes. Le concept de « vivant », de par la complexité des nombreuses propriétés qui lui sont reliées (i.e., croissance, nutrition, régénération, reproduction, héritabilité, mort, respiration) serait organisé autour de raisonnements psychologiques jusqu'à l'âge de neuf ans. La biologie enfantine ne serait donc pas un domaine initialement autonome mais émergerait du domaine de la psychologie. Les jeunes enfants utiliseraient en effet l'intentionnalité, une stratégie de raisonnement spécifique relative à ce domaine de connaissances pour traiter des informations en lien avec le domaine des connaissances biologiques. Carey considère que le développement des connaissances sur les êtres vivants est un exemple de changement conceptuel radical intervenant entre sept et neuf ans. Elle soutient que, jusqu'à l'âge de sept ans, les enfants attribuent significativement moins de propriétés telles que « se nourrir », « avoir des bébés », aux êtres vivants éloignés phylogénétiquement des humains qu'à ceux pour lesquels un anthropomorphisme est possible. Les plantes seraient par exemple exclues de ce type d'explications, ce qui attesterait de l'absence d'une véritable théorie biologique du vivant. Carey en conclut que ces enfants n'ont pas encore une véritable théorie biologique dotée d'une organisation spécifique et fait l'hypothèse que, pour les jeunes enfants, le traitement des propriétés biologiques serait dépendant d'explications relevant d'une théorie naïve de la psychologie. Un autre argument important pour sa théorie est que les enfants jusqu'à dix ans ne font pas de différence entre les propriétés qu'ils attribuent aux animaux en tenant compte du niveau de la hiérarchie taxonomique pour laquelle elles sont pertinentes : par exemple le fait d'avoir un squelette, propriété que l'on ne peut attribuer qu'aux mammifères, et d'avoir des bébés, qui est commun à toutes les espèces vivantes. Ce ne serait qu'à travers l'instruction que les enfants pourraient acquérir suffisamment de connaissances théoriques sur les fonctions biologiques pour comprendre qu'elles sont communes à l'ensemble des espèces vivantes. Les enfants parviendraient alors à une forme de pensée différente engendrée par une réorganisation radicale des concepts (Carey & Spelke, 1994 ; Spelke & Kinzler, 2007).

I. 2. 2/ Pour une réorganisation progressive et autonome des domaines de connaissances

En contraste avec la théorie de la restructuration cognitive, la théorie de la continuité suppose que les changements conceptuels se concrétisent par de petites transformations au fil du développement selon les différents domaines de connaissances. Cette théorie peut se comprendre suivant deux orientations possibles. La première pourrait s'apparenter à un simple accroissement avec l'âge des conceptions naïves. Dans ce cas, les changements conceptuels relèveraient d'une accumulation des expériences lors de nos confrontations avec

l'environnement. La seconde conçoit le développement conceptuel comme relevant de principes innés qui influenceraient le système cognitif des enfants. Dans ce cas, l'organisation des principes centraux animant les différents domaines de connaissances ne subirait pas, ou peu, de changements avec l'âge (Gelman & Opfer, 2002).

Dans les deux perspectives précitées, les enfants pourraient acquérir rapidement plusieurs structures théoriques basées sur les principes centraux des domaines de la physique, de la psychologie, et de la biologie, considérés comme les premiers à voir le jour dans l'enfance (Wellman & Gelman, 1992, 1998). A partir de ces principes centraux, les enfants pourraient ainsi faire de nombreuses acquisitions conceptuelles. L'enrichissement des concepts serait rendu possible par la mise en lien des concepts qui composent le domaine. Nous pouvons avancer trois types d'arguments pour étayer ce point de vue.

Premièrement, les enfants font précocement la différence entre les critères centraux propres à chaque domaine ontologique pour réaliser des inférences. Par exemple, les enfants font très tôt la différence entre un objet physique et la pensée de cet objet. Ils établissent donc une distinction entre ce qui relève du monde physique et ce qui relève du domaine des représentations mentales (Wellman & Estes, 1986 ; Keil, 1995).

Le deuxième argument avancé par les tenants d'une organisation précoce des connaissances des enfants en domaines tient dans leur utilisation de mécanismes causaux appropriés pour raisonner sur des domaines de connaissances distincts. D'une part, dès trois quatre ans, les enfants expliquent que si les êtres vivants peuvent se déplacer c'est parce qu'ils ont à l'intérieur d'eux-mêmes "du sang et des os". Dans le même temps, ils expliquent que les artefacts peuvent se déplacer uniquement si "un être humain les transporte" ou s'"ils ont de l'électricité à l'intérieur" (Gottfried & Gelman, 2005). Les enfants utilisent donc des raisonnements différents selon les domaines. Dans notre exemple, le raisonnement utilisé pour les êtres vivants est une forme d'essentialisme primaire. Le raisonnement invoqué pour les artefacts et selon lequel, pour se déplacer, ils nécessitent l'apport d'une énergie extérieure, se rapproche davantage du vitalisme. Les enfants mettent également en avant des propriétés réellement spécifiques au domaine pour expliquer leurs raisonnements. D'autre part, les enfants peuvent utiliser un mécanisme causal sous-jacent aux propriétés physiques d'un objet, comme la possibilité de pouvoir se déplacer par soi-même, en faisant des inférences à partir des différentes parties internes d'un objet (Gottfried, Gelman, & Schultz, 1999 ; Nguyen & Gelman, 2002).

Le dernier argument introduit la capacité des enfants à utiliser les propriétés communes à différents ensembles taxonomiques pour créer des structures interconnectées

plus étendues. Par exemple, à partir de quatre ans, les enfants regroupent les animaux et les plantes dans une catégorie commune, par l'intermédiaire de l'attribution d'une propriété biologique, celle de régénération (Backscheider, Shatz & Gelman, 1993).

On trouve chez Inagaki et Hatano (1993) et chez Inagaki et Sugiyama (1988) certaines critiques de la position de Carey. Ils discutent notamment le choix des items choisis pour son expérience. Inagaki et Hatano (1993) présument qu'une distribution plus représentative des différentes espèces vivantes pourrait engendrer un pattern de réponses beaucoup moins régulier. Inagaki et Sugiyama (1988) proposent à ce sujet des enfants de 5 ans et des adultes, ainsi qu'un matériel beaucoup plus varié que celui de Carey. Ce matériel comporte différentes catégories, des mammifères, des oiseaux, des insectes, des poissons et des plantes. Pour chacune des catégories, ils présentent cinq exemplaires, plus un humain et une pierre. Ils demandent aux sujets si chaque exemplaire comporte certaines propriétés biologiques (i.e., a des os, a un cœur) et des propriétés psychologiques (i.e., peut ressentir de la joie, peut ressentir de la peine). Ils classent les réponses données par les enfants selon qu'ils ont été guidés par la similarité avec l'espèce humaine, ou par l'appartenance de l'objet à une même catégorie. Ils montrent que les enfants ont des patterns de réponses basés sur la similarité pour ce qui est du domaine de la biologie, contrairement aux adultes qui se basent sur les catégories. Pour les propriétés psychologiques, ils montrent que les adultes n'ont pas de mode d'attribution préférentiel. Les réponses des enfants sont guidées à 12% par les catégories, à 48% par la similarité avec les humains, cependant 40% des enfants ont un pattern de réponse qui n'est pas classifiable. Ces résultats, et en particulier la différence de pourcentage de réponses guidées par la catégorie selon la nature de l'attribut, permettent à Inagaki et Sugiyama d'inférer une différence de traitement entre les propriétés biologiques et psychologiques même si leur choix d'analyse des résultats laisse dans une sorte de flou les réponses des enfants concernant le domaine de la psychologie.

Coley (1995) présente une étude originale mettant en lumière de manière plus saillante une différence précoce de traitement des connaissances de sens commun entre la biologie et à la psychologie. Il s'emploie à proposer à ses sujets des catégories les plus diverses possibles afin de tenir compte de l'ensemble du spectre des espèces vivantes. Son étude s'adresse à des adultes et à des enfants de plusieurs classes d'âge (de 5 ; 6 à 6 ; 8 ans) et (de 7 ; 4 à 9 ; 5 ans). L'originalité de l'épreuve tient au choix des stimuli. Coley propose en effet à ses sujets des animaux de l'ordre des prédateurs et des animaux domestiques. Il construit également une catégorie d'items composés d'un homme, d'un chimpanzé, d'un lombric et d'une fleur. Les questions sont de quatre types : biologiques (e.g., est-ce que X a

du sang ?, dort?, a des os?), psychologiques (e.g., est-ce que X peut penser?, ressentir de la peine?), des questions du domaine de la psychologie pour les prédateurs et pour les animaux domestiques (e.g., est-ce que X est gentil?, peut ressentir de la colère?, est-ce X peut se sentir heureux, peut ressentir de la peur?). Le résultat le plus intéressant pour notre questionnement est que même les enfants les plus jeunes (5 ; 6 à 6 ; 8 ans) attribuent des propriétés biologiques aussi bien aux prédateurs qu'aux animaux domestiques, mais attribuent de façon différentielle les propriétés « être heureux » ou « avoir peur » à ces deux groupes. Cela suggère une dissociation entre les domaines des connaissances biologiques et psychologiques, les enfants comprenant ces deux catégories animales comme biologiquement équivalentes mais psychologiquement distinctes. Coley émet donc la supposition que les enfants construisent deux modes de raisonnement distincts et que chacun évolue ensuite séparément.

Nous pouvons constater que, si les positions des tenants d'une restructuration radicale et ceux d'un enrichissement progressif et continu divergent sur l'âge de constitution d'un domaine de connaissances biologiques, ils s'inscrivent néanmoins de manière consensuelle dans une perspective de construction de la pensée organisée autour de domaines de connaissances. La position à suivre serait certainement de concilier ces deux tendances. Pour autant, nous penchons quant à nous davantage pour la perspective prônant un développement progressif des conceptions dans l'enfance à partir de conceptions centrales qui se développeraient de manière précoce. Tout en admettant que les jeunes enfants ne disposent pas de conceptions comparables à celles des adultes, nous postulons qu'ils disposent, dès un âge précoce, de conceptions suffisamment structurées qui dénoteraient l'existence d'une organisation relevant de domaines de connaissances. Afin d'établir les prémisses de ces conceptions, nous allons maintenant explorer les fondements des conceptions biologiques, à savoir les mécanismes sous-jacents à la distinction précoce existant entre le monde des objets animés et inanimés. Cette première distinction peut être considérée comme le premier pas permettant de réaliser la distinction entre les entités vivantes et non vivantes.

I. 3/ ELEMENTS DE FONDATION DU DOMAINE DES CONNAISSANCES BIOLOGIQUES

La genèse des conceptions biologiques constitue un pan fondamental de la connaissance humaine. Même si l'être humain des sociétés industrialisées est davantage

confronté aux objets manufacturés et aux machines qu'aux plantes et aux animaux, il n'en reste pas moins lui-même un être biologique qui grandit, se reproduit, a besoin de se nourrir, est sujet aux maladies et est bien entendu mortel, au même titre que toutes les entités vivantes. La biologie entretient en ce sens une place incomparable dans la pensée humaine, primordiale pour notre compréhension du monde. Cela n'empêche pas certains enfants des grandes villes d'avoir des représentations du monde animal parfois bien éloignées de la réalité. Un argument courant utilisé par bon nombre de politiciens à des fins diverses voudrait que les jeunes citadins s'imaginent que les poissons ne sont pas différents dans la mer et dans leurs assiettes, à savoir pannés et carrés. Cette caricature forcée n'en reste pas moins le reflet de la distance existant entre les enfants des villes et la nature. Dans cette partie, nous nous interrogerons sur la structuration et sur l'évolution des conceptions biologiques enfantines. Pour ce faire, il nous semble important de présenter les préalables à cette élaboration, la distinction entre ce qui est animé et ce qui ne l'est pas et ce qui est vivant ou non.

I. 3. 1/ Piaget et la notion du "vivant"

Bien que fortement remis en question aujourd'hui pour son travail relatif au développement de la notion d'être vivant pendant l'enfance (Carey, 1985 ; Wellman & Gelman, 1992), Piaget a posé les bases de l'exploration des conceptions enfantines relatives à cette question. Piaget s'est intéressé très tôt à la maîtrise de la notion d'être vivant par les enfants dont il traite dans un ouvrage paru en 1926. Il y définit cinq stades du développement au cours desquels se construirait une représentation cohérente du concept de « vie ». Selon ce modèle, il faudrait attendre que l'enfant atteigne douze ans avant de considérer qu'il possède une compréhension cohérente et complète de la notion d'être vivant comprenant aussi bien les animaux, les êtres humains que les plantes. C'est en effet à partir de cet âge qu'il parviendrait à se défaire complètement de l'idée que les entités se mouvant par elles-mêmes ne seraient pas nécessairement vivantes (i.e., rivières, soleil, nuages), et que d'autres qui ne bougent pas (i.e., plantes) seraient vivantes. Le modèle piagétien de la notion de « vivant » présente une évolution où s'entremêlent ce qui est vivant et ce qui est animé. Le mouvement tient une place prépondérante dans le développement de cette notion, il en est à la fois le premier fondement et l'obstacle majeur qui freinerait une acquisition plus abstraite. La notion d'agentivité y occupe également une position centrale puisqu'elle autorise entre sept et dix ans une réorganisation des entités considérées comme vivantes. La division en stades de la notion de vie est caractéristique du modèle piagétien. Le stade 0, qui perdure jusqu'à quatre ans, se caractériserait par une absence de concept. Au stade 1, de quatre à six ans, l'enfant attribue la

vie à toutes les entités considérées comme active. Cela inclut bien évidement les personnes et les animaux mais également les vélos ou le feu. Au stade 2, de six ans à huit ans, l'enfant restreint sa définition du vivant aux choses en mouvement. A cet âge, les enfants pensent que les personnes et les animaux sont vivants de même que le soleil, les nuages, les voitures alors que les plantes et les arbres ne le sont pas. Au stade 3, de huit ans à douze ans, l'enfant suppose qu'être vivant nécessite une autonomie de mouvement. L'enfant peut donc attribuer la vie au soleil et aux personnes, et non aux véhicules dont l'activité dépend d'une intervention extérieure. A cet âge, l'on estime que le mouvement trouve son origine dans la chose elle-même, les végétaux ne sont donc toujours pas considérés comme des êtres vivants. En dernier lieu, le stade 4, qui est le stade adulte, marque la fin de la prédominance du mouvement et de l'agentivité dans le concept de vie. Seuls les personnes, les animaux et les plantes seraient vivants.

I. 3. 2/ La persistance de stratégies de raisonnement erronées

Selon Piaget (1926, 1927), les stratégies causales des enfants en âge préscolaire qui guident les raisonnements relatifs au concept de vie seraient fortement influencées par deux croyances reliées : l'animisme - la croyance que toute chose est vivante, et le finalisme – la croyance que tout agit dans un but dirigé, la croyance que les choses existent de par leur utilité par rapport aux être humains (Opfer & Gelman, 2002) La stratégie de raisonnement animiste perdurerait assez longtemps pendant l'enfance. Jusqu'à l'âge de huit ans, les enfants considèreraient que tout ce qui a une activité quelconque est doué de conscience. Il suffirait qu'un objet se mette en mouvement (ex : un jet de caillou), ou qu'il résiste à une action (ex : un mur qui fait mal), pour que l'enfant lui attribue un désir propre. L'activité serait nécessairement douée d'intention et de conscience. La stratégie de raisonnement finaliste suivrait la même trajectoire que l'animisme. Jusqu'à huit ans, l'enfant penserait que les choses ne font pas ce qu'elles veulent car leur volonté est dirigée par une loi morale, dont le but est de tout faire pour le plus grand bien des hommes. La lune reviendrait ainsi toutes les nuits pour que l'on puisse y voir clair. Les rivières et les fleuves couleraient parce qu'il faudrait qu'il y ait de l'eau pour satisfaire les besoins humains. Cependant, il faut souligner qu'avant six ans, les croyances ne seraient pas organisées et seraient difficilement explicables. Entre six et neuf ans, la conscience est réservée aux choses qui sont ordinairement en mouvement. Une bicyclette et le soleil seraient conscients, alors qu'une table ou un caillou ne le seraient pas bien qu'ils puissent être déplacés. Ce n'est qu'entre neuf et douze ans que l'enfant distinguerait l'activité propre de l'activité engendrée par un élément externe. Les objets doués d'activité

personnelle, tels que les astres et le vent seraient toujours tenus pour conscients, alors que d'autres comme la bicyclette seraient dénués de conscience. A partir de douze ans, la conscience ne serait accordée qu'aux seuls animaux. Dans le même temps, le mouvement et l'agentivité ne seraient plus perçus comme les propriétés discriminantes pour distinguer ce qui est vivant de ce qui ne l'est pas. Avec l'accession à la pensée formelle et l'enseignement dispensé sur les mécanismes biologiques, l'enfant parviendrait progressivement à différencier ce qui est vivant à partir de critères scientifiques en leur appliquant une forme de raisonnement strictement biologique. Nous verrons par la suite que la relation entre les croyances et les raisonnements établie par Piaget est toujours d'actualité dans le débat concernant l'organisation et l'évolution des connaissances biologiques.

I. 3. 3/ Critiques envers la théorie piagétienne

De nombreuses critiques ont été apportées à la suite des travaux de Piaget (Richards & Siegler, 1984, 1986). Ces auteurs avancent que les résultats de Piaget peuvent être discutés sur le critère des propriétés utilisées pour attribuer la vie aux différents objets proposés aux enfants. Piaget utilisait la méthode clinique comme outil d'investigation de la pensée. Cette dernière consiste en une investigation de leurs conceptions par le questionnement direct afin d'essayer d'avoir accès à leurs formes de raisonnement. Piaget présentait une liste d'objets aux enfants et leur posait la question “Est-ce que cet objet est vivant ?”, puis il leur demandait d'expliquer leur jugement. Il a été démontré par la suite que demander aux enfants si tel ou tel objet est vivant influence fortement leur réponse dans ce sens. Le terme “vivant” serait fortement associé à d'autres concepts comme celui de « bouger », ou d' « entendre » (Klingberg, 1957).

Il semble par ailleurs que les enfants peuvent avoir tendance à attribuer le concept de vivant à des objets sans pour autant leur attribuer les fonctions relatives au statut d'être vivant (Beveridge & Davis, 1983). Une bougie allumée est un objet inanimé, pourtant son activité apparente est suffisante pour que les enfants lui attribuent le statut d'être vivant. Cependant ils ne lui associent aucun des mécanismes biologiques associés à la vie comme « grandir », « penser », « se nourrir ». Pour Berzonsky (1988), les obstacles que rencontreraient les enfants pour déterminer si les objets appartiennent ou non à la catégorie du vivant seraient dus à un manque de connaissances concernant les mécanismes biologiques qui en dessinent le contour. Ce manque de connaissances serait à l'origine de la confusion autour du concept de vie et de son attribution extensive aux entités inanimées.

Massey et Gelman (1988) remettent en cause l'idée piagétienne de la confusion de la notion de vivant née du mouvement dans l'enfance. Selon ces auteurs, dès trois ans les enfants seraient aptes à distinguer les objets capables de mouvement autonome. La tâche proposée aux enfants consistait à prédire la capacité de différents objets à gravir une colline. Les objets présentés sur des photographies sont de trois types : animaux, objets complexes et statues présentant la forme d'un animal ou d'une de ses parties. Les auteures avancent, que dès trois ans, les enfants présentent une habilité à classifier les objets selon leur aspect intérieur. Les enfants relieraient la capacité d'agentivité des objets aux propriétés internes des entités animées. Gelman (1990) suppose que cette habileté précoce proviendrait de la capacité des enfants à tisser des liens entre les propriétés superficielles des objets, leur aspect intérieur et leur agentivité. Grâce à cette mise en relation des propriétés de surface et des propriétés internes des objets, les enfants en âge préscolaire seraient en mesure d'extraire leur potentiel d'agentivité et ainsi d'inférer leur caractère vivant.

Le modèle piagétien relatif à la notion d'être vivant constitue une référence solide pour les nombreux chercheurs qui s'intéressent au développement conceptuel. Nous verrons par la suite que l'agentivité tient toujours une place importante dans certaines théories actuelles. Cependant, à la lumière de ces quelques critiques, les résultats qui fondent ce modèle paraissent aujourd'hui fortement influencés par des biais méthodologiques (Siegler & Ellis, 1996). Les études qui ont suivi se sont attachées à montrer que la reconnaissance du mouvement autonome et intentionnel conduit les enfants à effectuer une première distinction entre les entités animées et inanimées.

I. 3. 4/ La distinction animé-inanimé

L'une des habiletés cognitives les plus fondamentales consiste à pouvoir regrouper ou classer les propriétés, les objets ou les évènements. Plus spécifiquement, le processus de catégorisation implique le regroupement d'entités qu'il est possible de discriminer en utilisant une règle ou un principe (Poulin-Dubois, 2007). La catégorisation présente plusieurs avantages. Tout d'abord, elle permet de réduire considérablement la quantité et la diversité du monde. Le deuxième avantage est de nature mnémonique, elle permet en effet d'emmagasiner et de restituer de l'information de manière efficace. Enfin, elle nous permet de faire des inférences. Les études sur les premières catégorisations ont montré que les bébés sont capables de catégoriser les objets sur la base de propriétés telles que la couleur, la forme, l'orientation ou l'expression faciale (Rakison & Poulin-Dubois, 2001). Si les premières catégorisations s'effectuent au niveau perceptif, les enfants construisent des représentations

mentales catégorielles, autrement dit des concepts. L'une des formations les plus précoces en matière de concept d'objet est la distinction entre deux sortes d'entités, les objets animés et inanimés (Bonthoux & Blaye, 2007).

Afin de nous positionner dans le débat existant en psychologie sur l'acquisition et l'organisation de la catégorie du vivant comprenant les animaux et les végétaux, il nous semble important de présenter les travaux portant sur la conceptualisation animé-inanimé. Cette relation est fondamentale pour étudier ce qui est perçu de prime abord comme vivant. La question qui nous préoccupe ici est celle du statut que nous pouvons attribuer à la sous-catégorie des plantes. Ces dernières ne sont pas animées de mouvement dans le sens où elles ne se déplacent pas, hormis lorsqu'elles s'orientent vers le soleil (i.e., héliotropisme). Nous pouvons également considérer qu'elles sont animées à travers la propriété biologique de croissance. En effet, reconnaître qu'une plante grandit pourrait être compris comme une forme de mouvement naturel avant même de posséder une explication propre à ce mécanisme. Même s'il n'est pas toujours évident de la percevoir, la croissance des plantes pourrait constituer une ouverture dans la compréhension de leur caractère animé et induire ainsi leur statut d'être vivant. Par ailleurs, il n'est pas difficile de comparer une plante pleine de vie à une autre moribonde et estimer que la première est plus animée que la seconde. La relation animé-inanimé nous paraît en outre pertinente pour l'éclairage de la construction en parallèle de domaines de connaissances distincts comme le sont celui de la psychologie et celui de la biologie.

La question qui prévaut pour comprendre cette distinction consiste à déterminer les critères pertinents pour définir qu'une entité est animée. Plusieurs travaux se sont penchés sur cette question, chacun avec un point de vue différent. Cependant, il est possible de les regrouper suivant deux tendances principales. Un premier champ de recherches s'est concentré sur les déterminants précoces de cette relation à travers la capacité de déplacement des objets, cherchant à savoir quelle était l'influence de la motricité des objets pour leur appartenance à la catégorie des objets animés. Le deuxième champ de recherches a mis l'accent sur la capacité à déterminer l'intentionnalité dans les capacités de mouvement des objets, donc sur la possibilité de lecture des intentions des objets considérés alors comme des agents de leurs mouvements.

I. 3. 5/ Les premières bases de la distinction animé-inanimé

Gelman et Spelke (1981) sont les premiers auteurs à avoir cherché à formaliser la distinction précoce entre les objets animés et inanimés. Dans cette étude *princeps*, elles

cherchent avant tout ce qui permet aux jeunes enfants de développer leurs capacités sociocognitives. Pour ce faire, elles se concentrent sur deux types d' "objets": les personnes et des objets manipulables. Ces deux types d'objets possèdent des dimensions physiques communes comme la taille, la forme, et la couleur, et sont également sujets à des transformations physiques similaires comme les déplacements. Ces auteures considèrent qu'au delà des informations perceptives, la distinction principale entre ces objets repose sur la capacité à concevoir les objets animés comme les agents de leurs déplacements. Les objets inanimés de leur côté sont obligatoirement soumis aux interventions du monde. Les objets animés peuvent en outre se voir attribuer des états mentaux, pensées, envies, désirs. De plus, Gelman et Spelke précisent que, contrairement aux objets inanimés, les objets animés sont dépendants d'activités biologiques et que certaines des parties de leur organisme sont directement liées à des fonctions biologiques. Enfin, seuls les objets animés sont capables de communication et de réciprocité. Cette élaboration de critères pourrait paraître purement formelle. Pourtant, ces critères pourraient trouver leurs fondements dans la prime enfance notamment par la reconnaissance que seuls les êtres vivants disposent de ces fonctions de base et que les êtres humains disposent de surcroît d'habiletés communicatives avancées. Gelman et Spelke (1981) avancent que, dès le premier mois de la vie, l'enfant est capable de traiter les objets animés et inanimés de manière différente à partir des attentes qu'ils ont vis-à-vis de ces derniers. Par exemple, ils s'attendraient à ce que le comportement des objets animés soit beaucoup moins prévisible que celui des objets inanimés. L'intérêt adaptatif que comporte la réciprocité dans l'acte communicatif pourrait également être considéré comme l'un des soubassements de la distinction entre les objets animés et inanimés. Il permettrait non seulement la classification des entités avec lesquelles la communication est possible mais également l'élaboration de règles spécifiques à la sphère sociale. De la même manière, les enfants dégageraient du mouvement des objets inanimés des lois parallèles spécifiques aux actions que l'on peut avoir avec ces derniers. A l'exception de la dépendance aux contraintes biologiques, les critères retenus par ces auteurs excluent les végétaux des objets animés. Même s'il leur est parfois prêté des intentions à travers le langage courant (e.g., « Cette plante a soif ! »), les végétaux étant dépourvus de système nerveux, ne peuvent en aucun cas être considérés comme capables d'actes de communication. La proposition émise par les auteurs leur permet d'avancer que des mécanismes causaux s'exprimeraient différemment pour les personnes et les objets manipulables. Cette disposition à des formes de causalité particulière engendrerait donc l'organisation des connaissances en système.

I. 3. 6/ Vers une définition globale de la distinction animé-inanimé

Rakison et Poulin-Dubois (2001) regrettent qu'aucune des tentatives pour comprendre la formation du concept d'animé n'inclue les différents aspects qui permettent de distinguer celui-ci des entités inanimées. Ils proposent de recourir à sept caractéristiques. Leur définition retient deux grandes classes distinctives de relations, à savoir une classe de principes physiques et une classe de principes psychologiques. La classe des principes physiques se compose de cinq relations[1]. La classe des principes psychologiques est composée de deux relations[2]. Les auteurs précisent qu'ils n'ont pas retenu de propriétés biologiques car elles ne pourraient pas être extraites directement d'informations perceptives à l'inverse des propriétés physiques et psychologiques. Les auteurs rapportent que les enfants de six mois commencent à discriminer entre des entités animées et inanimées sur la base du mouvement bien qu'il n'existe pas encore de cohérence avant d'atteindre l'âge de douze mois. Les auteurs concluent que les enfants construisent graduellement cette notion à partir de l'âge de deux ans par un processus d'enrichissement continu.

Si, au regard des ces études, il est extrêmement difficile d'établir un lien entre la chose animée et la chose vivante, celles-ci exposent néanmoins un renouvellement théorique par rapport au modèle piagétien. La distinction entre les entités animées et inanimées serait effective à partir de l'âge de deux ans et ses prémisses apparaîtraient autour des six mois. Par ailleurs, ces études font ressortir, à travers leurs divergences, l'existence de modes de raisonnement propres à la physique et à la psychologie qui émergeraient très tôt pendant l'enfance. C'est en conjuguant une causalité physique à une causalité psychologique que les enfants parviendraient à construire les concepts spécifiques aux domaines des objets animés et inanimés. Il est intéressant de noter que l'un des moteurs de cette distinction, l'intentionnalité ou, à tout le moins la reconnaissance d'un potentiel d'agentivité, peut se retrouver au cœur des stratégies de raisonnement élaborées par les enfants pour rendre compte de différentes propriétés biologiques et de l'identité des êtres vivants (Carey, 1985). La maturation d'une logique générale telle que la supposait Piaget paraît dépassée par des modes de raisonnement spécifiques et une organisation des connaissances en domaines. Aussi, sans renier l'influence

1 (1/ le commencement du mouvement, initié vs causé, 2/ la direction de la trajectoire, droite vs irrégulière, 3/ la forme de la cause de l'action, une action causée à distance vs une action causée par un contact, 4/ le pattern des interactions, soumis au hasard vs non soumis au hasard, 5/ le type de rôle causal, agent vs récepteur)

2 (6/ le but de l'action, dirigé vs sans but, 7/ l'influence des états mentaux, intentionnel vs accidentel)

de mécanismes généraux sur le développement cognitif, il nous semble important de considérer, au niveau des domaines de connaissances, des élaborations locales soutenues par des modes de raisonnements spécifiques possédant un fort potentiel de structuration des conceptions.

I. 3. 7/ Définition du domaine des connaissances biologiques

D'une manière générale, le domaine des connaissances biologiques représente l'étude cognitive des modes de raisonnement et de classification des informations concernant le monde biologique selon Atran (1998). Cet auteur considère que, par bien des aspects, les conceptions biologiques naïves correspondent à la manière dont les biologistes classifient les plantes et les animaux. Premièrement, les conceptions biologiques seraient organisées de manière taxonomique autour d'espèces de bases (Medin & Atran, 1999). Ces auteurs ont développé une approche interculturelle d'appréhension du système cognitif en se focalisant sur le développement de l'organisation des différentes sous-catégories d'êtres vivants. A travers leurs études, ils montrent que tous les groupes humains semblent construire des organisations hiérarchiques de catégories emboîtées et mutuellement exclusives à un même niveau de complexité pour se représenter les différentes espèces vivantes (Atran, 1994, 1998). Cette organisation taxonomique serait essentielle pour pouvoir partager nos connaissances sur le monde qui nous entoure.

Deuxièmement, il existerait des principes de sens commun selon lesquels chaque espèce serait déterminée par une essence ou une nature causale sous-jacente responsable à elle seule de l'apparence, des comportements et de la niche écologique dans laquelle se développeraient les espèces (Atran, 1998). Le domaine biologique se fonderait donc sur un principe « d'essentialisme ». Ce type de raisonnement exprime le fait qu'un individu appartient à une espèce par essence de sorte que ce qui le détermine dans sa forme et dans ses comportements réside à l'intérieur de lui. Selon Keil (1994), l'enfant aurait très précocement, dès l'âge de quatre ans, une connaissance implicite à propos de cette causalité interne. L'essentialisme serait largement appliqué pour déterminer non seulement l'identité des êtres vivants, en opposition aux entités non vivantes, mais également comme un processus évaluatif puissant permettant de créer des inférences à partir des propriétés biologiques des êtres vivants. Que l'on parle d'une plante, d'un animal ou d'un être humain, au-delà des informations perceptives relatives à chacun des exemplaires de ces sous-catégories, ce seraient leurs composantes internes qui participeraient à la détermination de leurs appartenances catégorielles. Le concept d'essentialisme, central dans l'élaboration d'une

théorie biologique, influencerait particulièrement les conceptions relatives au processus d'hérédité et aux caractéristiques d'identité des individus. Par exemple, un chat reste un chat même si quelqu'un transforme son apparence pour le faire ressembler à un chien et l'enfant, dès l'âge de huit ans, inférerait que l'ensemble de ses comportements restera celui d'un chat. Le concept d'essentialisme permet de comprendre que les membres d'une catégorie partagent irrémédiablement des propriétés communes (Keil, 1994). Nos théories de sens commun se rapportant à la biologie sont donc déterminées par un ensemble de propriétés inter-reliées de sorte que l'on se situe pleinement dans une forme particulière de domaine spécifique. Keil suppose que les enfants possèdent assez précocement des connaissances biologiques relayées par des types de raisonnement biologique, bien qu'ils ne puissent en exprimer tous les tenants et aboutissants (Springer & Keil, 1989, 1991). Keil (1994) propose de considérer sept particularités des êtres vivants afin de définir le domaine des connaissances biologiques. Il accorde dans sa nomenclature une place importante au déterminisme interne ainsi qu'à l'essentialisme :

1/ l'héritabilité des caractéristiques de l'espèce liée à la reproduction ;

2/ la reconnaissance de l'existence d'une structure interne hétérogène et complexe ;

3/ tous les êtres vivants grandissent et subissent des changements irréversibles ;

4/ une essence intrinsèque détermine la plupart de leurs propriétés apparentes indépendamment des forces naturelles externes (écosystème) et de la volonté humaine ;

5/ leur apparence est déterminée par une essence interne mais également par un ensemble de liens causaux entre cette essence et la forme qu'elle prend (e.g., un dauphin n'est pas un poisson mais bien un mammifère bien qu'il vive dans la mer) ;

6/ leurs propriétés ont une raison d'être (i.e., elles servent l'individu dans un but) ;

7/ leurs différentes parties « travaillent » ensemble pour maintenir le meilleur équilibre possible à leur survie, (Keil, 1994, pp. 236-237).

Cependant, d'autres formes de raisonnement causal sont prégnantes pendant l'enfance et perdurent jusqu'à l'âge adulte comme l'indiquent les deux derniers critères de cette nomenclature évoquant la fonctionnalité des propriétés biologiques et des organes. Par ailleurs, il est aujourd'hui reconnu que les enfants n'utilisent pas les mêmes stratégies de raisonnement pour s'exprimer sur les différentes catégories d'entités biologiques. Il semble également que les mécanismes biologiques communs à ces entités induisent des stratégies de raisonnement différentes (Poling & Evans, 2002). Ni les adultes, ni les enfants ne seraient exclusivement attachés à un mode d'explication particulier. Ils exerceraient plutôt une flexibilité causale en fonction des différents contextes comportementaux qui leur sont

proposés. Pour Keil (1994), de même que pour Gelman et Wellman (1998), aucun des modes de raisonnement n'est exclusif à un domaine de pensée. Même si certains sont plus appropriés que d'autres en fonction des domaines invoqués, l'intentionnalité pour la psychologie, l'essentialisme ou le vitalisme pour la biologie, l'on observe que, même chez les adultes, tous les raisonnements portant sur des mécanismes biologiques ne sont pas guidés par une forme d'essentialisme mécaniste, mais peuvent être guidés par une forme d'essentialisme psychologique. La notion d'essentialisme psychologique suggère que, sans connaître les tenants et aboutissants de la relation entre l'ADN et l'identité physique d'un individu, les adultes, tout comme les enfants, pourraient concevoir qu'une essence cachée serait responsable de l'intégrité physique des entités biologiques malgré les transformations de formes induites par la croissance ou la reproduction.

Troisièmement, les conceptions naïves biologiques seraient constituées en subdivision par espèce en fonction de leur essence à un niveau local. De même que les premières classifications de la faune et de la flore ont pu être représentées par une arborescence par regroupement de familles possédant des caractéristiques communes, les conceptions naïves suivraient une structure hiérarchique qui se référerait à une organisation taxonomique (e.g., chêne vert / chêne / arbre).

Enfin, la quatrième dimension commune aux théories de sens commun et aux théories biologiques scientifiques découle de cette structure taxonomique (Atran, 1998). Ce type de structuration ne se résume pas à un gain important d'organisation et de condensé d'informations, il permettrait en outre de réaliser des inférences par un réseau d'inductions découlant du partage de propriétés d'espèces plus ou moins proches. Les inférences seraient bien entendu étendues d'une entité à ses plus proches voisins s'il s'agit d'une propriété spécifique comme une maladie particulière à une espèce (e.g., la grippe aviaire par exemple pouvant se transmettre des oiseaux sauvages, comme les oies, à des oiseaux d'élevage, canards, poules, dindons, mais ne pouvant pas se transmettre directement à d'autres espèces vivantes comme les êtres humains). Les inférences peuvent aussi se réaliser à partir de propriétés communes à l'ensemble des sous-catégories du vivant lorsqu'il est question des critères d'inclusion d'une entité à cette catégorie (e.g., croissance, nutrition, héritabilité, mort, régénération, reproduction). Dans ce cas, savoir que deux entités aussi éloignées qu'un chien et un chêne obéissent aux mécanismes biologiques de croissance permet de tirer des conclusions sur leur caractère vivant et sur le fait qu'ils sont également mortels.

Pour conclure, le domaine des connaissances biologiques paraît en tout point tenir d'une organisation des conceptions en domaines spécifiques. Il permet l'exploration de l'organisation des conceptions qui lui sont liées par le biais d'une construction théorique sous-tendue par des stratégies de raisonnement qui lui semblent propres et un développement des propriétés permettant de définir l'appartenance d'une entité au monde du vivant. Nous allons maintenant explorer l'autonomie du domaine des connaissances biologiques en nous focalisant sur les conceptions intuitives enfantines de la sous-catégorie des végétaux.

I. 4/ LE STATUT PARTICULIER DES VEGETAUX DANS LES CONCEPTIONS BIOLOGIQUES ENFANTINES

Les travaux de Piaget (1926) supposent que la maîtrise du statut des végétaux comme êtres vivants nécessite d'accéder au stade d'une pensée formelle et à l'abandon définitif du schéma de pensée basé sur le mouvement. Cette acquisition tardive des conceptions biologiques qu'ont les jeunes enfants des végétaux est partagée par Carey (1985) bien que cette dernière envisage, à la différence de Piaget, une structuration des conceptions biologiques sous l'angle des domaines de connaissance. Elle postule que l'extension des propriétés biologiques aux végétaux s'effectuerait par un accroissement des connaissances biologiques qui tendrait à diminuer l'impact du caractère prototypique de l'être humain dans ces conceptions. Cette décentration de l'humain des conceptions biologiques enfantines permettrait aux enfants de se défaire de stratégies de raisonnement psychologique, comme l'intentionnalité, au profit de stratégies de raisonnement intermédiaire entre le domaine des connaissances psychologiques et biologiques, comme le vitalisme, avant d'établir des stratégies de raisonnement spécifiquement biologique sous tendues par une élaboration mécaniste des propriétés biologiques (Slaughter, Jaakkola, & Carey, 1999). Cette décentration apparaîtrait néanmoins relativement tard puisqu'elle serait effective entre sept et neuf ans. La perspective engendrée par les travaux sur les domaines de connaissances spécifiques à donné lieu à plusieurs études ayant tenté de comprendre pourquoi les végétaux entretiennent un statut si ambigu dans la pensée des jeunes enfants (Meunier & Cordier, 2004 ; Anggorro, Waxman, & Medin, 2005). Ces auteurs répondent aux premières caractérisations du statut des végétaux dans l'enfance appréhendés par l'intermédiaire du développement des concepts de vie et d'êtres vivants (Richards & Siegler, 1984, 1986 ; Stavy & Wax, 1989 ; Hatano, Siegler, Richards, Inagaki, Stavy, & Wax, 1993 ; Van der Keilen, Roy, 1995).

I. 4 .1/ La vie, les végétaux et l'absence de mouvement

Richards et Siegler, (1984, 1986) ont compté parmi les premiers auteurs à avoir critiqué la méthode d'investigation de Piaget. Alors que Piaget demandait directement aux enfants si une grande variété d'objets familiers était vivante, ces auteurs cherchent à déterminer le processus permettant aux enfants d'attribuer le statut d'être vivant à des objets présentant un degré moindre de familiarité. Ils partent du principe que les enfants peuvent comprendre le statut des êtres vivants, des animaux et des végétaux de deux manières différentes. La première voudrait qu'ils apprennent de leurs parents ou de leurs instituteurs que seuls les végétaux et les animaux sont des êtres vivants à l'inverse d'autres objets. Cette démarche n'implique pas nécessairement que les enfants comprennent réellement ce qu'est un être vivant et ils pourraient, comme le suggérait Piaget, être fortement influencés par leur capacité de mouvement. Dans ce cas, il est probable que le statut d'être vivant se confonde avec celui d'être en mouvement. A ce niveau, les enfants auraient simplement besoin d'informations perceptibles pour décider ce qui est vivant ou non. La seconde manière de comprendre le statut d'êtres vivants des animaux et des végétaux s'établirait à travers les propriétés qui en déterminent les critères d'appartenance au domaine du vivant (i.e., la respiration, la croissance, la nutrition, la mort, la régénération, la reproduction). Comprendre le rôle de ces propriétés dans la détermination du statut d'être vivant est tout aussi utile pour pouvoir inférer le caractère vivant des objets que d'apprendre que seuls les animaux et les plantes sont des êtres vivants. Richards et Siegler (1986) développent une méthode d'interrogation qui permet aux enfants (i.e., 4-5 ; 6-7 ; 8-9 ; 10-11 ans) et aux adultes d'expliquer pourquoi ils pensent que plusieurs objets sont des êtres vivants ou non. Ils demandent pax exemple : « Est ce que tu pourrais me dire en quoi des choses vivantes sont différentes des choses qui ne sont pas vivantes ? » ou « Cette chose bouge mais ne fait pas de bruit, est-ce que tu penses qu'elle est vivante ? ». Leurs études de 1984 et 1986 soulignent qu'avant sept ans les enfants attribuent rarement le statut d'êtres vivants aux végétaux. Avant sept ans, les enfants nomment des attributs des animaux pour parler de ce qui est vivant (i.e., cela bouge, cela parle) excluant ainsi les végétaux de leurs conceptions biologiques du vivant. Il faudrait attendre l'âge de huit ans pour que les enfants présentent des conceptions relevant des critères du vivant incluant les plantes et les animaux dans une même catégorie (i.e., manger, respirer, mourir). Au vu de données produites par ces expériences, la référence aux êtres humains et aux animaux est primordiale pour établir le statut d'être vivant. Toutefois, l'intérêt de cette l'étude de Richards et Siegler a été de montrer que si les jeunes enfants

basent leurs raisonnements principalement sur la capacité de mouvement, c'est également le cas chez les enfants de onze ans et chez les adultes. Cette explication constitue en effet l'une des premières évoquées par les adultes pour définir la vie. Par ailleurs, les auteurs ont mis en évidence que les enfants font précocement la distinction entre le mouvement des entités animées et des entités inanimées. Ainsi, l'absence de mouvement des végétaux est considérée par Richards et Siegler (1984, 1986) comme l'obstacle principal réduisant la possibilité pendant l'enfance, mais également à l'âge adulte, d'attribuer le statut d'êtres vivants aux végétaux.

I. 4. 2/ Les obstacles culturels à l'attribution de la vie aux végétaux

Dans la lignée de ces travaux, Stavy et Wax (1989) mènent une étude visant à déterminer le statut des végétaux en tant qu'êtres vivants en s'intéressant aux différences de conception existant entre les plantes et les animaux chez des enfants de six à quinze ans. Les auteurs demandaient aux participants de classer des plantes, des animaux et des objets en fonction de leur caractère vivant puis en fonction des critères du vivant (i.e., grandir, se reproduire, se nourrir, et respirer). Les enfants devaient ensuite expliquer leurs jugements. Pour ce faire, les auteurs commencent par demander aux enfants : « Est-ce que les plantes sont des êtres vivants ? » ; « est-ce qu'elles respirent ? » ; « etc. » en suivant la méthode d'entretien piagétienne. Les données recueillies montrent qu'entre l'âge de huit et neuf ans, les enfants considèrent, pour 69% d'entre eux, les plantes comme des êtres vivants. Les propriétés biologiques associées le plus fréquemment aux végétaux sont la croissance (100%) et la nutrition (70%). Ces résultats sont surprenants, puisqu'ils indiquent que, même si les enfants comprennent que les végétaux croissent, ce mécanisme n'est pas forcément pour eux relié à l'idée d'être vivant. Dans un deuxième temps, les auteurs proposent une tâche à partir d'une diversité d'items (i.e., homme, chat, oiseau, poisson, mouche et ver de terre pour les animaux ; fleur, arbre, buisson, herbe pour les végétaux ; feu, nuage, voiture, marteau, table et pierre pour les objets inanimés). Les participants doivent se prononcer pour chacun des items sur leur caractère vivant et en expliquer les raisons. Ils peuvent classer les items en trois catégories : vivant, non vivant et intermédiaire si les participants sont hésitants. Enfin, les participants doivent se prononcer sur les propriétés biologiques pour chaque item. Les résultats indiquent que, si, à tous les âges, les animaux sont considérés comme des êtres vivants (100% de six à quinze ans), les végétaux ne se voient pas attribuer le même statut (graduellement de 30% à 60% entre six et onze ans ; de 70 à 80% entre douze et quinze ans). Les objets inanimés sont considérés comme tels dès six ans pour 80% d'entre eux.

L'ensemble des participants parvient parfaitement à attribuer les propriétés biologiques aux animaux, en revanche ils ne présentent des résultats cohérents pour les végétaux qu'à partir de 12 ans. Avant cet âge, les différentes propriétés biologiques semblent subir la loi du hasard. Les auteurs rapportent par exemple que, même lorsque les enfants argumentent qu'un arbre est vivant parce qu'il respire, si on leur demande plus tard si un arbre peut respirer, ils peuvent répondre par la négative. Les auteurs expliquent cette différence de conception entre les végétaux et les animaux sous l'angle culturel. Cette étude ayant été menée en Israël, ils expliquent qu'en hébreu le terme utilisé pour parler des êtres vivants est très proche de celui employé pour parler des animaux. En outre, dans cette langue, les verbes décrivant la mort et la croissance des plantes sont différents de ceux utilisés pour parler des animaux. Ils postulent donc que le langage a une influence prépondérante dans la classification des êtres vivants. Par ailleurs, la culture juive pourrait également influencer cette classification par le discours contenu dans la bible. Les auteurs mentionnent un passage de la Genèse où les végétaux sont présentés uniquement comme de la nourriture pour tout ce qui est vivant : « Et à toute bête sauvage, à tout oiseau du ciel, et à tout ce qui rampe sur la terre et qui a en lui une âme vivante, (je donne) toute herbe verte en nourriture. » (La Bible, Genèse I.30 p. 37). Ces particularités culturelles peuvent expliquer pourquoi les enfants ont davantage tendance à considérer les végétaux comme des entités non vivantes où à leur attribuer un statut intermédiaire entre ce qui est vivant et ce qui ne l'est pas. Cette étude a donné lieu à une collaboration internationale (i.e., Etats Unis d'Amérique, Israël, Japon) afin d'appréhender les déterminants culturels en jeu dans la conceptualisation des végétaux (Hatano et al., 1993). Cette étude a de nouveau montré que seuls les jeunes israéliens ont des difficultés très prononcées dès lors qu'il s'agit de comprendre le statut d'êtres vivants des végétaux. La méthode de Stavy et Wax (1989) a également été suivie par Van der Keilen et Roy (1995) avec des enfants canadiens de culture française de six à treize ans. Elles ont montré que, dès l'âge de six ans, les enfants associent la propriété de croissance des plantes (i.e., pousser) à leur caractère vivant. Par contre, il faut attendre onze ans pour que les autres propriétés (i.e., manger, respirer, se reproduire) soient à leur tour associées au concept de vie. Les auteures remarquent en outre que, dès l'âge de sept ans, toutes les propriétés seraient associées au caractère vivant des végétaux. Ainsi, si entre six et douze ans, de plus en plus d'enfants conçoivent les plantes comme des êtres vivants et que leur connaissance des critères de la vie s'améliore, la relation entre les deux entités n'est pas nécessairement établie.

Anggorro et al., (2005) ont travaillé sur l'influence du langage sur la construction des conceptions enfantines relatives aux êtres vivants. Ils ont montré qu'en langue anglaise, le

concept d'être vivant incluait les animaux et les plantes mais que le concept d'animal recouvrait deux sens différents. Dans un sens inclusif, le concept d'animal inclut à la fois les êtres humains et les animaux non humains. Dans le sens exclusif, le même concept d'animal établit un contraste entre les animaux non humains et les êtres humains en incluant uniquement les animaux. Ainsi, les enfants pourraient mal interpréter le concept de vie et ne l'appliquer que de manière inclusive aux êtres humains et aux animaux excluant ainsi de leurs conceptions biologiques les végétaux. Dans la culture Indonésienne, contrairement à ce que l'on peut s'observer dans la langue anglaise, le terme d'être vivant fait tout autant référence aux êtres humains, et aux animaux qu'aux plantes. Dans cette culture, le terme d'animal ne recouvre pas deux sens différents, cela permet de supposer que si le développement des conceptions biologiques est bien influencé par des aspects culturels, les enfants ne devraient pas attribuer les critères du vivant (i.e., être vivant, mourir, grandir) de manière équivalente aux différents représentants en fonction de leurs cultures d'appartenance. Grâce à une tâche de classification de dix-sept images incluant aussi bien des animaux, des plantes, des objets naturels non vivants et que des artefacts, les auteurs démontrent que les enfants d'origine indonésienne considèrent les plantes comme vivantes dès l'âge de six ans alors qu'il faut attendre l'âge de neuf ans dans la culture anglaise. Néanmoins, les auteurs n'observent pas de différence entre les cultures lorsqu'il s'agit d'attribuer des propriétés biologiques (i.e., mourir, se nourrir, grandir. Dès l'âge de six ans et demi, les enfants réussissent cette tâche de classement pour les différentes propriétés, et atteignent des scores proches du maximum. Ainsi, les résultats de cette étude montrent que les enfants indonésiens de six ans et demi possèdent un concept inclusif de l'expression « êtres vivants » comprenant aussi bien les animaux que les plantes. Par ailleurs, les auteurs montrent qu'il existe une confusion entre les concepts d'être vivant, d'animal, et de vivant. L'influence de la linguistique, comme celle des structures conceptuelles propres à chaque culture serait fondamentale pour l'élaboration des théories biologiques. En outre, il apparaît, aux vues des données de cette étude, que le type de tâche employée pour mesurer le degré de conceptualisation des végétaux au sein de la catégorie du vivant est d'importance. En effet, la tâche de classification utilisée par Anggorro et al., (2005) produit des résultats indiquant une conceptualisation des propriétés biologiques nettement supérieure à ceux observés avec la procédure de questionnement de Stavy et Wax (1989).

Les travaux portant sur l'évolution du concept de vie et la place qu'entretiennent les végétaux dans les conceptions enfantines biologiques ne nous permettent pas d'établir un consensus strict sur ces questions. L'évolution de ces concepts a été expliquée en fonction de

différents facteurs : la disparition de l'animisme piagétien, le rôle principal du mouvement de Richards et Siegler (1984, 1986) en lien avec la distinction précoce entre les entités animées et inanimées (Rakison & Poulin-Dubois, 2001), l'acquisition tardive des critères biologiques en fonction de la culture (Stavy & Wax, 1989 ; Van den Keilen & Roy, 1995 ; Anggorro et al. (2005), le passage d'un raisonnement analogique à un raisonnement déductif (Carey, 1985). Il nous semble particulièrement difficile de considérer que l'un de ces processus est le seul responsable des difficultés que rencontrent les jeunes enfants pour concevoir les végétaux comme des êtres vivants. L'ensemble de ces facteurs sont autant d'obstacles à cette conceptualisation et participent tous à leur niveau à l'élaboration de conceptions naïves. Si l'intégration des végétaux à la catégorie des êtres vivants est particulièrement ardue pour les enfants, il est pertinent de s'interroger sur la question de leur typicalité au sein de cette catégorie pour établir une éventuelle progression graduelle des végétaux par le biais de cette variable.

I. 4. 3/ La question de la typicalité des végétaux

L'étude de Meunier et Cordier (2004) est la première à avoir évalué l'extension réelle des conceptions enfantines des végétaux en se focalisant sur la question de leur typicalité. Comme le remarquent les auteurs, la plupart des études ne présentent généralement que très peu de représentants de cette sous-catégorie et permettent rarement de tirer des conclusions définitives sur une élaboration progressive ou en bloc de cette sous-catégorie d'êtres vivants. Selon les auteurs, la typicalité renvoie « au résultat d'un recouvrement important des attributs composant les exemplaires d'une catégorie donnée, ce recouvrement étant plus important pour les exemplaires les plus représentatifs. » (Meunier & Cordier, 2004, p. 166). Il est également possible de considérer les propriétés qui ont le plus de poids pour définir la catégorie. Les items les plus représentatifs de leur catégorie sont généralement appris plus rapidement que les items périphériques. Par ailleurs, les premiers mots produits lors de la période de « l'explosion lexicale » (i.e., autour de trois ans) sont des termes exprimant généralement le niveau de base des catégories taxonomiques. Celui-ci constitue le niveau le plus général pour lequel il existe une forte ressemblance à l'intérieur de la catégorie (Rosch & Mervis, 1975, in Meunier & Cordier, 2004). Meunier et Cordier (2004) s'appuient sur une tâche de dénomination et une tâche de catégorisation pour évaluer l'organisation interne de la catégorie des végétaux (i.e., des arbres, des fleurs, des champignons, des légumes, des plantes d'appartement, et des arbustes). La tâche de dénomination est proposée à des enfants de cinq ans et de dix ans ainsi qu'à des adultes. Les résultats produits montrent qu'il faut attendre dix

ans et demi pour que les différentes catégories soient dénommées au niveau de base. Les enfants de six ans et demi ne produisent pas de dénomination catégorielle spontanée pour les sous-catégories des légumes et des plantes d'appartement. Par ailleurs, si les catégories des fleurs et des arbres sont correctement dénommées, elles ne sont pas encore conçues comme appartenant à un même réseau ontologique. La tâche de catégorisation comporte des dessins de plantes et d'animaux. Il apparaît que les enfants de cinq ans et demi ne considèrent pas encore les sous-catégories des champignons, des légumes et de certains arbres comme caractéristiques des végétaux. Ils rejettent les items les moins familiers que sont la mousse, le lichen et l'herbe. Ainsi, il est possible, à la suite de cette étude, d'établir un gradient de typicalité au sein de la catégorie des végétaux dont les items les moins typiques seraient les champignons, les légumes et étonnamment les arbres. Les items les plus typiques sont les fleurs et les plantes d'appartement qui constituent à tous les âges les meilleurs représentants des végétaux. Contre toute attente, les arbres ne seraient donc pas perçus par les enfants comme une sous-catégorie représentative de la classe des végétaux mais entretiendraient une position intermédiaire entre les végétaux typiques et atypiques. Il est possible que la tâche de classement utilisant le terme de plante dans sa consigne ait induit les enfants en erreur. Ce terme active en effet des représentants de petite taille du fait de la forte association avec les plantes d'appartement, les arbres, de par leur stature imposante, se trouveraient alors exclus de cette catégorie.

Cette étude marque une avancée singulière dans la compréhension de l'organisation du domaine des connaissances biologiques chez l'enfant. Elle a permis de montrer qu'à l'âge de cinq ans et demi, les enfants n'appréhendent pas encore la catégorie des végétaux dans sa globalité. Le statut particulier accordé aux arbres est un bon exemple de la construction progressive de cette catégorie d'être vivant. Ainsi, bien que la typicalité marque profondément les conceptions des enfants relatives aux végétaux, les plus jeunes enfants semblent néanmoins posséder les prémisses d'une structuration organisée sur les caractéristiques super-ordonnées de cette catégorie.

CONCLUSION

La présentation des études ayant conduit à considérer la constitution des conceptions, qui se forment dans l'enfance comme relevant des domaines de connaissances, a montré que les conceptions biologiques intuitives présentent les caractéristiques d'une organisation théorique dès l'âge de quatre ou cinq ans. Malgré cela, la catégorie des végétaux possède un

statut particulier au sein des êtres vivants jusqu'à un âge assez tardif. Cette sous-catégorie semble se distinguer nettement de celle des animaux et des êtres humains comme l'indiquent les nombreux processus qui freinent sa conceptualisation. Les jeunes enfants ne sont pas pour autant dénués de connaissances vis-à-vis du monde végétal, comme l'indiquent Meunier et Cordier (2004). Afin de compléter notre investigation du domaine des connaissances biologiques pendant l'enfance, nous allons maintenant nous intéresser à la conceptualisation des propriétés biologiques de croissance, d'héritabilité, de mort et de régénération car les théories naïves biologiques ne peuvent se comprendre sans tenir compte des critères qui définissent le vivant. La poursuite de cette exploration sera pour nous l'occasion de spécifier dans quelles mesures les enfants attribuent ces différentes propriétés biologiques à la catégorie des végétaux.

CHAPITRE II. Compréhension des propriétés biologiques dans l'enfance

INTRODUCTION

Posséder une construction globale du domaine biologique implique d'avoir une vision ontologique du concept d'être vivant pouvant revêtir plusieurs formes selon les sous-ensembles taxonomiques auxquels appartiennent les entités. Il existe cependant un nombre fini de propriétés qui permettent de définir le domaine des connaissances biologiques. Ce sont la mort, la régénération, la croissance, la nutrition, la respiration, la reproduction et le principe d'héritabilité associé à la reproduction. Considérer qu'une entité appartient à la classe des êtres vivants suppose qu'elle puisse répondre à chacun de ces critères. Il semble évident que les modes de nutrition du cheval, du ver de terre ou de l'orchidée sont différents. Cependant, ces trois entités partagent cette propriété de nutrition au-delà des modes spécifiques qu'elles empruntent. Il est possible d'établir la même réflexion pour les autres propriétés précédemment citées. Un arbre et un être humain ne sont pas soumis aux mêmes modes de reproduction ou de mort, pourtant ils partagent tous deux ces propriétés permettant de comprendre qu'ils répondent malgré leurs différences aux critères biologiques. Ce sont ces critères qui, au-delà de la spécificité avec laquelle s'expriment les propriétés biologiques, déterminent l'appartenance de l'arbre comme de l'être humain à la classe des êtres vivants. Cependant, si les propriétés biologiques constituent les principes irréductibles permettant de construire une catégorie homogène des êtres vivants, d'autres traits de ce concept pourraient venir interférer dans cette catégorisation en premier lieu desquels se trouvent les éléments directement perceptifs que sont les différentes dimensions du mouvement (i.e., autonome, dirigé vers un but ou non), ainsi que les propriétés psychologiques dont nous avons vu plus haut qu'elles constituent l'une des bases de distinction entre les entités animées et inanimées.

Ce chapitre est entièrement consacré à l'étude des conceptions enfantines des propriétés biologiques. Nous porterons notre attention plus particulièrement sur les propriétés de croissance, d'héritabilité, de mort et de régénération. Ce choix, non exhaustif, est motivé par plusieurs éléments. Tout d'abord, nous n'évoquerons pas ici les propriétés de respiration et de reproduction de manière directe car elles sont relativement peu étudiées dans la littérature scientifique. Pour sa part, la propriété de nutrition ne fera pas l'objet d'un

traitement à part entière mais sera mise en lien avec la propriété de croissance à laquelle elle est fortement associée. Enfin, nous conclurons ce chapitre en présentant les conceptions intuitives des enfants des propriétés de mort et de régénération qui constituent le cœur de notre travail de recherche. Ces deux propriétés nous ont particulièrement intéressé car elles entretiennent un caractère singulier pour la catégorie des végétaux tout en étant fondamentales pour la constitution d'un domaine de connaissances biologiques pendant l'enfance. Dans la pensée adulte, le concept de mort est sans aucun doute indissociable de celui de vie, pour autant la mort des végétaux est fortement conflictuelle. S'il est indéniable que les végétaux sont comme tous les êtres vivants amenés à mourir, leur longévité, leur aptitude à revenir à la vie après avoir été arrosés, la question de l'identité d'une plante pouvant repousser à partir de rejets après avoir été arrachée, leur confèrent un statut unique dans le règne du vivant. La propriété de régénération possède également un statut particulier au sein des êtres vivants. Cette propriété est nettement plus développée chez n'importe quelle plante que chez tous les autres représentants du monde biologique. Les végétaux possèdent en effet la capacité de se reconstituer entièrement à partir de n'importe quelle cellule de leur organisme (Wolpert, 1999). L'intérêt de cette propriété est donc de nécessiter un dépassement d'analyse simplement perceptive comme c'est le cas pour la propriété de croissance, avant de pouvoir l'attribuer aux végétaux. Ces propriétés sont foncièrement différentes dans leur compréhension que pour la catégorie des animaux. Aussi, nous supposons que leur reconnaissance pour la catégorie des végétaux pourrait être un excellent révélateur d'une construction homogène et cohérente du domaine de connaissance biologique.

Les études décrivant la compréhension des propriétés biologiques pendant l'enfance se sont généralement davantage préoccupées de la catégorie des animaux que de celle des végétaux. Nous nous attacherons néanmoins à spécifier, pour chacune, la compréhension que peuvent en avoir les enfants pour les végétaux. Bien que faisant l'objet du prochain chapitre, nous serons également contraints d'introduire les stratégies de raisonnements qui permettent d'organiser et d'autoriser la réalisation d'inférence biologique au cours de l'exploration des conceptions intuitives enfantines des propriétés biologiques.

II. 1/ LA PROPRIETE DE CROISSANCE

La compréhension de la notion de croissance par les enfants en âge préscolaire et scolaire en tant que propriétés biologiques a été un sujet d'intérêt constant de par sa primauté développementale (Rosengren, Gelman, Kalish, & McCormick, 1991 ; Hickling & Gelman,

1995 ; Inagaki & Hatano, 1987, 1993, 1996 ; Declercq & Labrell, 2009). Si les études qui ont été menées sur ces questions délaissent généralement la catégorie des végétaux au profit de celle des animaux, elles ont clarifié le rôle qu'entretiennent ces propriétés dans les théories naïves biologiques enfantines.

II. 1. 1/ Conceptions enfantines de la croissance

Afin d'étudier la propriété de croissance, Rosengren et al., (1991) proposent une série d'expériences à des enfants de trois à six ans. Il s'agit, pour les enfants, de déterminer l'évolution d'animaux et d'artefacts dans le temps en prédisant les éventuels changements de formes et de couleurs. A tous les âges étudiés, les enfants semblent reconnaître que seuls les animaux peuvent grandir au fil des années. Les auteurs avancent que les enfants dès l'âge de trois ans posséderaient une compréhension du concept de croissance reposant sur deux principes. La croissance suivrait une logique déterminée indépendante du hasard et ce concept serait réservé à un ensemble d'entités spécifiquement sujettes à ce mécanisme (i.e., les animaux uniquement). Dès l'âge de trois ans, les enfants reconnaîtraient que les changements de tailles des animaux seraient dus à leur vieillissement alors que les artefacts ne subissent pas de changement de taille avec le temps. Les auteurs de cette étude suggèrent que les réflexions des jeunes enfants seraient dégagées des influences perceptives et reposeraient sur une organisation en domaines.

Hickling et Gelman (1995) ont, pour leur part, cherché à savoir si les conceptions précoces sur la propriété de croissance que l'on peut observer pour les animaux étaient également présentes pour les plantes. Il est, en effet, primordial d'examiner les conceptions qu'ont les enfants des végétaux afin de conclure à l'existence d'une théorie biologique complète. En outre, cela permet d'observer si les enfants possèdent réellement des raisonnements exprimant une organisation biologique de leurs connaissances plutôt que des raisonnements psychologiques comme le supposait Carey (1985). Pour ce faire, les auteurs ont interrogé des enfants de quatre ans à propos des graines. Ils considèrent que les graines représentent non seulement un moment clef du processus de croissance des plantes, mais également une étape fondamentale pour la compréhension des cycles naturels. Dans une série d'expériences, ils s'intéressent aux réflexions des enfants sur l'origine et les conditions de croissance des graines d'une part, et d'autre part, à la place qu'elles entretiennent dans la chaîne naturelle qui les relie aux plantes, aux fleurs et aux fruits. Les résultats obtenus ont mis en évidence que les enfants, dès l'âge de quatre ans, préfèrent expliquer la propriété de croissance en invoquant des causes naturelles comme la pluie et le soleil plutôt que des causes

artificielles comme la fabrication en usine. Les enfants reconnaissent que les graines sont d'origine naturelle et que le processus de croissance l'est également. En outre, les enfants rejettent généralement les explications intentionnelles qui impliqueraient que la croissance dépend d'une volonté inhérente à la graine. Par ailleurs, les enfants semblent comprendre que, si les êtres humains peuvent aider la graine à pousser en l'arrosant, il leur est impossible de la faire croître de manière artificielle. Concernant la relation entre la graine et le cycle naturel de la plante, il semble exister une différence importante entre les conceptions des enfants de quatre ans et ceux de quatre ans et demi. Cet âge serait donc une étape de référence dans la compréhension du mécanisme de croissance et du lien unissant les différentes étapes du cycle naturel. Les résultats suggèrent en effet que seuls les enfants de quatre ans et demi associent la graine à la plante et aux fruits. Ils reconnaissent notamment qu'une graine de pomme ne peut pas engendrer un autre arbre qu'un pommier. De la même manière que pour les animaux, les jeunes enfants possèdent une conception du mécanisme de croissance reposant sur un ensemble de processus contrôlés et prédictibles. De fait, tout comme Rosengren et al. (1991), les auteurs postulent l'existence d'une théorie causale du mécanisme de croissance aussi bien pour les animaux que pour les plantes. Ces résultats suggèrent l'existence d'une pensée biologique émergente intégrant les plantes et les animaux entre quatre et cinq ans. Il nous apparaît néanmoins nécessaire de rappeler qu'à cet âge, l'école fournit aux enfants l'opportunité de travailler précisément sur le rôle des graines dans le cycle naturel de la plante et des facteurs de son développement. Les plantations de graines et leurs observations dans le temps constituent à cet âge la principale source d'apprentissage du monde vivant utilisée par les enseignants d'école maternelle. Par ailleurs, il est important de noter qu'avant quatre ans et demi, l'intentionnalité occupe une place résiduelle dans les explications choisies par les enfants pour rendre compte du mécanisme de croissance et ce, malgré l'absence d'informations perceptives laissant supposer une activité consciente (bouches, yeux, oreilles). Cette utilisation de l'intentionnalité laisse supposer que ces enfants ne font pas encore la distinction entre ce qui relève de la vie et ce qui est animé.

II. 1. 2/ Le vitalisme comme support biologique de la croissance

Inagaki et Hatano (1996) se sont interrogés sur la reconnaissance par les enfants de partage de mécanismes biologiques (croissance, nutrition, possibilité d'être malade) entre deux familles d'êtres vivants : les végétaux et les animaux. L'objectif de cette étude est de savoir si les enfants de quatre et cinq ans considèrent le domaine biologique comme autonome sur la base de mécanismes biologiques directement reliés au raisonnement vitaliste. Dans le

chapitre III, nous consacrerons une partie au raisonnement vitaliste afin de détailler son rôle dans la construction de la pensée biologique enfantine. Dans une série d'expériences menées sur une population d'enfants de quatre et six ans, les auteurs examinent l'influence de la notion de croissance sur cette construction théorique ainsi que les stratégies de raisonnement qui leur permettent d'expliquer leurs conceptions. Dans la première, les auteurs demandent aux enfants de prédire l'évolution de la taille d'animaux, de plantes et d'objets fabriqués après plusieurs années. Pour ce faire, ils présentent aux enfants des images de trois types d'items (des végétaux, des animaux et des artefacts), d'abord de petite taille, puis ayant changé de taille et de forme. Les résultats montrent que les enfants des deux classes d'âge prédisent que les animaux et les plantes changeront de taille et de forme avec le temps à l'inverse des artefacts. Ces résultats confirment ceux obtenus par les mêmes auteurs dès 1987. Ils avaient montré que les enfants de cinq et six ans comprennent que les êtres vivants (i.e., les animaux et les plantes) grandissent en ingérant de la nourriture et non parce qu'ils le désirent.

Afin de cerner davantage l'organisation biologique des conceptions des enfants, les auteurs leur proposent ensuite des tâches d'induction qu'ils associent pour une partie de la population à un contexte biologique. L'induction des propriétés fait intervenir différentes propriétés biologiques comme la croissance, la maladie, la respiration et la nutrition. Les inductions sont réalisées aussi bien avec les êtres humains comme référents qu'avec des animaux et des plantes. Le contexte biologique fourni aux enfants constitue une stratégie de raisonnement de type vitaliste[3] dont les auteurs ont démontré la présence chez les enfants de six ans (Inagaki & Hatano, 1993). En ce qui concerne la propriété de croissance, les expérimentateurs expliquent : « Une personne devient de plus en plus grande en prenant de l'énergie dans l'eau et la nourriture. » et demandent aux enfants : « Est-ce que ce X va également devenir de plus en plus grand ? ». Les auteurs notent que le contexte biologique influence les réponses des enfants. Dans cette situation, les enfants attribuent les mécanismes biologiques aussi bien aux plantes qu'aux animaux mais les rejettent pour les objets manufacturés. Toutefois, les auteurs observent une diminution des inductions pour les plantes en fonction des différents mécanismes biologiques. La nutrition, par l'intermédiaire d'absorption d'eau, est davantage acceptée pour les plantes que le fait qu'elles puissent être malades.

[3] « Les explications vitalistes permettent d'expliquer les phénomènes corporels internes en attribuant une agentivité à un organe ou plus spécifiquement, en le traitant comme s'il était un être vivant à part entière possédant les facultés humaines d'initier et d'engager une activité produisant le phénomène. L'activité est conçue comme un échange de substance non spécifiée, de l'énergie, ou de l'information (e.g., une force vitale). » (Inagaki & Hatano, 1993, p. 1547).

Inagaki et Hatano (1996) proposent un dernier test aux enfants pour s'assurer qu'ils considèrent les animaux et les plantes comme des êtres vivants sur la base de propriétés biologiques. Ils réinterrogent donc les enfants sur différents mécanismes biologiques comme la croissance, la nutrition, la maladie, la respiration et l'excrétion. Cette fois, ils présentent les phénomènes pour deux animaux en proposant un contexte biologique approprié et demandent aux enfants s'il serait possible d'observer une propriété cible pour deux représentants d'une même catégorie (animaux, plantes, artefacts et des objets naturels non vivants). Concernant la vieillesse et la mort, les expérimentateurs exposent : « Un écureuil ou un alligator deviennent de plus en plus vieux au fil des jours, quand ils sont trop vieux, ils meurent. » puis interrogent les enfants : « Est-ce que tu penses que quelque chose de semblable pourrait arriver à un pin ou une tulipe ? ». Les auteurs avancent que cette procédure permet de réduire des comparaisons locales entre deux entités trop différentes qui auraient pu par ailleurs fausser les résultats de leur deuxième expérience. Par exemple, demander à des enfants de comparer une tulipe à un alligator pourrait activer chez les enfants des représentations basées sur des traits de surfaces, et entraîner des différences d'attribution des propriétés qui seraient influencées par des similarités perceptives. Les résultats à cette épreuve confirment que les enfants font la distinction entre ce qui relève des êtres vivants et ce qui relève des artefacts et des objets naturels non vivants. Les enfants reconnaissent dès l'âge cinq ans les points communs entre les animaux et les plantes. Ils avancent généralement que, pour une plante, la fonction de boire est l'équivalent de la fonction nutritive chez les animaux. Parmi les propriétés présentées, celles qui sont le mieux maîtrisées sont la nutrition (90% des enfants) et grandir en taille (93%). Viennent ensuite, vieillir et mourir (80%), puis grandir en âge et être sous nourris (50%), respirer (45%), être malade (33%), déféquer (3%). Les auteurs concluent que la valeur fonctionnelle de la nutrition occupe une place prépondérante dans les théories naïves des enfants.

La nutrition et la croissance seraient les premiers mécanismes biologiques à partir desquels les enfants généraliseraient progressivement d'autres mécanismes nécessitant une abstraction ou un niveau de connaissances plus complexe. Les auteurs n'avancent pas que les enfants de cinq ans possèdent une théorie biologique achevée. Ils considèrent néanmoins les résultats obtenus comme suffisamment pertinents pour avancer que, lorsque l'attention des enfants est dirigée sur des phénomènes partagés par les plantes et les animaux, ils utilisent des explications du ressort d'une théorie biologique plutôt qu'issues d'une théorie psychologique, contredisant ainsi le postulat de Carey (1985). Pour les auteurs, le contexte biologique de nature vitaliste proposé aux enfants est le déterminant principal de la compréhension que les

êtres humains, animaux et plantes font partie d'une même catégorie. Le développement d'une pensée biologique autonome émergerait de la mise en relation des mécanismes de croissance et de nutrition soutenus par la présence d'une force vitale. Les enfants accordent en effet beaucoup d'importance à la présence d'une source d'énergie pour expliquer les différents mécanismes biologiques. Par exemple, ils relient la croissance à la prise de nourriture ; de la même manière, la maladie et la mort seraient associées à une baisse d'énergie. Les enfants supposent également que, tant que les êtres vivants prennent de l'énergie, de l'eau et de la nourriture, ils se prémunissent de la maladie et repoussent les limites de la mort. Les plantes seraient considérées comme vivantes au même titre que les êtres humains et les animaux dès lors que les enfants leur attribueraient ce « pouvoir vital » puisé dans l'eau qui aurait la faculté de les rendre actives. Nous voyons ici combien la notion de vitalisme dépasse la simple mise en relation de la nutrition avec la force qui en est retirée pour atteindre un caractère presque magique de par l'agentivité qu'elle implique.

A travers cette étude, Inagaki et Hatano ont permis de formaliser la pensée biologique d'enfants de cinq ans. Ils sont parvenus à démontrer l'importance de la propriété de croissance comme lien entre les différentes entités biologiques ainsi que comme moteur de découvertes d'autres propriétés biologiques. En outre, ils ont déduit des explications proposées par les enfants, une stratégie de raisonnement (le vitalisme) jouant un rôle fédérateur entre les entités et les propriétés biologiques. La nouvelle vision qu'ils proposent du développement de la pensée biologique enfantine les amène à considérer ces conceptions comme dépendant d'un domaine spécifique de connaissances.

Avec pour objectif de répondre à l'étude d'Inagaki et Hatano (1996) en s'appuyant sur une population d'enfants français de 4, 5 et 6 ans, Declercq et Labrell (2009) ont montré que la propriété de croissance avait une importance grandissante dans les conceptions naïves biologiques en tant que propriété structurante de ce domaine de connaissances. Les auteurs s'interrogeaient également sur le rôle du vitalisme dans la culture française, sur la reconnaissance des points communs entre les animaux et les végétaux à travers quatre propriétés (i.e., croissance, maladie, respiration, nutrition), ainsi que sur l'importance de la référence à la personne humaine. Les auteurs font le constat que, si le raisonnement vitaliste est un passage obligé du développement des théories naïves enfantines, il n'a été que très peu étudié en dehors de la culture japonaise (Inagaki & Hatano, 2002) hormis à l'occasion de deux études, celle de Morris, Taplin, et Gelman (2000) et celle de Slaughter et Lyons (2003) ayant révélé son utilisation dans la culture anglophone. L'étude de Declercq et Labrell (2009)

a tout d'abord permis de montrer que, chez les enfants français, la reconnaissance des points communs entre les animaux et les végétaux n'est effective qu'à partir de l'âge de cinq ans. Avant cet âge, les enfants attribuent uniquement aux animaux les propriétés décrites pour la personne humaine. Par ailleurs, comme l'avaient révélé Inagaki et Hatano (1996), la propriété de croissance semble être au cœur des conceptions enfantines. Cependant, les résultats de l'étude ne permettent pas de conclure à une influence du contexte vitaliste sur l'induction de propriétés biologiques qui n'influencerait ni les enfants de quatre ans ni ceux de six ans et aurait tendance à perturber les enfants âgés de cinq ans. Toutefois, les auteurs ont choisi d'éviter l'aspect d'énergie ou de force vitale de la définition du vitalisme jugé peu adapté à la culture française dans la constitution du contexte biologique qu'ils proposaient aux enfants. Ainsi, afin d'éviter d'évoquer les causes de la maladie en terme d'une baisse de pouvoir vital ou d'énergie, ils suggéraient l'intervention d'une attaque microbienne. Les auteurs s'accordent pour reconnaître que ce type de formulation diminue la portée des aspects de vitalisme attendus. Néanmoins, l'étude menée par Declercq et Labrell (2009) tend à prouver que les enfants, dès l'âge de cinq ans, sont en mesure d'attribuer des propriétés biologiques aussi bien aux animaux qu'aux végétaux à partir d'informations apprises chez l'être humain. Les auteurs rejoignent donc la position d'Inagaki et Hatano (1996) selon laquelle la constitution d'un domaine de connaissance biologique autonome serait envisageable autour de l'âge de six ans contrairement à ce que suggérait Carey (1985) dans son étude *princeps*.

II. 2/ LA PROPRIETE D'HERITABILITE

La propriété d'héritabilité, tout comme celle de croissance, a été fortement étudiée au cours des vingt dernières années. Ce mécanisme biologique est particulièrement éclairant vis-à-vis des positions soutenues par les tenants d'une perspective supposant la restructuration de la pensée (Solomon, Johnson, Zaitchik & Carey, 1996 ; Solomon, 2002), et les tenants d'une perspective supposant un développement graduel des conceptions grâce à une élaboration précoce d'une théorie naïve du domaine biologique (Springer & Keil, 1989, 1991 ; Springer, 1995 ; Hirschfeld, 1995). L'étude de cette propriété a non seulement participé au débat sur l'autonomie précoce du domaine des connaissances biologiques, mais a également permis de spécifier la place tenue par les végétaux dans les conceptions enfantines de la biologie.

II. 2. 1/ La propriété d'héritabilité comme conceptualisation précoce du domaine biologique

Springer et Keil (1989) cherchent à savoir quelle est la nature des théories biologiques qui sous-tendent les principes d'héritabilité pendant l'enfance. Ils supposent que les enfants de quatre ans développeraient une théorie spécifique de la biologie qui serait simplement moins riche que celle des enfants plus âgés et celle des adultes. Dans cette étude, ils analysent plus spécifiquement les réponses des enfants concernant les caractéristiques transmises au fil des générations pour des animaux en faisant varier leurs caractéristiques internes et externes, l'importance de la fonction du caractère hérité, le caractère inné ou acquis d'un trait normal ou anormal ou encore l'héritabilité des traits biologiques et de traits psychologiques. Les auteurs travaillent avec des enfants de différentes tranches d'âge allant de quatre ans et demi à dix ans et demi ainsi qu'avec des adultes. Ils ont montré que, dès l'âge de quatre ans, les enfants conçoivent qu'il est possible d'hériter de caractéristiques acquises uniquement si elles présentent un gain fonctionnel pour l'individu au niveau de l'organisme. En outre, à partir de l'âge de six ans, les enfants considèrent de plus en plus que les propriétés innées sont les seules à être transmises entre les individus. L'importance graduelle des caractéristiques innées marque une avancée considérable des théories naïves des jeunes enfants. Par ailleurs, l'ensemble des enfants interrogés considère qu'à l'inverse des propriétés sociales ou psychologiques, les propriétés biologiques anormales sont héritables. Ces données conduisent les auteurs à supposer que les théories biologiques des enfants n'émergent pas d'une théorie comportementale comme le suggérait Carey (1985). Les jeunes enfants ne semblent pas dominés par les similarités physiques lorsqu'ils doivent produire des jugements sur le monde naturel. Ils semblent au contraire capables de répondre sur la base de principes biologiques étayant ainsi l'idée que les enfants possèdent de manière précoce les rudiments d'une théorie naïve biologique pour les animaux. Afin de répondre à la question de l'autonomie du domaine des connaissances biologiques, les auteurs ont mené une seconde étude en 1991 dans laquelle ils interrogent les conceptions de l'héritabilité des enfants pour les végétaux. Cette seconde étude cherche également à spécifier les modes de raisonnement qui guident les enfants dans le but d'expliquer cette propriété biologique.

Dans une deuxième série d'expérimentations, Springer et Keil (1991) interrogent les enfants en âge préscolaire (4 ans et 6 ans) sur la transmission de la couleur d'animaux, de végétaux et d'artefact afin de tester la spécificité biologique de leurs stratégies de raisonnement. Les résultats montrent que les enfants choisissent des raisonnements en lien avec la nature des objets. Chez les animaux, la transmission de la couleur dépendrait de la

contribution de la mère. A l'opposé, celle de la boîte de conserve dépend de l'action humaine. L'acquisition de la couleur des fleurs est moins évidente dans l'esprit des enfants. Ils invoquent aussi bien l'influence de la mère que celle d'agents extérieurs comme le soleil et la pluie. Par contre, ils réfutent de manière évidente l'action humaine quelle que soit la tranche d'âge observée. Concernant les types d'explications choisies, les enfants favorisent l'explication mécaniste pour la boîte de conserve. Pour les deux représentants biologiques que sont le chien et la fleur, les enfants préfèrent les explications faisant intervenir le rôle de la mère pour le raisonnement internaliste et chimique pour le raisonnement naturel externaliste. Si ces deux types d'explications ne font pas partie des standards des adultes, elles représentent cependant deux types d'explications naturelle et biologique. Les auteurs les considèrent comme des raisonnements de soutien, des heuristiques de raisonnements généraux faisant intervenir la substance transmise comme impliquée causalement aux effets de coloration. A la lumière de cette étude, il est envisageable de considérer que, dès un âge préscolaire, les enfants possèdent une théorie naïve des phénomènes biologiques incluant les animaux et les végétaux qu'ils distinguent des artefacts de par la nature des raisonnements qu'ils proposent.

Ce point de vue est contredit par Solomon, Johnson, Zaitchik et Carey (1996) qui remettent en cause la capacité des enfants en âge préscolaire à raisonner en termes biologiques. Ces auteurs supposent que la compréhension de l'héritabilité des caractéristiques biologiques serait plus tardive, vers sept ans, car elle dépendrait de la maîtrise de deux pré-requis : la ressemblance avec les parents et la médiation par la reproduction. Afin de tester leurs hypothèses, Solomon et al. adoptent une procédure expérimentale radicalement différente de celle éprouvée par Springer et Keil (1989, 1991). Ils s'inspirent d'une procédure établie par Hirschfeld en 1995 qui lui avait permis de montrer que les enfants de quatre ans sont capables de déterminer l'identité d'un individu à partir de ses relations de parenté plutôt qu'à partir de traits de surface. Cette procédure implique de raconter des histoires mettant en scène un enfant adopté par une famille qui présente une série de caractéristiques physiques et psychologiques alors que sa famille biologique possède d'autres caractéristiques. Les sujets doivent prédire à qui ressemblera l'enfant en grandissant. L'étude de Solomon et al. montrent que si les enfants de trois ans s'attendent globalement à ce qu'un enfant adopté présente les mêmes caractéristiques que ses parents biologiques, telles que la couleur des yeux ou des cheveux, ils ne sont pas encore en mesure d'effectuer une distinction nette entre des caractéristiques psychologiques et biologiques. Solomon et al., (1996) expliquent cette difficulté par l'incapacité à considérer le rôle de la naissance comme le déterminant principal de la transmission des propriétés. Pour les auteurs, cette incapacité à relier la naissance et

l'héritabilité ne serait pas due à un défaut de raisonnement général mais bien à une ignorance des prémisses relatives au mécanisme biologique d'héritabilité, et notamment à son rôle dans l'origine et la détermination des traits physiques qui ne serait accessible qu'à partir de l'âge de sept ans. Ce défaut de raisonnement inférentiel qui tendrait à montrer que les enfants en âge préscolaire ne disposent pas des bases d'une théorie naïve de la parenté est remis en cause par une étude réalisée par Springer en 1995.

La théorie développée par Springer (1995) suppose que les inductions inférentielles réalisées par les enfants peuvent les amener à considérer davantage de faits que les simples informations qui leurs sont transmises. Il montre que les enfants de cinq ans et demi construisent leurs théories de la parenté à partir d'une connaissance fondamentale : les bébés grandissent dans le ventre de leur mère. En leur proposant deux prémisses (i.e., le bébé est préservé du monde extérieur lors de sa croissance et la proximité entre deux entités favorise le partage de propriétés), Springer montre que les enfants parviennent à inférer que les bébés héritent des caractéristiques affectant le fonctionnement biologique, qu'elles soient bénéfiques ou néfastes pour l'organisme. Springer démontre ainsi que, même si les théories des enfants sont limitées par un manque de connaissance, les acquisitions futures devraient enrichir leurs théories préexistantes sans passer par une refonte complète de leur système conceptuel. Springer (1995) défend l'idée que les conceptions des enfants se développent en suivant un processus d'enrichissement graduel qui prend sa source dans un ensemble de présuppositions concrètes, articulées par des raisonnements adaptés.

II. 2. 2/ Conclusions relatives à la propriété d'héritabilité

Comment expliquer une telle divergence de point de vue entre les conceptions de Springer et Keil (1989, 1991), Springer (1995), Hirschfeld (1995) et celle de Solomon et al., (1996) et Solomon (2002). Dans leur étude, Solomon et al., (1996) font systématiquement varier le type de trait à inférer exigeant des enfants de se prononcer sur l'héritabilité de différentes caractéristiques aussi variées que des traits de caractère, le tempérament, des croyances, des préférences, des habiletés et des traits physiques. Il est bon de noter que certaines d'entre elles, comme les traits de caractère, les habiletés ou le tempérament, ne sont pas toujours jugées non héritables par les adultes. En outre, les traits physiques utilisés dépendent parfois de la stature ou de la corpulence qui ne sont pas uniquement imputables au patrimoine génétique transmis entre parents et enfants mais relèvent également d'habitudes alimentaires. Ainsi, si les adultes ou les enfants les plus âgés qui participent à leurs études infèrent bien que ces traits relèvent des parents biologiques plutôt que des parents adoptifs,

c'est peut-être parce qu'ils perçoivent à travers l'ensemble des propositions qui leur sont faites une dichotomie sous-jacente dans la structure de l'expérience. Cette dichotomie ne serait pas nécessairement accessible aux plus jeunes enfants, ce qui entraînerait un contraste entre les enfants en âge préscolaire et les autres populations testées. Les adultes peuvent par ailleurs répondre en considérant plusieurs traits qui leurs sont proposés, ce qui pourrait être beaucoup plus difficile pour les enfants. Un autre point différencie les études menées par ces chercheurs. La multiplication des traits à inférer, ainsi que leurs disparités, pourraient exiger des enfants non seulement d'établir des raisonnements relevant de domaines différents, mais également de les coordonner *in situ*, ce qui les obligeraient à se focaliser sur des raisonnements plus à même de faire l'unanimité et ainsi délaisser les modes de constructions biologiques qu'ils ne maîtrisent pas parfaitement. Bien que ce débat ne soit pas encore tranché, nous penchons plus pour la position d'Hirschfeld et de Springer et Keil. Ceux-ci présentent une vision plus graduelle et plus intégrative du développement des conceptions biologiques comme le montre l'étude innovante de Springer (1995). En outre, cette position correspond davantage à la description des conceptions enfantines relatives à la croissance et à la nutrition d'auteurs comme Inagaki et Hatano (1993, 1996) ou Hickling et Gelman (1995).

II. 3/ LA PROPRIETE DE MORT

Le développement du concept de mort dépasse son intérêt propre. Il constitue une entrée dans l'organisation conceptuelle générale de la pensée des enfants. Théoriquement, il est nécessaire de se positionner entre deux visions du développement conceptuel, soit en termes de changement conceptuel par l'enrichissement des connaissances, soit en termes de révision des croyances. Cela suppose de comprendre les mécanismes sous-jacents aux changements conceptuels et d'expliquer l'origine des théories naïves qui articulent par la suite la pensée des adultes.

II. 3. 1/ Les premières études sur les conceptions relatives à la mort

Slaughter, Jaakkola et Carey (1999) soulignent que les premières études que l'on peut recenser sur la conception de la propriété de mort chez l'enfant se sont centrées sur ses aspects émotionnels (Anthony, 1940, Nagy, 1948, Von Hug-Hellmuth, 1964 cité par Slaughter et al., 1999). Il est nécessaire d'attendre les travaux de Piaget pour accéder à un dépassement de ce point de vue à travers la mise en place d'entretiens systématiques avec les enfants. Il établit la distinction entre la « mort » qui est chargée émotionnellement, et le fait d'être mort qui serait

compris selon lui par les enfants comme un nouveau départ, une nouvelle vie sous la terre. Piaget a montré que les enfants attribuent ce concept à des objets inanimés tels que les nuages, une horloge, ou une table. Selon Piaget, les informations portant sur le mouvement, l'activité ou encore l'utilité pourraient interférer dans la compréhension biologique du concept de vie. En s'inspirant des travaux piagétiens, Safier (1964, cité par Slaughter et al., 1999) explore la compréhension de la propriété de mort en relation avec la pensée animiste. Elle s'attend à ce que les enfants qui attribuent correctement les caractéristiques de la vie, en termes non-animiste, parviennent également à distinguer les entités soumises à la mort. Son étude porte sur trois groupes d'âge (i.e., 4-5, 7-8 et, 10-11 ans). L'interview concerne dix objets dont des plantes, des animaux et des artefacts. Pour chacune des entités, elle demande aux enfants : « Est-ce que X vit, est-ce que X grandit, est-ce que X est blessé si on le tape, est-ce que X peut mourir ? » Les résultats indiquent l'existence d'une relation entre la pensée non animiste de la vie et l'attribution des caractéristiques liées à la mort. Les jeunes enfants manqueraient singulièrement de conceptions biologiques du concept de mort. Ils ne la comprendraient pas immédiatement comme inévitable, irréversible, et comme le résultat du dysfonctionnement des organes. Ce serait seulement à partir de dix ans que les enfants attribueraient le mécanisme aux animaux et aux plantes sur la base de critères biologiques. La mort serait ainsi, tout d'abord comprise par le biais de raisonnements animistes avant d'être perçue en termes psychologiques et comportementaux.

Dans la continuité de ces travaux, les auteurs post-piagétiens ont formalisé les études sur la propriété de mort en interrogeant les enfants sur les quatre sous-composantes de ce concept : l'irréversibilité : « est-ce que les personnes mortes peuvent revenir à la vie ? », l'inévitabilité : « est-ce que tout le monde meurt ? », la cessation de fonctionnalité corporelle et mentale : « est-ce qu'une personne morte peut manger/parler/rêver ? » et la causalité : « qu'est-ce qui fait mourir ? » (Koocher, 1973 ; White, Elsom & Prawat, 1978 ; Speece & Brent, 1985 cités par Slaughter et al., 1999). Ces études ont montré que les enfants en âge préscolaire ne maîtrisent pas ces aspects du concept de mort. De plus, il est fréquent que cette population ne restreigne pas ce concept aux animaux et aux plantes mais qu'ils l'attribuent également à des entités naturelles voire à des artefacts. Les auteurs post-piagétiens précisent que les trois premières composantes de la mort émergeraient entre six et sept ans et, que la causalité n'émergerait qu'aux alentours de dix ans. Pour ces auteurs, l'acquisition des sous-composantes du concept de mort s'effectue suivant la maturation des capacités cognitives des enfants. Ainsi, au stade préopératoire, la mort serait encore considérée comme réversible, temporaire et serait caractérisée par des traits directement perceptibles. Au stade des

opérations concrètes, la mort serait conçue comme irréversible, mais elle ne serait pas encore comprise dans sa composante universelle. Elle serait, à ce stade, encore loin d'être comprise comme la résultante d'un processus interne naturel. Il serait nécessaire d'attendre le stade des opérations formelles, autour de dix ans, pour que les enfants maîtrisent l'ensemble des sous-composantes de cette propriété.

Chez les auteurs piagétiens, le concept de mort des enfants en âge préscolaire est conçu comme un concept isolé ne relevant pas du domaine biologique. Ils ne posent pas la question des processus qui guident le développement de la pensée enfantine. Comment les enfants passent-ils d'une pensée réversible à une pensée irréversible par exemple ? Quand et comment le concept de mort devient-il essentiellement biologique ? A la suite de ces travaux, il était établi que les enfants ne construisaient pas de théories propres à un domaine de connaissances. Depuis, il a été montré que les théories intuitives des jeunes enfants constituent de véritables structures de la pensée (Carey, 1985, 1988, 1995 ; Gopnik & Wellman, 1994 ; Wellman & Gelman, 1992 ; Keil, 1994).

II. 3. 2/ L'émergence d'une conceptualisation relative à la mort dans l'enfance

L'idée que les enfants commenceraient à concevoir, à partir de l'âge de six ans, le concept de vivant autour des concepts de « force vitale » ou de « force de vie » permet de supposer l'existence d'une pensée biologique en construction de manière relativement précoce, ce que Inagaki et Hatano (1993, 1996) nomment la pensée vitaliste. Hatano et al., (1993), ont montré que les enfants de cinq-six ans, de culture différente (i.e., Japon, Israël, Etats-Unis d'Amérique) attribuent les propriétés de grandir et mourir (faner pour les plantes) aux personnes et non aux objets inanimés. Les enfants jugeaient que les plantes étaient moins susceptibles d'être sujettes à ce processus. Inagaki et Hatano (1993) testent l'hypothèse selon laquelle les enfants de six et huit ans organisent leurs conceptions biologiques autour du raisonnement vitaliste. Ils proposent des explications (i.e., intentionnel, vitaliste et mécaniste) pour plusieurs phénomènes biologiques présentés en relation avec le corps humain. Les résultats indiquent que les enfants de six ans utilisent préférentiellement des explications vitalistes, alors qu'à partir de l'âge de huit ans, les enfants sont majoritairement mécanistes. Avec l'émergence des caractéristiques de la pensée vitaliste à six ans, les enfants comprendraient que les plantes et les animaux sont des êtres vivants sur la base d'un partage de propriétés communes permettant d'apprécier leurs systèmes de pensée sous l'angle d'une théorie biologique naïve autonome. Avant cet âge, ils ne pourraient notamment pas concevoir les animaux en termes de cycle de vie et en termes de fonctionnement de l'organisme en

relation avec son rôle de maintien de la vie. Carey (1985) a, pour sa part, avancé que les concepts de vie et de mort des enfants en âge préscolaire ne sont pas comparables avec la pensée des enfants de dix ans et celle des adultes. Ces concepts subiraient par la suite d'importantes restructurations au cours du développement conceptuel. Carey (1985) a mis à jour deux patterns de réponses différents pour des enfants âgés de quatre à sept ans. Certains d'entre eux supposent que les plantes et les animaux sont vivants cependant, ils incluent à leurs conceptions des artefacts invalidant de fait l'idée d'une théorie biologique autonome. D'autres pensent que seuls les animaux sont vivants mais, dans ce cas, les plantes sont considérées en bloc comme des objets inanimés. Il est possible de supposer que tous les enfants de quatre à sept ans ont une conception biologique de la vie, mais qui se limiterait aux animaux. Par ailleurs, à cet âge, les concepts de vie et de mort sont facilement confondus dans une myriade de concepts assez proches mais fortement indéterminés (Richards & Siegler, 1984). Les enfants d'âge préscolaire posséderaient un concept de vie indifférencié qui engloberait les idées d'entités vivantes, actives, réelles ou encore existantes. Par opposition, le concept de mort renverrait davantage à des entités non vivantes, inactives, irréelles, ou encore absentes, plutôt qu'à des entités qui ne sont plus dans la capacité de se nourrir ou de respirer. De la même manière, le concept d'animal chez les enfants d'âge préscolaire n'aurait rien de commun avec la compréhension biologique d'un animal. Ces conceptions erronées dériveraient de leurs rôles dans une pensée psychologique en place dès l'âge de quatre ans qui se constituerait sur une analyse comportementale des animaux dérivant du modèle humain. Cette idée n'est d'ailleurs pas incompatible avec les théories d'Inagaki et Hatano (1993) qui acceptent volontiers que les jugements des enfants sur les propriétés du vivant puissent être affectés par les inférences réalisées par rapport à la personne humaine. Carey (1985) suppose qu'entre quatre et six ans, le concept de vie devient le centre, le pilier de leurs conceptions sur le fonctionnement du corps. Ainsi, il serait possible de s'attendre à l'émergence de liens entre les concepts de vie et de mort dans les différentes formes qu'empruntent les théories naïves biologiques des enfants au cours de leur développement.

II. 3. 3/ La fonctionnalité des organes et la propriété de mort

Dans cette perspective, Jaakkola (1997) a reproduit l'expérience menée par Inagaki et Hatano (1993) en adaptant la standardisation des questions afin d'évaluer les déterminants du concept de vie chez les enfants entre quatre et six ans. Elle s'est notamment attachée à proposer aux enfants des phrases de même longueur et de même niveau de complexité. Son objectif est double, à la fois explorer l'émergence des conceptions biologiques dans l'enfance

par le biais du raisonnement vitaliste et, également, tester l'élaboration des liens entre les concepts de vie et de mort afin de déterminer ce que les enfants entendent par le fait de mourir. L'étude d'Hatano et al., (1993) laissait en effet planer une certaine ambiguïté sur ce point. Pour ce faire, elle ajoute un groupe d'enfants de quatre ans, ainsi qu'une tâche de contrôle comprenant des questions portant sur le domaine de la physique afin de s'assurer que les enfants de quatre ans comprennent bien la procédure. Les résultats indiquent que les enfants de six ans sont partagés entre des explications de type vitaliste et mécaniste. De leur côté, les enfants de quatre ans n'affichent pas de préférence claire entre les différentes stratégies de raisonnement. Le problème réside dans le fait que l'explication vitaliste semble être trop proche de l'explication mécaniste. Néanmoins les résultats semblent confirmer l'idée que dès l'âge de quatre ans, les enfants possèdent un embryon de théorie biologique organisée autour du raisonnement vitaliste.

Jaakkola (1997) a également exploré les conceptions initiales des enfants à propos de la fonction de différents organes du corps humain et de leurs processus. L'étude se déroule avec des enfants de 4, 6, 8 et 10 ans. Différentes parties du corps, ainsi que plusieurs phénomènes biologiques (i.e., manger et se nourrir) sont soumis à l'appréciation des enfants. Les réponses sont codées selon que les enfants présentent une compréhension ou non des caractéristiques du vivant. Les résultats indiquent qu'entre quatre et six ans, les réponses qui font référence à la fonctionnalité de ces phénomènes, c'est-à-dire dont le but est de maintenir la vie, sont en nette augmentation. Les enfants se réfèrent d'autant plus à la vie pour parler des différentes parties du corps et des phénomènes biologiques, qu'ils avancent en âge. Par ailleurs, ils ne se réfèrent presque jamais à la vie pour rendre compte de la fonction des parties externes comme les mains et les yeux, indiquant qu'ils ont conscience du rôle primordial des organes internes dans le maintien de l'homéostasie de l'organisme. Jaakkola (1997) crée alors une distinction entre les enfants qui se réfèrent à la vie dans le sens du but (i.e., maintenir la vie), ce sont les «life theorizers» ou « théoriciens de la vie » (TV) ; et les enfants qui donnent des explications plus globales ou pas d'explication du tout, les « non-life theorizer » ou « non théoriciens de la vie » (NTV). Les TV peuvent donner des explications en termes fonctionnels, même si ces dernières sont fausses, lorsqu'ils procèdent à l'élaboration de liens entre les organes et les fonctions vitales. Ils peuvent, par exemple, proposer que le cœur intervienne dans la respiration et se voir attribuer le statut de TV. La majorité des enfants de 4 ans sont ainsi classés en tant que NTV, seulement 33% de cette classe d'âge se voit attribuer le statut de théoricien de la vie. Les résultats suggèrent qu'à partir de quatre ans, les enfants commencent à peine à raisonner en terme fonctionnel, mais ce n'est qu'à l'âge de six ans que

le concept de vie devient central dans le développement des théories intuitives biologiques du corps humain. A cet âge, 92% des enfants sont classés en tant que théoriciens de la vie. A partir de huit ans, ce score s'étend à 100% de la population. Ainsi, les enfants commenceraient à utiliser des conceptions de plus en plus abstraites de la vie pour prédire et expliquer les phénomènes en relation avec le corps humain entre quatre et six ans.

La compréhension de la fonction des organes du corps dans le maintien de la vie marque, pour Slaughter et al., (1999), le début du changement conceptuel qui mène à une conceptualisation véritablement biologique du vivant. Il est alors possible de supposer que les enfants ont besoin de ce niveau de compréhension pour conceptualiser la vie et la mort en termes biologiques plutôt qu'en termes comportementaux. Ce niveau de conceptualisation serait également nécessaire pour distinguer ce qui peut être considéré comme vivant et, de fait, susceptible de mourir ; de ce qui relève simplement de la distinction entre l'animé et l'inanimé. Aussi, les auteurs suggèrent-elles que les enfants qui intégreraient le concept de vie en termes de fonctionnalité à leurs théories naïves devraient être en mesure d'établir des liens entre ce qui est vivant et ce qui peut mourir. Par ailleurs, les auteurs souhaitent mettre en relation les connaissances des enfants vis-à-vis des différentes sous-composantes du concept de mort en relation avec les fonctions du corps humain, ainsi qu'avec leurs capacités à concevoir la vie comme une structure centrale des théories naïves biologiques ou, à défaut, comme le premier indicateur d'une pensée vitaliste.

II. 3. 4/ La vie, la fonction des organes et la mort

Slaughter et al., (1999) interrogent des enfants de quatre à six ans à partir des entretiens relatifs à la fonction des organes et aux déterminants de la vie élaborés par Jaakkola en 1997 afin de classer les enfants en TV et NTV. Elles couplent ces entretiens avec un troisième concernant les quatre sous composantes de la mort. Les données produites dans cette étude indiquent que si les enfants d'âge préscolaire présentent quelques fragments de conceptions relatives au domaine biologique, ils sont encore loin d'en posséder une vision claire et bien définie. Les auteurs notent que même les enfants classés en tant que théoriciens de la vie n'affichent des scores maximaux sur aucune des questions relatives à la mort. Il est donc difficile de considérer qu'avant six ans, les enfants disposent d'une théorie biologique organisée. L'entretien sur le corps humain révèle néanmoins l'émergence d'une pensée vitaliste induisant une certaine cohérence entre la compréhension du concept de vie en tant que processus central de construction d'une pensée biologique, l'acquisition de connaissances sur les fonctions biologiques de l'organisme, ainsi que la compréhension du concept de mort

en tant que point final du cycle de vie. L'existence de cette cohérence entre ces trois indices vitalistes permet de supposer que le raisonnement vitaliste est la première structure de pensée autorisant l'enrichissement des conceptions biologiques. Les concepts de vie et de mort semblent subir d'importantes restructurations sous l'impulsion de ce mode de pensée. Les conceptions relatives à la vie passent ainsi d'une vision animiste dominée par l'influence du mouvement, de l'activité ou d'une utilité quelconque à la compréhension de la vie en tant que finalité éminemment biologique. Dans le même temps, le concept de mort évolue d'une compréhension comportementale impliquant des circonstances ou des agents externes comme facteurs responsables de sa survenue, à une intégration des aspects d'inévitabilité et de finalité de ce concept. Par exemple, comprendre que le cœur sert à pomper le sang dans le reste du corps, leur permettrait d'inférer les conséquences d'un cœur défectueux. Les auteurs supposent que ces nouvelles conceptions viendraient déséquilibrer la structure de pensée non-biologique des jeunes enfants jusqu'à provoquer un élargissement des conceptions soutenues par des raisonnements basés sur la similarité. Si nous considérons encore l'exemple du cœur, nous constatons les enfants apprenant qu'un cœur défectueux peut entraîner la mort d'un individu généraliseraient que tous les êtres possédant un cœur sont également susceptibles de mourir.

Le modèle proposé ici par Slaughter et al., (1999) est fortement marqué par l'idée d'un développement faisant intervenir des changements de nature radicale dans la pensée des enfants. Cependant, s'il s'apparente toujours au modèle théorique proposé par Carey (1985), il fait intervenir le vitalisme en tant que mode de construction causal guidant le développement des conceptions à un âge beaucoup plus précoce que ne le suggérait Carey. Certes, le vitalisme n'est pas étudié ici en tant que présomption d'une force vitale immatérielle telle que le conçoivent Inagaki et Hatano (1996, 2002, 2004), cependant il augure un glissement vers l'idée d'un développement graduel des conceptions biologiques. Aussi, il serait possible d'envisager l'existence d'un domaine de connaissances biologiques autonome à partir du moment où les enfants sont capables d'associer de manière cohérente les aspects de mort, de vie et de fonctionnalité des organes, en lien avec une structure de pensée soutenue par le raisonnement vitaliste. Cependant, pour réellement concevoir que les enfants d'âge préscolaire présentent les caractéristiques d'un domaine de connaissances spécifique à la biologie, il faudrait qu'ils soient à même de produire les mêmes formes de raisonnement pour chacune des sous-catégories d'êtres vivants.

II. 3. 5/ Les conceptions enfantines de la mort des végétaux

La plupart des études réalisées sur la compréhension du concept de mort se sont intéressées davantage aux animaux et aux êtres humains qu'aux plantes. Si les végétaux sont parfois abordés dans l'étude des théories naïves biologiques, c'est souvent par l'intermédiaire d'un ou de deux items sans que l'on s'interroge réellement sur la spécificité des conceptions initiales relatives à cette classe d'êtres vivants. Or, une conceptualisation achevée du concept de mort en tant que processus biologique suppose de l'étendre à tous les représentants du monde biologique. Cette conceptualisation pourrait être freinée par les étonnantes capacités des végétaux en matière de processus biologiques ainsi que dans leurs aspects directement perceptifs. Certains végétaux, à l'image des arbres, vivent particulièrement longtemps; d'autres semblent être résistants aux tentatives de destructions, comme les mauvaises herbes par exemple. Contrairement aux animaux, les végétaux continuent à grandir, même après être arrivé à maturité. Par ailleurs, ils peuvent présenter des parties de leur organisme mortes en apparence tandis qu'ils affichent des parties toujours très vivaces, ce qui n'est pas le cas chez les animaux. Enfin, les végétaux peuvent être maintenus en vie très longtemps sous forme de graines et ils possèdent un « pouvoir » de régénération unique vis-à-vis des autres êtres vivants. L'ensemble de ces raisons, auxquelles il serait possible de rajouter l'évolution de leur apparence au fil des saisons, est susceptible de perturber l'élargissement de la propriété de mort pendant l'enfance. L'une des difficultés supplémentaires au développement du concept de mort des végétaux tient à la fois de leur absence de caractères morphologiques propres à l'agentivité ainsi qu'à la mobilité ne permettant pas d'établir de raisonnement analogique avec les êtres humains et d'établir des similitudes avec les animaux. Par ailleurs, le terme de « vivant » qui s'oppose à celui de mort comporte de nombreuses interprétations sémantiques dont la plus courante suppose le caractère animé d'une personne, voire d'un lieu.

L'unique étude à notre connaissance à avoir investigué les conceptions enfantines de la mort des végétaux est celle d'Nguyen et Gelman en 2002. Travaillant avec des enfants de quatre et six ans, les auteurs s'intéressent à l'élaboration des quatre sous-composantes de la mort. A partir d'un entretien et de deux tâches de désignation, les auteurs s'attachent à rendre compte du développement de la compréhension du concept de mort en répertoriant leurs explications pour différents types de plantes (i.e., différentes variétés d'herbes, de fleurs et d'arbres), mais également en contrastant les plantes et les artefacts ainsi que les plantes et les animaux. En amont de l'interrogation première de la compréhension de la mort des végétaux entre quatre et six ans, les auteurs s'intéressent aux déterminants communs entre les animaux

et les végétaux dans le but d'examiner une construction du domaine biologique qui rendrait compte de l'intégralité de ses représentants.

De manière globale, les données produites lors de cette étude ont permis de confirmer le fait qu'entre quatre et six ans, les enfants développent une compréhension des différentes composantes du concept de mort, généralisant ces différentes dimensions aux végétaux. Par ailleurs, la deuxième expérience de cette étude démontre la capacité des jeunes enfants à appliquer le concept de mort uniquement aux être vivants en excluant formellement les artefacts du domaine d'application de la mort. La composante d'applicabilité du concept de mort incluant les végétaux aux animaux semblent être cette fois démontrée de manière plus évidente que lors de l'expérience de Slaughter et al., (1999). Cette notion serait donc bien spécifique aux êtres vivants. Néanmoins, Nguyen et Gelman (2002) ont pu vérifier que la compréhension de la mort est nettement plus sophistiquée pour les animaux que pour les végétaux. Ainsi, comme l'avaient indiqué Slaughter et al., (1999), la compréhension du concept de mort s'élaborerait bien entre quatre et six ans, en revanche, les enfants seraient à même de raisonner en termes de mort aussi bien sur les animaux que sur les végétaux en opposition aux artefacts. Bien que les enfants possèdent une certaine compréhension du concept de mort dès l'âge de quatre ans, ils n'en présentent pas encore une vision complètement biologique, applicable de la même manière à toutes les entités biologiques. En effet, le type de plantes considéré affecte la compréhension des différentes composantes du concept de mort. Les auteurs notent que si, de par sa fragilité, la fleur est fréquemment considérée comme mortelle, c'est nettement moins le cas pour l'arbre qui présente un aspect de solidité ou pour l'herbe qui semble revenir à la vie après la mort. Pour leur part, la finalité et la causalité rencontrent nettement plus de succès pour les fleurs et les arbres que pour l'herbe. Ainsi, les données produites lors de cette étude suggèrent que les jeunes enfants ne présentent pas une construction complètement biologique du concept de mort. Néanmoins, afin de relativiser cette « semi-inclusion », il est bon de rappeler qu'une forme de variabilité s'exerce également chez les adultes dans leur application des différentes sous-composantes de la mort aux plantes.

Cette étude a permis de montrer que les enfants développent les différentes sous-composantes du concept de mort de manière progressive, et qu'ils sont fortement influencés par le type de plantes auxquelles ils sont confrontés pour juger des dimensions particulières propres à ce concept. En outre, vis-à-vis de ces différentes dimensions, les enfants sont également plus enclins à reconnaître que les animaux risquent plus que les plantes de mourir. En définitive, les auteurs postulent que le développement initial du concept de mort est guidé

par les expériences quotidiennes des enfants avec les plantes et les animaux. Certes, cette compréhension initiale est limitée par bien des aspects, cependant les enfants dépasseraient petit à petit cette limite en tissant des inférences entre les différents types d'êtres vivants. Nguyen et Gelman (2002) suggèrent que ces inférences peuvent aussi bien découler de la reconnaissance qu'une plante peut être sujette à la mort au même titre qu'un animal, comme survenir de la reconnaissance que, si une plante possède la capacité de grandir et de guérir, elle sera fatalement amenée à mourir.

II. 4/ LA PROPRIETE DE REGENERATION

Le développement des conceptions enfantines de la régénération

L'étude de Backsheider, Shatz, et Gelman (1993) est, à notre connaissance, la seule à avoir investigué les conceptions enfantines de la propriété de régénération. Conscients que le terme même de régénération dépasse de loin le développement lexical des enfants d'âge préscolaire, les auteurs vont leur proposer de réfléchir sur la possibilité, pour les animaux et les plantes de guérir (i.e., repousser). L'objectif de cette étude est double. Les auteurs vont en effet tout d'abord essayer de montrer que les enfants d'âge préscolaire sont capables d'établir une distinction entre les animaux et les plantes d'une part et les artefacts d'autre part par rapport à la propriété de régénération. Ils vont ensuite essayer d'évaluer le potentiel des enfants à faire des inférences qui relèvent strictement du domaine des connaissances biologiques à partir de prémisses qui leur sont présentées. Cette étude souligne donc l'importance de s'intéresser à la fois aux structures causales disponibles dans l'enfance et de tester l'autonomie du domaine des connaissances biologiques en cherchant à savoir si les enfants considèrent les végétaux et les animaux de manière équivalente. Les auteurs partent du fait que les jeunes enfants savent que les caractéristiques biologiques sont expliquées par une transmission plantes, tout comme les animaux, partagent des propriétés communes de manière indépendante des objets fabriqués, notamment la croissance et ce, dès l'âge de quatre ans (Inagaki & Hatano, 1987 ; Rosengren, Gelman, Kalish & McCormick, 1991). Par ailleurs, Backscheider et al., (1993) s'appuient sur les travaux de Springer et Keil (1991) ayant montré que les raisonnements utilisés par les enfants de quatre ans et demi pour expliquer les causes des caractéristiques héritées de leurs parents sont spécifiques à des domaines de connaissances (i.e., les biologiques entre parents et enfants à l'inverse des caractéristiques psychologiques ou sociales). Aussi, les auteurs postulent que les jeunes enfants devraient être

capables de reconnaître que les animaux et les plantes partagent des caractéristiques communes qui leur permettent de se régénérer. Ils postulent également que les enfants utiliseraient des raisonnements spécifiquement biologiques pour expliquer les causes responsables de leur guérison, de même qu'ils devraient comprendre que les artefacts ne peuvent être réparés sans l'intervention des humains.

Les expériences menées avec des enfants de trois ans et demi et quatre ans et demi s'attachent à faire varier les catégories d'objets qui peuvent se régénérer ainsi que la typicalité des objets au sein d'une même catégorie. Les données produites lors de ces expériences montrent que les enfants traitent les végétaux et les artefacts de manière différente en fonction de la propriété de régénération comme ils le font pour les propriétés de croissance et d'héritabilité. Par ailleurs, les végétaux sont compris, dès l'âge de quatre ans, comme des êtres vivants à part entière dès quatre ans. Les enfants utilisent des raisonnements causaux spécifiques au domaine biologique et refusent la responsabilité humaine dans le processus de régénération des êtres vivants suggérant la construction d'un domaine de pensée biologique autonome dès l'âge de quatre ans. Il persiste néanmoins un doute vis-à-vis d'une distinction générale des êtres vivants et des artefacts en fonction de la familiarité des items ne permettant pas de conclure à une démarcation claire qui reposerait sur des déterminants profonds de chaque catégorie d'objet. Il est en effet possible que les enfants basent simplement leurs jugements sur l'idée que les plantes et les animaux se régénèrent d'eux-mêmes et que les artefacts nécessitent une intervention humaine. Les auteurs notent d'ailleurs qu'en langue anglaise, le lexique ne propose pas de terme intermédiaire entre la régénération et la réparation. Les enfants pourraient donc être simplement guidés par une détermination lexicale. Le mouvement est également un facteur perturbant pour les jeunes enfants. En effet, les résultats étaient ambigus lorsque les artefacts avaient la possibilité de se mouvoir comme c'est le cas pour le robot. Néanmoins l'absence de mouvement chez les végétaux n'interfère pas sur les jugements des enfants puisqu'ils penchent constamment pour une reconstitution naturelle pour ces derniers au même titre que pour les animaux. L'impact de la typicalité des items présentés suppose que la distinction précoce effectuée entre les artefacts et les êtres vivants repose sur une organisation hiérarchique pour chaque domaine autour d'items de base. Cependant, l'organisation catégorielle révélée dans cette étude rompt dans une certaine mesure avec les schémas habituels opposant les entités animées et inanimées. Sans minimiser l'influence de cette distinction, les données produites dans cette étude révèlent que les végétaux sont perçus comme des êtres vivants par l'intermédiaire des propriétés biologiques.

CONCLUSION

Ce chapitre avait pour objectif de déterminer s'il est possible de considérer que les conceptions intuitives biologiques des enfants d'âge préscolaire de quatre critères du vivant, la croissance, l'héritabilité, la mort et la régénération peuvent être assimilées à une construction théorique relevant d'un domaine de connaissances autonome. Cette détermination nécessite que les enfants soient en mesure de faire la distinction entre les entités vivantes et non vivantes, ils doivent en outre être capables d'utiliser un mode de raisonnement inférentiel susceptible d'effectuer des prédictions sur les agissements des entités biologiques, et enfin, ils doivent posséder une structure causale leur permettant de rendre compte des effets des propriétés biologiques qui diffère des raisonnements utilisés pour expliquer les états mentaux (Hatano & Inagaki, 1994). L'exploration des conceptions intuitives relatives aux propriétés biologiques nous a permis de montrer que les enfants établissent très tôt une distinction entre les artefacts d'un côté et les plantes et les animaux de l'autre. Cette distinction est opérée entre cinq et six ans pour les propriétés de croissances et de nutrition (Inagaki & Hatano, 1996), elle est effective dès l'âge de quatre ans et demi lorsqu'il s'agit de se prononcer sur l'héritabilité des caractéristiques des objets vivant et non vivant (Springer, 1995). L'étude d'Inagaki et Hatano (1996) et celles de Springer et Keil (1991) ont par ailleurs montré que les jeunes enfants utilisaient des stratégies de raisonnement distinctes pour expliquer les causes imputables aux états mentaux et aux phénomènes biologiques. Enfin Backsheider et al., (1993) ou Springer (1995) ont montré que les enfants de quatre et cinq ans sont capables d'établir des inductions spécifiquement biologiques à partir de prémisses qui leur étaient enseignées. Les principales critiques à cette autonomie précoce du domaine des connaissances biologiques reposent sur la capacité des enfants à raisonner en termes spécifiquement biologiques. C'est pourquoi nous allons maintenant nous intéresser aux différentes stratégies de raisonnement susceptibles de fédérer les conceptions intuitives biologiques dans l'enfance.

Chapitre III. Types d'explications et domaine des connaissances biologiques

INTRODUCTION

Pour Carey (1985), la constitution de l'autonomie d'un domaine de connaissances dépend de deux critères : premièrement, distinguer les entités pertinentes qui appartiennent au domaine, deuxièmement posséder au moins un mécanisme causal spécifique au domaine permettant de faire des prédictions sur l'identité des entités et expliquer leurs comportements. Wellman et Gelman (1992) adhèrent à ces deux critères mais y ajoutent une dimension de cohérence devant unir les connaissances qui fondent un domaine. Le développement d'un domaine de connaissances biologiques peut être considéré comme autonome dès lors que les enfants sont capables d'identifier les animaux et les végétaux comme des êtres vivants, et qu'ils comprennent les phénomènes biologiques à travers au moins un mécanisme explicatif causal spécifique de ce domaine. Quatre stratégies de raisonnement (i.e., l'intentionnalité, la téléologie, le vitalisme et l'essentialisme) retiennent l'attention des chercheurs (Carey, 1985 ; Kelemen, 1999 ; Gelman, 1994 ; Keil, 1994).

Si l'ensemble de ces stratégies participe à la compréhension du domaine de connaissances biologiques dans l'enfance (Gelman & Wellman, 1998), la question que nous nous posons est de savoir quel est le degré d'implication de chacune d'elles dans la structuration du domaine de connaissance biologique. En complément de leur influence sur le développement des conceptions biologiques, nous envisagerons les liens qu'elles entretiennent les unes avec les autres. Nous essayerons par ailleurs de montrer que les enfants, tout comme les adultes, disposent d'une variété de raisonnements selon les informations qu'ils ont à traiter.

III. 1/ NATURE ET FONCTION DU RAISONNEMENT INTENTIONNEL

III. 1. 1/ Le raisonnement intentionnel : un raisonnement privilégié pour les phénomènes psychologiques

Afin de définir au mieux le raisonnement intentionnel, il nous est nécessaire de présenter la théorie qui sous-tend ce raisonnement : la Folkpsychology. Ce terme anglo-saxon peut être considéré comme une extension du concept plus connu de théorie de l'esprit. Posséder une théorie de l'esprit suppose de faire la distinction entre les vraies croyances et les fausses, et comprendre que ces croyances guident les comportements des individus (Wellman & Gelman, 1992). La Folkpsychology est l'ensemble des croyances sur la vie mentale d'autrui et sur soi-même : elle porte tout autant sur la compréhension du fait que les conduites d'autrui sont guidées par ses intentions, que sur des choses plus simples comme d'admettre qu'autrui a comme nous-mêmes, des perceptions, des désirs et des émotions (Wellman & Gelman, 1998). En ce sens, la Folkpsychology est un pan de la cognition sociale. Elle se développe dès les premiers mois de la vie et serait effective entre trois et quatre ans. Son développement serait engendré par deux précurseurs. Le premier résulterait de mécanismes permettant d'extraire des « objets sociaux » des processus qui leur seraient spécifiques, le second résulterait d'une discrimination précoce des expressions et des comportements humains. Par exemple, les nourrissons disposeraient d'habiletés d'imitation dès les premières heures suivant l'accouchement, participant au développement des fonctions sociales de communication par l'intermédiaire de la reconnaissance des expressions faciales et des émotions (Meltzoff & Moore, 1999). La théorie de l'esprit (Theory of Mind ou ToM) est plus restreinte : avoir une ToM, c'est comprendre qu'autrui peut avoir des croyances différentes des nôtres, et peut donc se tromper ou être trompé. La tâche d'évaluation des fausses croyances (i.e., Sally et Ann) mise au point par Baron-Cohen, Leslie et Frith (1985) en permet la démonstration. Elle sert principalement à mettre à jour un niveau de maturation de la pensée (entre 4 et 5 ans), permettant d'attribuer à autrui des croyances différentes des siennes. Plus largement, la Folkpsychology concerne le développement conceptuel des explications du comportement des autres êtres vivants, et plus particulièrement de leurs congénères. Le raisonnement intentionnel est donc, en ce sens, la faculté à comprendre que le comportement d'autrui est guidé par ses intentions. Les études de Folkpsychology concernent aussi bien la capacité des personnes à effectuer la distinction entre un objet et la représentation de cet objet, que la compréhension des conduites en tant que causées, motivées par des intentions, des désirs, des croyances, des attentes, contrairement aux phénomènes biologiques ou relevant de la physique naïve. Heyman et Gelman (2000) montrent que, dès l'âge de quatre ans, les enfants réalisent des inférences sur des attributs psychologiques à

partir d'autres connaissances sur la psychologie des personnages, ce qui suggère la mise en place d'une véritable théorie, riche et organisée de la personnalité.

III. 1. 2/ Le raisonnement intentionnel comme première base de construction du domaine biologique

L'émergence chez les enfants de la Folk biologie et de la Folkpsychology fournit un important champ d'investigation quant à la spécificité de ces domaines. Au cœur de la controverse se trouve la spécificité des objets sur lesquels les traitements sont effectués. En effet, les personnes, les plantes et les animaux relèvent du domaine de la biologie, mais l'on peut également argumenter que certains animaux comme les personnes sont des entités psychologiques. Il est même possible d'aller plus loin dans cette idée et considérer que certaines plantes sont des entités psychologiques. Comment interpréter autrement la tendance de certaines personnes à parler à leurs plantes tout en les soignant, à les trouver fatiguées ou rayonnantes? Il existe encore aujourd'hui une croyance populaire qui veut que parler aux plantes soit nécessaire à leur bon développement. Certaines personnes considèrent également que les plantes sont des entités métaphysiques douées d'une âme, au même titre que les êtres humains et que les animaux.

Carey publie en 1985 un ouvrage exposant sa théorie sur la construction des domaines psychologique et biologique chez l'enfant. Comme mentionné précédemment dans le chapitre I.2.1, Carey postule que la biologie enfantine ne serait pas un domaine initialement autonome mais émergerait du domaine de la psychologie. Les enfants jusqu'à ce qu'ils aient entre sept et neuf ans favoriseraient l'intentionnalité pour expliquer les phénomènes relatifs à la biologie.

III. 2. NATURE ET FONCTION DU RAISONNEMENT TELEOLOGIQUE

La téléologie est un mode de raisonnement qui permet de parler des éléments du monde en fonction du but qu'ils remplissent. En psychologie du développement, ce mode de raisonnement a surtout été étudié afin d'analyser la distinction que font les enfants entre les objets animés et inanimés, (Kelemen, 1999 ; Keil, 1994). Ces deux auteurs ont une approche différente de la nature qu'entretient ce raisonnement causal dans l'enfance. Keil soutient une proposition "sélective" de ce raisonnement alors que Kelemen soutient une proposition plus "libre" ou "promiscuous".

III. 2. 1/ La théorie sélective de Keil

Keil (1992, 1995) a montré dans une série d'études que les très jeunes enfants ne traiteraient pas de la même façon les objets naturels vivants et non-vivants : les attributs des objets naturels vivants seraient les seuls à exister pour remplir une fonction. Les intuitions téléologiques des enfants constitueraient une base rudimentaire d'une théorie du domaine biologique similaire à celles des adultes. Les enfants feraient la différence entre les êtres vivants et les artefacts. Ils utiliseraient des raisonnements téléologiques dans les deux domaines mais les fonctions de "self serving" seraient réservées aux entités biologiques. Pour les artefacts et les objets naturels non-vivants comme une montagne, et les phénomènes naturels non-vivants comme la pluie, ils utiliseraient des explications de types "social serving" selon lesquelles le bénéfice n'est pas pour l'objet ou le phénomène en lui-même mais pour un évènement ou un objet différent de celui qui porte la propriété ou qui effectue l'action. A la question "pourquoi c'est vert ?", les enfants de CE1 répondent pour les plantes que "c'est mieux pour elles" et, pour une émeraude, "que c'est parce qu'il y a des petites parties à l'intérieur qui, mises ensemble, donnent la couleur verte", il s'agit alors d'une proposition de type essentialiste. Les explications téléologiques ne seraient donc pas privilégiées pour les objets naturels non-vivants. Les fonctions des objets et phénomènes naturels non-vivants, ainsi que des artefacts produiraient des bénéfices pour des agents extérieurs. Les enfants de trois ans interprètent différemment la présence d'un même attribut (épine/pointe) sur une rose et sur un fil barbelé. Pour la rose, les enfants répondent que "ça lui sert à quelque chose", pour le fil barbelé que "ça sert à autre chose". Ces arguments amènent Keil à avancer l'idée que les enfants pourraient avoir un mode de pensée biologique autonome, c'est-à-dire qu'ils limiteraient leurs raisonnements téléologiques aux caractéristiques des entités vivantes qui ont une valeur d'adaptation. Greif, Kemler Nelson, Keil et Gutierrez (2006) ont montré dans leur étude que les enfants restreignent, dès l'âge de quatre ans, leurs attentes fonctionnelles aux artefacts. Le but de cette expérience est de savoir quels types d'informations demandent les enfants sur deux catégories d'objets (i.e., animal et artefact). Le plus souvent, les enfants demandent des précisions sur la fonction des artefacts, mais ils ne posent pas de questions concernant la forme et la fonction des entités vivantes. Les questions sur les artefacts portent sur leur fonction et leur utilisation habituelle. Pour les animaux, les enfants demandent des précisions uniquement sur la fonction de certaines parties du corps. Les enfants ne demandent jamais pourquoi un animal existe, pourquoi il est fait, ou comment il fonctionne mais plutôt où on le trouve et quel est son mode de nutrition et de reproduction. Si leurs questions révèlent ce qu'ils considèrent comme important de connaître

pour créer une nouvelle catégorie conceptuelle, l'on peut considérer qu'il existe un contraste conceptuel bien marqué entre la catégorie des artefacts et celle des animaux. Ce résultat soutient la proposition téléologique sélective de Keil. Il apparaît que les enfants comprennent que différentes formes de relations abstraites sont essentielles pour les domaines des artefacts et des animaux. Même s'ils ne sont pas capables de formaliser les relations causales abstraites propres aux deux catégories, ce qui est normal à leur âge, ils montrent toutefois un pattern de contrastes riches et très nets de différences dans leurs attentes de types d'informations importantes afin d'accroître leurs connaissances à propos de ces deux catégories d'objets. A un âge précoce, les enfants ont une idée claire et précise sur la manière dont les systèmes explicatifs diffèrent pour ces catégories très larges et très abstraites qui représentent l'un des plus importants contrastes dans le monde.

III. 2. 2/ La proposition "libre" de Kelemen

La « promiscuous teleology » est un concept élaboré par Kelemen (1999b). C'est le reflet d'un biais téléologique qui induit un mode de raisonnement caractérisé par une plus grande liberté d'application à différentes entités. On peut le définir comme la tendance des enfants à traiter tous les objets du monde comme des artefacts construits dans une certaine intention. C'est donc une explication téléologique appliquée par défaut à toutes les entités quelle que soit la catégorie d'appartenance ontologique. Les enfants l'utiliseraient encore à l'école élémentaire. La présence de ce raisonnement indique que les enfants ne possèdent pas de véritables conceptualisations biologiques. Celles-ci ne sont pas sans rappeler la proposition de finalisme de Piaget, qui veut que les enfants s'attendent à ce que tous les types d'objets agissent dans un but dirigé (Opfer & Gelman, 2001). La différence entre les propositions de Piaget et de Kelemen repose sur la valeur d'agentivité dans la réalisation de l'action. Kelemen (1999b), propose par exemple à des enfants de 7-8 ans et à des adultes de faire un choix entre des explications téléologiques et des explications physiques. Elle choisit un vocabulaire plus neutre que dans l'expérience de Keil (1992) et propose deux types d'explications téléologiques, des explications "self-serving" et des explications "social-serving". Les résultats suggèrent que les adultes utilisent préférentiellement des explications physiques pour les objets naturels non-vivants. Les explications self-serving sont réservées aux êtres vivants. Les enfants de 7-8 ans montrent une préférence plus importante pour les explications téléologiques des deux types que pour les explications physiques, que les entités soient des êtres vivants ou des objets non vivants. Kelemen obtient une confirmation de ses résultats après avoir donné aux enfants une explication physique sur la formation des objets naturels

non vivants. Elle en conclut que la transmission culturelle joue un rôle assez faible dans la part des raisonnements mis en place par les enfants pour expliquer l'existence des objets, des phénomènes et des objets naturels. Selon Kelemen, une telle tendance découlerait d'une propension précoce à comprendre le monde en termes d'intentions, ou à travers une psychologie naïve. Il est vrai qu'il est naturel pour les enfants de demander "à quoi ça sert?" pour tous types d'objets. Les enfants semblent juger de l'état du but et de la fonction comme quelque chose de raisonnable pour une large variété d'objets. Pour procéder à des inférences inductives et fournir des explications sur l'existence et l'émergence de propriétés biologiques, les enfants pourraient traiter les êtres vivants quasiment comme des artefacts par le biais du raisonnement téléologique.

Afin de vérifier l'influence de la transmission culturelle sur les modes de raisonnement établis pendant dans l'enfance Kelemen (2003) interroge des enfants d'origine britannique et des enfants originaires des Etats-Unis sur le rôle des artefacts, celui des parties des êtres vivants, ainsi que sur des objets naturels non vivants. Bien que ces deux populations soient proches au niveau culturel de par leur langue commune, leur modèle de société ou leur histoire, elles diffèrent par leurs croyances religieuses, les américains étant davantage prompts à assumer l'existence d'un créateur divin ayant conçu le monde dans un dessein particulier que les britanniques. Les enfants britanniques devraient avoir moins tendance à choisir des explications téléologiques que les petits américains. Les résultats montrent que pour expliquer une large variété de propriétés et de phénomènes les enfants des deux cultures préfèrent des explications basées sur le but. Cependant, il apparaît que les enfants diffèrent par les justifications qu'ils proposent pour expliquer leurs choix. Alors que les jeunes Américains pensent que les parties du corps ont à la fois une fonction propre pour l'animal (self-serving) et une fonction sociale comme pour un artefact, les enfants britanniques penchent plus pour des explications téléologiques des parties du corps qui servent l'animal dans une optique de survie. En ce qui concerne les objets naturels non vivants, les deux populations choisissent davantage des explications téléologiques, aussi bien dites de "self-serving" que de "social serving", que des explications mécanistes, mais ~~le~~ les choix des enfants britanniques pour les explications téléologiques sont proches du niveau du hasard, ce qui ne leur confère pas un statut d'explication privilégiée pour expliquer ce type d'entité.

III. 2. 3/ Le raisonnement téléologique comme extension du raisonnement intentionnel

Par certains égards, le raisonnement intentionnel est assez proche du raisonnement téléologique. La téléologie regroupe les systèmes explicatifs qui font intervenir la volonté

d'un agent de se diriger ou d'agir dans un but. A partir du moment où l'on reconnaît à autrui une intention, l'on suppose que son comportement est dirigé vers un but, que l'utilisation qu'il fait d'un objet est dirigée par une intention. On peut également supposer que les artefacts ont été créés dans le but de remplir une fonction puisque le concepteur de l'objet cherchait par sa création à combler un besoin. On prête alors au concepteur une intention qui se répercute dans la nature et la fonction de l'objet. Si l'on suppose qu'une main est faite pour que l'on puisse se saisir d'objets, l'on rentre dans la catégorie de raisonnements téléologiques dits sélectifs. Dans ce cas, le bénéfice n'est plus tourné vers l'extérieur, la fonction n'est pas pour un autre mais pour soi-même. Passer cette étape marquerait un progrès cognitif considérable dans le développement de la pensée (Kelemen, 1999). En effet, les agents réalisent des actions sous-tendues par des intentions, il préexiste donc un but à atteindre avant que l'intention qui dirige l'action ne soit établie. Par exemple, si l'on considère la proposition selon laquelle les plantes guérissent parce qu'elles en ont envie, cela suppose que l'on attribue à la plante des états mentaux proches des siens, raisonnement qui correspond à un mode de construction typique de la folkpsychology. Dans le même temps, l'inférence réalisée suppose que si la plante a choisi de guérir, elle en avait établi pour elle-même les bienfaits. Cette forme de raisonnement s'apparente alors davantage à la téléologie. La confusion peut survenir lorsque nous cherchons à attribuer une fonction à tout ce qui existe. Ce type de raisonnement pourrait s'admettre lorsque l'on considère les propriétés d'un objet ou des fonctions de certaines parties du corps humain y compris les organes internes, mais cela devient beaucoup plus saugrenu face à des propriétés biologiques comme celle de mort ou d'héritabilité.

Opfer et Gelman, (2001) s'interrogent sur la valeur d'explications téléologiques pour rendre compte des prédictions d'enfants en âge préscolaire, de dix ans et d'adultes lorsque le but de l'action est profitable pour celui qui la réalise en faisant varier les entités susceptibles de bénéficier du but de l'action (i.e., trois plantes, trois animaux, trois machines et trois artefacts simples). Cette recherche met en concurrence quatre modèles pouvant rendre compte des attentes des sujets. Selon le modèle "finaliste" de Piaget (1927), les enfants s'attendent à ce que n'importe quel objet agisse dans un but dirigé. Comme nous l'avons dit plus haut, ce modèle est très proche de la proposition de promiscuous téléologie de Kelemen (1999b). Le deuxième modèle envisagé est celui de Rosenblueth, Wiener et Bigelow (1943) qui soutiennent que seuls les êtres complexes, à savoir les animaux, les plantes et les machines, agissent dans un but dirigé (modèle basé sur la complexité). Pour Opfer et Gelman (2001), il est possible que les enfants partagent cette vision du monde. Le troisième modèle envisagé est celui de Keil (1992) selon lequel les enfants savent que seuls les êtres vivants (i.e., animaux et

plantes) agissent dans un but (modèle basé sur la biologie). Enfin, le dernier modèle est celui de Carey, selon ce dernier, les enfants croient que seuls les animaux agissent dans un but dirigé (modèle basé sur les animaux), croyance qui découlerait d'une autre croyance en la capacité psychologique des animaux à percevoir et désirer un objectif (Carey 1985, 1995). Les résultats montrent que les modèles que suivent les enfants d'âge préscolaire sont le « finalisme » piagétien et le « modèle basé sur les animaux » de Carey. Bien que les enfants d'âge préscolaire supposent que tous les types d'entités agissent dans un but, ils prédisent ces comportements seulement pour les animaux à un niveau supérieur du hasard. Cela implique que les entités doivent ressentir et désirer un but avant de se diriger vers celui-ci, et que les animaux sont les seuls types d'entités que les enfants conçoivent comme ayant ce genre de capacités psychologiques. L'action de se diriger vers un but serait pour les enfants d'âge préscolaire la conséquence d'états mentaux qui impliqueraient un bénéfice pour les entités qui réaliseraient ces actions. La deuxième expérience de cette étude confirme cette supposition. Les enfants d'âge préscolaire, comme les enfants de dix ans et les adultes, prêtent des états psychologiques (i.e., sentir, vouloir, ressentir de la peine, penser et constater) uniquement aux animaux. Ils n'attribuent pas d'états psychologiques aux autres entités ni aux plantes même s'ils leur reconnaissent le pouvoir d'agir dans un but. En ce qui concerne les enfants de dix ans et les adultes, il semble que la condition nécessaire pour pouvoir réaliser des actions dans un but soit d'être vivant. En effet, ils partagent l'idée que les plantes et les animaux agissent dans un but lorsqu'ils peuvent en retirer un bénéfice. Ils attribuent des actions téléologiques aux plantes même s'ils ne pensent pas qu'elles sont sous-tendues par des capacités psychologiques. Ils font très souvent référence à la vie ou à la survie pour expliquer les actions téléologiques de ces entités.

La transition entre un modèle basé sur des compétences psychologiques et un modèle basé sur des compétences biologiques pour expliquer des actions téléologiques a lieu après l'école élémentaire. Elle semble impliquer un développement conceptuel significatif d'une compréhension abstraite des principes biologiques et une nouvelle conceptualisation des buts. Le développement d'un raisonnement téléologique implique un changement entre un modèle psychologique et un modèle biologique. Il n'est cependant, pour les auteurs, pas nécessairement le reflet d'une absence de notions biologiques chez les enfants d'âge préscolaire.

III. 2. 4/ La possibilité d'un lien entre le raisonnement téléologique et le raisonnement vitaliste Jaakkola et Slaughter (2002), ainsi que Slaughter et Lyons (2003), étudient les

liens entre le concept de vie et le concept de mort dans la pensée des enfants. Elles se focalisent en particulier sur les connaissances factuelles et fonctionnelles des différents organes du corps humains pour explorer ce lien. Elles concluent de leurs études qu'il est possible de rapprocher les modes de raisonnement vitaliste et téléologique en considérant que le but de tout être vivant est de maintenir les fonctions biologiques vitales pour rester en vie. Autrement dit, la fonction de se maintenir en vie, serait la pierre angulaire de la construction et de la compréhension des phénomènes biologiques. Tant que les enfants ne comprendraient pas que ce sont les différents organes du corps qui, par leur fonctionnement, le maintiennent en vie, ils ne pourraient pas construire la relation essentielle entre les concepts de vie et de mort. Or, les enfants commenceraient par élaborer l'idée que la fonction des organes est de transmettre l'énergie vitale dont le corps a besoin pour se sustenter. Par exemple, l'estomac transformerait l'énergie vitale contenue dans les aliments, le sang transporterait cette énergie vitale pour permettre aux autres organes de fonctionner, etc. A travers la vision de ces auteurs, le raisonnement vitaliste serait le premier mode de raisonnement causal typiquement biologique. Une fois que les enfants maîtriseraient ce principe causal, ils seraient en mesure d'expliquer les concepts appartenant à ce domaine et de faire de nouvelles inférences sur les propriétés et les phénomènes qui le caractérisent. Dans cette optique, le vitalisme permettrait de considérer le domaine des connaissances biologiques comme un domaine autonome.

III. 2. 5/ Perspectives sur le raisonnement téléologique

A travers les différentes études qui ont porté sur le raisonnement téléologique, nous pouvons remarquer qu'il n'existe pas véritablement de consensus autour de ce type de raisonnement. La proposition de Kelemen tient pour une grande part de l'intentionnalité. Pour Kelemen (2003), les enfants attribueraient librement des buts aux différents types d'objets pour compenser un manque de connaissances. Les enfants utiliseraient ce mode de raisonnement parce qu'ils s'en remettraient à une prédisposition cognitive primaire : la tendance à attribuer des buts aux actions de leur entourage doublée de la tendance à attribuer des intentions à la fabrication et à l'utilisation des artefacts. Pour Keil (1992, 1995) au contraire, le raisonnement téléologique serait différent selon la catégorie ontologique sur laquelle porteraient les inférences. Ses études montrent que les enfants appliqueraient de manière précoce une forme de téléologie réservée au domaine des connaissances biologiques, ce raisonnement serait qualifié de "self-serving". Pour Opfer et Gelman (2001), le raisonnement téléologique est fortement inspiré par la folkpsychology chez les enfants en âge préscolaire, puis s'oriente vers une forme d'acceptation plus biologique. Pouvoir attribuer des

intentions aux entités permettrait aux enfants en âge préscolaire d'expliquer les comportements des entités dans un but bien qu'ils ne considèrent pas que les plantes, les machines et les artefacts puissent éprouver des sentiments ou des intentions contrairement aux animaux. Le raisonnement téléologique n'est pas pour ces auteurs un mode de construction théorique satisfaisant pour concilier les différentes exigences de la construction d'un domaine de connaissances biologiques autonome. Ce point de vue est nuancé par les travaux de Slaughter et al., (1999, 2003). De leur point de vue, le raisonnement téléologique peut être conçu comme fortement structurant de la pensée biologique des enfants s'il est relié au raisonnement vitaliste. Cette opposition semble tenir pour une grande part de la nature des différents phénomènes biologiques en jeu dans leurs études. De notre côté, nous penchons en faveur de la position et de la stratégie de raisonnement d'Opfer et Gelman (2001) dans nos études. C'est en effet la définition qui semble être la plus en lien avec la proposition « libre » de Kelemen (1999a, 1999b) que nous souhaitions tester. Or, comme nous le préciserons dans la méthodologie de nos expérimentations, nous avons cherché à proposer une formulation la plus ouverte possible qui puisse être comprise par de jeunes enfants et renvoyer à la réalité de leurs théories naïves biologiques.

III. 3/ NATURE ET FONCTION DU RAISONNEMENT VITALISTE

III. 3. 1/ Le vitalisme comme courant philosophique et médical

Le vitalisme se définit de manière générale comme une conception philosophique définissant la vie comme de la matière dans laquelle se trouve un principe ou une force vitale. Selon cette conception, c'est cette force vitale qui insufflerait la vie à la matière. En biologie, ce cadre théorique a été très présent dans la pensée occidentale avant d'être remplacé petit à petit par une conception matérialiste de la vie, où les règles physico-chimiques des êtres vivants sont les mêmes que celles régissant la matière inanimée. Au XVIIIe siècle, le vitalisme est érigé en doctrine par « l'école de Montpellier » selon laquelle il existe au sein de tout individu un principe vital gouvernant les phénomènes de la vie, distinct de l'âme et de la matière. Nous allons voir que, dans les premières études qui ont utilisé ce mode de raisonnement pour décrire les explications biologiques des enfants, l'on retrouve cette situation intermédiaire entre l'âme et la matière. Le vitalisme recouvre l'idée d'une causalité en termes de pouvoir ou de force vitale qui serait à l'œuvre dans les processus corporels (e.g., le travail des organes, muscles, foie, reins, estomac). Cette force vitale peut se comprendre

comme une substance indéfinie, de l'énergie, ou de l'information dont la fonction serait de maintenir la vie par des échanges avec le monde extérieur (Inagaki & Hatano, 2002, 2006). Il est possible de comprendre les échanges avec le monde extérieur dans une acception restreinte lorsque ce pouvoir vital est retiré de l'eau et des aliments, mais également dans une acceptation plus étendue s'il renvoie à un principe présent en toute chose régissant l'univers comme l'on est enclin à le penser dans de nombreuses cultures asiatiques.

III. 3. 2/ Caractéristiques culturelles et universelles du vitalisme

Avant de revenir plus spécifiquement sur les implications de ce mode de construction causale dans notre compréhension intuitive des phénomènes biologiques, nous allons nous interroger sur le caractère universel ou culturel de cette croyance. Hatano et Inagaki (1994) ont démontré que les enfants japonais en âge préscolaire raisonnent sur les phénomènes biologiques en référence au « ki » qui peut se traduire par « vie » ou « force de vie ». Cette énergie vitale alimente les organes internes impliqués dans toutes nos actions, rend possible la croissance, et est impliqué dans les processus de santé et de guérison. La médecine traditionnelle japonaise comporte une large part de connaissances biologiques. Elle n'était pas d'inspiration mécaniste et atomiste comme en Occident, mais holistique et vitaliste. Dans cette science, le corps humain est considéré comme le prototype de toutes les formes vivantes et est une image de la nature entière. La médecine essayait d'améliorer la force vitale saine de l'organisme (ki) afin de vaincre les forces malsaines. Les forces du corps étaient interprétées en termes de vitalisme. Par exemple, l'estomac digère dans le but d'envoyer dans le reste du corps la force vitale absorbée dans la nourriture. Morris, Taplin et Gelman (2000) se sont interrogés sur l'utilisation du raisonnement vitaliste chez des enfants de 5 et 10 ans, et des adultes, tous de langue anglaise, afin de déterminer si ce raisonnement est spécifique à la culture Japonaise ou s'il est également susceptible d'être utilisé dans les sociétés occidentales. Dans leur étude, ils notent que le vitalisme apparaît également dans la pensée occidentale. Il émerge de la distinction fondamentale entre les entités animées et inanimées. Aristote soutenait par exemple, qu'ajouté au fait de posséder des organes donc une forme de différentiation structurelle et fonctionnelle, le principe de toute forme vivante est l'âme qui porterait en elle la capacité de vie. Cette supposition découle de l'idée que les éléments inorganiques étant incapables de produire des composés organiques ne sont pas traversés par une force vitale. Il devait donc exister un facteur supplémentaire présent uniquement dans les entités vivantes responsables de la vie. C'est ce qu'Aristote nommait « l'entéléchi », qui peut

se définir comme le « pouvoir vital », une force présente dans la matière qui la transforme en lui insufflant la vie. Pour certains physiologistes du XIXème siècle (Hans Driesch, Wolff et Muller), une force vitale ou « vis vitalis » dirigerait les procédés physiques et chimiques. Cette force vitale était conçue comme indépendante du corps. Cette conception fut critiquée par Carnap et mise à mal par les découvertes de Friedriesh sur l'urée et de Pasteur sur les microbes qui considéraient que cette force vitale était inspécifiée et inspécifiable. Malgré cela, la conception vitaliste reste prégnante dans notre culture par la reconnaissance que la vie est liée à la production, la transmission et la consommation d'énergie. Cette conception ne fait pourtant pas référence à une force vitale mystérieuse et indépendante du corps, mais est reliée aux besoins du corps et à son fonctionnement.

La différence de point de vue entre la pensée japonaise et la pensée occidentale concernant la notion de force vitale, émerge du rôle de l'intentionnalité et de l'agentivité des organes. Dans la pensée japonaise, le corps humain occupe la place privilégiée de prototype au sein des êtres vivants. Inagaki et Hatano (1993), ont montré que les enfants japonais personnifient les organes en leur attribuant une « agentivité » issue de leur fonction de soutien et de renforcement de la vie. Dans cette culture, les enfants expliquent le fonctionnement des organes en termes d'intentionnalité en leur attribuant une volonté propre, ils leur confèrent ainsi un statut psychologique normalement réservé aux êtres humains. Il est donc possible de comprendre le raisonnement vitaliste comme l'addition de deux éléments faisant référence à des savoirs différents. Premièrement, la causalité vitaliste peut être comprise comme une forme de personnification des organes internes révélée par l'assignation d'une agentivité et d'une intentionnalité. Deuxièmement, la causalité vitaliste implique une dépendance vis à vis de la transmission d'une force vitale. C'est pourquoi Morris et al. (2000) se proposent de tester dans leurs expériences si les enfants et les adultes occidentaux partagent avec les japonais les deux aspects de cette notion. Les auteurs ciblent deux composantes du vitalisme : la notion que les organes corporels ont des intentions, et la notion de transmission et d'échange d'une substance assimilée à une « force » ou une « énergie ». Les résultats indiquent que, dès l'âge de 5 ans, la croyance qu'une force de vie ou qu'une énergie serait transmise est fortement utilisée par les enfants alors que l'explication induisant l'intentionnalité des organes leur semble beaucoup moins pertinente pour expliquer des phénomènes et des mécanismes biologiques comme la nutrition, la circulation sanguine, la cicatrisation, la respiration, la croissance, etc. Au sein de la culture occidentale, la notion de transmission d'une force vitale semble donc prédominer sur celle d'intentionnalité des organes pour les processus biologiques. Les auteurs partagent avec Inagaki et Hatano (1993, 1996), la croyance qu'une

force vitale pourrait tenir place de raisonnement causal de substitution dans les théories naïves biologiques des enfants, jusqu'à ce qu'ils connaissent des formes plus précises du fonctionnement des mécanismes biologiques.

III. 3. 3/ Causalité vitaliste et autonomie du domaine de connaissance biologique

La notion de causalité vitaliste rapportée aux conceptions naïves biologiques des jeunes enfants a été proposée en premier lieu par Inagaki et Hatano (1993) comme une forme de causalité qui se situerait entre l'intentionnalité et une causalité mécaniste. Le vitalisme est alors conçu comme une conception similaire à celle existant dans la médecine endogénique japonaise avant la modernisation rapide du Japon. Alors que la causalité intentionnelle sous-tend que les propriétés biologiques et les processus corporels sont dépendants des états mentaux, la causalité mécaniste met en avant les mécanismes physiologiques et biochimiques comme déterminant des phénomènes biologiques. Par opposition, la causalité vitaliste attribue la finalité des phénomènes au « travail » du pouvoir vital. Tout comme le fuel et l'électricité autorisent le fonctionnement des machines complexes, le pouvoir vital permet aux êtres vivants de grandir, de rester en bonne santé, d'être vigoureux et actifs.

Afin de déterminer le type de stratégie de raisonnement la plus courante pour expliquer les propriétés biologiques pendant l'enfance, Inagaki et Hatano (1993) proposent à des enfants de 6 et 8 ans, ainsi qu'à des étudiants, de choisir la meilleure des trois explications (i.e., intentionnelle, vitaliste et mécaniste) pouvant rendre compte de notre besoin quotidien de manger. L'explication intentionnelle attribue le phénomène à l'intention de la personne : « Parce que nous avons envie de manger une nourriture goûteuse. ». L'explication vitaliste explique le phénomène en se référant à l'agentivité de l'organe cible par son activité ou par l'effort qu'il produit dans sa participation à l'activité. Cette activité est présentée comme sous-tendue par une force vitale, de l'énergie ou de l'information qui serait reçue, produite ou transformée par l'organe : « Parce que notre estomac reçoit une force vitale de la nourriture ». Enfin, l'explication mécaniste est présentée comme une version enfantine d'une causalité scientifique reposant sur des éléments d'explication physiologique : « Parce que nous prenons de la nourriture dans notre corps après qu'elle soit transformée par notre estomac et nos intestins ». Les auteurs notent qu'à six ans, les enfants utilisent autant d'explications vitalistes que d'explications inclassables. Les trois classes d'âge n'expliquent jamais les propriétés biologiques cibles par le contexte intentionnel. A huit ans, le nombre d'explications vitalistes chute au profit des explications mécanistes. Ces dernières constituent la presque totalité des

explications choisies par les adultes. Ainsi, le vitalisme serait spécifique à la construction de la pensée d'enfants de six ans. En outre, il représenterait réellement le domaine des connaissances biologiques à cet âge. Dans une seconde expérience, les auteurs font varier des propriétés biologiques et psychologiques en proposant des explications s'insérant dans un contexte soit intentionnel soit vitaliste. Les résultats indiquent que, s'il faut attendre l'âge de 8 ans pour observer un pattern de réponse biologique et psychologique réellement spécifique en fonction des contextes (90% des choix guidés par une explication intentionnelle pour les propriétés psychologiques, 83% des choix guidés par une explication vitaliste pour les propriétés biologiques), les enfants de 6 ans montrent déjà une nette préférence pour les explications intentionnelles lorsqu'ils raisonnent sur des propriétés psychologiques (87,5%). De même, ils choisissent préférentiellement les explications vitalistes pour raisonner sur des propriétés biologiques (62%). Ainsi, le raisonnement vitaliste serait particulièrement attractif parce qu'il est un mode de construction spécifique à la biologie.

Comme nous l'avons précédemment évoqué au Chapitre II (Chap. II. 1. 2), l'étude d'Inagaki et Hatano (1996) a marqué un tournant dans la vision du développement des conceptions naïves biologiques enfantines. En effet, les auteurs ont prouvé que non seulement les jeunes enfants étaient capables d'attribuer des propriétés biologiques aux animaux et aux plantes dès l'âge de six ans mais aussi qu'un contexte vitaliste favorisait les inductions de propriétés biologiques mettant ainsi en évidence l'existence d'un domaine de connaissances biologiques indépendant du domaine psychologique bien plus précocement que les travaux de Carey (1985) ne le laissaient envisager.

Selon Inagaki et Hatano (2004), trois principes sous tendent la conception vitaliste du monde. Premièrement, les jeunes enfants croient que le pouvoir vital est extrait de l'extérieur, les sources principales en sont la nourriture, l'eau et l'air. Il apparaît néanmoins que, chez les jeunes enfants, l'eau et la nourriture apparaissent plus fréquemment que les autres sources. Même s'il est extrait de l'extérieur, le pouvoir vital est souvent conçu comme émanant de l'intérieur de l'organisme. Le processus d'extraction du pouvoir vital de l'eau et de la nourriture est si lent que les enfants pourraient penser que le pouvoir vital est malgré tout localisé à l'intérieur de l'organisme vivant. Le pouvoir vital s'actualise donc à l'intérieur du corps et est soit le fruit d'un apport extérieur, soit conçu comme préexistant aux influences extérieures. Cette confusion entre une localisation interne et une localisation externe du pouvoir vital pourrait découler du manque de connaissances des enfants concernant les processus biologiques à l'œuvre dans la digestion et la respiration. Deuxièmement, dans la conception biologique naïve des enfants, la fonction principale des organes du corps est de

maintenir l'homéostasie nécessaire aux fonctionnements de l'entité et à la vie. Le pouvoir vital ou « force de vie » est conçu essentiellement comme responsable de cette activité. Plus précisément, le pouvoir vital fait que les êtres vivants sont en vie et animés, il permet de les prémunir de la maladie, et leur permet de grandir. Ces différentes fonctions sont connectées causalement au « pouvoir vital » retiré directement de la nourriture. Troisièmement, la biologie vitaliste porte principalement sur les processus du corps humain. Cette tendance à considérer l'humain au centre du règne du vivant est très forte dans les sociétés industrielles, mais plus faible dans les sociétés où les individus sont familiers avec les animaux et les plantes.

III. 3. 4/ Perspectives sur le raisonnement vitaliste

Nous allons maintenant revenir sur les liens qu'entretient le raisonnement vitaliste avec les autres raisonnements causaux. Comme nous l'avons remarqué, la définition du vitalisme proposée par Inagaki et Hatano (1993) implique de prendre en compte deux dimensions. Premièrement, la personnification des organes, induite par leur agentivité supposée dans le bon fonctionnement des principes biologiques qu'ils mettent en œuvre, repose sur le partage de caractéristiques psychologiques avec les êtres humains. Deuxièmement, la transmission d'une énergie ou d'un pouvoir vital circulant dans l'organisme assure le maintien de l'homéostasie. Lorsque le pouvoir vital est représenté en tant que « forme d'énergie », il peut être compris comme ce « quelque chose à l'intérieur » qui détermine l'identité et les comportements des entités biologiques. Il peut, dans ce cas, tenir lieu de compréhension causale abstraite qui nous amènerait à regrouper les êtres vivants dans un même ensemble (Gottfried & Gelman, 2005). Nous sommes ici en présence des deux versants du vitalisme, le premier influencé par l'intentionnalité, le second par une compréhension plus internaliste du fonctionnement des êtres vivants qui pourrait être rapprochée d'une conception essentialiste. Il est possible que les explications empreintes de vitalisme des enfants et celles des adultes quels qu'ils soient influencées par l'un ou l'autre versant de ce raisonnement, de sorte qu'il serait possible de catégoriser leurs explications suivant ces deux dimensions, en intentionnalo-vitalisme d'une part et en vitalo-essentialisme d'autre part.

De la même manière, le vitalisme peut être rapproché du raisonnement téléologique. Le contexte vitaliste présenté aux enfants en guise d'apprentissage dans l'expérience de Slaughter et Lyons (2003) est fortement relié au raisonnement téléologique. En effet, les explications sont données en termes d'énergie pour se maintenir en vie ou être en bonne santé. Par exemple, lorsque l'on parle ainsi du rôle des organes internes en terme vitaliste, « le cœur

permet de vivre, il travaille durement pour répandre un pouvoir vital par l'intermédiaire du sang à toutes les parties du corps pour qu'elles se sentent bien » ou plus simplement : « tel organe est utile car il permet de maintenir la vie par l'énergie de son activité », l'on fournit une explication téléologique teintée de vitalisme. L'énergie déployée par les organes pour maintenir leur activité et celle du corps en général correspond à une forme de raisonnement vitalo-téléologique.

Ainsi les raisonnements utilisés par tout un chacun peuvent parfois être beaucoup plus complexes qu'ils ne le laissent supposer. Les explications des différentes stratégies de raisonnements proposées par les sujets peuvent correspondre à une autre réalité que celle qu'ils imaginent. Le vitalisme, tout comme le raisonnement téléologique, semble jouer un rôle majeur dans l'élaboration de nos connaissances biologiques intuitives. De même que le raisonnement téléologique, le vitalisme recouvre plusieurs facettes qui en démultiplient sa compréhension et son utilisation au quotidien.

III. 4/ NATURE ET FONCTION DU RAISONNEMENT ESSENTIALISTE

III. 4. 1/ L'essentialisme comme mode de construction du domaine de connaissances biologiques

Les théoriciens de la psychologie du développement utilisent les concepts d'« essentialisme » et d'« essence » dans leur acceptation courante. L'essentialisme est l'idée que certaines catégories ont une réalité sous-jacente ou une nature réelle que l'on ne peut pas observer directement mais qui fournit à un objet son identité, et est responsable des similarités que partagent les membres d'une catégorie (Gelman, 2004). L'essentialisme est donc l'idée que certaines catégories comme « lion » ou « femelle » ont une réalité implicite qui ne peut être observée directement. C'est une manière d'appréhender le monde à travers ce qui ne se présente pas de manière directement perceptible. Ce concept est précieux pour l'étude de la construction du domaine des connaissances biologiques. Il permet de définir de manière précise l'ontologie des concepts appartenant à un domaine, et il fournit un mode de construction théorique causale pertinent pour réaliser des inférences sur d'autres membres de la même catégorie. De bien des manières, la cognition de l'adulte implique de regarder derrière les apparences extérieures afin de pénétrer la réalité sous-jacente, chercher la profondeur des niveaux d'analyse et se saisir ou inventer des essences qui n'apparaissent pas de manière évidente. Cela arrive tous les jours lorsque nous expliquons des comportements

psychologiques manifestes en nous en remettant aux états mentaux, aux traits de personnalité, et à la dynamique interne, ou lorsque nous catégorisons les êtres vivants, tels que les mammifères et les oiseaux sur la base de traits cachés en nous référant à leur mode de reproduction, la génétique, ou à leur relations de parenté (Gelman & Wellman, 1991).

Au-delà de ces considérations, il est possible de s'interroger sur la place qu'entretient l'essentialisme dans la construction du domaine du vivant. Faire référence à une essence interne pour expliquer qu'un animal, un arbre et un être humain sont vivants, semble impliquer nombre de connaissances nécessitant un apprentissage spécifique. En d'autres termes, il est possible que ce type d'explication soit accessible aux adultes, mais il semble douteux que les enfants puissent s'en servir pour construire le domaine du vivant. Si l'idée de l'atome était déjà présente dans l'Antiquité chez un petit nombre de philosophes, l'essentialisme s'est imposé tardivement dans l'histoire des sciences et des techniques, avec la découverte des gènes et des chromosomes. Si penser en termes essentialistes requiert des connaissances des sciences modernes, les enfants ne devraient pas pouvoir s'en saisir avant un âge avancé. Pourtant quelques auteurs soutiennent l'inverse (Keil, 1994 ; Springer, 1995 ; Gelman 2004). En psychologie, l'interrogation relative à l'essentialisme porte sur sa présence dans la pensée des jeunes enfants.

III. 4. 2/ Les différentes acceptations du raisonnement essentialiste

Il nous apparaît nécessaire de disséquer le concept d'essentialisme afin de cerner si les enfants peuvent réellement en faire un usage précoce, et si c'est le cas, dans quelles mesures cet usage est rendu possible. Gelman (2004) revient sur trois facteurs qui nous permettent d'analyser les tenants et aboutissants de ce mode de raisonnement. Le premier facteur essaie de répondre à la localisation de l'essence. Est-elle apparente dans le monde en tant que réalité objective, ou est-elle le propre des représentations humaines, à savoir une construction de la réalité à travers un système de croyances, le langage, les pratiques sociales ? Le deuxième facteur concerne le caractère ontologique de l'« essence ». Est ce que l'essence est (a) dépendante d'une catégorie ; (b) causale, qui aurait des conséquences pour la structure des catégories ; ou (c) idéale, sans enracinements dans le monde réel ?

(a) L'essence dépendante de la catégorie suppose un ensemble de caractéristiques définies que tous les membres de cette catégorie partagent de manière exclusive. Toutes les propriétés de surface partagées par la catégorie « chien » ne peuvent être présentes dans le patrimoine génétique de tous les chiens. Ils partagent bien tous quelque chose de commun qui se retrouve

dans leur essence, mais la diversité des représentants de cette famille empêche la correspondance entre leur essence et l'ontologie des chiens.

(b) L'essence causale est la représentation simple du fait qu'il existe en tout objet naturel une particularité difficile à définir qui rend compte de l'apparence externe de l'objet ainsi que de sa structure interne. Elle renvoie aux propriétés typiques de la catégorie afin de lui conférer une identité. En ce sens, l'essence causale se rapproche de notre proposition vitalo-essentialiste. Elle peut être représentée par une « énergie » interne difficilement spécifiable qui unifie les différentes parties de l'organisme afin de maintenir l'homéostasie de la structure.

(c) L'essence idéale assume le fait de n'avoir aucun enracinement actuel dans le monde. C'est l'idée d'un dieu parfait dont les réalisations universelles ne seraient qu'imparfaites et inachevées.

Le troisième facteur est celui du degré de spécificité impliqué pour définir la notion d'essence. Soit l'essence de la catégorie peut être connue et utilisée en tant que label catégoriel, soit il y aurait une sorte d'essence causale qui unirait les membres d'une catégorie entre eux, sans savoir précisément quelle est cette essence.

Cette exploration du concept d'essentialisme nous permet de nous focaliser sur les manifestations qui sont susceptibles d'apparaître pendant l'enfance ainsi que chez les adultes. Les auteurs avancent généralement que les enfants utilisent une forme d'essentialisme primaire qui leur permet de généraliser leurs connaissances à de nouveaux membres d'une catégorie (Gelman & Markman, 1986 ; Heyman & Gelman, 2000) et de raisonner sur l'intérieur des choses (Gelman & Wellman, 1991 ; Simon & Keil, 1995 ; Gottfried & Gelman, 2005), de construire des explications causales (Springer, 1995 ; Inagaki & Hatano, 2004). Dans le domaine du vivant, cette essence primaire serait invoquée pour expliquer des comportements, des mécanismes biologiques et l'apparence des entités.

III. 4. 3/ Notions d'essence et d'internalité

Dans une série d'études, Gelman et Wellman (1991) analysent la compréhension précoce des caractéristiques internes et de l'essence des entités. L'intérieur des objets, bien qu'il reste logiquement caché (e.g., la chair, les os, le cœur d'un chien sont cachés sous sa fourrure), renvoie aux aspects physiques et ultimement observables. L'essence, au contraire, est une propriété cachée, unique et typique qui fait que l'objet est ce qu'il est. Sans cette essence, l'objet aurait une identité différente (e.g., la composition chimique de l'eau, la structure d'ADN d'un éléphant). Dans la première étude, les auteurs demandaient aux enfants de réfléchir sur l'intérieur et l'apparence extérieure d'une série d'objets. Dans la deuxième

étude, les enfants étaient testés sur leurs capacités à comprendre que l'intérieur est plus important que l'apparence extérieure pour juger de l'identité d'un objet et de son fonctionnement. Dans les études 3, 4, et 5, les enfants étaient testés sur leur compréhension de la présence d'un potentiel inné, un concept qui reflète la compréhension d'une essence présente dès la naissance. Les résultats suggèrent que les enfants d'âge préscolaire (trois, quatre ans) prennent en compte les caractéristiques des objets qui n'apparaissent pas de manière évidente et réalisent leur importance dans la définition de leur identité. Ils indiquent également une disposition envers l'essentialisme psychologique chez les jeunes enfants. L'essentialisme psychologique est la croyance que certains types d'objet ou certaines substances possèdent quelque chose qui les constitue et les définit comme une essence inconnue. L'essentialisme psychologique ne se réfère pas à ce qu'est le monde mais plutôt à la manière dont les gens le perçoivent. La compréhension biologique aboutie est nécessaire pour concevoir que l'essence d'un tigre est contenue dans sa structure génétique. Néanmoins, la croyance en une essence qui n'est pas spécifiée pourrait être fréquente chez les jeunes enfants comme chez les adultes. L'essentialisme pourrait être utilisé en dehors de connaissances spécifiques, et se substituer à un raisonnement causal plus élaboré.

Gottfried et Gelman (2005) étudient les conceptions d'enfants en âge préscolaire de trois et quatre ans sur les parties internes d'objets, leur énergie, ainsi que leur essence, comme causes potentielles de la distinction d'animaux et de machines en lien avec les comportements et les actions de ces derniers. Leurs résultats suggèrent qu'entre trois et quatre ans, les enfants développeraient la compréhension que « quelque chose d'essentiel », similaire à une « énergie » est responsable du comportement des animaux, de leur croissance et de leur capacité de mouvement. Il leur manquerait toutefois la spécificité de ce que ce mécanisme représente. Les résultats suggèrent en ce sens la progression d'une compréhension abstraite des déterminants de ces comportements à une compréhension de plus en plus concrète au fur et à mesure que les enfants acquièrent de l'expérience et des informations sur l'intérieur des objets. Cette étude indique que les enfants posséderaient un domaine de connaissances distinct de celui des activités humaines ou des états mentaux et qui serait spécifique aux animaux par opposition aux machines. Cette élaboration naïve de la biologie possèderait en outre trois éléments de nature essentialiste intervenant dans la structuration des conceptions enfantines: 1/ les processus biologiques sont naturels (i.e., ils existeraient en dehors du contrôle de l'activité humaine), 2/ les propriétés biologiques sont inhérentes aux entités biologiques et 3/ la quête d'explications biologiques entraîne la recherche d'inobservables et de causes

inobservables pouvant rendre compte du fonctionnement interne des objets. L'ensemble de ces éléments confirme que les premières manifestations théoriques biologiques pendant l'enfance seraient organisées autour d'une distinction précoce entre les entités animées et inanimées et pourraient en outre reposer sur la détermination d'un raisonnement causal abstrait (i.e., l'énergie) uniquement pertinent pour rendre compte du comportement des animaux.

III. 4. 4/ D'une construction abstraite à une construction concrète des connaissances

Simons et Keil (1995) ont montré dans une série d'expériences que concevoir le développement cognitif comme une évolution d'une connaissance concrète vers une connaissance abstraite ne rendait pas compte du développement de l'enfant pour ce qui est du domaine biologique. Pour ce domaine de connaissances, les auteurs proposent, à l'inverse, une évolution d'une forme abstraite de pensée vers une forme plus concrète au cours du développement. A travers cinq études ils examinent les attentes des enfants de ce qui peut se trouver à l'intérieur d'animaux et de machines. Les résultats suggèrent que les enfants de tous les âges étudiés ont des attentes abstraites sur la manière dont l'intérieur des animaux et des machines diffère. A 8 ans, les enfants semblent avoir des attentes plus concrètes sur la nature de l'intérieur et ils sont plus précis en substance que les enfants d'âge préscolaire. Cette progression de l'abstraction vers une forme plus concrète de la pensée pourrait refléter l'enrichissement du raisonnement essentialiste par des connaissances concrètes sur les similarités et les différences qui composent la catégorie des êtres vivants. Au fil des années, ce mode de constructions théoriques, déjà présent chez les enfants d'âge préscolaire sous sa forme la plus primaire (l'essentialisme psychologique), se développerait en suivant l'augmentation des connaissances en rapport avec le domaine. Ces auteurs nous fournissent une nouvelle preuve de la présence pendant l'enfance d'un potentiel de compréhension abstrait du monde biologique en termes d'essence.

Cette forme d'essentialisme primaire développée par les enfants leur permet d'avoir une représentation relativement globale et relativement précoce du domaine biologique. L'essentialisme primaire tient notamment une place importante dans leurs explications des mécanismes d'"héritabilité" et de "reproduction" (Springer & Keil, 1989, 1991 ; Keil, 1994 ; Springer, 1995). Comme nous l'avons déjà précédemment évoqué au Chapitre II (Chapitre II. 2), ces auteurs ont montré que les enfants comprennent très tôt que les qualités d'un individu sont la manifestation d'une structure interne, qu'elles sont transmises de génération en génération, donc qu'elles sont héritables et à la base de l'identité des objets considérés. Les

auteurs soutiennent que les enfants assez jeunes auraient conscience que l'apparence externe des entités dépendrait de leur essence interne. Par exemple, à la question « pourquoi un tigre a des rayures ? », les enfants répondent que c'est parce qu'il y a quelque chose à l'intérieur qui fait qu'il est comme ça à l'extérieur. On se place ici au niveau des théories naïves, donc des croyances, ou intuitions sur le monde des personnes et donc *a fortiori* des enfants qui ne possèdent pas le bagage culturel pour expliquer cette relation. Les enfants ne possèdent pas les connaissances suffisantes pour exprimer les relations existantes entre le génotype et le phénotype, ni la connaissance de l'expression de la molécule d'ADN comme déterminant notre être et notre apparence. Pourtant, ils se réfèrent à une essence qui leur permet d'expliquer les caractéristiques des individus. Par ailleurs, Heyman et Gelman (2000) ont montré, grâce à une tâche d'inférence inductive, que les enfants comprennent que les propriétés biologiques peuvent êtres partagées sur la base d'une appartenance catégorielle, alors qu'ils ne font pas cette inférence pour des propriétés psychologiques. La compréhension précoce de ces mécanismes biologiques sous-tendus par un mode de raisonnement essentialiste apporte la preuve nécessaire que les enfants font une distinction entre les propriétés biologiques et les propriétés psychologiques. Gelman et Wellman (1991) utilisent dans leurs études le paradigme de « l'adoption ». Ils démontrent grâce à lui que l'une des caractéristiques de l'essentialisme est la croyance que les propriétés des êtres vivants sont déterminées à la naissance, qu'elles sont l'expression d'un potentiel inné. Leurs résultats suggèrent que ce facteur influence les attentes des enfants dès l'âge de quatre ans.

Ahn, Gelman, Amstrelaw, Hohenstein et Kalish (2000) insistent sur le statut causal du raisonnement essentialiste. Les caractéristiques qui créent l'apparence externe des objets sont tenues comme plus centrales pour l'identifier et le catégoriser que l'apparence elle-même. Grâce à cette habileté causale, les enfants sont capables de reconnaître que la structure sous-jacente des individus est fondamentale pour expliquer leur comportement, leur croissance, etc. Le paradigme de la « transformation » d'un individu en un individu d'une autre espèce par exemple, un chat en raton laveur, permet de montrer que dès 4-5 ans les enfants refusent qu'un animal en devienne un autre simplement parce qu'on en change son apparence (Keil 1994 ; Gelman & Wellman 2001).

III. 4. 5/ Perspectives sur le raisonnement essentialiste

Le concept d'essentialisme permet de comprendre que les membres d'une catégorie partagent irrémédiablement des propriétés communes. Cependant, l'on ne peut pas considérer que ce raisonnement est uniquement caractéristique de la catégorie des êtres vivants. Les

enfants l'utilisent plus généralement pour distinguer les objets naturels (i.e., pierre, eau…) des objets manufacturés (i.e., table, avion…). Les premiers sont composés de la même chose, de la même structure à l'intérieur, alors que les seconds sont généralement composés de différentes matières et de différentes structures. Cependant, ce concept est central dans l'élaboration d'une théorie biologique de par son influence sur les rapports entre la structure interne et l'apparence extérieure. Il prend tout son sens à travers les concepts d'hérédité et d'identité. Que l'on parle d'une plante, d'un animal ou d'un être humain, les composantes internes participent fortement à son appartenance catégorielle, même si elles ne sont pas connues de manière claire par les sujets. L'essentialisme peut donc être conçu de deux manières différentes suivant le niveau de connaissance qu'ont les sujets de l'internalité des objets. Si les sujets ont une bonne maîtrise des composantes des objets, l'on peut parler d'essentialisme dans le sens le plus strict du terme, le raisonnement essentialiste se rapproche dans ce cas d'un raisonnement mécaniste. Même dans cette condition, les théories que déploient les sujets pour effectuer leurs raisonnements peuvent être considérées comme intuitives (Keil, 2003b). C'est une chose de connaître un ensemble de relations causales locales, c'en est une autre de pouvoir les regrouper ensemble à l'intérieur d'une représentation complètement structurée mettant en relation l'existence des propriétés et leur fonctionnement. En revanche, si les sujets n'ont qu'une connaissance très relative de l'intérieur des objets, comme c'est souvent le cas chez les enfants ou chez des adultes quels qu'ils soient, l'essentialisme peut se comprendre soit dans son rapport avec le vitalisme, soit comme un mode de raisonnement à part entière qualifié d'essentialisme psychologique, un raisonnement de substitution contenant les prémisses d'une connaissance plus complète.

III. 5/ VARIABILITE DES TYPES D'EXPLICATION

Nous venons de voir que les différents raisonnements considérés comme centraux dans la construction du domaine des connaissances biologiques peuvent recouvrir chacun plusieurs significations. Ces différents niveaux d'exploitation des raisonnements causaux découlent de multiples facteurs qui relèvent aussi bien des connaissances générales des personnes sur le monde biologique, de leurs niveaux d'organisation taxonomique des sous-catégories d'êtres vivants, de leur compréhension des mécanismes biologiques communs aux différentes espèces, que de leurs capacités à utiliser ces différents modes de construction causaux pour rendre compte de leurs représentations du monde. Ces dernières peuvent êtres exclusivement réservées aux êtres vivants, se concentrer sur les animaux et les êtres humains

en excluant les plantes, s'enraciner sur le partage d'une capacité à se mouvoir, ou encore se concentrer sur la compréhension de la fonction d'une partie de l'objet. Dans cette partie, nous envisageons donc la diversité des modes de raisonnement biologique sous l'angle de la variabilité.

III. 5. 1/ Variabilité du fonctionnement cognitif

L'hypothèse de la variabilité des raisonnements propose que les personnes disposent de différentes formes de raisonnements qui leur permettent de s'adapter à la réalité du monde de la manière la plus appropriée possible (Poling & Evans, 2002). Cette hypothèse nous paraît amplement justifiée pour deux raisons. Premièrement, il n'existe aucun consensus apparent dans la littérature nous permettant d'affirmer que le domaine des connaissances biologiques est dirigé par un mode de raisonnement spécifique. Les différents modes de raisonnement semblent par ailleurs recouvrir une multiplicité de représentations dans l'esprit des personnes. Deuxièmement, il ne semble pas exister de consensus autour d'une progression formelle de l'élaboration du domaine biologique. C'est ce que remarquent Inagaki et Hatano (2004). Ils s'interrogent sur la complémentarité des différents types de raisonnement pour expliquer les phénomènes biologiques. Ils remarquent que tous les phénomènes biologiques ne s'expliquent pas en termes vitalistes, bien que le vitalisme joue un rôle important dans la détermination précoce d'un domaine de connaissances biologiques autonome. Les raisonnements mis en œuvre par les enfants semblent dépendre des propriétés biologiques, du contexte et des questions qui leur sont posées. Les enfants, tout comme les adultes, utilisent certainement plusieurs formes de raisonnement pour s'adapter au mieux aux stimulations du réel auxquelles ils sont confrontés.

III. 5. 2/ Variabilité des raisonnements en fonctions des domaines de connaissances

Dans cette perspective, Gutheil, Vera et Keil (1998) ont montré que les enfants de quatre ans ont des systèmes explicatifs biologiques et psychologiques distincts à propos des êtres vivants. Ils demandent aux enfants de généraliser à divers animaux, des plantes et des artefacts, des propriétés biologiques expliquées préalablement pour les êtres humains. Ils font varier trois conditions : les attributs sont présentés soit sans contexte, soit en insistant sur des caractéristiques psychologiques, soit sur des caractéristiques biologiques. Les résultats montrent que les enfants réalisent les mêmes généralisations dans les deux premières conditions en suivant la proposition de l'influence phylogénétique de Carey. Par contre, si les expérimentateurs insistent sur des caractéristiques biologiques, les généralisations se font plus

largement des êtres humains aux animaux. Les auteurs en concluent que les enfants sont capables de baser leurs inductions sur quelque chose d'autre que la ressemblance psychologique et comportementale entre les objets. Les enfants mobilisent l'un ou l'autre selon le contexte qui leur est proposé. Les systèmes explicatifs des enfants ne sont pas radicalement différents de ceux des adultes, le développement se fait par enrichissement des théories. Des systèmes d'explications variés et non radicalement différents de ceux des adultes sont donc à la disposition des enfants à cet âge. En parallèle de la variabilité, les enfants disposeraient d'une forme de flexibilité caractérisée par une adaptation des raisonnements en fonction des types d'informations qu'ils ont à traiter.

III. 5. 3/ Variabilité des raisonnements en fonction de la maturation des domaines des connaissances

Poling et Evans (2002) ont réalisé une étude visant à mettre en évidence cette flexibilité aussi bien chez les enfants que chez les adultes. Les auteurs définissent la flexibilité causale comme la marque caractérisant la capacité de raisonnement des adultes. Ils s'interrogent sur la possibilité de cette flexibilité dans l'enfance. Cette flexibilité renvoie à une capacité à changer de mode de raisonnement en fonction des indications disponibles, de la nature du comportement, et de la cible. Plus précisément, les auteurs cherchent à savoir si, chez des enfants de 6 et 10 ans, ainsi que chez des adultes, l'utilisation de trois explications causales considérées comme centrales pour la compréhension du monde des objets animés (i.e., l'intentionnalité, la téléologie et l'essentialisme) est caractérisée par un changement et/ou par une stabilité développementale. Pour ce faire, ils demandent aux sujets de juger de l'existence de trois comportements pour différentes catégories taxonomiques d'êtres vivants (être humains, ongulés, insectes, plantes). Les trois comportements cibles sont « se rassembler » considéré comme un comportement neutre, « rêver » considéré comme un comportement typiquement psychologique, et « respirer » considéré comme un comportement typiquement biologique. Les sujets doivent classer trois propositions basées sur les raisonnements causaux de la meilleure à la moins bonne. La proposition intentionnelle est présentée comme suit : « Ils respirent/rêvent/restent ensemble parce qu'ils aiment respirer/rêver/rester ensemble ». La proposition téléologique est présentée comme suit : « Ils respirent parce que leurs corps à besoin d'air pour rester en vie/ Ils rêvent parce qu'ils en ont besoin pour garder leurs pensées actives/ Ils restent ensemble parce qu'ils veulent être protégés du danger ». Essentialiste : « Ils respirent/rêvent/restent ensemble à cause de ce qu'ils ont à l'intérieur ». Les résultats montrent que les comportements sont expliqués grâce à

des raisonnements variés quelle que soit la classe d'âge concernée. Pour le comportement « se rassembler », l'explication téléologique est préférée par toutes les classes d'âge. L'explication intentionnelle est davantage utilisée par les enfants de six ans que par ceux de dix ans et les adultes quelle que soit la propriété ou la catégorie taxonomique évaluée. De la même manière, les enfants de six ans utilisent moins la proposition essentialiste que les autres populations étudiées. La proposition téléologique est également préférée par toutes les classes d'âge pour le comportement biologique « respirer » bien que son utilisation soit moins prononcée à six ans. Concernant le comportement psychologique « rêver », les adultes montrent une nette préférence pour la proposition essentialiste quelle que soit la catégorie analysée. Les enfants de six ans, pour leur part, l'expliqueraient davantage à travers la proposition intentionnelle. Les enfants de dix ans n'affichent aucune préférence vis à vis des propositions pour ce type de comportement. Toutefois, ils choisissent moins la proposition intentionnelle que les adultes et davantage la proposition essentialiste que les enfants de six ans. Malgré une utilisation différente des stratégies de raisonnement en fonction des catégories et des propriétés présentées selon les classes d'âges considérées, les données produites dans cette expérience suggèrent également l'importance de concevoir l'existence d'une forte variabilité au sein même de chaque classe d'âge en fonction des comportements et des sous-catégories du vivant envisagées.

Cette capacité à utiliser plusieurs formes de raisonnement afin de rendre compte de l'organisation du monde démontre l'établissement d'une certaine variabilité qui s'établirait très tôt dans le développement. La permanence de l'utilisation d'une multiplicité de formes de raisonnement est, pour les auteurs, le gage d'une stabilité dans la manière qu'ont les personnes de traiter les informations. Les résultats de cette étude font également état de changements importants au cours du développement. L'utilisation du raisonnement intentionnel décroît au fil des années alors que l'essentialisme suit le mouvement inverse. Cela suggère que de nouveaux modes de raisonnement s'instaurent au fur et à mesure que de nouvelles notions apparaissent dans l'organisation des conceptions qui fondent les théories naïves des personnes. Les auteurs cherchent donc à dépasser la définition minimale traditionnelle des raisonnements pour rendre compte de l'organisation causale qui sous-tend le domaine du vivant. Ils instaurent des ponts nécessaires entre les raisonnements afin de rendre compte de cette organisation. Les auteurs postulent que, concernant les entités vivantes, l'on peut caractériser les raisonnements des enfants de 6-7 ans de téléo-intentionnels, alors que les enfants plus âgés (10-12 ans) et les adultes raisonnent davantage en termes téléo-essentialistes. La flexibilité se comprend dans une nouvelle perspective à partir de ces travaux. Elle n'est plus simplement la

capacité à utiliser différents modes de raisonnements pour parler de comportements appartenant à des domaines de connaissances distincts, mais également la capacité à rendre compte d'un phénomène à travers une diversité de raisonnements propres à un domaine spécifique s'exprimant à travers une forme de variabilité en fonction du contexte.

III. 6/ LES MECANISMES BIOLOGIQUES DE MORT ET DE REGENERATION A LA LUMIERE DES STRATEGIES DE RAISONNEMENT

Nous nous intéressons maintenant à la spécificité des deux propriétés biologiques que nous soumettrons aux participants dans nos expérimentations, la mort et la régénération, au regard des quatre raisonnements causaux comptant pour le domaine des connaissances biologiques (i.e., l'intentionnalité, la téléologie, le vitalisme et l'essentialisme). Nous nous interrogeons sur les possibilités d'applications des raisonnements pour ces deux propriétés. Ce faisant nous envisageons dans quelles mesures il serait possible de voir émerger une variabilité de ces formes de raisonnement lorsque les enfants sont confrontés à la mort et à la régénération des végétaux.

III. 6. 1/ La propriété biologique de mort

Comme nous l'avons dit plus haut, l'intentionnalité est un mode de construction causale dont la spécificité est de considérer l'être humain comme le prototype le plus pertinent pour expliquer les relations qui sous-tendent les entités biologiques. Cela entraîne l'attribution de dimensions psychologiques aussi bien aux végétaux qu'aux animaux. S'il est parfois possible de prêter des émotions, des désirs, et des intentions aux animaux, il est beaucoup moins fréquent d'utiliser ces représentations pour les végétaux. La question qui nous intéresse maintenant est de savoir dans quelles mesures l'utilisation du raisonnement intentionnel est pertinente pour parler de la mort.

Considérons tout d'abord le cas de l'être humain. Il est rare que celui-ci exprime un désir ou une intention de mourir. Cela arrive parfois dans des conditions d'extrême souffrance qui peuvent pousser les personnes à mettre fin à leurs jours. La mort intervient néanmoins le plus souvent à la suite de causes naturelles que sont la vieillesse ou la maladie. Elle intervient également à la suite d'accidents qui, bien que moins fréquents, font l'objet de discours plus nombreux. Il est donc possible, pour les êtres humains, de parler de la mort en termes d'intentionnalité. Cela paraît nettement improbable pour les animaux et encore plus

improbable pour les végétaux. Ni les animaux, ni les végétaux ne sont doués de conscience qui leur permettrait de statuer sur leur existence et de prendre la décision de se suicider. Ce constat nous amène à rejeter l'idée que les participants de notre étude choisissent d'expliquer la mort des végétaux par le biais de ce raisonnement. L'utilisation du raisonnement intentionnel pour expliquer la mort révélerait que les participants considèrent les végétaux comme des êtres humains sur la base d'un partage de propriétés psychologiques.

Est-il possible d'expliquer la mort en utilisant un mode de construction téléologique ? Cela revient à se poser la question d'une mort pour obtenir quelque chose, d'une mort dans un but. Quel peut bien être le bénéfice de la mort si ce n'est celui que l'on vient d'évoquer en rapport avec le raisonnement intentionnel de mettre fin à trop de souffrances, ce qui revient à considérer la mort et le raisonnement téléologique dans le cadre de la théorie psychologique. Le raisonnement téléologique tout comme le raisonnement intentionnel devrait donc être rejeté par les participants dans son acceptation de « self serving » (Kelemen, 1999). Toutefois, il est possible de trouver des explications fonctionnelles à la mort des végétaux. Dans leur cas, la mort peut être expliquée pour un bénéfice extérieur, l'explication téléologique est alors dirigée vers les autres, à l'image de la dimension « social serving » de ce raisonnement (Kelemen, 1999). On peut par exemple penser que les plantes meurent pour laisser de la place à d'autres plantes afin de leur permettre un meilleur accès à la lumière. Cela peut aussi s'expliquer pour enrichir le sol par leur décomposition et servir de nourriture à la faune et la flore qui les entourent. Il est donc possible que les sujets trouvent une explication fonctionnelle à la mort des végétaux. Ces explications rentrent dans une conception cyclique de la nature qui suppose un perpétuel recommencement. Il est nécessaire pour cela d'avoir conscience de la globalité dans laquelle évolue l'entité. Ce faisant les sujets dépassent l'explication téléologique puisque le cycle naturel n'impose aucun impératif, et n'accepte aucune nécessité. Le cycle naturel "est" tout simplement, il n'impose rien et ne demande rien. Les évènements et les phénomènes naturels ne sont pas commandés, ils n'existent pas dans un but, ils se contentent d'apparaître et d'exister.

Contrairement aux deux raisonnements précédents, la mort peut être expliquée par une baisse d'énergie ou par quelque chose de présent à l'intérieur de l'entité. Les raisonnements vitaliste et essentialiste nous semblent donc pertinents pour expliquer ce mécanisme. Ces raisonnements n'ont pas besoin, pour être utilisés, d'avoir une représentation très élaborée du fonctionnement biologique. La baisse d'énergie induite par le raisonnement vitaliste peut être interprétée de plusieurs manières selon le niveau d'élaboration des connaissances des participants. Elle peut par exemple être comprise comme un phénomène interne inhérent à

l'entité induit par un mauvais fonctionnement de ses organes vitaux, ou bien par la relation moins abstraite entre la qualité et la quantité insuffisantes de nutriments pour maintenir le niveau nécessaire d'énergie pour la survie de l'entité. Il en va de même pour le raisonnement essentialiste. Il peut être compris comme une maladie, voire un autre organisme qui attaquerait l'entité de l'intérieur, ou de manière plus aboutie par un processus de dégénérescence moléculaire.

III. 6. 2/ La propriété biologique de régénération

Est-ce que le raisonnement intentionnel peut rendre compte du mécanisme de régénération ? Nous serions tentés de répondre non. De manière encore plus catégorique que pour rendre compte de la mort, ce mode de construction théorique est impuissant pour expliquer cette propriété. S'il est vrai que tous les êtres vivants en possèdent la capacité, il n'en est pas moins vrai qu'il se déroule de manière complètement inconsciente en dehors de toute volonté, y compris chez les êtres humains qui, bien que pouvant ardemment désirer guérir d'une maladie ou d'une blessure, n'ont pas de contrôle conscient sur cette guérison. Les participants devraient donc rejeter de manière encore plus flagrante l'intentionnalité pour la régénération que pour la mort.

En ce qui concerne le raisonnement téléologique, il est plus vraisemblable que les sujets adoptent ce mode de construction causal pour expliquer la régénération. Il est en effet possible d'imaginer qu'il existe de nombreux bénéfices à la régénération de ses blessures. Éviter de s'infecter en fait partie. Le bénéfice tient dans le sens même de l'idée de cicatrisation puisqu'il évoque un aspect de la guérison. Le bénéfice de la cicatrisation est personnel. On ne se régénère pas pour les autres mais bien pour soi. Cependant, nous rencontrons le même obstacle que dans le cas de la mort, la cicatrisation est un processus naturel qui se déroule sans notre intervention. Il n'y a pas d'obligation ou d'impératif à se reconstituer. Il est nécessaire de se reconstituer, mais ce n'est pas pour autant un processus dirigé vers un but. La régénération existe pour ce qu'elle est. Il apparaît donc que, comme pour la mort, la régénération peut être comprise selon deux aspects. Elle peut être considérée de manière téléologique comme un bienfait pour l'organisme ou comprise comme résolument indépendante de ce type de raisonnement.

Avec les modes de construction vitaliste et essentialiste, nous rentrons dans des considérations plus abstraites. Considérer que l'on a de l'énergie est une manière de considérer que l'on est vivant ou tout du moins considérer qu'il y a un fonctionnement avec des processus qui fonctionnent grâce à cette énergie. Que l'on possède une représentation précise ou très

floue du concept de régénération, reconnaître qu'il existe une énergie potentielle pour effectuer ce mécanisme, ce travail, c'est déjà reconnaître la possibilité de régénération. C'est aussi comprendre que cette énergie est un "quelque chose" qui doit être dépensé, or pour se dépenser il faut qu'il y ait une action. Dans notre proposition, cette action est présentée, il s'agit de la régénération. La question qui se pose à nous est surtout de chercher si les participants vont faire un lien entre cette énergie et le processus biologique. Quelle est leur vision de l'énergie ? Occupe-t-elle une place centrale dans leurs conceptions biologiques ? Même s'il semble peu probable que les participants rejettent cette proposition, cela n'est cependant pas impossible. Ils peuvent considérer que le concept d'énergie n'est pas approprié pour rendre compte de la complexité du fonctionnement des êtres vivants.

Poser la question d'un agent interne responsable ou non du mécanisme de régénération, revient à poser la question de l'importance du rapport à l'internalité dans notre construction du domaine de connaissance biologique. C'est ce qui se passe lorsque l'on demande aux participants de juger le mécanisme de régénération au regard de notre proposition essentialiste. Cela nécessite de la part des participants d'avoir construit une représentation minimale de l'intérieur des entités biologiques en lien avec leur apparence externe. Nous avons vu plus haut que l'essentialisme pouvait se comprendre suivant divers degrés de complexité. Il est également possible que les participants ne relient pas la régénération à une activité interne quelle qu'elle soit. Cela indiquerait que l'internalité n'a pas un rôle central dans la construction de nos représentations biologiques.

CONCLUSION

Les conceptions intuitives biologiques développées dans l'enfance peuvent se concevoir à différents niveaux. Au niveau le plus simple de la catégorisation des êtres vivants, la question qui se pose est de déterminer si les enfants considèrent que les représentants de cette catégorie sont soumis aux critères du vivant. Dans le chapitre II nous avons montré que les conceptions relatives aux propriétés de mort et de régénération que nous souhaitons investiguer se développent entre quatre ans et six ans sans toutefois être pleinement maîtrisées pour la sous-catégorie des végétaux en raison de leurs différences profondes avec les animaux et de la typicalité de ses représentants. Le second niveau de conceptualisation du domaine des connaissances biologiques passe par le développement de stratégies de raisonnement spécifiques à ce domaine. Comme nous avons pu l'envisager dans ce chapitre, les enfants développent plusieurs stratégies de raisonnement pour rendre compte des caractéristiques des

êtres vivants. Parmi ces stratégies de raisonnement, le vitalisme et l'essentialisme paraissent les plus à même d'établir la liaison entre les animaux et les végétaux afin d'atteindre une structuration théorique biologique complète et cohérente de ce domaine.

Le chapitre suivant introduit notre première phase expérimentale dans laquelle nous nous proposons d'étudier le développement conceptuel des propriétés de mort et de régénération en fonction de la typicalité des végétaux à six et à dix ans. Nous tenterons d'y établir l'évolution des conceptions des enfants entre ces deux classes d'âges en fonction du niveau de généralisation de ces propriétés biologiques concernant différents exemplaires de végétaux d'une part, et d'autre part en fonction des stratégies de raisonnements (i.e., intentionnalité, téléologie, vitalisme et essentialisme) dont se servent préférentiellement les enfants pour les expliquer.

CHAPITRE IV. Mort et régénération des végétaux chez des enfants âgés de six ans et dix ans

INTRODUCTION

Nous avons vu que l'un des premiers domaines de connaissances à se constituer dans l'enfance à côté de ceux de la physique et de la psychologie est celui de la biologie (Inagaki & Hatano, 2002 ; Wellman & Gelman, 1992, 1998). Néanmoins, les chercheurs s'opposent toujours sur l'âge auquel, pendant l'enfance, apparaissent les premières conceptions réellement considérées comme biologiques. La controverse sur la compréhension de la propriété d'héritabilité (Springer & Keil, 1989, 1991 ; Hirschfeld, 1995 ; Solomon et al., 1996 ; Solomon, 2002), ou celle sur la propriété de mort en sont des exemples (Slaughter et al., 1999 ; Nguyen & Gelman, 2002).

Le second point de controverse porte sur les processus cognitifs guidant l'élaboration de ces conceptions. En d'autres termes, le débat s'articule autour des stratégies de raisonnement qui permettent d'expliquer les critères du vivant et d'établir des inférences sur les entités biologiques, leurs comportements et leurs propriétés. L'intentionnalité guiderait les inductions du domaine biologique jusqu'à l'âge de 7-9 ans tant que les enfants ne disposent pas de connaissances académiques de la biologie (Carey, 1985) ; le vitalisme favoriserait la reconnaissance des points communs entre les animaux et les végétaux dès l'âge de six ans (Inagaki & Hatano, 1993, 2002) ; la téléologie permettrait aux enfants, à partir de l'âge de quatre ans, de distinguer les objets vivants ~~et~~ des non vivants (Keil, 1995 ; Greif et al., 2006) ; l'essentialisme permettrait aux enfants de quatre ans de comprendre les fondements de l'héritabilité (Springer, 1995) et de formaliser, entre trois et quatre ans, la distinction entre les animaux et les machines (Gottfried & Gelman, 2005).

Nous avons vu que l'un des points les plus problématiques concernant le domaine de la biologie est la place accordée à la sous-classe des végétaux en tant que catégorie à part entière du vivant (Carey, 1985, 1995 ; Richard & Siegler, 1986). Cette question est d'importance puisque l'intégration des végétaux au sein des conceptions enfantines de la biologie marque très certainement une avancée majeure dans une compréhension plus globale des propriétés biologiques elles-mêmes. Par ailleurs, si les végétaux ont été relativement peu étudiés en comparaison des animaux, la question de leur typicalité n'est quasiment jamais abordée. Pourtant, elle semble présenter une influence conséquente sur l'attribution de la propriété de mort chez les enfants (Nguyen & Gelman, 2002), ainsi qu'en fonction de leur

statut d'êtres vivants (Meunier & Cordier, 2004). La plupart des études ayant traité de la compréhension des végétaux en tant qu'entités vivantes se sont intéressées à la construction du domaine du vivant soit en proposant des tâches de classification comprenant les animaux et les végétaux en leur opposant des artefacts et des objets naturels non vivants (Inagaki & Hatano, 1993 ; Kelemen & Di Yanni, 2005), soit en proposant aux enfants des tâches d'induction à partir d'une référence humaine ou animale (Carey, 1985 ; Inagaki & Hatano, 1996 ; Declercq & Labrell, 2009). De fait, ces études introduisent nécessairement un biais dans l'exploration des conceptions enfantines des végétaux. C'est pourquoi il nous semble pertinent d'interroger les conceptions d'enfants de six et dix ans uniquement pour cette sous-catégorie d'êtres vivants en établissant une distinction entre les végétaux en fonction de leur typicalité.

Notre étude suit donc plusieurs objectifs. Nous cherchons tout d'abord à renseigner la place qu'entretiennent les végétaux appréhendés selon leur typicalité dans les conceptions naïves biologiques d'enfants de six et dix ans. Nous cherchons en outre à évaluer la compréhension de deux propriétés biologiques : la mort et la régénération. Enfin, nous souhaitons établir les stratégies de raisonnement (i.e., intentionnalité, vitalisme, téléologie, essentialisme) qui guident les conceptions des enfants à six et dix ans pour ces deux propriétés biologiques.

IV. 1/ PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

IV. 1. 1/ Problématique

Nous nous interrogeons sur les différences de conception des végétaux chez les enfants de six ans, scolarisés en grande section de maternelle, et de dix ans scolarisés en cours moyen première année, à partir de deux propriétés biologiques, la mort et la régénération, considérées comme des critères de distinction à part entière de la catégorie du vivant (Nguyen & Gelman, 2002; Backsheider et al., 1993). Nous porterons également notre attention sur une intégration possible des végétaux au domaine du vivant selon leur typicalité en fonction de la gradation effectuée pour cette sous-catégorie établie par Meunier et Cordier (2004). Parmi les exemplaires de végétaux présentés aux enfants, l'arbre, la fleur et la plante verte sont considérés comme des exemplaires typiques de cette catégorie, l'algue, le cactus et l'herbe comme des exemplaires atypiques. Par ailleurs, nous nous interrogerons sur les structures cognitives permettant de rendre compte de l'établissement des végétaux comme des êtres vivants. En d'autres termes, nous investiguerons les stratégies de raisonnement utilisées par les enfants pour expliquer l'attribution des propriétés soumises à leur jugement.

IV. 1. 2/ Hypothèses générales

Nous avons délibérément choisi de comparer deux temps du développement des conceptions biologiques considérés comme critiques afin de donner le meilleur aperçu possible du statut des végétaux dans l'organisation des théories naïves du vivant. Carey (1985) postule que les végétaux seraient compris comme des êtres vivants et intégrés aux théories biologiques entre sept et neuf ans. De leur côté, Inagaki et Hatano (1996), Gelman (2004), Keil (1994), postulent que cette intégration pourrait être nettement plus précoce, entre quatre et six ans. Nous supposons que les enfants de dix ans devraient davantage reconnaître que les végétaux sont soumis aux propriétés de mort et de régénération en comparaison des plus jeunes. Nous supposons par ailleurs que les enfants de 6 ans possèdent un niveau de conceptualisation biologique des végétaux suffisamment établie pour considérer qu'ils conçoivent les végétaux comme des êtres vivants.

Conformément aux résultats de Meunier et Cordier (2004) et Nguyen et Gelman (2002), nous supposons que la typicalité aura plus d'influence sur les conceptions des enfants les plus jeunes, ces derniers catégorisant plus difficilement les végétaux atypiques comme répondant aux critères du vivant que nous leur proposons.

Concernant les raisonnements, nous supposons que, quelle que soit leur classe d'âge, les enfants devraient employer des stratégies de raisonnement spécifiques au domaine biologique (i.e., le vitalisme et l'essentialisme). En accord avec Inagaki et Hatano (1993), nous nous attendons à ce que les modes de raisonnement causaux des enfants de six ans soient dominés par le vitalisme. Par ailleurs, en suivant les résultats de Gottfried et Gelman (2005), nous supposons que les enfants de six ans devraient également être sensibles au raisonnement essentialiste de par la prédominance du pouvoir explicatif de l'intérieur des objets pour en déterminer l'identité. Cependant, comme l'ont montré Poling et Evans dans leur étude de 2002, l'essentialisme devrait être plus fréquent chez les enfants de 10 ans.

IV. 2/ METHODE

Nous avons choisi d'interroger les enfants à l'aide de questionnaires originaux. Chaque questionnaire porte sur une propriété biologique précise, soit sur la mort soit sur la régénération. Chacun d'eux comporte des spécificités propres à la propriété étudiée, mais tous suivent la même structure de passation de sorte que nous pouvons en présenter les principes conjointement.

IV. 2. 1/ Participants

Vingt enfants de grande section de maternelle (GSM) d'âge moyen 5 ans 10 mois (min = 5,8, max = 6,3) et vingt enfants de cours moyen première année (CM1) d'âge moyen 9 ans 9 mois (min = 9,8, max = 10,3) ont été évalués pour la propriété de mort. De la même manière, pour la propriété de régénération, nous avons évalué vingt enfants de GSM d'âge moyen 6 ans (min = 5,9, max = 6,3) et vingt enfants de CM1 d'âge moyen 10 ans (min = 9,8, max = 10,5). Nous avons donc évalué les conceptions naïves de quatre groupes d'enfants indépendants. Les enfants ont tous été testés avec l'accord de leurs parents, l'étude a été engagée avec l'accord de l'Inspecteur d'Académie, des instituteurs et des directeurs des écoles maternelles. Tous les enfants étaient scolarisés dans trois écoles élémentaires de la ville de Reims4 (Champagne-Ardenne). L'ensemble de ces écoles, situées en centre ville, présente une population de famille relativement homogène du point de vue des caractéristiques sociologiques. Ainsi, les enfants rencontrés pour cette étude sont issus de classes sociales moyennes et supérieures.

IV. 2. 2/ Matériel et procédure

Description des images et du questionnaire

Notre questionnaire utilise sept images représentant des végétaux, de 15 x 15 cm de côté. Nous avons fait le choix d'utiliser l'encre et l'aquarelle afin d'obtenir un rendu réaliste et proposer aux enfants des images naturelles pouvant suggérer l'aspect périssable des végétaux5. Les images ainsi que le questionnaire ont fait l'objet d'une pré-enquête, présentée en annexe n° 2, auprès de huit enfants âgés de cinq à onze ans afin de nous assurer de la justesse de formulation des questions ainsi que de la non ambigüité de la représentation des végétaux. Ce pré-test nous a permis de sélectionner six images utilisées pour mesurer les conceptions intuitives des enfants plus une pour introduire le protocole expérimental (voir en annexe 1). Les végétaux peuvent être séparés en deux ensembles selon leur typicalité, la plante verte, la fleur et l'arbre étant considérés comme des végétaux typiques de leur catégorie alors que les algues, le cactus et l'herbe comme des végétaux atypiques (Meunier & Cordier, 2004). Nous avons également décidé de supprimer une question portant sur la propriété de croissance des végétaux qui précédait les questions sur les propriétés cibles (i.e., mort et

[4] Nous remercions ici vivement les écoles publiques Jard et Ruisselet ainsi que l'école privée Notre-Dame.

[5] Pour la création de ces images, nous avons travaillé avec Jeanne Meister, illustratrice indépendante à Paris.

régénération) du questionnaire d'origine à l'issue du pré-test. Il nous est en effet apparu que cette question intermédiaire entre la reconnaissance du végétal et la question cible sur la mort ou la régénération alourdissait considérablement le questionnaire et pouvait activer à elle seule le caractère vivant des végétaux de par son caractère central (core knowledge) dans les conceptions intuitives des végétaux (Inagaki & Hatano, 2002). Le pré-test nous a également permis d'évaluer la formulation la mieux acceptée pour rendre compte de la propriété de régénération parmi les propositions suivantes : « se régénérer », « regrandir », « se cicatriser », « se reconstruire », « guérir », « se remettre », « repousser ». Nous avons sélectionné pour le questionnaire final le verbe « se remettre » compris par tous les enfants dans un sens contraire de celui du verbe « se régénérer ». Nous l'avons également sélectionné pour son caractère informel qui, tout en retranscrivant correctement la propriété cible, n'induisait ni une activation immédiate de l'appartenance des végétaux aux êtres vivants dans un sens contraire de celui des verbes « se cicatriser », « guérir », « regrandir » et « repousser », ni un lien avec les artefacts comme le verbe « se reconstruire ».

Principes du questionnaire final (voir en annexe n° 3)

Nous demandons tout d'abord à l'enfant de nommer la plante qui lui est présentée, puis nous lui posons trois questions nécessitant chacune différents types de réponses. La première question appelait une réponse dichotomique de type OUI/NON, (n°1 : « A ton avis est-ce que X peut mourir ? / Se remettre ? »). La deuxième question était ouverte (n°2 : « A ton avis pourquoi X peut-il mourir ? / Se remettre ? ») et impliquait une réponse libre des participants. Enfin, la troisième question (n°3 : « A ton avis est-ce que X peut mourir parce que... ? ») était une question à choix multiples parmi quatre types de raisonnement causaux (i.e., intentionnel, téléologique, vitaliste, essentialiste). Nous demandions aux enfants de choisir la meilleure proposition pour expliquer la mort de certains végétaux. La proposition intentionnelle induisait que la plante serait douée d'une volonté personnelle : « ...parce qu'elle le veut, parce qu'elle le désire ». La proposition vitaliste, inspirée d'Inagaki et Hatano (1996, 2004), supposait, quant à elle, que les propriétés biologiques sont sous-tendues par une substance indéfinie qui peut se rapprocher d'un forme d'énergie : pour la mort, « parce qu'elle n'a pas assez de force/d'énergie » et pour la régénération « parce qu'elle a assez de force/ d'énergie ». Pour la proposition téléologique, nous avions choisi sa version « minimale », ce que Kelemen (1999b) nomme « promiscuous teleology » accessible aux enfants les plus jeunes et plus proche d'un raisonnement intentionnel que d'un raisonnement mécaniste : « ...parce qu'il le faut ». Enfin, la proposition essentialiste s'inspire des travaux de Gelman

(2004), Gottfried et Gelman, (2005), et de Ahn et al., (2001) qui supposent que les propriétés internes des objets seraient déterminantes pour définir leur identité : « ...parce que quelque chose à l'intérieur d'elle fait qu'elle meurt / se remet ».

L'ordre de l'ensemble des exemplaires ainsi que celui des quatre propositions de la question 3 ont été randomisés. Un exemplaire supplémentaire représentant une deuxième plante d'intérieur était proposé au début de chaque passation pour que les enfants se familiarisent avec la procédure. Chaque sujet a été observé individuellement dans le cadre de l'école, dans une salle au calme à l'écart de sa classe. Il ne leur était pas précisé le but de l'étude. Des explications leur étaient fournies à leur demande à la fin de la passation.

IV. 2. 3/ Codage

Pour la question 1 de généralisation de la propriété biologique, un score de 1 est attribué si l'enfant pense que la plante peut y être soumise. Pour chaque catégorie typique ou atypique, le score maximal est de 3 et le score minimal de 0.

Les réponses à la question 2 d'explications libres de la propriété biologique ont été distribuées au sein de six catégories de réponses (voir tableau en annexe n° 4) afin de réaliser une analyse de contenu. Les enfants produisant plusieurs types d'explications, les réponses ont été pondérées par exemplaire. Par exemple, un enfant peut choisir d'évoquer un manque d'élément vital (MEV) ainsi qu'une cause supra ordonnée (CSO) : "Elle peut mourir s'il n'y a pas de pluie et puis elle meurt aussi parce que c'est la vie", dans ce cas, nous attribuons pour ces deux catégories 0,5 point. Nous avons ensuite ajouté les scores obtenus sur l'ensemble des exemplaires pour chaque catégorie. Pour une meilleure lisibilité graphique des résultats, les scores globaux ont été transformés en pourcentage.

En ce qui concerne la question 3 sur le choix du meilleur type de raisonnement pour expliquer la propriété biologique, nous avons attribué un score de 1 au raisonnement choisi et de 0 pour les trois restants pour chaque exemplaire. Ainsi, nous obtenons pour chaque type de raisonnement un score allant de 0 à 3 en fonction de la typicalité des exemplaires.

IV. 2. 4/ Hypothèses opérationnelles

Nous avons tout d'abord cherché à évaluer si la généralisation des propriétés était réalisée en fonction de la typicalité (question n°1). Nous supposons que les enfants de dix ans attribuent les propriétés biologiques de manière équivalente aux végétaux typiques et atypiques alors que les enfants de six ans devraient les attribuer davantage aux végétaux

typiques qu'atypiques. La spécificité de cette généralisation devrait donc entraîner une différence globale d'attribution des propriétés entre les deux populations.

Nous avons ensuite cherché à évaluer les justifications produites par les enfants pour expliquer les propriétés biologiques (question n° 2). Nous supposons tout d'abord que les enfants de dix ans seront nettement plus à même de fournir des explications que les enfants de six ans. En outre, les justifications des plus jeunes devraient être davantage soutenues par des causes extérieures au fonctionnement des végétaux alors que celles des enfants plus âgés devraient être davantage reliées à des causes internes attestant d'une intégration du caractère vivant des végétaux.

Concernant les stratégies de raisonnement que nous soumettons à l'appréciation des enfants (question n°3), nous postulons que les enfants de dix ans devraient choisir davantage le raisonnement essentialiste que les enfants de six ans. Le vitalisme serait censé guider les raisonnements des enfants de six ans dans une plus grande mesure que ceux des enfants de dix ans. Le raisonnement intentionnel devrait être le moins choisi chez les deux classes d'âge. Enfin, le raisonnement téléologique devrait être choisi dans la même proportion par les enfants de six et de dix ans tout en étant proche du hasard. En effet, il devrait être choisi par les enfants de six ans puisqu'il intègre une dimension d'intentionnalité. En revanche, de part son caractère social serving, il est possible que cette stratégie de raisonnement soit également présente chez les enfants de dix ans. Enfin, nous testons le modèle théorique de Carey (1985) selon lequel les enfants de six ans devraient rencontrer des difficultés à expliquer les critères du vivant en termes biologiques pour les exemplaires atypiques, entraînant ainsi chez les plus jeunes un report d'utilisation du raisonnement intentionnel pour rendre compte des propriétés de mort et de régénération.

IV. 3/ RESULTATS[6]

Les résultats sont présentés en suivant l'ordre proposé dans le questionnaire. Pour chaque question, nous présentons d'abord les résultats concernant la propriété de mort puis les résultats sur la propriété de régénération.

[6] Les résultats relatifs à la propriété de mort des végétaux ont fait l'objet d'une publication en 2009 dans la revue *Psychologie Française*. Labrell, F., & Charlieux, B. (2009). « Conceptions naïves de la mort des végétaux entre six et dix ans ». *Psychologie Française, 54,* 75-91.

IV. 3. 1/ Généralisation des propriétés aux différents exemplaires

Concernant la généralisation des propriétés biologiques, nous nous attendons à un effet de l'âge, les enfants de dix ans devant généraliser davantage que les enfants de six ans, un effet de la typicalité, les végétaux typiques devant donner lieu à davantage de généralisation que les végétaux atypiques, ainsi qu'à un effet d'interaction entre l'âge et la typicalité, les enfants de dix ans devant être moins influencés par la typicalité que les enfants de six ans.

Afin de comparer les scores de réponses positives pour les deux propriétés biologiques, une analyse de variance a été réalisée avec l'âge comme variable indépendante interindividuelle et la typicalité comme variable indépendante intra-individuelle. Les moyennes de réponses opérées sur les scores bruts en fonction de la typicalité des exemplaires ont été utilisées comme variable dépendante.

La généralisation du mécanisme de mort

Comme le montre le Tableau 1, il apparaît que les enfants de six et dix ans généralisent davantage la propriété de mort aux exemplaires typiques qu'aux exemplaires atypiques, conformément aux résultats d'une ANOVA avec l'âge et la typicalité comme variables indépendantes. Le score moyen de réponses affirmatives attribué aux différents exemplaires selon leur typicalité a été utilisé comme variable dépendante. Nous observons un effet simple de la typicalité (F (1, 38) = 9,65 ; $p < .004$).

Tableau 1. Scores, pourcentages moyens et écarts-types de généralisation de la mort en fonction de l'âge et de la typicalité des exemplaires.

	Exemplaires Typiques		Exemplaires Atypiques	
	Scores et %	Ecarts-types	Scores et %	Ecarts-types
6 ans	2,8 (93,33%)	0,52	2,25 (75%)	1,02
10 ans	2,95 (98,33%)	0,22	2,75 (91,67%)	0,55

Comme l'indiquent les données du tableau 1, l'influence de la typicalité est nettement plus importante chez les enfants de six ans que chez les enfants de dix ans. Nos hypothèses relatives à la généralisation de la propriété de mort ne sont que partiellement vérifiées. Si la typicalité influence bien la généralisation de cette propriété chez les enfants de six ans comme nous nous y attendions, la différence d'âge entre nos deux populations ne présente pas l'effet attendu. Nous supposions en effet, que pris dans leur globalité, les végétaux génèreraient nettement moins d'attribution de la propriété de mort à l'âge de six ans qu'à dix ans. Les

résultats montrent au contraire que dès l'âge de six ans, les enfants considèrent les végétaux comme susceptibles de mourir.

La généralisation du mécanisme de régénération

Conformément à une ANOVA réalisée avec l'âge et la typicalité comme variables indépendantes, nous ne relevons aucune différence de généralisation entre les enfants de six et de dix ans pour la propriété de régénération. Nous ne confirmons cette fois aucune de nos hypothèses. Il apparaît que ni la typicalité des exemplaires, ni l'âge des enfants n'a d'influence sur l'attribution de cette propriété aux végétaux. L'analyse de variance indique un effet marginal de l'âge (F (1, 38) = 3,55 ; p < .067) suggérant que les enfants de six ans généralisent moins la propriété de mort que les enfants de dix ans.

Tableau 2. Scores, pourcentages moyens de généralisation et écarts-types de la régénération en fonction de l'âge et de la typicalité des exemplaires.

	Typique		Atypique	
	Scores et %	Ecarts-types	Scores et %	Ecarts-types
6 ans	2,25 (75%)	0,36	2,2 (73,33)	0,23
10 ans	2,6 (86,67%)	0,17	2,6 (86,67%)	0,17

IV. 3. 2/ Justifications pour expliquer les propriétés de mort et de régénération

Concernant les explications spontanées produites pour justifier les propriétés biologiques, nous nous attendons à un effet de l'âge, les enfants de dix ans devant proposer des explications relevant d'un niveau d'abstraction nettement supérieur à celui des enfants de six ans, les enfants de six ans devraient présenter davantage d'absences de réponses que les enfants de dix ans.

Nous avons réalisé des analyses de khi-carré en utilisant des scores obtenus grâce à une pondération des réponses de chaque enfant pour chacun des exemplaires de plantes présenté dans six catégories de réponses. Nous avons ensuite réalisé la somme des scores obtenus par catégorie pour les six plantes présentées. Les effectifs des deux populations sont donc multipliés par six relativement aux six végétaux étudiés. La pondération opérée pour chaque plante entraînant des « scores » décimaux, les données brutes présentées dans les tableaux comportent, elles aussi, des décimales. Afin d'apporter une meilleure lisibilité des résultats, nous avons choisi de leur associer une représentation par l'intermédiaire de pourcentages de réponses.

Justifications proposées pour expliquer la propriété de mort

Les réponses des enfants ont tout d'abord été regroupées dans 6 catégories de réponses afin de réaliser une première analyse globale (les catégories de réponses sont définies en annexe n° 4). Le Tableau 3 présente les pourcentages de réponses des enfants pour l'ensemble des exemplaires.

Tableau 3. Scores bruts et pourcentages de réponses par âge et par catégorie pour la propriété de mort.

Catégories de réponses[7]		6 ans	10 ans
Autres	Autres	36,32 (30,27%)	17,48 (14,57%)
Causes externes	IHA	33,49 (27,91%)	31,18 (25,98%)
	Csce. Globale	17,83 (14,86%)	21,12 (17,6%)
MEV	MEV	23,16 (19,3%)	34,29 (28,58%)
Causes internes	Causes Internes	8,82 (7,35%)	10,97 (9,14%)
	Causes supra ordonnées	0,33 (0,28%)	4,73 (3,94%)

L'analyse de khi-carré menée à partir des scores bruts présentés dans le tableau 3 montre que les enfants de six et de dix ans n'invoquent pas les mêmes causes pour répondre à la question ouverte de l'expérimentateur ($\chi^2_5 = 13{,}17$; $p < .05$). Les types d'explications choisies par les enfants de six et de dix ans sont donc de différentes natures. Nous notons par exemple que les enfants de dix ans font une utilisation plus poussée des justifications impliquant un manque d'élément vital (28,58%) (MEV) que les enfants de six ans (19,3%).

Afin de préciser la nature des justifications de chaque classe d'âge, nous avons effectué deux types de comparaison par paire. La première oppose la catégorie « autres » et la catégorie « possible » qui regroupe l'ensemble des catégories de réponses impliquant une explication de la propriété (tableau 4). Cette analyse tend à montrer que le taux de rejet de la propriété est nettement plus important à six ans (30,27%) qu'à dix ans (14,57%), ($\chi^2_1 = 8{,}47$; $p < .05$). Si nous n'observions pas de différence de généralisation de la propriété de mort à l'ensemble des végétaux entre nos deux populations, il apparaît que les enfants de dix ans sont nettement plus enclins à expliquer cette propriété que les enfants de six ans.

[7] IHA = Intervention Humaine et Animal ; Csce.Globale = Conscience globale ; MEV = Manque d'Elément Vital.

Tableau 4. Scores et pourcentages de réponses par âge pour la propriété de mort en fonction des catégories « Autres » et « Possible ».

Catégories de réponses	6 ans	10 ans
Autres	36,32 (30,27%)	17,48 (14,57%)
Possible	83,63 (69,69%)	102,29 (85,24%)

La deuxième comparaison par paire oppose les catégories « externe » (IHA + Csce. Glo.) et « interne » (Cause interne + CSO). Elle a pour but d'évaluer la propension des enfants à relier la propriété de mort à des phénomènes intrinsèques à la plante d'une part et aux composantes du concept de mort d'autre part. L'analyse révèle une différence significative entre ces deux types de justifications ($\chi^2_1 = 10,2$; $p < .05$). Afin d'analyser plus précisément ce résultat, nous avons comparé au hasard les réponses des enfants pour chaque dimension. Seule la dimension « interne » induit une différence significative entre nos deux populations ($\chi^2_1 = 6,56$; $p < .05$). L'exploration des justifications des enfants suggère un effet développemental impliquant une diversification des explications à dix ans orientée par une intégration progressive de facteurs internes du concept de mort. Cette intégration s'accompagne d'un niveau d'abstraction plus élevé de la mort qui ne serait plus simplement un événement fortuit, provoqué par des évènements extérieurs à la plante, mais un phénomène inséré dans une compréhension théorique plus étendue en termes de catégorie. Cette analyse nous permet donc de confirmer notre hypothèse relative à une compréhension des propriétés biologiques plus abstraite avec l'âge, attestant d'une intégration du caractère vivant des végétaux.

Tableau 5. Scores et pourcentages de réponses par âge pour la propriété de mort en fonction des catégories "internes" et "externes".

Causes	6 ans	10 ans
Externe	51,32 (84,87%)	52,3 (76,91%)
Interne	9,15 (15,13%)	15,7 (23,09%)

Justifications proposées pour expliquer la propriété de régénération

Là encore, nous avons catégorisé les réponses des enfants en six niveaux afin de réaliser une première analyse globale. Les catégories de réponses sont définies en annexe n° 4. 2. Le Tableau 6 présente les pourcentages de réponses des enfants pour l'ensemble des exemplaires.

Tableau 6. Scores et pourcentages de réponses par âge et par catégorie pour la propriété de régénération.

Catégories de réponses		6 ans	10 ans
Autres	Autres	55,86 (46,55%)	31,98 (26,65%)
Causes externes	IHA	13,62 (11,35%)	7,48 (6,23%)
	Csce. Globale	35,86 (29,88%)	33,95 (28,29%)
MEV	MEV	8,56 (7,13%)	9,96 (8,3%)
Causes internes	Causes internes	5,75 (4,79%)	19,46 (16,22%)
	Causes supra ordonnées	0 (0%)	16,98 (14,15%)

Une analyse de khi-carré globale menée à partir des données brutes présentées dans le tableau 6 permet de penser que les enfants de six et de dix ans n'invoquent pas les mêmes causes pour expliquer la propriété de régénération ($\chi^2_5 = 32,87$; $p < .05$). Les enfants de six ans semblent notamment proposer nettement moins d'explications internes (4,79%) et d'explications supra ordonnées (0%) que les enfants de dix ans, respectivement (16,22%) et (14, 15%).

Suivant le même principe que pour la propriété de mort, nous avons effectué deux types de comparaisons par paire afin de préciser la nature des justifications de chaque classe d'âge. L'analyse opposant les catégories « autres » et « possible » tend à montrer que le taux de rejet de la propriété est nettement plus important à six ans (46,55%) qu'à dix ans (26,65%), ($\chi^2_1 = 10,3$; $p < .05$). Alors que l'analyse portant sur l'attribution de la propriété de régénération n'affichait aucune différence entre les deux populations étudiées, il apparaît cette fois clairement que les enfants de dix ans possèdent une compréhension plus aboutie de cette propriété que les enfants de six ans (voir tableau 7). Nous confirmons ainsi notre hypothèse d'une conceptualisation croissante des propriétés biologiques avec l'âge.

Tableau 7. Pourcentages de réponses par âge pour la propriété de régénération en fonction des catégories « Autres » et « Possible ».

Catégories de réponses	6 ans	10 ans
Autres	55,86 (46,55%)	31,98 (26,65%)
Possible	63,79 (53,16%)	87,83 (73,19%)

L'analyse des résultats produits pour les catégories « externe » et « interne » révèle une différence significative entre ces deux types de justifications, ($\chi^2_1 = 34,6$; $p < .05$). Afin

d'analyser plus précisément ce résultat, nous avons comparé au hasard les réponses des enfants pour chaque dimension. Les deux dimensions se révèlent être significatives. La dimension « externe » induit une différence significative, ($\chi^2_1 = 4{,}74$; $p < .05$) ; la dimension « interne » induit également une différence significative, ($\chi^2_1 = 30{,}69$; $p < .05$). Il est intéressant de remarquer que la différence entre les deux classes d'âge est nettement plus conséquente pour la dimension « interne » que pour la dimension « externe » (voir tableau 8). L'exploration des justifications des enfants suggère, comme pour la propriété de mort, un effet développemental impliquant une réélaboration des explications à l'âge de dix ans orientée par une intégration progressive de facteurs internes de la propriété de régénération et par une diminution des explications impliquant des événements extérieurs. L'hypothèse selon laquelle l'âge permettrait d'appréhender la propriété de régénération à travers un prisme purement biologique se voit ainsi confirmée.

Tableau 8. Pourcentages de réponses par âge pour la propriété de régénération en fonction des catégories "interne" et "externe".

Causes	6 ans	10 ans
Externe	22,18 (79,41%)	17,44 (32,37%)
Interne	5,75 (20,52%)	36,44 (67,63%)

IV. 3. 3/ Stratégies de raisonnement utilisées préférentiellement pour expliquer les propriétés biologiques

Concernant les stratégies de raisonnement nous nous attendons à un effet des raisonnements, les deux classes d'âge devant rejeter le raisonnement intentionnel, un effet d'interaction entre l'âge et les raisonnements, les enfants de dix devant privilégier le raisonnement essentialiste, les enfants âgés de six ans devant privilégier le raisonnement vitaliste, ainsi qu'à une interaction triple entre l'âge, les raisonnements et la typicalité des exemplaires, les enfants de dix ans devant se distinguer des enfants de six ans pour le raisonnement essentialiste en le choisissant aussi bien pour les exemplaires typiques que pour les exemplaires atypiques.

Afin de répondre à nos hypothèses et compte tenu de la nature de nos données, nous avons réalisé deux analyses de variance. Le score moyen attribué aux différentes stratégies de raisonnement est utilisé comme variable dépendante dans une analyse de variance incluant trois variables indépendantes, soit l'âge comme facteur inter-sujets, la typicalité des exemplaires et les raisonnements (intentionnel, vitaliste et essentialiste) comme facteur intra-

sujet. Nous avons choisi d'isoler le raisonnement téléologique dans une première analyse afin de respecter l'indépendance des mesures entre elles. La première ANOVA ne porte donc que sur ce raisonnement avec l'âge (facteur inter-sujets), et la typicalité (facteur intra-sujet) comme variables indépendantes. Le choix d'isoler le raisonnement téléologique plutôt qu'un autre découle de l'ambiguïté de notre proposition qui influence nos prédictions à son sujet (ce raisonnement ne devrait pas se différencier du hasard à six comme à dix ans). Nous avons finalement complété ces résultats avec des khi-carré afin de comparer les choix de chaque groupe d'enfants avec des scores au hasard.

Stratégies de raisonnement utilisées préférentiellement pour expliquer la propriété de mort

La première analyse de variance réalisée uniquement sur le raisonnement téléologique n'indique aucun effet significatif (figure 1), confirmant ainsi notre hypothèse quant à l'ambiguïté de ce raisonnement pour expliquer la propriété de mort. La deuxième analyse de variance révèle un effet simple du facteur raisonnement, (F (2, 76) = 10,08 ; p < .001), de même qu'un effet d'interaction entre les facteurs âge et raisonnement (F (2, 76) = 4,75 ; p < .011). Les effets simples de l'âge et de la typicalité ne sont pas significatifs. La typicalité ne semble pas affecter les enfants dans les choix des raisonnements explicatifs, contrairement à notre hypothèse testant la validité du modèle théorique de Carey.

Tableau 9. Scores, pourcentages de réponses et écarts-types pour la propriété de mort selon l'âge et les raisonnements.

	Intentionnel		Téléologique		Vitaliste		Essentialiste	
	Scores et %	écart type	Scores et %	écart type	Scores et %	Ecarts-types	Scores et %	Ecarts-types
6 ans	18 (15,13%)	1,25	32 (26,89%)	2,19	26 (21,85%)	1,56	43 (36,13%)	2,01
10 ans	1 (0,84%)	0,22	27 (22,69%)	1,35	55 (46,22%)	1,86	36 (30,25%)	1,74

Afin de répondre plus précisément à nos hypothèses, nous avons réalisé des comparaisons planifiées, à l'aide d'analyses de variance concernant plus particulièrement les raisonnements intentionnel, vitaliste et essentialiste. Les résultats des analyses statistiques montrent que si le raisonnement intentionnel est effectivement plus répandu à l'âge de six ans qu'à celui de dix ans (F (1,38) = 8.92 ; p < .005), le raisonnement vitaliste, de son côté, l'est

davantage à dix ans qu'à six ans (F (1,38) = 7.13 ; p < .01). De son côté, le raisonnement essentialiste n'est pas plus répandu chez les enfants les plus âgés, contrairement à notre hypothèse. L'analyse de khi-carré permettant de comparer les résultats des enfants au hasard indique que les choix des enfants de six ans diffèrent du hasard, (χ^2_3 = 31 ; p < .05). L'on observe le même effet, quoique nettement plus accentué,–chez les enfants de dix ans, (χ^2_3 = 63 ; p < .05). A six ans, la significativité du khi-carré est obtenue par les écarts au hasard des raisonnements intentionnel et essentialiste représentant respectivement 37,9% et 42,74% de sa valeur totale. A dix ans, la significativité du khi-carré s'explique davantage par les écarts au hasard des raisonnements intentionnel et vitaliste qui représentent respectivement 43,63% et 40,08% de sa valeur totale. Ces résultats confirment partiellement nos hypothèses. Comme nous nous y attendions, les deux classes d'âge rejettent fortement le raisonnement intentionnel pour expliquer la mort des végétaux. Par contre, les enfants de six ans préfèrent le raisonnement essentialiste au raisonnement vitaliste alors que les enfants de dix ans préfèrent le raisonnement vitaliste au raisonnement essentialiste, ce qui déjoue complètement nos hypothèses à ce sujet.

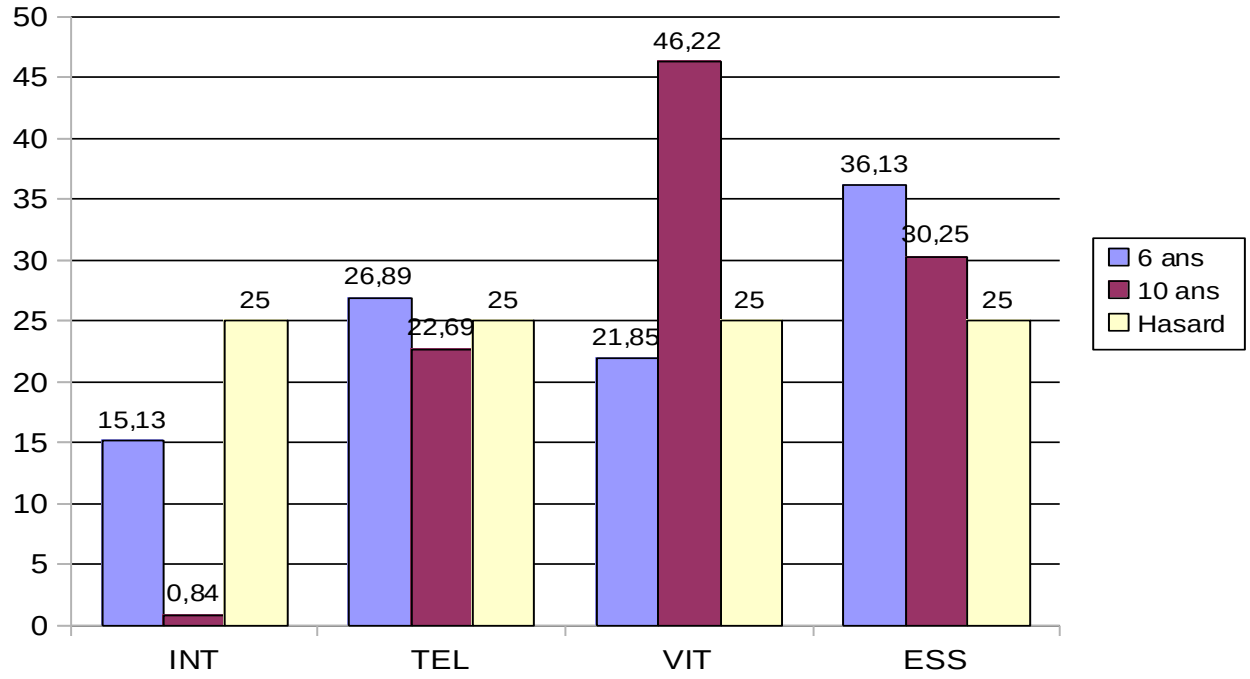


Figure 1. Pourcentages de réponses en fonction de l'âge et des types de raisonnements pour la propriété de mort.

Stratégies de raisonnement utilisées préférentiellement pour expliquer la propriété de régénération

Les mêmes analyses statistiques que pour la propriété de mort ont été menées sur les résultats obtenus pour la propriété de régénération.

Là encore, la première analyse de variance réalisée uniquement sur le raisonnement téléologique n'indique aucun effet significatif confirmant notre hypothèse à son sujet. La deuxième analyse de variance révèle uniquement un effet simple du facteur raisonnement (F (2, 76) = 22,32 ; $p < .001$) ne confirmant pas notre hypothèse développementale.

Tableau 10. Scores, pourcentages de réponses et écarts-types pour la propriété de régénération selon l'âge et les raisonnements.

	Intentionnel		Téléologique		Vitaliste		Essentialiste	
	Scores et %	Ecarts-types	Scores et %	Ecarts-types	Scores et %	Ecarts-types	Scores et %	Ecarts-types
6 ans	10 (7,94%)	0,75	23 (18,25%)	0,94	38 (30,16%)	1,44	55 (43,65%)	1,77
10 ans	11 (8,73%)	0,37	26 (20,63%)	1,5	37 (29,37%)	1,73	52 (41,27%)	1,98

Afin de compléter cette analyse, nous avons comparé les scores obtenus pour chaque groupe d'âge par rapport au hasard sur l'ensemble des stratégies de raisonnement au moyen d'un khi-carré. Les deux populations considérées se distinguent nettement du hasard, à six ans l'analyse du khi-carré révèle un effet significatif, ($\chi^2_3 = 66$; $p < .05$), à dix ans l'analyse du khi-carré révèle également un effet significatif, ($\chi^2_3 = 52$; $p < .05$). Il apparaît que les deux classes d'âge se différencient du hasard sur les mêmes raisonnements. Ainsi, les enfants de six et dix ans rejettent significativement le raisonnement intentionnel, pour respectivement 32,58% et 39,42% du khi-carré global. Le deuxième raisonnement qui influence la significativité du khi-carré est l'essentialisme, il est choisi positivement par les enfants des deux classes d'âge, pour 35,61% du khi-carré global à six ans et pour 39,42% à dix ans. Etonnamment, notre hypothèse développementale n'est pas confirmée pour la propriété de régénération. En revanche, nous confirmons notre hypothèse postulant que, quel que soit leur âge, les enfants possèdent une structure de pensée spécifiquement biologique comme l'indique leur préférence pour le raisonnement essentialiste.

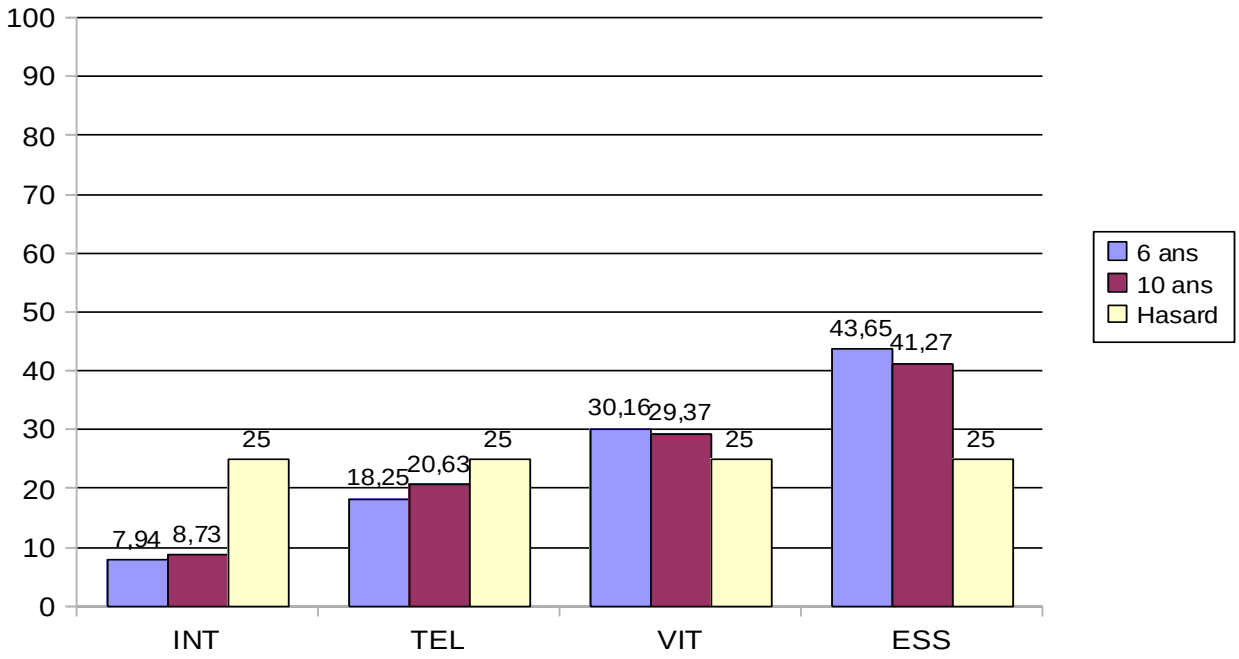


Figure 2. Pourcentages de réponses en fonction de l'âge et des types de raisonnement pour la propriété de régénération.

IV. 4/ Conclusion relative aux conceptions de la mort des végétaux

Les résultats obtenus sur deux groupes d'enfants de six et de dix ans, nous ont permis de valider partiellement nos hypothèses. En effet, la typicalité paraît principalement déterminante dans la généralisation de la propriété de mort à la catégorie des plantes chez les enfants de six ans (question n° 1). A cet âge, le cactus, les algues ou l'herbe semblent moins susceptibles de mourir que la plante verte, l'arbre ou la fleur. Ainsi, conformément aux travaux de Meunier et Cordier (2004) et même si les études n'en tiennent généralement pas compte, il paraît important de ne pas considérer tous les végétaux comme équivalents en tant que candidats au statut d'items vivants chez les jeunes enfants. Si, comme l'indique cette dépendance à la typicalité des exemplaires, l'attribution de la propriété de mort est progressive entre six et dix ans, nos résultats vont à l'encontre du modèle de Carey (1985) supposant qu'avant dix ans les enfants ne disposent pas de suffisamment de connaissances formelles pour concevoir les végétaux comme des êtres vivants. Nos analyses ne révèlent en effet pas de différence d'âge hormis l'effet d'interaction avec la typicalité des exemplaires. Elles nous autorisent donc à penser qu'en regard de cette propriété, les enfants de six ans considèrent les végétaux comme des êtres vivants au même niveau que les enfants de dix ans.

Néanmoins, les analyses des réponses aux questions ouvertes (question n° 2) ont montré que les enfants ne fournissent pas les mêmes raisons pour expliquer la mort à six et à dix ans. Ainsi, si les plus âgés comme les plus jeunes invoquent surtout des causes humaines et animales, respectivement 33 et 31% pour expliquer la mort, les enfants âgés de six ans expriment plus souvent leur méconnaissance (« Ne sais pas ») (36%) alors que les enfants de dix ans font aussi mention de possibles manques d'éléments vitaux (MEV) (34%). Cela signifie que, pour eux, la propriété de nutrition est importante pour expliquer la vie, et que son absence peut donc être responsable de cette propriété. Notons que, dans leur étude de 1996, Inagaki et Hatano relèvent la prégnance, dans le système conceptuel précoce de l'enfant, des deux mécanismes que sont la nutrition et la croissance pour la distinction vivant/non vivant. Il faut remarquer ici qu'il existe peu d'études des justifications des enfants, à l'inverse de celles qui portent sur les réponses aux questions fermées et/ou les attributions de propriétés, du fait de la lourdeur évidente des analyses de contenu. Or, ces études des justifications paraissent particulièrement intéressantes pour mettre en évidence la cohérence des réponses des enfants, tant au niveau des questions ouvertes que des questions avec choix. Nos analyses nous ont notamment permis de mettre en évidence que les explications des enfants de dix ans tendent vers une abstraction de la compréhension de la propriété de mort comme l'indique l'utilisation plus importante de références à l'intérieur des végétaux pour parler de ce phénomène. S'il existe bien une différence relative à la nature du discours entre nos deux populations pour s'exprimer sur le sujet, il est bon de noter que les conceptions des enfants de six ans, bien que davantage reliées à des évènements extérieurs sont loin d'être totalement inexistantes comme le prouvent les 70% d'explications possibles de cette propriété.

Les analyses sur les choix des raisonnements explicatifs réalisés par les enfants, montrent, conformément à nos hypothèses, que ceux-ci dépendent des raisonnements de même que de l'âge de l'enfant. Ainsi, le raisonnement intentionnel, bien que plus répandu chez les enfants de six ans apparaît significativement inférieur au hasard pour les deux classes d'âge. La proposition téléologique ne semble pas plus adaptée pour expliquer la mort des végétaux que le raisonnement intentionnel comme l'indiquent les choix des deux populations ne se distinguant pas du niveau du hasard. Contrairement à notre hypothèse et aux données produites par Inagaki et Hatano (1993, 1996), le raisonnement vitaliste ne domine pas la pensée des enfants de six ans. A l'inverse, ce raisonnement est privilégié par les enfants de dix ans, qui semblent ainsi concevoir l'arrêt de la vie comme une interruption de l'élan vital, d'une force qui ne serait plus disponible. Or, l'on retrouve également ce type de réponse plus fréquemment répandu auprès des enfants de dix ans à la question ouverte (n°2, MEV). Enfin,

contrairement à notre hypothèse s'appuyant sur les résultats obtenus par Poling et Evans (2002), le raisonnement essentialiste n'est pas plus répandu chez les enfants les plus âgés mais chez les plus jeunes. Ce résultat n'est pas imputable à une compréhension internaliste comme l'ont prouvé les justifications de ces enfants à la question ouverte. Ce résultat peut néanmoins s'interpréter comme une stratégie causale de substitution, ce que Medin et Orthony (1989) qualifient d'«essence placeholder » (Cités par Waxman, Medin & Ross, 2007) ou comme une forme d'« essentialisme psychologique » (Gelman & Wellman, 1991). En effet, il n'est pas sûr que les enfants aient compris que le « quelque chose à l'intérieur » de notre proposition fasse référence à la dimension essentialiste dans ses aspects les plus abstraits. Le choix pour ce raisonnement reflète néanmoins l'importance qu'entretient cette dimension interne dans les conceptions biologiques des enfants lorsqu'il s'agit d'expliquer la mort des végétaux.

IV. 5/ Conclusion relative aux conceptions de la régénération des végétaux

Les conceptions des enfants relatives à la propriété de régénération déjouent considérablement nos attentes sur bien des aspects. Tout d'abord, la typicalité n'induit aucune différence quel que soit l'âge des enfants. Par ailleurs, l'analyse relative à la généralisation de cette propriété n'indique pas non plus d'effet de l'âge. Contrairement à ce que nous avons pu observer pour la propriété de mort, il apparaît que face à cette propriété les enfants traitent uniformément les végétaux comme des êtres vivants susceptibles de se régénérer. Nous notons néanmoins que la généralisation de la propriété de régénération rencontre moins d'adhésion que la propriété de mort, respectivement 86% contre 95% à dix ans et 84% contre 74% à six ans. Ainsi l'apparente similitude qui semble exister entre nos deux populations relève peut-être d'une méconnaissance plus importante de cette propriété.

Concernant les justifications proposées par les enfants pour répondre à notre question ouverte (question n° 2), il apparaît que les enfants de six et de dix ans n'utilisent pas des explications de même nature. Tout d'abord, les enfants de dix ans présentent un pouvoir explicatif causal nettement supérieur à celui des enfants de six ans. Les enfants de six ans présentent nettement plus de difficultés à expliquer la propriété de régénération que les enfants de dix ans. En outre, les enfants plus âgés utilisent notamment davantage de justifications internalistes et moins d'explications impliquant des causes externes que les plus jeunes. Ces résultats tendent à confirmer notre hypothèse développementale d'une abstraction croissante avec l'âge des propriétés biologiques. Cependant, l'analyse des résultats à la question ouverte renforce notre incertitude sur la compréhension de cette propriété par les enfants. En effet, les enfants de six ans comme les enfants de dix semblent moins à même de

fournir des justifications pour expliquer cette propriété comme l'indique une baisse de dix points chez les deux classes d'âge d' « explication possible », 53% à six ans et 73% à dix ans, par rapport à la propriété de mort, 70% à six ans et 84% à dix ans. La différence observée entre les propriétés de mort et de régénération n'est pas sans rappeler les données produites dans l'étude d'Inagaki et Hatano (1993). Ces derniers avaient montré que l'attribution des critères du vivant aux plantes et aux animaux variait considérablement d'une propriété à une autre. La mort était par exemple comprise par 80% des enfants de cinq ans alors que la maladie atteignait seulement 33%. Cette étude avait montré que les conceptions biologiques des enfants de cinq ans étaient dominées par les propriétés de nutrition et de croissance or, les justifications proposées pour rendre compte de la régénération dans notre étude sont également reliées à la présence d'un élément vital. Ces justifications représentent en effet 30% des justifications totales proposées pour les deux classes d'âge. La régénération dépend donc fortement de la possibilité de la plante de « boire de l'eau », de « manger de la terre » ou de « respirer de l'air ». Ce qui nous semble étonnant dans l'invocation de ces éléments pour expliquer le potentiel de régénération des végétaux tient davantage aux scores identiques à six et à dix ans qu'à leur importance dans les explications des enfants. Par rapport à la propriété de mort, l'évocation de ces éléments pour la régénération est beaucoup plus précoce et entretiendrait un rôle constant dans les conceptions intuitives des enfants.

Nous avons pu remarquer que les stratégies de raisonnement choisies par les enfants sont de nature identique quel que soit leur âge. L'intentionnalité est naturellement rejetée confirmant la perception des végétaux comme des êtres vivants à partir de critères biologiques. Ce résultat est confirmé par la préférence pour le raisonnement essentialiste qui domine leur structure de pensée. Si ce résultat n'est pas cohérent avec les justifications des plus jeunes et contredit une nouvelle fois l'hypothèse selon laquelle les enfants de six ans devraient présenter une structure de pensée vitaliste, il ne laisse aucun doute sur la dimension biologique causale des raisonnements appliqués aux végétaux. Comme l'indiquent les références à des causes internes et l'emploi de causes supra ordonnées à la question ouverte, s'il est possible d'envisager qu'une partie des enfants de dix ans commence à utiliser l'essentialisme dans sa dimension purement biologique pouvant se rapprocher d'une compréhension biologique des êtres vivants, il est certainement plus juste d'expliquer les raisonnements essentialistes des enfants de six ans comme une forme d'essentialisme psychologique ; un essentialisme primaire accordant une place prépondérante aux facteurs internes sans être justifié par une connaissance quelconque des mécanismes impliqués dans la cicatrisation des plantes.

La méthodologie de l'entretien est fondamentale dans ces études sur les conceptions biologiques des jeunes enfants. Piaget (1926) lui-même s'y était confronté quand il a travaillé sur la notion du « vivant », sans prendre la précaution de la compréhension d'un tel adjectif auprès des jeunes enfants. L'étude que nous avons présentée ici ne nous autorise pas à évaluer directement une quelconque variabilité dans les choix proposés aux enfants, puisque les critères retenus par nous ne concernent pas l'ordre des réponses mais seulement le premier choix. Nous envisageons de mettre en œuvre un système de réponse non plus binaire mais basé sur une échelle d'intervalle (positionnement d'un curseur), qui autoriserait, de plus, la prise en compte de plusieurs choix par l'enfant.

Pour conclure, l'on peut remarquer que l'orientation actuelle des points de vue de Carey (1985) et Gelman et Wellman (1998), qui considèrent que l'enfant dispose, dès son plus jeune âge, de systèmes explicatifs adaptés aux domaines, envisage ce dernier comme « armé conceptuellement » et non plus forcément « en creux » par rapport à la pensée adulte. On peut ainsi considérer qu'il s'agit d'une inversion idéologique, liée à la remise en cause d'un modèle unitaire du développement conceptuel.

Afin d'investiguer plus avant l'organisation des conceptions biologiques en domaine de connaissances, nous nous proposons d'étudier la vision qu'ont les adultes des propriétés de mort et de régénération des végétaux. Cette seconde expérimentation nous donne l'occasion d'établir un niveau de référence d'élaboration des conceptions pour ces questions. Cette expérience nous permet également de tester l'influence de l'expertise sur les théories de sens commun afin d'évaluer la résistance des idées qui émergent durant l'enfance.

CHAPITRE V. Mort et régénération des végétaux selon l'expertise biologique chez l'adulte

INTRODUCTION

L'objectif de cette étude est double. Premièrement, nous souhaitons établir une base de comparaison des conceptions des adultes relatives à la sous-classe des végétaux par rapport aux conceptions intuitives des enfants établis dans l'étude précédente. Deuxièmement, nous nous interrogeons sur la persistance, à l'âge adulte, des théories naïves constituées dans l'enfance. Afin de répondre à nos objectifs, nous nous proposons d'évaluer les conceptions des propriétés de mort et de régénération d'experts en biologie végétale et d'adultes quels qu'ils soient. L'expérimentation suit les principes de l'étude réalisée sur des enfants de six et de dix ans bien que nous ayons adapté la procédure. Conformément à l'étude menée avec les enfants, nous nous intéressons à la généralisation des propriétés biologiques aux végétaux selon leur typicalité, aux justifications qu'ils produisent pour expliquer ces propriétés ainsi qu'aux stratégies de raisonnement les plus adaptées pour en rendre compte. Nous avons en outre investigué leur capacité de production d'un métadiscours afin d'analyser leur compréhension des stratégies de raisonnement. En effet, les formulations que nous avons choisies pour évaluer les stratégies de raisonnement peuvent s'entendre selon plusieurs niveaux d'analyse. Par exemple, le raisonnement essentialiste peut renvoyer à une forme d'essentialisme psychologique suggérant la prise en compte de l'importance d'éléments internes de l'entité biologique pour expliquer les comportements, l'identité ou l'attribution des critères du vivant sans néanmoins être relié à un déterminisme biologique (Gottfried & Gelman, 2005). Ce même raisonnement peut également renvoyer à une compréhension plus aboutie en termes de processus biologique par l'évocation de déterminants physiologique ou biochimique. Il renvoie, dans ce cas, à une forme d'essentialisme plus élaboré qualifiée d'essentialisme mécaniste (Ahn et al., 2001).

V. 1/ PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

V. 1. 1/ Problématique

Les modèles psychologiques du développement de la pensée qui envisagent que les conceptions intuitives enfantines résultent de la constitution de théories organisées autour de

grands domaines de la connaissance postulent une structuration relativement précoce des conceptions biologiques (Carey, 1985 ; Gelman & Wellman, 1998). S'il persiste des divergences entre ces auteurs quant à l'âge auquel il est possible de considérer que les enfants raisonnent bien en termes biologiques, ils s'accordent néanmoins à reconnaître qu'après l'âge de dix ans, les conceptions sont structurées de manière ontologique, de sorte que les végétaux, qui peuvent présenter chez les plus jeunes une confusion relative à l'absence de mouvement orienté, possèderaient à cet âge un statut identique aux animaux vis-à-vis des critères biologiques (Keil, 1987, 1994). De ce point de vue, les adultes participant à notre étude ne devraient rencontrer aucune difficulté à concevoir que les végétaux sont susceptibles de mourir et de se régénérer quel que soit leur niveau d'expertise. Cependant, il est possible qu'il persiste dans leurs théories biologiques des traces de conceptions archaïques notamment dans les modes de raisonnement causaux qui leur permettent d'expliquer les propriétés biologiques pouvant s'incarner par une variabilité des stratégies de raisonnement utilisées (Poling & Evans, 2002, 2004). Les conceptions biologiques des adultes peuvent également faire l'objet d'une investigation approfondie en regard des théories intuitives de l'homme de la rue décrites comme des théories naïves (Proffitt, Coley & Medin, 2000). Murphy et Medin (1985, p. 290) définissent les théories naïves comme « un grand nombre d'explications mentales plutôt qu'un point de vue scientifique complet et organisé» (cités par Thibaut, Gelaes, Cordier, & Meunier, 2005). Ainsi, l'absence de mouvement des végétaux, conçue par Richards et Siegler (1984, 1986) comme le premier obstacle à leur attribution du statut d'être vivant dans l'enfance, mais également chez l'adulte, pourrait fort bien persister dans les conceptions biologiques de ces derniers, les empêchant ainsi de concevoir les végétaux comme des êtres vivants sous l'angle des propriétés biologiques de mort et de régénération. Nous nous interrogeons donc d'une part sur l'effet d'un apprentissage formel sur les théories biologiques naïves chez des étudiants effectuant une spécialisation en biologie végétale que nous qualifions d'experts du domaine, d'autre part nous cherchons à évaluer si les difficultés rencontrées pendant l'enfance pour attribuer le statut d'être vivant aux végétaux peuvent persister chez des étudiants en lettres et en psychologie que nous qualifions d'adultes tout non spécialistes.

V. 1. 2/ Hypothèses

En accord avec Poling et Evans (2004), nous supposons que les étudiants en biologie devraient présenter une compréhension cohérente et approfondie des propriétés de mort et de régénération à l'inverse des adultes tout quels qu'ils soient susceptibles d'être encore

influencés par des reliquats de théories naïves élaborées pendant l'enfance. Cette différence de compréhension des propriétés biologiques pourrait être due à la typicalité des végétaux qui devrait induire une différence d'attribution des propriétés entre les deux populations.

Concernant le volet des justifications, conformément à l'étude de Nguyen et Gelman (2002) suggérant que même une population d'adultes pouvait rencontrer des difficultés de compréhension des différentes sous-composantes de la propriété de mort, nous nous attendons à observer des justifications de différente nature entre les deux populations. Nous postulons que les biologistes devraient davantage faire appel à une causalité interne ou à des causes supra-ordonnées que n'importe quels adultes.

Concernant les modes de constructions causales, nous supposons que les deux populations devraient faire un usage majoritaire de stratégies de raisonnement spécifiques au domaine de connaissance biologique (i.e., le vitalisme et l'essentialisme). Conformément aux résultats produits par l'étude de Proffitt, Coley et Medin (2000) ayant montré que même des sujets experts pouvaient avoir recours à des raisonnements basés sur un contexte écologique plutôt que sur une détermination catégorielle, nous nous attendons à observer une variabilité importante d'utilisation des raisonnements quel que soit le type de plante. Nous supposons néanmoins, en accord avec Poling et Evans (2002), que cette variabilité devrait être davantage présente chez les adultes quels qu'ils soient que chez les biologistes.

V. 2/ METHODE

V. 2. 1/ Participants

Pour mener à bien cette étude, nous avons rencontré un total de 80 sujets. Tous les participants avaient pour langue maternelle le français et étaient âgées en moyenne de 21 ans et 6 mois. Quarante étudiants (28 femmes et 12 hommes) suivaient un cursus de biologie, quarante autres participants (33 femmes et 7 hommes) étaient étudiants en Lettres et Sciences Humaines. La moitié de chaque groupe a répondu au questionnaire sur la mort des végétaux et l'autre moitié au questionnaire sur la régénération des végétaux. Tous les sujets étaient inscrits en deuxième année de licence de sorte qu'ils avaient au minimum un niveau d'étude « bac + 1 ». Nous avons choisi de travailler avec des étudiants inscrits en deuxième année de licence car c'est l'année à partir de laquelle les biologistes suivent une spécialisation en fonction de leur choix. Tous les étudiants de biologie recrutés pour notre étude suivaient une spécialisation en biologie végétale. Tous les sujets ont été vus individuellement dans une salle

au calme au sein de l'Université de Reims Champagne-Ardenne. Les passations ont été effectuées en fin de deuxième semestre de sorte que les biologistes avaient pu suivre la majorité de leur spécialisation en biologie végétale. Le but de l'étude ne leur était pas précisé. Des explications leur étaient fournies à leur demande à la fin de la passation. Chaque sujet signait un formulaire de consentement avant de débuter l'expérimentation.

V. 2. 2/ Matériel et Procédure

Matériel

Le matériel utilisé pour cette étude était identique à celui utilisé pour l'étude avec les enfants de six et de dix ans (voir annexe n° 1).

Procédure

Nous avons pré-testé le questionnaire à partir d'une population de dix étudiants recrutés dans diverses filières de la faculté de lettres. Cela nous a permis de modifier certaines consignes, de vérifier la validité des distracteurs et de définir le terme employé pour parler de la régénération. Notre choix s'est porté sur celui de reconstitution dans sa forme transitive. Ce verbe était non seulement compris par tous les participants du pré-test mais présentait en outre l'avantage de ne pas induire le caractère vivant des végétaux à l'inverse des verbes « régénérer », « guérir », « cicatriser ». Par ailleurs, nous l'avons préféré au verbe « se remettre » que nous utilisions avec les enfants car il est utilisé avec la même fréquence dans les manuels de biologie pour expliquer les mécanismes impliqués dans les processus de régénération. Il nous a donc semblé plus adapté à une population adulte que le terme « se remettre ».

La procédure de passation du questionnaire (voir annexe n° 5) a été revue suite à l'étude réalisée avec les enfants. Nous avons en effet choisi de dissocier la question de généralisation des propriétés aux exemplaires (question n° 1) et la question ouverte de justification des propriétés biologiques (question n° 2), des propositions relatives à la question portant sur les stratégies de raisonnement (question n° 3).

La question de généralisation des propriétés biologiques aux différents exemplaires de végétaux (n°1 : « A votre avis est-ce qu'un X peut mourir/ se reconstituer ? »), nécessitant une réponse dichotomique, affirmative ou négative est restée inchangée. La question n° 2 : « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez que X peut mourir/se reconstituer ? » ; « Qu'est-ce qui, selon vous, peut faire mourir/ se reconstituer X ? » laisse désormais la place à

des réponses négatives à la première question. Si le participant choisissait de répondre par une négation, nous lui demandions : « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez que X ne peut pas mourir/ se reconstituer ? » ; « Qu'est ce qui, selon vous, fait que X ne peut pas mourir/se reconstituer ? »). Pour cette deuxième question ouverte, l'on attendait une réponse libre impliquant une analyse de contenu.

Les modifications les plus importantes portent sur l'introduction de distracteurs (voir annexe n° 6) parmi les stratégies de raisonnement soumis à l'évaluation des participants, ainsi que sur le mode de recueil de leur degré d'accord pour chacune des propositions. Les distracteurs ont été insérés dans le questionnaire afin de s'assurer que les degrés d'accord des participants correspondaient bien à un choix réel. Comme les autres propositions, ils constituent une explication causale des propriétés biologiques mais reposent sur une conception sans lien logique avec la réalité, par exemple : « A votre avis est-ce qu'une plante verte peut mourir/ se régénère, parce qu'on peut la prendre en photo ? ». Nous avons en effet privilégié une méthode de mesure utilisant une échelle numérique pour évaluer les stratégies de raisonnement. Ainsi, la question n° 3 : « A votre avis est-ce que X peut mourir parce que... ? » ne consistait plus à établir une classification parmi les stratégies de raisonnement mais à produire un degré d'accord ou de désaccord avec chacune des propositions. De cette façon, nous obtenons une mesure indépendante pour chaque stratégie de raisonnement de sorte que nous puissions ensuite les comparer entre elles. Dans la pratique, nous demandions aux participants de cocher sur une droite leur degré d'accord. Les participants reçoivent pour ce faire une feuille de passation où figurent trente échelles numériques sur lesquelles chaque sujet fait figurer une croix représentant son degré d'accord avec la proposition correspondante. Les échelles de mesure sont de simples lignes non graduées de 100 mm entourées de smileys (☹ ☺). Le smiley de gauche présentant un sourire inversé constitue un désaccord total avec la proposition ; le smiley de droite présentant un large sourire constitue pour sa part un accord total avec la proposition. Un extrait de la feuille de passation est présenté en annexe n° 7. Nous avons choisi la longueur de cent millimètres pour les échelles de mesure de par sa commodité à être transformée en pourcentage.

Les questions ont également été adaptées à une population d'adultes. Nous avons en effet ajouté une question nous permettant de savoir comment les sujets comprennent la nature des différents raisonnements. La quatrième question (« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix ? ») permet aux sujets de justifier la manière dont ils conçoivent les différents raisonnements que nous leur proposons. Cette question, comme la deuxième, nous impose de réaliser une analyse de contenu à partir du discours des

participants, les grilles d'évaluation pour chacune des propositions (i.e., intentionnelle, téléologique, vitaliste et essentialiste) sont présentées en annexe n° 8.

L'ensemble des exemplaires de végétaux est randomisé afin d'éviter un effet d'ordre. Les quatre questions relatives aux stratégies de raisonnement ainsi que les distracteurs ont également été randomisés afin d'éviter, là aussi, un effet d'ordre. Toutes les passations[8] ont bénéficié d'un enregistrement audio nous permettant une seconde écoute lorsque les informations délivrées par les participants étaient trop nombreuses pour être prises en note.

V. 2. 3/ Codage

Pour la **question n° 1** de généralisation des propriétés biologiques, un score de 1 est attribué si le participant pense que la plante peut y être soumise. Pour chaque catégorie typique ou atypique, le score maximum est de 3 et le score minimum de 0.

Les réponses à la **question n° 2** d'explications libres des propriétés biologiques ont été classées au sein de six catégories de réponses (voir annexe n° 4). Les participants produisant plusieurs types d'explications, les réponses ont été pondérées par exemplaire sur la base d'1 point par plante. Pour une meilleure lisibilité graphique des résultats, les scores globaux ont été transformés en pourcentage.

Concernant les réponses à la **question n° 3** sur le degré d'accord avec les raisonnements pour expliquer les propriétés biologiques, nous avons effectué les relevés en mm du degré d'accord des sujets. Ces relevés étant effectués sur une droite de 100 mm sont considérés comme ayant une valeur égale à des pourcentages. Nous avons réalisé les moyennes à partir des relevés réalisés sur ces mesures pour chaque type de raisonnement et pour chaque exemplaire. Nous avons ensuite effectué les moyennes pour chaque type de raisonnement en fonction de la typicalité des exemplaires. Enfin, nous avons obtenu des moyennes pour chaque type de raisonnement sur l'ensemble des exemplaires.

En ce qui concerne la **question n° 4** en rapport avec les justifications des sujets sur les raisonnements, nous avons créé différentes catégories pour chaque raisonnement qui nous permettent de classer les représentations que s'en font les participants (voir annexe n° 7). Les participants produisant plusieurs types d'explication, les réponses ont été pondérées par raisonnement sur la base d'1 point. Nous avons ensuite ajouté les scores obtenus pour chaque

[8] Les passations ont été menées par deux expérimentateurs. Nous en profitons pour remercier ici vivement Laurène Riché, étudiante de M1 ayant grandement participé à la réalisation de cette étude.

raisonnement sur l'ensemble des végétaux. Pour une meilleure lisibilité graphique des résultats, les scores globaux ont été transformés en pourcentage.

V. 2. 4/ Hypothèses opérationnelles

Nous supposons que les adultes, quels qu'ils soient, seront moins à même de généraliser les propriétés biologiques aux exemplaires atypiques qu'aux exemplaires typiques à l'inverse des biologistes qui ne devraient pas être influencés par cette variable (question n° 1).

Nous postulons par ailleurs que les deux populations présenteront des différences de justifications des propriétés de mort et de régénération (question n° 2). Nous supposons que les biologistes présenteront une compréhension plus aboutie des propriétés biologiques basées sur les composantes intrinsèques de ces propriétés biologiques. Nous nous attendons notamment à ce qu'ils utilisent davantage des justifications empreintes de dimensions physiologique et biochimique que les sujets non spécialistes qui devraient présenter des arguments relevant plus de l'influence d'évènements extérieurs.

Concernant les degrés d'accord avec les différentes stratégies de raisonnements soumises à l'évaluation des participants (question n°3), nous supposons que les biologistes montreront une nette préférence pour l'essentialisme et que leurs explications seront de nature mécaniste. Les adultes en général devraient pour leur part présenter une plus grande variabilité dans les modes de raisonnements utilisés pour rendre compte des propriétés biologiques, utilisant aussi bien le vitalisme que l'essentialisme. Ils devraient par ailleurs faire une utilisation plus marquée du vitalisme que les biologistes. Les deux populations seraient censées rejeter les raisonnements intentionnel et téléologique au même titre que les distracteurs.

Concernant les justifications relatives aux stratégies de raisonnement (question n° 4), les hypothèses présentées relèvent davantage de conjectures que d'hypothèses à proprement parler. En effet, nos analyses s'inscrivent dans une démarche exploratoire. Nous supposons que les deux populations devraient expliquer leur rejet de l'intentionnalité en avançant que les végétaux n'éprouvent pas de désirs. Les justifications par des adultes quelconques du raisonnement téléologique devraient être principalement teintées de vitalisme de même que leurs justifications du vitalisme teintées de téléologie. Les justifications des biologistes devraient être davantage reliées à l'essentialisme pour expliquer leur degré d'accord avec le raisonnement vitaliste. Leurs justifications du raisonnement téléologique devraient être de nature « social serving » pour la propriété de mort et de nature « self serving » pour la

propriété de régénération. Les justifications relatives au raisonnement essentialiste des biologistes devraient être de nature mécaniste alors que celles des adultes en général devraient relever d'un essentialisme psychologique.

V. 3/ RESULTATS

V. 3. 1/ Généralisation des propriétés par les deux populations (question n° 1)

Concernant la généralisation des propriétés biologiques, nous nous attendons à observer un effet de l'expertise, les experts généralisant plus que les adultes, quels qu'ils soient, ainsi qu'à un effet d'interaction entre la typicalité et l'expertise, les adultes non spécialistes généralisant moins que les experts en fonction de la typicalité des exemplaires.

Nous avons réalisé une analyse de variance pour chacune des propriétés en utilisant les scores de généralisation obtenus comme variable dépendante, l'expertise comme variable indépendante interindividuelle et la typicalité comme variable indépendante intra-individuelle.

Comme l'indiquent les tableaux 11 et 12, ni la propriété de mort, ni celle de régénération ne montre de différence entre nos deux populations. L'analyse de variance globale ne révèle aucun effet significatif. Notre hypothèse selon laquelle les sujets, quels qu'ils soient, auraient plus de difficulté à généraliser les propriétés aux végétaux atypiques n'est pas confirmée.

Tableau 11. Scores, pourcentages moyens et écarts-types de généralisation de la mort en fonction l'expertise et de la typicalité des exemplaires.

	Typique		Atypique	
	Scores et %	Ecarts-types	Scores et %	Ecarts-types
Lettres	2,95 (98,33%)	0,22	2,8 (93,33%)	0,52
Bio	3 (100%)	0	2,95 (98,33%)	0,22

Tableau 12. Scores, pourcentages moyens et écarts-types de généralisation de la régénération en fonction de l'expertise et de la typicalité des exemplaires.

	Typique		Atypique	
	Scores et %	Ecarts-types	Scores et %	Ecarts-types
Letters	2, 4 (80%)	0,99	2, 5 (83,33%)	0,89
Bio	2,5 (83,33%)	0,95	2,6 (86,67%)	0,82

V. 3. 2/ Justifications produites pour expliquer les propriétés biologiques (question n° 2)

Concernant les justifications produites pour expliquer les propriétés biologiques nous nous attendons à un effet de l'expertise, les experts devant produire davantage d'explications internes que les adultes non spécialistes.

La pondération des explications est effectuée pour chacune des plantes présentées en fonction de six catégories de réponses. Les scores obtenus par catégorie de réponses pour l'ensemble de l'effectif de chaque groupe sont ensuite ajoutés pour chacune des plantes. Nous avons réalisé des analyses de khi-carré à partir des scores pour l'ensemble des végétaux. Bien que ces scores possèdent des décimales, ils représentent bel et bien des effectifs. Afin d'apporter une représentation claire de la distribution des participants au sein des catégories, nous avons associé les scores bruts à des pourcentages.

Justifications produites pour expliquer la propriété de mort

Les réponses des adultes ont été réparties en six catégories de réponses afin de réaliser une première analyse globale. Le Tableau 13 présente les scores des participants exprimés en pourcentage pour chaque catégorie de réponses pour l'ensemble des exemplaires.

Tableau 13. Scores et pourcentages de réponses par niveau d'expertise et par catégorie pour la propriété de mort.

Catégories de réponses	Lettres	Bio
Autres	7,2 (6%)	2,5 (2,08%)
IHA	17,58 (14,65%)	14,38 (11,98%)
Csce. Globale	26,12 (21,77%)	27,85 (23,21%)
MEV	13,27 (11,06%)	12,12 (10,1%)
Causes Internes	14,95 (12,46%)	15,86 (13,22%)
Causes supra ordonnées	40,51 (33,76%)	47,11 (39,26%)

Une analyse de khi-carré à partir des scores bruts présentés dans le tableau 13 suggère qu'il n'y a pas de différence entre les adultes experts et non spécialistes dans les causes qu'ils invoquent pour expliquer la propriété de mort ($\chi^2_5 = 3,23$; $p > .05$).

Comme le montre le Tableau 14, les réponses des participants ont ensuite été regroupées en deux catégories. La catégorie « Autres » est le reflet strict de la sous-catégorie

« autres » ; la catégorie « possible » regroupe l'ensemble des catégories de réponses où les participants proposent une explication de la propriété.

Tableau 14. Scores et pourcentages de réponses pour la propriété de mort en fonction des catégories « Autres » et « Possible » et de l'expertise.

Catégorie de réponse	**Lettres**	**Bio**
Autres	7,2 (6%)	2,5 (2,08%)
Possible	112,43 (93,69%)	117,32 (97,77%)

Une analyse de khi-carré à partir des données du tableau 4 n'a pas pu montrer que les réponses des experts et des non spécialistes étaient différentes ($\chi^2_1 = 2{,}38$; $p > .05$).

Afin de tester plus précisément la validité de nos attentes sur les types de justification des sujets en termes d'influences externe et interne pour expliquer la propriété de mort, nous avons réalisé une deuxième comparaison par paire faisant uniquement intervenir ces facteurs. La catégorie « externe » regroupe les informations relatives à « l'intervention humaine et animale (IHA) » et à la « conscience globale (Csce. Glo.) » ; la catégorie « interne » regroupe les informations relatives à la « causalité interne » et aux « causes supra-ordonnées » (tableau 15).

Tableau 15. Scores et pourcentages de réponses pour la propriété de mort en fonction des catégories " interne" et " externe" et de l'expertise.

Catégorie de réponses	Lettres	Bio
Externe	30,85 (35,74%)	26,5 (29,62%)
Interne	55,46 (64,26%)	62,97 (70,38%)

L'analyse révèle que les sujets ne font pas la même utilisation de ces types d'explication pour rendre compte de la propriété de mort ($\chi^2_1 = 10{,}76$; $p < .05$). Afin de préciser l'importance de chaque groupe de sujets dans ce khi-carré, nous avons réalisé des khi-carré d'ajustement pour chacune des catégories. Les résultats indiquent une différence significative entre les biologistes et les adultes non spécialistes pour les deux dimensions, ($\chi^2_1 = 4{,}35$; $p < .05$) pour la catégorie « externe », et ($\chi^2_1 = 7{,}51$; $p < .05$) pour la catégorie

« interne ». Il apparaît que les étudiants de biologie utilisent une proportion moins importante de facteurs externes que les étudiants en lettres pour rendre compte de la propriété de mort. Cette distinction est encore plus importante pour les facteurs internes, les étudiants de biologie les privilégiant davantage que les étudiants en lettres. Conformément à nos hypothèses, les étudiants de biologie se distinguent des adultes non spécialistes par leur niveau d'abstraction des causes relatives à la mort des végétaux. Les biologistes accordent en effet davantage d'importance au fonctionnement interne des végétaux ainsi qu'aux causes supra-ordonnées faisant référence aux sous-composantes du concept de mort (i.e., l'universalité, la finalité, l'inévitabilité) que les adultes non spécialistes.

Justifications produites pour expliquer la propriété de régénération

Nous avons réalisé pour la propriété de régénération des analyses statistiques identiques à celles menées pour la propriété de mort. Les réponses des participants ont été regroupées dans six catégories de réponses afin de réaliser une première analyse globale. Le Tableau 16 présente les scores des participants exprimés en pourcentage pour chaque catégorie de réponse pour l'ensemble des exemplaires.

Tableau 16 : Scores et pourcentages de réponses par niveau d'expertise et par catégorie pour la propriété de régénération.

Catégories de réponses	Lettres	Bio
Autres	37,19 (30,99%)	22,49 (18,74%)
IHA	2,69 (2,24%)	7,32 (6,1%)
Csce. Globale	6,56 (5,47%)	2,33 (1,94%)
MEV	14,74 (12,28%)	4,31 (3,59%)
Causes Internes	15,9 (13,25%)	5,98 (4,98%)
Causes supra ordonnées	42,74 (35,62%)	77,48 (64,57%)

Contrairement aux données produites pour la propriété de mort, l'analyse de khi-carré réalisée à partir des données du tableau 16 permet de montrer l'existence d'une différence significative de justifications des deux populations pour expliquer la propriété de régénération ($\chi^2_5 = 28{,}02$; $p < .05$). Cette première analyse tend à montrer que les participants ne proposent

pas les mêmes explications pour rendre compte de la propriété de régénération, ce qui confirme ainsi notre hypothèse.

Comme le montre le tableau 17, les réponses des participants ont ensuite été regroupées dans deux catégories. La catégorie « Autres» est le reflet strict de la sous-catégorie « autres » ; la catégorie « possible » regroupe l'ensemble des catégories de réponses où les participants proposent une explication de la propriété.

Tableau 17. Scores et pourcentages de réponses pour la propriété de régénération en fonction des catégories « Autres » et « Possible » et de l'expertise.

Catégorie de réponse	Lettres	Bio
Autres	37,19 (30,99%)	22,49 (18,74%)
Possible	82,63 (68,86%)	97,42 (81,18%)

Une analyse de khi-carré à partir des données du tableau 17 montre que le potentiel explicatif causal de cette propriété biologique par les étudiants de biologie est nettement supérieur à celui des adultes, quels qu'ils soient ($\chi^2_1 = 4{,}84$; $p < .05$). Si les deux populations semblent tout à fait en mesure d'expliquer la propriété de régénération, la propension des biologistes à fournir des justifications est toutefois nettement supérieure à celle d'adultes non spécialistes (respectivement 81% contre 69%).

Afin de répondre plus précisément à nos attentes sur les types de justifications produites pour rendre compte de la propriété de régénération des végétaux, nous avons réalisé une seconde analyse par paire en fonction des justifications interne et externe (tableau 18).

Tableau 18. Scores et pourcentages de réponses pour la propriété de régénération en fonction des catégories "internes" et "externes" et de l'expertise.

Catégorie de réponses	Lettres	Bio
Externe	17,43(22,91%)	11,63 (12,23%)
Interne	58,64 (77,09%)	83,46 (87,77%)

L'analyse révèle que les sujets ne font pas la même utilisation de ces types d'explication pour rendre compte de la propriété de régénération ($\chi^2_1 = 14{,}82$; $p < .05$).

L'importance de chaque groupe de sujets a été précisée à l'aide d'un khi-carré d'ajustement pour chaque catégorie. Les résultats indiquent une différence significative entre les biologistes et les adultes non spécialistes sur les deux dimensions, ($\chi^2_1 = 5,8$; $p < .05$) pour la catégorie « externe », et ($\chi^2_1 = 24,82$; $p < .05$) pour la catégorie « interne ». Il ressort de cette analyse que les étudiants en biologie utilisent non seulement moins de facteurs externes que les étudiants en lettres pour rendre compte de la propriété de régénération, mais qu'ils utilisent surtout nettement plus les facteurs internes. De manière identique à la propriété de mort, les données produites par cette analyse nous permettent de confirmer nos hypothèses. L'expertise favorise une conceptualisation plus abstraite des causes pouvant servir à expliquer les critères du vivant.

V. 3. 3/ Evaluation des différentes stratégies de raisonnement (question n° 3)

Concernant les degrés d'accord des participants avec les raisonnements proposés pour chaque propriété biologique nous nous attendons à un effet des raisonnements, les raisonnements vitaliste et essentialiste devant entraîner davantage de degré d'accord que les raisonnements intentionnel et téléologique, ainsi qu'à un effet d'interaction entre l'expertise, la typicalité et les raisonnements, les experts devant accorder un degré d'accord plus important au raisonnement essentialiste que les adultes non spécialistes en fonction de la typicalité des exemplaires.

Pour mémoire, nous demandions aux sujets leur degré d'accord sur quatre types de raisonnement ainsi qu'une série de distracteurs afin de cibler les stratégies causales mises en place par les adultes pour expliquer les propriétés de mort et de régénération. Les quatre raisonnements (i.e., intentionnel, téléologique, vitaliste et essentialiste) étaient introduits par la question suivante : « A votre avis est qu'on peut dire que ce X peut mourir ou peut se reconstituer parce qu'il... ». Nous avons procédé à une analyse de variance à partir des mesures établies par les participants en fonction de leurs degrés d'accord avec chaque proposition pour chaque exemplaire de végétaux. Le score moyen attribué à chaque raisonnement par les sujets pour l'ensemble des végétaux et en fonction de leur typicalité a été utilisé comme variable dépendante dans une analyse de variance incluant trois variables indépendantes, soit le niveau d'expertise des sujets (biologie vs lettres) en tant que facteur inter-sujet, la typicalité des exemplaires (typiques vs atypiques) et les stratégies de raisonnements (i.e., intentionnel, téléologique, vitaliste, essentialiste plus les distracteurs) en tant que facteur intra-sujet.

Evaluation des stratégies de raisonnement pour la propriété de mort

A un niveau descriptif, nous pouvons avancer que les deux raisonnements qui rencontrent le plus de suffrages pour expliquer la mort des végétaux chez les adultes sont l'essentialisme et le vitalisme. En effet, les étudiants de biologie semblent aussi bien guidés par le raisonnement essentialiste (93%) que par le raisonnement vitaliste (87,62%). Bien que leurs choix apparaissent moins accentués que ceux des biologistes, les sujets non spécialistes utilisent majoritairement les mêmes types de raisonnements, à savoir l'essentialisme (86,28%) et le vitalisme (80,84%).

Tableau 19. Pourcentage moyen et écarts-types en fonction de l'expertise et des stratégies de raisonnement pour la propriété de mort.

	Lettres		Bio	
	% moyen	Ecarts-types	% moyen	Ecarts-types
Intentionnel	7,88%	16,48	14,62%	29,95
Téléologique	54,73%	43,11	41,42%	42,54
Vitaliste	80,84%	25,4	87,62%	21,72
Essentialiste	86,28%	17,8	92,98%	14,35
Distracteurs	15,56%	23,13	17,15%	26,62

L'ANOVA réalisée pour cette propriété confirme notre analyse descriptive. En effet, elle révèle un effet simple de la variable raisonnement, (F (4,38) = 117,4 ; p < .001) et une interaction significative entre les variables, typicalité des exemplaires et de raisonnement, (F (4, 38) = 6,6 ; p < .001). Ces analyses confirment partiellement nos hypothèses. S'il semble indéniable que les adultes privilégient les stratégies de raisonnement vitaliste et essentialiste considérées comme des modes de construction causale spécifique au domaine biologique, l'analyse ne révèle aucun effet de l'expertise.

Afin de répondre plus précisément à nos hypothèses, nous avons réalisé des comparaisons planifiées. Nous nous sommes particulièrement intéressé à trois formes de distinctions possibles entre les raisonnements. La distinction entre le raisonnement intentionnel et les distracteurs nous permet d'évaluer le statut du raisonnement intentionnel comme explication possible de la propriété de mort, nous supposions que cette stratégie de raisonnement serait rejetée par les adultes au même niveau que les distracteurs, quel que soit leur niveau d'expertise. La distinction entre les raisonnements essentialiste et vitaliste est pertinente pour savoir si l'un de ces raisonnements est choisi préférentiellement par les

participants. Nous supposions que le vitalisme serait privilégié par les adultes non spécialistes, l'essentialisme devrait quant à lui trouver l'accord des étudiants en biologie. Nous nous attendions également à ce que les adultes non spécialistes présentent une variabilité d'explication causale se traduisant par un emploi commun de l'essentialisme et du vitalisme alors que nous supposions que les biologistes devraient avant tout favoriser l'essentialisme. Enfin, la distinction entre les raisonnements téléologique et vitaliste est également pertinente pour juger du poids du raisonnement téléologique dans les explications causales de la propriété de mort par les participants. Nous supposions que le raisonnement téléologique ne devrait pas rencontrer l'assentiment des adultes car sa traduction libre (*promiscuous teleology*) au sein de notre proposition ne renvoie pas à une explication suffisamment précise.

Les résultats des analyses statistiques ne montrent aucune incidence de l'expertise dans le positionnement des participants vis-à-vis des stratégies de raisonnement. Nous confirmons notre hypothèse relative à l'intentionnalité, ce raisonnement n'est en effet pas plus pertinent que les distracteurs pour expliquer la mort des végétaux (F (1, 38) = 1,08 ; p >.05). Les raisonnements vitaliste et essentialiste semblent avoir le même poids dans les explications causales de la mort par les adultes (F (1, 38) = 3,81 ; p < .06) puisque nous n'enregistrons entre eux aucune différence. Nos hypothèses relatives à ces raisonnements sont donc partiellement validées. Les adultes non spécialistes présentent, comme nous nous y attendions, une forme de variabilité dans les stratégies de raisonnement qu'ils utilisent pour rendre compte de la mort des végétaux. Cependant ils n'accordent pas au raisonnement vitaliste une place plus importante que l'essentialisme pour expliquer la propriété de mort. Au contraire, alors que nous ne nous y attendions pas, les biologistes présentent également une forme de variabilité pour expliquer cette propriété. Contrairement à notre prédiction, il apparaît que le vitalisme entretient une place équivalente dans leur raisonnement à celle de l'essentialisme. Le raisonnement téléologique semble nettement moins pertinent pour expliquer la mort que le raisonnement vitaliste (F (1, 38) = 32,65 ; p < .001), il est donc a fortiori encore moins pertinent par rapport au raisonnement essentialiste. Nous confirmons donc notre hypothèse à son sujet.

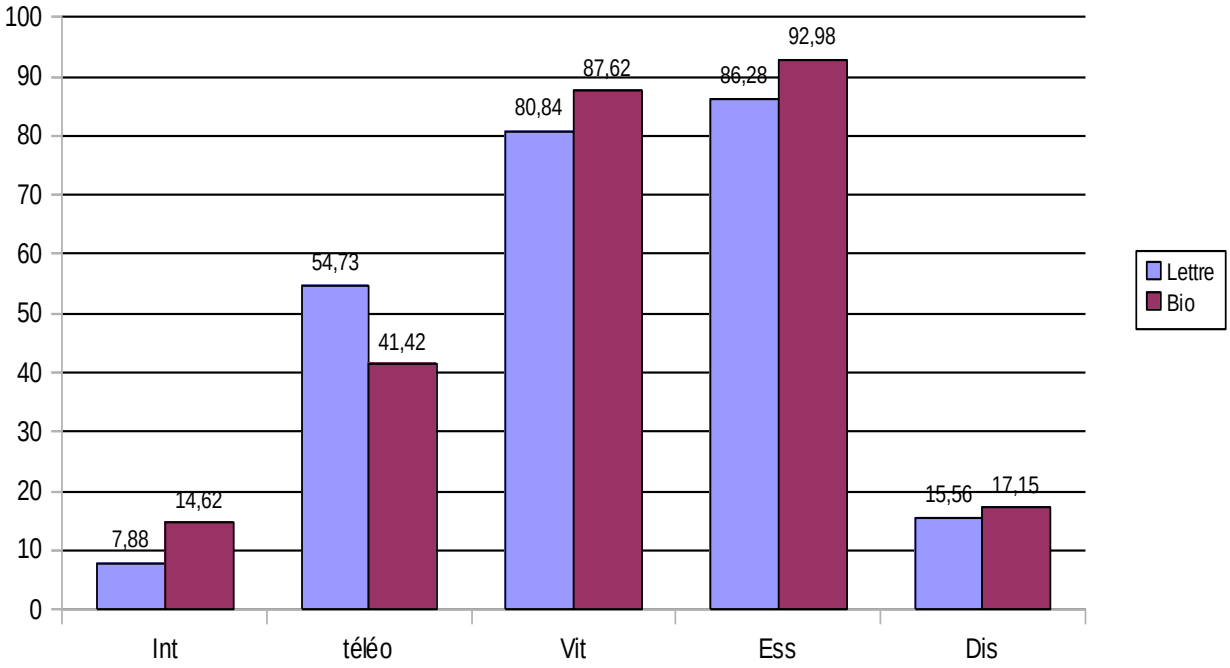


Figure 3. Pourcentages de réponses en fonction de l'expertise et des types de raisonnement pour la propriété de mort.

Evaluation des raisonnements pour la propriété de régénération

Comme l'indiquent les pourcentages moyens présentés dans le tableau 20, les étudiants de biologie semblent préférer l'emploi du raisonnement essentialiste (81,59%) aux autres types de raisonnement pour expliquer la propriété de régénération. En effet, le deuxième raisonnement choisi par les biologistes est le vitalisme or, la proportion d'accord avec ce raisonnement (66%) semble nettement inférieure à celle de l'essentialisme. La différence entre ces mêmes raisonnements chez les adultes non spécialistes paraît moins conséquente (72,63%) pour l'essentialisme et (66,44%) pour le vitalisme. Néanmoins, comme pour la propriété de mort, les deux populations montrent une préférence pour ces deux types de raisonnement puisque celui-ci occupant la troisième position, la téléologie, ne dépasse pas 50% de choix quel que soit le niveau d'expertise des participants.

Tableau 20. Pourcentage moyen et écarts-types en fonction de l'expertise et des stratégies de raisonnement pour la propriété de régénération.

	Lettres		Bio	
	%moyen	Ecarts-types	%moyen	Ecarts-types
Intentionnel	15,63%	29,11	13,76%	22,67
Téléologique	29,57%	37,18	47,41%	41,36
Vitaliste	66,44%	38,19	66,02%	35,01
Essentialiste	72,63%	34,26	81,59%	25,17
Distracteurs	20,74%	26,8	18,61%	24,95

L'ANOVA réalisée pour la propriété de régénération révèle, comme pour la propriété de mort, un effet principal des types de raisonnements (F (4, 38) = 54,02 ; p < .001), et une interaction significative entre la typicalité et les différents types de raisonnements (F (4,38) = 4,45 ; p < .002). Nous tenons à souligner une interaction marginalement significative entre le niveau d'expertise des sujets, la typicalité et les types de raisonnements, (F (4, 38) = 2,52 ; p < .051). Ces analyses statistiques semblent confirmer notre analyse descriptive, en effet elles mettent particulièrement en avant l'existence des différents statuts de raisonnements pour expliquer la régénération des végétaux. Davantage que pour la propriété de mort, ces analyses suggèrent que la typicalité des végétaux ainsi que le niveau d'expertise pourraient influencer les raisonnements utilisés pour rendre compte de la régénération.

Comme précédemment pour la propriété de mort, nous avons réalisé des comparaisons planifiées afin de répondre plus précisément à nos hypothèses. Nos analyses ont porté sur les comparaisons entre le raisonnement intentionnel et les distracteurs, le vitalisme et l'essentialisme ainsi que la téléologie et le vitalisme.

Les résultats des analyses statistiques nous permettent de confirmer notre hypothèse concernant la similitude entre les degrés d'accord pour le raisonnement intentionnel et les distracteurs (F (1, 38) = 1,7 ; p < .2). La comparaison entre les raisonnements vitaliste et essentialiste montre une différence significative en faveur de l'essentialisme pour expliquer la propriété de régénération (F (1, 38) = 5,23 ; p < .03). Ce résultat ne permet pas la confirmation de nos hypothèses relatives aux adultes non spécialistes. Alors que nous supposions que leurs conceptions des propriétés biologiques seraient influencées par une variabilité des stratégies de raisonnement, il apparaît que l'essentialisme a leur préférence pour rendre compte de la propriété de régénération. Par ailleurs, nous supposions que les adultes, quels qu'ils soient, utiliseraient davantage le vitalisme que les biologistes or les

degrés d'accord produits par les deux populations pour cette stratégie de raisonnement sont similaires puisqu'ils s'élèvent à 66% quel que soit le niveau d'expertise. En revanche, la comparaison réalisée entre les raisonnements vitaliste et essentialiste confirme nos hypothèses relatives aux étudiants de biologie. Comme nous nous y attendions, les biologistes favorisent le raisonnement essentialiste par rapport au raisonnement vitaliste. La comparaison entre le raisonnement téléologique et le raisonnement vitaliste suggère, comme nous nous y attendions, que les adultes considèrent la proposition téléologique comme inopérante pour expliquer la régénération des végétaux (F (1, 38) = 18,46 ; p < .001).

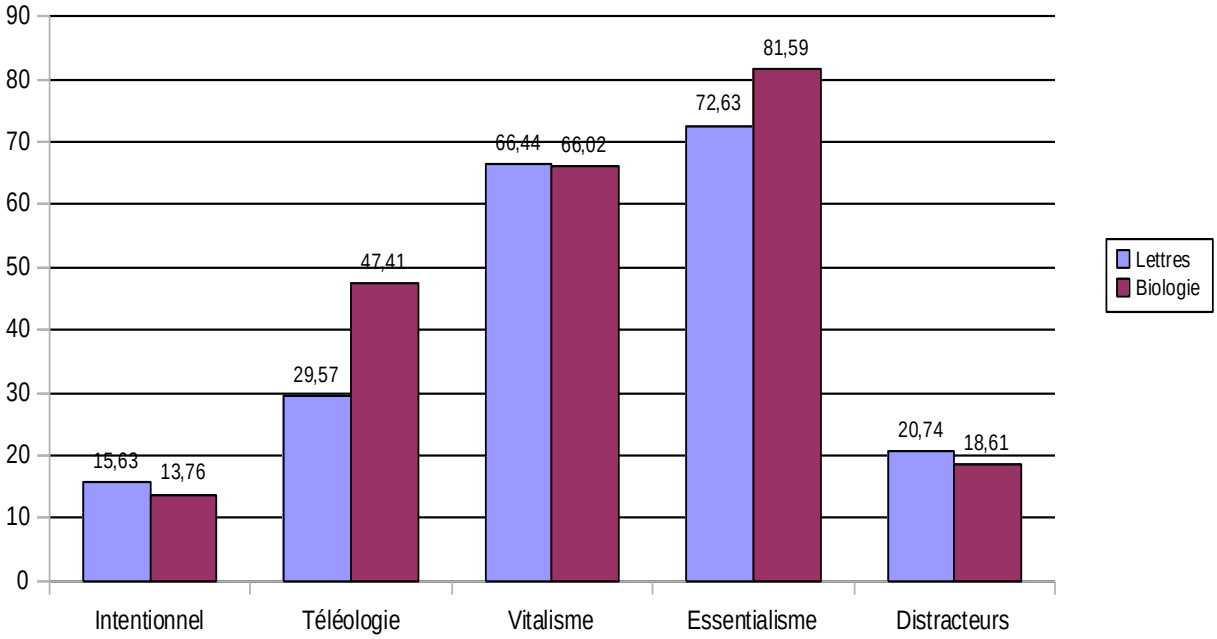


Figure 4. Pourcentages de réponses en fonction de l'expertise et des types de raisonnement pour la propriété de régénération.

V. 3. 4/ Justifications des stratégies de raisonnement par les participants (question n° 4)

Pour chaque propriété biologique, nous avons comparé les justifications produites par les étudiants de biologie à celles des adultes non spécialistes pour expliquer leur degré d'accord avec les différentes stratégies de raisonnement à l'aide d'une analyse de khi-carré. Les explications ont été regroupées dans différentes catégories pour chaque raisonnement (voir tableaux en annexe 8). Nous présentons les résultats de l'analyse de contenu pour chaque raisonnement (i.e., intentionnel, téléologique, vitaliste et essentialiste) en ce qui concerne les deux propriétés biologiques.

Justifications des stratégies de raisonnement pour la propriété de mort

En ce qui concerne le raisonnement intentionnel, les explications des sujets ont été classées en trois catégories (i.e., Rejet, Intentionnel, et Intentionalo-téléologique) pour l'ensemble des exemplaires en fonction de l'expertise biologique. La répartition des justifications présentée dans le tableau 21 ne semble pas présenter de différence entre nos deux populations. Comme nous nous y attendions, les participants choisissent de justifier leur choix en invoquant en majorité des explications basées sur l'impossibilité des végétaux à prendre des décisions. L'une des justifications rencontrée le plus fréquemment illustre bien ce positionnement : « Une plante n'a pas d'envie, elle ne peut pas décider ». Parfois les participants sentaient le besoin de préciser que : « seuls les hommes peuvent décider de leur vie ou de leur mort ».

Tableau 21. Scores et pourcentages moyens de justification par catégories pour le raisonnement intentionnel relative à la mort des végétaux en fonction de l'expertise.

Catégories	Lettres	Bio
Rejet	107,5 (89,58%)	103,5 (86,25%)
Intentionnel	6 (5%)	9,5 (7,92%)
Téléo-intentionnalité	6,5 (5,42%)	7 (5,83%)

Une analyse de khi-carré à partir des scores bruts a été menée pour évaluer une éventuelle différence des justifications des participants afin d'expliquer leur positionnement vis-à-vis de ce raisonnement. L'analyse réalisée ne montre aucune différence entre les deux populations ($\chi^2_2 = 0{,}88$; $p < .7$). Nous confirmons donc notre hypothèse selon laquelle, quel que soit le niveau d'expertise, les participants justifieront leur rejet du raisonnement intentionnel par la reconnaissance que les végétaux ne peuvent pas ressentir de désir, d'émotion et présenter des intentions. Nous notons qu'une infime partie des participants attribue aux plantes la possibilité d'une décision. Le plus souvent, les biologistes l'expriment par une supposition : « Peut-être que c'est une de leur capacité » ; « On ne sait pas si cela peut avoir une âme » ; « Je ne suis pas sûr qu'elles aient une conscience, mais les plantes sont sensibles, elles ressentent beaucoup ». Les adultes non spécialistes évoquent plus volontiers cette possibilité de décision en termes de personnification : « C'est possible parce qu'elle peut refuser de se nourrir » ; « Au bout d'un moment elle n'a plus de force, elle a envie de mourir ». Si ces explications sont largement minoritaires au sein des justifications des adultes,

elles sont néanmoins présentes chez les deux populations rencontrées dans la même proportion. Bien qu'étant marginales, ces justifications accréditent la thèse d'une persistance de conceptions primitives, ce malgré l'instruction.

En ce qui concerne le raisonnement téléologique, les explications des sujets ont été classées en six catégories (i.e., rejet, promiscuous, téléo-intentionnel, téléo-vitaliste, self-serving, social-serving) pour l'ensemble des exemplaires en fonction de l'expertise. La répartition des explications par catégorie pour l'ensemble des exemplaires est présentée dans le tableau 22.

Tableau 22. Scores et pourcentages moyens de justification par catégorie pour le raisonnement téléologique relative à la mort des végétaux en fonction de l'expertise.

Catégories	Lettres	Bio
Rejet	88,15 (73,46%)	71 (59,17%)
Promiscuous	3,83 (3,19%)	0 (0%)
Téléo-intentionnel	2,32 (1,93%)	2,5 (2,08%)
Téléo-vitaliste	3,5 (2,92%)	2,5 (2,08%)
Self-serving	10 (8,33%)	16,5 (13,75%)
Social-serving	12,15 (10,13%)	27,5 (22, 92%)

Une analyse de khi-carré à partir des scores bruts a été menée pour évaluer une différence de compréhension du raisonnement téléologique par les sujets experts et non spécialistes. Nous supposons que les biologistes devraient favoriser des justifications de type « social serving » pour la propriété de mort. Leur spécialisation universitaire en biologie végétale intégrant des aspects du système écologique pour comprendre les relations existant entre les végétaux. Nous supposons que les justifications des adultes non spécialistes seraient teintées de vitalisme car ce mode de justification leur permettrait de caractériser la mort des végétaux par un manque de nourriture. L'analyse réalisée montre une différence significative dans la nature des justifications de ce raisonnement par les deux populations ($\chi^2_5 = 13,39$; $p <$ .02). Conformément aux résultats de la question n° 3, les deux populations rejettent massivement le raisonnement téléologique pour expliquer la mort des végétaux. L'idée que les végétaux ne meurent pas dans un but est largement partagée par l'ensemble des participants. Elle se manifeste d'ailleurs avec plus de force chez les adultes non spécialistes (73,5%) que chez les étudiants de biologie (60%). Nous pouvons en outre remarquer que les

justifications des biologistes choisissant d'expliquer la mort des végétaux dans un but se distribuent entre les catégories « self serving » (14%) et « social serving » (23%). Les justifications de type « self serving » le plus fréquemment avancées sont souvent contradictoires : « Elle peut faire mourir une partie de ses feuilles pour mourir ». Les justifications « social serving », plus nombreuses, retranscrivent l'idée du cycle naturel de la vie : « Elles meurent pour laisser de la place aux autres mais ne gagnent rien à mourir » ; « Il est trop vieux, il meurt pour laisser la place aux jeunes » ; « Ca va dans le sens de l'évolution ». Les adultes non spécialistes n'invoquent pas, comme nous nous y attendions, de justifications téléologiques teintées de vitalisme. Au contraire, ils présentent des justifications « self serving » et « social serving » avec, comme pour les étudiants de biologie, une petite préférence pour les justifications « social serving ».

Pour le raisonnement vitaliste, les explications des sujets ont été classées en cinq catégories (i.e., rejet, vitaliste, vitalo-intentionnel, vitalo-téléologique, vitalo-essentialiste) pour l'ensemble des exemplaires en fonction du niveau d'expertise. Le tableau 23 présente la répartition des justifications établie à partir des scores bruts. Pour mémoire, nous supposions que les biologistes justifieraient davantage leur choix par l'évocation de raisonnement essentialiste, alors que les adultes non spécialistes justifieraient leur choix par des arguments rapprochant le raisonnement vitaliste d'une compréhension téléologique.

Tableau 23. Scores et pourcentages moyens de justification par catégorie pour le raisonnement vitaliste relative à la mort des végétaux en fonction de l'expertise.

Catégories	Lettres	Bio
Rejet	34,33 (28,61%)	33,61 (28,01%)
Vitaliste	53,33 (44,44%)	45,59 (37,99%)
Vitalo-intentionnel	0,66 (0,55%)	0 (0%)
Vitalo-téléologique	15,33 (12,78%)	4,13 (3,44%)
Vitalo-essentialiste	16,33 (13,61%)	36,44 (30,37%)

L'analyse de khi-carré réalisée révèle une différence de nature des justifications entre les étudiants en biologie et les adultes non spécialistes pour rendre compte de notre proposition vitaliste ($\chi^2_4 = 15{,}38$; $p < .01$). Alors que les participants se répartissent de manière équivalente dans la plupart des catégories, deux orientations du vitalisme semblent

les distinguer. Les adultes non spécialistes justifient leurs choix vitalistes par davantage d'empreinte téléologique (13%) que les étudiants de biologie (3,5%). Dans le même temps, les étudiants de biologie privilégient des justifications essentialistes du vitalisme (30,3%) vis-à-vis des adultes non spécialistes (13,6%). Ainsi, alors que les justifications majoritaires pour cette stratégie de raisonnement respectent une définition formelle du vitalisme chez l'ensemble des participants (40%) argumentant par exemple que : « Comme toute plante, un cactus à besoin de lumière et la lumière c'est l'énergie », ;–« L'énergie, c'est la nourriture et l'eau », les adultes non spécialistes proposent également de l'expliquer en termes téléologiques : « Sans énergie elle ne peut plus se nourrir ni faire ce dont elle a besoin pour vivre » ; et les étudiants de biologie en termes essentialistes en redéfinissant l'énergie en termes biochimiques : « Oui, c'est l'énergie qui fait vivre les êtres vivants. L'énergie c'est l'Atp, une molécule indispensable présente dans les cellules fabriquées à partir de la photosynthèse ».

Les justifications produites pour expliquer le raisonnement essentialiste ont été classées en cinq catégories (i.e., rejet, essentialo-vitaliste, essentialo-psychologique, essentialiste, essentialo-mécaniste) pour l'ensemble des exemplaires en fonction du niveau d'expertise (tableau 24). Nous nous attendions à ce que les biologistes expliquent ce raisonnement en termes mécanistes et à ce que les adultes non spécialistes justifient ce raisonnement en termes vitalistes.

Tableau 24. Scores et pourcentages moyens de justification par catégorie pour le raisonnement essentialiste relative à la mort des végétaux en fonction de l'expertise.

Catégories	Lettres	Bio
Rejet	29 (24,17%)	30,16 (25,13%)
Essentialo-vitaliste	7 (5,83%)	0 (0%)
Essentialo-psychologique	30,5 (25,42%)	6,5 (5,42%)
Essentialiste	25,5 (21,25%)	15,16 (12,63%)
Essentialo-mécaniste	28 (23,33%)	68,16 (56,8%)

L'analyse de khi-carré réalisée à partir des scores bruts montre que cette stratégie de raisonnements implique des justifications de nature différente de la part des deux populations ($\chi^2_4 = 41{,}99$; $p < .01$). Bien qu'étant largement dispersées au sein des différentes catégories, les justifications des adultes non spécialistes présentent davantage de justifications relevant

d'un essentialisme psychologique (25,4%) que les étudiants de biologie (5,4%). Ces justifications traduisent un manque de connaissance formelle sur le rôle interne du fonctionnement des végétaux tout en lui accordant une importance majeure dans sa détermination des propriétés biologiques : « Ca peut contenir des choses à l'intérieur » ; « S'il y a un mauvais arrosage, la fleur absorbe le produit nocif et en meurt ». Les étudiants de biologie sont nettement plus dans leur élément pour justifier le raisonnement essentialiste. Ils développent largement leur vocabulaire de spécialistes indiquant leur vision mécaniste de l'essentialisme : « Comme tout être vivant, il peut y avoir des virus » ; « Dans tout être vivant se déroule le mécanisme d'apoptose qui est la mort des cellules programmée génétiquement » ; « Anomalie cellulaire, mutation létale ».

Justifications des stratégies de raisonnement pour la propriété de régénération

Les justifications des participants concernant le raisonnement intentionnel pour la propriété de régénération sont similaires à celles concernant la propriété de mort. La répartition des explications pour chaque catégorie (i.e., Rejet, Intentionnel, et Intentionalo-téléologique) est présentée dans le tableau 25.

Tableau 25. Scores et pourcentages moyens de justification par catégorie pour le raisonnement intentionnel relative à la régénération des végétaux en fonction de l'expertise.

Catégories	Lettres	Bio
Rejet	107,5 (89,58%)	103,5 (86,25%)
Intentionnel	6 (5%)	9,5 (7,92%)
Intentionalo-téléologique	6,5 (5,42%)	7 (5,83%)

L'analyse de khi-carré réalisée à partir des scores bruts ne montre pas de différence entre les deux populations ($\chi^2_2 = 0,88$; $p < .7$). Nous vérifions donc notre hypothèse selon laquelle, quel que soit leur niveau d'expertise, les participants choisissent de rejeter cette stratégie de raisonnement pour rendre compte de la propriété de régénération. Les justifications principalement avancées par les sujets mettent en avant le manque d'intelligence des plantes et les aspects naturels de la régénération : « Une plante verte n'a pas d'intelligence, elle n'a pas de volonté » ; « C'est naturel, elle ne peut pas en avoir envie ».

Les justifications concernant le raisonnement téléologique ont été classées en six catégories (i.e., rejet, promiscuous, téléo-intentionnel, téléo-vitaliste, self-serving, social-serving). La répartition des justifications est présentée dans le tableau 26 en fonction du

niveau d'expertise des participants. Nos hypothèses avançaient que les biologistes proposeraient majoritairement des justifications de type « self serving », plus propices à rendre compte de cette propriété que les justifications « social serving » ; les adultes non spécialistes s'orienteraient majoritairement vers des justifications mêlant des aspects de vitalisme à la téléologie. Une première analyse descriptive indique que les deux populations rejettent massivement cette stratégie de raisonnement. Les adultes non spécialistes ne semblent pas se diriger vers une forme de justification particulière. Les biologistes se tournent davantage vers les explications « social serving » que « self serving ».

Tableau 26. Scores et pourcentages moyens de justification par catégorie pour le raisonnement téléologique relative à la régénération des végétaux en fonction de l'expertise.

Catégories	Lettres	Bio
Rejet	88,15 (73,46%)	70,5 (58,75%)
Promiscuous	3,83 (3,19%)	0 (0%)
Téléo-intentionnel	2,32 (1,93%)	3 (2,5%)
Téléo-vitaliste	4 (3,33%)	2,5 (2,08%)
Self-serving	10 (8,33%)	16,5 (13,75%)
Social-serving	11,65 (9,71%)	27,5 (22, 92%)

L'analyse de khi-carré réalisée à partir des scores bruts montre qu'il existe une différence significative entre les justifications de nos deux populations ($\chi^2_5 = 14,24$; $p < .02$). Bien que nous ne vérifions pas nos hypothèses, nous pouvons toutefois avancer que les biologistes proposent nettement plus de justifications « self serving » et « social serving » que les adultes non spécialistes. Il semble donc que, face à notre proposition libre du raisonnement téléologique : « Est-ce que X pourrait se reconstituer pour quelque chose ? », les biologistes, tout en ayant tendance à rejeter ce raisonnement, peuvent générer des justifications en lien avec leur spécialisation en biologie végétale. Parmi les justifications proposées pour la catégorie « self serving » les éléments produits le plus fréquemment portent sur les facteurs naturels bénéfiques de la régénération : « C'est un être vivant, tout être vivant se reproduit. C'est le cycle naturel » ; « C'est pour sa survie, pour vivre plus longtemps ». Les éléments présentés pour la catégorie « social serving » mettent l'accent sur la place des végétaux dans la chaîne alimentaire : « C'est nécessaire que l'herbe se reconstitue parce que les animaux en ont besoin » ; ou pour l'espèce végétale elle-même : « Elle lutte pour la survie de l'espèce » ; « Si l'espèce est en danger, elle peut inventer un nouveau mécanisme pour se reconstituer ».

Le tableau 27 présente la répartition des explications par catégorie pour l'ensemble des exemplaires en fonction du niveau d'expertise des participants. Les justifications sont réparties dans cinq catégories (i.e., rejet, vitaliste, vitalo-intentionnel, vitalo-téléologique, vitalo-essentialiste). Concernant le vitalisme, nous supposions que les justifications des adultes non spécialistes seraient teintées de téléologie alors que celles des biologistes seraient influencées par une vision essentialiste du vitalisme.

Tableau 27. Scores pourcentages moyens de justification par catégorie pour le raisonnement vitaliste relative à la régénération des végétaux en fonction de l'expertise.

Catégories	Lettres	Bio
Rejet	34,33 (28,61%)	33,61 (28,01%)
Vitaliste	53,33 (44,44%)	45,59 (37,99%)
Vitalo-intentionnel	0,66 (0,55%)	0 (0%)
Vitalo-téléologique	15,33 (12,78%)	4,13 (3,44%)
Vitalo-essentialiste	16,33 (13,61%)	36,44 (30,37%)

L'analyse de khi-carré réalisée à partir des scores bruts montre une différence de nature des justifications entre les biologistes et les adultes non spécialistes ($\chi^2_4 = 15, 38$; $p < .01$). Si les deux populations utilisent des modes de représentation différents pour justifier le vitalisme, nos attentes se trouvent néanmoins contrariées. En effet, les justifications des deux populations se rapprochent d'un vitalisme « classique » : « Le soleil, la terre et l'eau lui fournissent l'énergie qui permet la régénération » ; « Si elle est bien nourrie et bien ensoleillée, il n'y a pas de raison qu'elle ne se reconstitue pas ». Les adultes non spécialistes expliquent notre proposition vitaliste dans une proportion équivalente entre des éléments de justification téléologiques (12,8%) : « S'il reste de la sève, elle va pouvoir rester en vie et se reconstituer », et des éléments de justification essentialistes (13,6%) : « Ca fait partie du matériel génétique, c'est les cellules qui possèdent les informations pour la régénération ». Les biologistes sont pour leur part moins dispersés, ils exploitent leur connaissance pour retranscrire le terme d'énergie contenu dans notre proposition vitaliste : « L'énergie, c'est l'adénosine triphosphate, une molécule permettant d'avoir de l'énergie. C'est le cycle biochimique qui explique la reconstitution », présentant ainsi une proportion de justifications de type essentialiste non négligeable.

Comme pour la propriété de mort, les justifications produites pour expliquer le raisonnement essentialiste vis-à-vis de la propriété de régénération ont été classées en cinq catégories (i.e., rejet, essentialo-vitaliste, essentialo-psychologique, essentialiste, essentialo-mécaniste). Le tableau 28 présente la répartition des explications par catégorie pour l'ensemble des exemplaires en fonction du niveau d'expertise des participants.

Tableau 28. Scores et pourcentages moyens de justification par catégorie pour le raisonnement essentialiste relative à la régénération des végétaux en fonction de l'expertise.

Catégories	Lettres	Bio
Rejet	29 (24,17%)	29,66 (24,72%)
Essentialo-vitaliste	7 (5,83%)	0 (0%)
Essentialo-psychologique	30,5 (25,42%)	6,5 (5,42%)
Essentialiste	25,5 (21,25%)	15,16 (12,63%)
Essentialo-mécaniste	28 (23,33%)	68,66 (57,22%)

Une analyse de khi-carré à partir des scores bruts a été menée pour évaluer une différence de compréhension du raisonnement essentialiste par les sujets experts et non spécialistes. Nous supposions que les biologistes proposeraient une vision mécaniste de ce raisonnement, alors que les adultes non spécialistes préféreraient expliquer plus simplement le phénomène par l'essentialisme psychologique. L'analyse de khi-carré rend compte d'une différence de nature des justifications entre les deux populations ($\chi^2_4 = 42{,}31$; $p < .01$). Si les biologistes expriment effectivement l'essentialisme en termes mécanistes (e.g., « les cellules permettent la reconstitution » ; « Oui ça se reconstitue parce que ça a des cellules non différenciées, c'est la totipotence cellulaires »), les adultes non spécialistes sont beaucoup plus indécis. Ils naviguent entre l'essentialisme psychologique : « Il y a quelque chose à l'intérieur qui l'aide à pousser mais je ne sais pas quoi » ; l'essentialisme : « Oui peut-être l'eau, la sève, ou la chlorophylle, mais je ne saurais pas préciser » ; et l'essentialisme mécaniste : « Les cellules vont en permanence se multiplier, certaines meurent et d'autres prennent le relais ».

CONCLUSION

En évaluant les différences possibles entre deux populations d'adultes, distinguées par leur degré d'expertise avec le domaine biologique nous poursuivions un double objectif. Nous

cherchions d'une part à établir une base de référence des conceptions adultes relatives à la mort et à la régénération de végétaux afin de mieux comprendre l'évolution des conceptions enfantines et d'autre part à évaluer si les conceptions présentes dans l'enfance pouvaient toujours se montrer influentes à l'âge adulte.

Si l'adulte est considéré comme un expert par rapport à l'enfant, Hirschfeld et Gelman (1994) définissent l'expertise comme une capacité d'organiser les connaissances de manière spécifique. L'expert se distinguerait du novice par une plus grande habileté acquise par l'expérience. Au cours de sa pratique, il développerait des stratégies qui réorganisent la structure des connaissances en un système complexe propre à traiter de la meilleure manière les informations dont il dispose. L'expert serait ainsi plus à même de gérer les contraintes de l'environnement dans lequel il évolue. Fort de cette distinction, nous avons supposé que la construction du domaine biologique d'étudiants en biologie végétale serait plus cohérente et plus homogène que chez des étudiants en lettres et sciences humaines. Poling et Evans (2002) ont néanmoins montré que les adultes pouvaient présenter une variabilité de stratégie de raisonnement confronté à l'explication de phénomènes biologiques. Par ailleurs, Proffit, Coley et Medin, (2000), Poling et Evans, (2004) ont montré que les experts peuvent avoir recours à des modes de raisonnement résultant de théories de sens commun alors que l'on s'attend généralement de leur part à une élaboration systématique lorsqu'ils sont confrontés à la réalisation d'induction touchant directement leur domaine d'expertise. Dans la lignée de ces travaux, il nous semblait important d'accorder toute notre attention aux conceptions biologiques des adultes en considérant l'expertise comme une variable pouvant traduire la résurgence de théories naïves notamment pour la sous-classe des végétaux.

En ce qui concerne la première question de notre étude, les résultats montrent que ni l'expertise ni la typicalité n'influencent la généralisation des propriétés biologiques par les participants. Si ce résultat était prévisible compte tenu des résultats produits par les enfants âgés de dix ans de notre première étude, il comporte néanmoins plusieurs informations importantes pour notre propos. L'expertise ne traduisant pas de différence entre les deux populations, il est possible de considérer que les participants considèrent les végétaux comme une classe homogène en regard des propriétés de mort et de régénération. Cependant, il est important de noter que la propriété de régénération entraîne une baisse moyenne de dix points (83%) par rapport aux résultats « plafonds » produits pour la propriété de mort (97,5%). Cette baisse traduit certainement la complexité à se représenter le processus responsable de cette propriété. Ainsi, l'expertise ne favoriserait pas la généralisation des propriétés biologiques

même lorsque la propriété impliquée dépend directement de leur niveau de compétence. La régénération est en effet une propriété qui, pour être commune à tous les êtres vivants, est particulièrement importante pour le fonctionnement des végétaux. Aussi, si notre hypothèse relative à la généralisation des propriétés se trouve infirmée par les résultats produits, ces derniers laissent néanmoins entrevoir que l'expertise ne se traduit pas toujours pas une efficacité plus importante par rapport à des sujets non spécialistes.

Le niveau d'expertise des participants se révèle particulièrement influent pour les justifications produites pour parler des propriétés biologiques (question n°2). Nous supposions que pour les deux propriétés, les biologistes proposeraient des justifications en lien avec la spécialisation de leurs études, c'est-à-dire des justifications mettant en avant le fonctionnement des végétaux dans leurs aspects physiologiques et biochimiques, alors que les adultes non spécialistes privilégieraient des justifications reposant sur des événements extérieurs (i.e., l'influence des intempéries, l'importance des apports de l'eau, de la terre, de l'air et du soleil en lien avec la nutrition). Nos hypothèses se vérifient aussi bien pour la propriété de mort que pour celle de régénération confirmant ainsi les travaux de Profitt et al., (2000) et de Poling et Evans (2004). En outre, les biologistes montrent nettement plus de capacité pour expliquer la propriété de régénération que les adultes non spécialistes. L'expertise permet donc de fournir des justifications plus abstraites des propriétés biologiques. Ainsi, les adultes, quels qu'ils soient, considérés comme des experts par rapport aux enfants, présentent néanmoins des justifications encore ancrées de façon majoritaire dans des explications déterminées par le contexte de vie des végétaux.

Concernant les stratégies de raisonnement soumises à l'évaluation des participants pour expliquer les propriétés biologiques (question n° 3), les résultats de notre étude ne nous permettent pas de tirer des conclusions définitives sur l'influence de l'expertise. En effet, les deux propriétés que nous proposions aux participants entraînent des choix causaux différents.

Les deux populations présentent le même pattern de réponse pour la propriété de mort. Alors que nous nous attendions à ce que les biologistes favorisent l'essentialisme par rapport aux autres stratégies de raisonnement, ils expliquent aussi bien la mort par le vitalisme que par l'essentialisme. Nous ne sommes donc pas en mesure de soutenir qu'ils ont un mode de raisonnement privilégié pour cette propriété correspondant à leur formation. Nous vérifions en contrepartie notre hypothèse pour les adultes non spécialistes chez lesquels nous supposions qu'ils emploieraient effectivement aussi bien l'essentialisme que le vitalisme dénotant une

variabilité d'usage des stratégies de raisonnement relatives à leur niveau de conceptualisation du domaine biologique. L'utilisation indifférenciée du vitalisme par les adultes non spécialistes et les biologistes peut s'expliquer par le rôle primordial qu'entretient cette stratégie de raisonnement dans l'enfance. L'étude de Slaughter et al., (1999) qui se concentrait sur l'élaboration précoce du concept de mort a montré que sa compréhension nécessitait une représentation du concept de vie par l'entremise du fonctionnement des organes et des liens qui les unissent pour le maintien de l'homéostasie. Or, nous avons vu que l'une des étapes essentielles de la compréhension du concept de vie impose aux enfants de le penser en termes de force vitale prenant toute sa signification à travers les propriétés de croissance et de nutrition (Inagaki & Hatano, 1993). Tout organisme tire sa force des éléments extérieurs dont il se nourrit et qu'il transforme en matière pour ses différents besoins de croissance et de lutte contre les maladies. Le vitalisme pourrait donc s'élaborer à partir d'informations directement perceptives en lien avec ces propriétés biologiques (i.e., la plante boit pour grandir, le chat mange pour avoir de l'énergie), puis par la compréhension que les organes internes transforment les apports nutritifs en « énergie ». Ce deuxième aspect du vitalisme pourrait expliquer l'utilisation importante du vitalisme chez les biologistes pour parler de la mort des végétaux notamment parce qu'il entre en résonance avec les principes d'internalité propres à l'essentialisme. Malgré le lien existant entre ces deux types de raisonnement, il n'en reste pas moins que la croyance en une « force » qui gouverne la vie, implique l'idée d'une dépendance aux apports externes, comme l'ont montré les justifications des différentes stratégies de raisonnement de la question n° 4. Les deux populations s'accordent en effet pour justifier le vitalisme par la présence d'une énergie, d'un pouvoir vital indéfinissable sans lequel les végétaux sont voués à la mort (40% en moyenne). Les résultats de la quatrième question indiquent en outre que les biologistes justifient le vitalisme en termes essentialistes dans une proportion supérieure aux adultes non spécialistes (respectivement 36,4% et 16,3%). Ainsi, il est possible d'envisager que si les biologistes présentent une conceptualisation plus spécifique du domaine de connaissances biologiques que les adultes non spécialistes, ils sont encore largement influencés par des modes de raisonnement élaborés pendant l'enfance comme l'indique la persistance du raisonnement vitaliste dans leur pensée.

Concernant la propriété de régénération, les résultats sont plus conformes à nos attentes. En effet, les biologistes préfèrent le raisonnement essentialiste (81,6%) au raisonnement vitaliste (66%), et les adultes non spécialistes se laissent guider aussi bien par l'un que par l'autre (i.e., 66% pour le raisonnement vitaliste et 72% pour le raisonnement

essentialiste). L'essentialisme apparaît être la stratégie de raisonnement incontournable des experts pour rendre compte de la propriété de régénération. En effet, les justifications produites pour expliquer cette stratégie de raisonnement à la quatrième question sont de nature mécaniste (57,7%) indiquant que les biologistes utilisent leurs connaissances du fonctionnement de la cellule végétale. Par ailleurs, ils utilisent également des justifications essentialistes lorsqu'ils expliquent leur degré d'accord avec le raisonnement vitaliste (30,4%). Les justifications des adultes non spécialistes sont pour leur part en prise avec des raisonnements de sens commun. Il leur semble en effet naturel de justifier le vitalisme par la présence d'un flux vital qui permettrait la régénération des végétaux. Par ailleurs, aucune des formes de justification produites pour expliquer le raisonnement essentialiste ne domine leur pensée. Ainsi, face à une propriété biologique plus complexe comme la régénération, les experts montrent toute la dimension de leur connaissance en s'appuyant sur le raisonnement essentialiste et en produisant des justifications mécanistes conformes à une élaboration scientifique du monde végétal. Au contraire, les adultes non spécialistes présentent une variabilité importante des modes de raisonnement utilisés pour déterminer les causes de la régénération ainsi qu'une forte diversification des justifications produites pour expliquer ces raisonnements suggérant la résurgence des théories naïves façonnées dans l'enfance.

Cette étude nous a donc permis de mettre en évidence que l'expertise du monde végétal se traduit par certains aspects par une organisation des connaissances de manière spécifique au domaine de connaissances biologiques, mais également qu'il persistait dans la pensée des adultes des traces des conceptions naïves constituées dans l'enfance. S'il nous est difficile d'effectuer des comparaisons entre les données recueillies chez les enfants de six et dix ans et des adultes compte tenu des différences méthodologiques adoptées dans nos deux études, nous pouvons néanmoins avancer que les théories naïves des adultes non spécialistes sont, à bien des égards, similaires à celles des enfants. Nous retenons en particulier un usage indéterminé des stratégies de raisonnement vitaliste et essentialiste chez les adultes non spécialistes qu'ils justifient généralement en accordant un rôle prépondérant au flux vital présent dans les végétaux. Par ailleurs, nous avons pu noter que même chez les étudiants de biologie, l'expertise n'entraîne pas toujours une conceptualisation des propriétés biologiques si éloignées d'une pensée naïve. Les données produites dans ces deux études permettent d'ouvrir une réflexion sur la nature des changements conceptuels dans l'enfance et nous autorisent à nous interroger sur la résistance des théories naïves élaborées pendant l'enfance face à un enseignement scientifique.

Malgré l'intérêt que représente l'étude de la propriété biologique de régénération pour l'évaluation des conceptions biologiques, nous allons nous concentrer dans notre prochaine étude sur la propriété de mort. Ce choix est déterminé par les différences de conceptualisation entre la propriété de régénération et la propriété de mort aussi bien chez les adultes que chez les enfants ainsi que par l'ambiguïté linguistique que laisse planer le terme de régénération.

Il ressort des deux expérimentations menées jusqu'à présent une série de résultats suggérant que les conceptions intuitives seraient résistantes aux apprentissages. En effet, nous avons pu établir que, contrairement à nos attentes, les enfants de dix ans présentent des conceptions biologiques dépendantes du vitalisme alors que nous supposions que cette stratégie de raisonnement serait représentative de la pensée à l'âge de six ans avant d'être palliée par une stratégie plus mécaniste grâce aux apprentissages. Nous avons par ailleurs montré que les adultes ne se distinguent pas nécessairement en fonction de leur niveau d'expertise. Bien qu'ils en présentent des conceptions différentes, ils privilégient de la même manière les raisonnements essentialiste et vitaliste pour expliquer les propriétés biologiques. L'ensemble de ces résultats nous a conduit à explorer les apports théoriques propres aux changements de conceptions afin de comprendre les difficultés rencontrées par les enfants pour enrichir leurs conceptions intuitives.

CHAPITRE VI. Conceptions intuitives et changements conceptuels

INTRODUCTION

Nous nous sommes attachés jusqu'ici à explorer l'organisation des théories naïves biologiques dans leur dimension de spécificité de domaine en considérant d'abord la nature des concepts qui la composent, puis sous l'angle des stratégies de raisonnement qui la régissent. Le second objectif de notre recherche est de mettre en évidence un autre aspect des théories naïves encore en discussion dans la littérature scientifique et qui nous semble important, à savoir la résistance aux changements de conceptions. Nous verrons que cette question a été traitée à maintes reprises dans la littérature, notamment par les sciences de l'éducation. Cette mise en perspective à travers ce courant de recherche lié à la psychologie du développement présente l'intérêt d'aborder la question des remaniements conceptuels par l'étude du point de vue de professionnels quotidiennement confrontés à cette problématique. Ces derniers ont mené depuis de nombreuses années une réflexion sur l'élaboration et l'acquisition des conceptions scientifiques afin d'identifier les obstacles rencontrés par les apprenants (Giordan, 1998 ; Giordan & De Vecchi, 1987). Giordan (1998) pose le problème en ces termes : "Apprendre est, par essence, paradoxal. La neurobiologie, par exemple, signale l'extrême plasticité du système nerveux. Pourtant, les didacticiens, les chercheurs en sciences cognitives constatent la résistance incroyable de la pensée humaine au remodelage, aux changements de conceptions." (Giordan, 1998, p. 186). En parallèle, nous aborderons l'évolution des modèles théoriques de la psychologie du développement qui tentent de rendre compte des changements conceptuels. Par la suite, nous nous centrerons sur les différentes contraintes relatives aux changements conceptuels en traitant aussi bien des aspects socio-culturels que des aspects propres aux domaines spécifiques. La mise en lumière des différentes contraintes susceptibles de restreindre le développement des conceptions dans l'enfance nous amènera à discuter de leur réalité en tant qu'obstacles aux apprentissages. Enfin, nous aborderons les caractéristiques des changements conceptuels lorsqu'ils visent à remanier les conceptions enfantines du domaine des connaissances biologiques. Cette dernière exploration nous permettra de présenter les attentes de l'Education Nationale concernant les savoirs à maîtriser du cycle 1 au cycle 2. Nous nous pencherons alors de manière directe sur différentes études qui ont chacune, par la singularité de leur vision théorique et

méthodologique, contribué, de près ou de loin, aux choix qui ont conditionné notre approche afin de tester les remaniements de conceptions envisageables face au problème de la mort des végétaux. Notre propos s'inscrit plus directement dans les modèles théoriques des « modèles mentaux » (Vosniadou & Brewer, 1987) et des « theory theory » (Wellman & Gelman, 1992) ayant participé à démontrer que les changements conceptuels nécessitent une réélaboration des modes de construction causaux spécifiques à des domaines de connaissances, avant de pouvoir envisager une réelle évolution dans l'acquisition de connaissances formelles. Nous nous proposerons d'identifier les déterminants permettant ces réélaborations pour le domaine des connaissances biologiques et plus particulièrement pour les conceptions relatives aux végétaux afin d'approfondir les mécanismes cognitifs responsables des changements conceptuels dans l'enfance.

VI. 1/ CONCEPTIONS NAÏVES ET CHANGEMENTS CONCEPTUELS

VI. 1. 1/ Histoire et philosophie des sciences et changements conceptuels

Les termes de changement conceptuel et d'apprentissage sont utilisés pour distinguer les approches éducatives actuelles de la vision empiriste habituelle. Pour ce qui est de l'approche empiriste, les apprentissages sont essentiellement un problème d'enrichissement et d'amélioration des structures conceptuelles (Locke, 1693 ; Condillac, 1775, in Giordan, 1999). Ces structures se bâtissent sur la base de l'expérience qui est initialement concrète et limitée. L'apprentissage procède d'un long *continuum* dans lequel les idées des enfants deviennent graduellement plus générales, plus abstraites et plus largement applicables comme le serait le résultat d'une expérience accrue. La thèse de Piaget suppose notamment que les changements cognitifs impliquent primairement des changements de capacité de la logique générale soutenus par un accroissement quantitatif des connaissances. Cette vision est remise en cause par l'idée que la cognition humaine est davantage construite autour d'ensembles de domaines spécifiques de connaissances (Carey & Spelke, 1994, 1996). Cette théorie, introduite par Carey (1985), s'inspire des travaux de Thomas Kuhn pour décrire le développement cognitif en termes de réorganisation des structures initiales des domaines de connaissances spécifiques. Dans l'histoire des sciences, « les données anormales » ou anomalies ont joué un rôle prépondérant dans l'élaboration de nouvelles théories scientifiques (Kuhn, 1962). Kuhn développe l'idée que la crise provoquée par les anomalies avec le paradigme dominant n'est cependant pas suffisante pour produire un changement de paradigme scientifique. Pour

Posner, Strike, Hewson, et Gertzog, (1982) l'un des arguments permettant le changement conceptuel est l'insatisfaction envers ses propres conceptions. La première condition est que le sujet reconnaisse que ses conceptions ne peuvent pas tout expliquer. De même, Kuhn indique, dans sa théorie de la révolution scientifique, que le changement n'est pas uniquement déterminé par des arguments logiques, mais également par un besoin urgent de répondre à une demande sociale qui serait connectée avec un nouveau paradigme. Dunbar (1993, 1995) avance ainsi que, lors de changements paradigmatiques, le premier pas suivi par les scientifiques est de transformer les caractéristiques spécifiques de l'hypothèse sans en changer la nature générale. Dans la seconde condition, le sujet a besoin de recréer une structure hypothétique permettant de prendre en compte les données anormales répondant à un travail de groupe. Bien entendu, les deux traditions s'accordent pour reconnaître aux travaux de Kuhn et à sa théorie des changements de paradigme scientifique une paternité. Par exemple, en science de l'éducation, il existe un parallèle entre les mécanismes cognitifs d'assimilation et d'accommodation de la théorie piagétienne et les idées de Kuhn sur l'histoire des changements scientifiques. La révolution scientifique servant ici d'hypothèse pour expliquer la manière dont changent les concepts dans les processus d'apprentissage. Posner et al., (1982) sont en effet les premiers à considérer les erreurs qu'entraînent la confrontation des conceptions premières des apprenants à une instruction scientifique comme le fruit d'une structure théorique préexistante nécessitant une confrontation à une réalité scientifique acceptée via un processus de changement conceptuel. S'appuyant sur les préceptes de Kuhn (1962), ces auteurs argumentent que les changements conceptuels nécessitent de reconnaître une profonde insatisfaction envers les conceptions existantes ; les nouvelles conceptions doivent être intelligibles, plausibles, et inspirer la possibilité d'un bénéfice profitable pour l'élargissement des conceptions. Cette première caractérisation théorique, menée sur les adultes, a constitué le fer de lance de la recherche sur les changements conceptuels jusqu'à l'apparition de nombreuses critiques issues de la psychologie du développement.

VI. 1. 2/ L'approche contemporaine de la psychologie du développement sur les changements conceptuels

Du point de vue du courant actuel de la psychologie du développement, il est nécessaire de se centrer sur l'acquisition des connaissances au sein de domaines spécifiques. Les concepts sont désormais contextualisés, intégrés dans une théorie, un univers de connaissances et de croyances où les lois causales dictent une certaine logique. Apprendre constitue davantage un processus qui requiert une réorganisation significative de la structure

des connaissances existantes que leur simple enrichissement (Vosniadou & Brewer, 1987). Plus spécifiquement cette approche suppose qu'en évoluant, l'esprit humain a développé des mécanismes spécialisés pour se saisir des informations du monde physique, du monde biologique et du monde psychologique, permettant ainsi la création de structures théoriques propres à ces domaines de connaissances pendant les premières années de la vie (Wellman & Gelman, 1992). Le développement de ces structures théoriques renfermerait les connaissances intuitives relatives à ces domaines et autoriserait ainsi les interactions avec le monde. Ces mécanismes spécialisés, nécessaires pour la fondation des approfondissements futurs, pourraient cependant être un frein au développement de principes scientifiques (Hayes & Heit, 2004). En effet, les principes scientifiques vont souvent à l'encontre des stratégies de raisonnement qui sous-tendent les théories intuitives. Tout comme le développement historique des sciences est caractérisé par des révolutions théoriques restructurant notre vision du monde, les apprentissages scientifiques nécessitent non seulement un enrichissement des connaissances, mais également une réorganisation profonde des structures conceptuelles existantes afin de promouvoir la création de représentations nouvelles, qualitativement différentes.

Dans ce champ de recherches, les auteurs supposent que les enfants, tout comme les adultes, construisent une compréhension intuitive du monde qui se base sur leurs expériences journalières. Ces connaissances intuitives fournissent des explications aux phénomènes naturels qui sont fréquemment différentes des explications scientifiques couramment acceptées et sembleraient résistantes à l'instruction. Sur ce point, il existe une opposition entre tenants des théories naïves en tant qu'ensemble d'idées systématique et cohérent (Vosniadou & Brewer, 1992 ; Vosniadou 1994, Vosniadou et al., 2001) ; et tenants de connaissances fragmentées qui peuvent être en lien avec des théories mais sous-tendues par des principes phénoménologiques eux-mêmes fragmentés (Di Sessa, 1993, 2007). Le point de vue théorique adopté entraîne une conception différente du processus d'apprentissage qui en résulte. Les premiers pensent le processus d'acquisition de connaissances dans un contexte de « changement théorique », d'une réélaboration des théories par rapport aux nouveaux apprentissages, et donc d'une refonte d'un système ancien dans un nouveau en y intégrant ce qui peut être conservé et en adaptant les anciennes conceptions aux nouvelles. Les seconds conçoivent ce processus comme une accumulation de connaissances qui collecterait et en unifierait les fragments. Pour Keil (1989, 1994, 2007) en revanche, les théories initiales des enfants consistent en des principes squelettiques de ces théories à un niveau ontologique. Ces connaissances ontologiques sont intégrées progressivement autour de stratégies de

raisonnement spécifiques aux différents domaines de connaissances et sont de plus en plus différenciées et hiérarchisées à mesure que les enfants grandissent. La question qui se pose est de savoir ce qu'il advient des conceptions premières lorsqu'elles sont confrontées à des théories scientifiques. En d'autres termes, existe-t-il une correspondance entre les changements conceptuels pendant l'enfance déterminés par des structures conceptuelles organisées en domaines de connaissances et les réélaborations théoriques observées au sein de la communauté scientifique ? L'œuvre de Giyoo Hatano est sans aucun doute celle qui a le plus réussi à marier les influences culturelles et cognitives établissant ainsi le meilleur rapprochement possible entre ces différentes vues (Goodnow, Peterson & Lawrence, 2007). Ces auteurs notent que son travail a permis d'établir une voie intermédiaire permettant de rallier ces deux pendants du développement de la pensée. De son point de vue, il n'est pas pertinent de regarder les enfants comme des novices mais plutôt, comme de « jeunes experts capables de s'adapter », ayant des ressources de créativité et de flexibilité d'esprit en dehors des niveaux de compétence atteints. Accepter cette proposition conduit à concevoir les connaissances des enfants non pas comme de mauvaises conceptions, des idées étranges et improductives, mais plutôt comme la base de conceptions futures déterminant en elles-mêmes, et pour longtemps, l'organisation du système cognitif. Ce faisant, à l'instar d'Hatano, il convient d'adopter une perspective continuiste. Sa contribution la plus significative relative au domaine des connaissances biologiques concerne sans aucun doute la mise en évidence de la stratégie de raisonnement vitaliste qui apparaîtrait vers l'âge de cinq ans par un élargissement des conceptions biologiques humaines d'abord aux animaux puis aux plantes. Di Sessa (2007) rend également hommage au travail théorique expérimental et méthodologique innovant d'Hatano dans le champ de la recherche sur les changements conceptuels pour le domaine biologique. Son travail a notamment permis de réinterpréter l'idée selon laquelle les enfants personnifient le monde naturel pour l'expliquer, signe d'une mauvaise interprétation, en une interprétation perspicace et créative. Inagaki et Hatano (1996, 2002) reconnaissent l'influence prépondérante de Piaget dans leurs travaux, notamment en biologie. Cependant, ils n'ont eu de cesse de chercher à dépasser son œuvre. Par exemple, alors que Piaget concluait que la personnification, c'est-à-dire la projection d'idées humaines aux objets réels, était un simple signe d'immaturité et d'égocentrisme, ils la conçoivent comme une source de connaissances expérimentales digne de considération et permettant de dresser des hypothèses à propos d'entités inconnues. L'idée générale du vitalisme est que les êtres vivants ingèrent de la nourriture et de l'eau et en retirent de la vitalité et de la force, de l'énergie. Inagaki et Hatano (1993) ont montré que le vitalisme continue à exister chez les

adultes bien qu'une forme plus avancée de raisonnement de type mécaniste puisse prendre le dessus. Le vitalisme n'étant donc pas le seul apanage de l'enfance, il ne peut pas être caractérisé comme une forme primitive de la pensée tendant à être complètement supplantée à l'âge adulte. Ce point de vue va à l'encontre de l'idée chère à Piaget selon laquelle l'entrée dans l'intelligence formelle caractérise la forme ultime du développement de la pensée humaine. Les formes plus primitives de la pensée biologique pourraient donc être utilisées lorsque les connaissances demandées pour expliquer une propriété biologique feraient défaut aux adultes.

La psychologie du développement a donc montré que les conceptions premières des enfants, pour êtres restreintes, n'en constituent pas moins une construction théorique cohérente comportant ses propres richesses d'exploration du monde. Contrairement à ce que suggéraient Posner et al., (1982), les erreurs survenant de la confrontation entre les conceptions premières et l'instruction sont désormais envisagées comme une intégration synthétique entre les concepts de l'apprenant et l'instruction (Vosniadou et al., 2001). Cette nouvelle manière d'envisager les changements conceptuels rencontre de nombreux échos chez les acteurs du monde éducatif.

VI. 1. 3/ Evolution des idées relatives aux changements conceptuels en sciences de l'éducation Le courant actuel des sciences de l'éducation a lui aussi considérablement évolué dans son approche de la didactique, et dans sa représentation de l'élève. Giordan (1998) caractérise ce changement paradigmatique par l'abandon du terme d'apprentissage au profit de celui de l'apprendre. Afin de présenter au mieux les idées émergentes des sciences de l'éducation et de la psychologie concernant l'apprendre et les modes qui l'autorisent, il convient de définir en premier lieu comment sont envisagées les conceptions de l'individu pour finalement présenter ce que l'on entend par « l'apprendre ».

En sciences de l'éducation comme en psychologie, les conceptions des apprenants sont des façons de produire du sens de telle sorte que le monde devienne intelligible. De fait, elles ne sont ni fausses, ni justes, ni conformes, ni inefficientes, mais simplement opératoires pour la personne. Elles s'inscrivent dans des schémas de pensée, ou théories naïves qui répondent à différents aspects de la réalité (Tiberghien, Buty, Cordier, Cornuéjols, Veillard, Laborde, Bouchard, Coquidé & Rogalski, 2002). Ainsi, il est préférable de les considérer pour ce qu'elles sont, avant de les comparer hâtivement aux conceptions formelles, socialement acceptées, et tenues pour vraies par la science. Les conceptions ne constituent pas pour autant l'expression d'une idée vague ou d'un « n'importe quoi », elles font partie intégrante du réseau

cognitif de l'apprenant. Ce réseau les sous-tend et leur donne leur signification. L'apprenant est à considérer comme un inventeur de ses conceptions dans le sens où il les crée à travers son propre système de pensée. Les interactions qu'il vit quotidiennement, son environnement dans ses composantes matérielle, sociale et culturelle façonnent ce système et lui permettent de donner une signification à ses expériences. Apprendre constitue de ce point de vue l'intégration d'un savoir à une structure de pensée préexistante. Les savoirs sont décodés à travers ce système, confrontés aux idées anciennes et parfois reformulés en idées neuves qui ne constituent pas nécessairement ce que l'individu souhaitait transmettre.

Comme nous venons de le voir, le facteur le plus influent pour « l'apprendre » est constitué par les conceptions préalables que possède l'apprenant du domaine de savoir qu'il est appelé à traiter. Or, ces conceptions ne sont pas aisément transformables. En effet, elles se sont constituées pour répondre à un besoin et sont, depuis lors, largement reliées à d'autres conceptions et supportées par un enchevêtrement de relations causales. Par ailleurs, elles ont permis à l'individu de fonctionner jusque là de manière satisfaisante et constituent, de fait, la marque de l'équilibre cognitif de l'individu (Giordan, 1998). Ainsi, il sera nécessairement pénible pour ce dernier de se défaire de cet état, d'abandonner cet ensemble de conceptions qui s'est avéré tellement utile par le passé. Aussi, il est fréquent de voir coexister des conceptions antagonistes tant qu'elles n'ont pas fait l'objet d'un travail de réélaboration de la structure qui les soutient. Par ailleurs, il n'est pas rare de rencontrer des adultes rompus à la logique formelle consistant à activer des modes de raisonnement « enfantins » dès lors qu'ils rencontrent une situation où leur expertise est mise à mal par la nouveauté. Afin d'atténuer la résistance des conceptions premières des individus, il est nécessaire d'avoir à l'esprit l'opposition résultant de la confrontation imposée par les nouvelles conceptions. Cela impose d'identifier les caractéristiques des conceptions premières afin de trouver un appui pour promouvoir les changements. Ainsi, l'apprendre procède d'un processus d'élaboration d'un individu confrontant les informations nouvelles et les conceptions qu'il mobilise pour produire de nouvelles significations plus aptes à répondre à ses interrogations lorsqu'il se trouve dans une situation de résolution de problème. La transformation des conceptions serait facilitée lorsqu'un autre mode de fonctionnement, d'autres stratégies de raisonnement, plus pertinentes se mettraient en place. L'élaboration de nouveaux savoirs ne conduit pas nécessairement à l'évincement des conceptions premières. Plus certainement, elles cohabitent les unes avec les autres, ce qui expliquerait la résurgence des conceptions premières lorsqu'il s'agit de faire face à une situation qui met en défaut les individus. Ces situations peuvent néanmoins servir d'ancrage au dépassement des conceptions premières des enfants. Tiberghien (2008) propose

de diriger l'instruction en s'appuyant sur « un raisonnement causal, un développement métaphorique, ou encore des propriétés particulières des objets pour aider les élèves à construire de nouvelles interprétations, hypothèses, façons de voir le monde matériel, etc. » (*Ibid*, p. 152).

Il convient de noter combien les idées émises dans le domaine des sciences de l'éducation sont proches de celles qui façonnent la psychologie du développement actuelle. La conjugaison de ces deux courants de recherche apporte un éclairage sur les notions de conception, de l'apprendre et des changements conceptuels. Nous avons cherché à montrer à la fois l'évolution des idées autour des changements conceptuels et les déterminants contemporains qui nous permettent de les appréhender. Il nous faut maintenant explorer plus avant les contraintes nécessaires à prendre en compte pour promouvoir les changements conceptuels. Nous allons donc chercher à déterminer les fondements des obstacles propres aux conceptions naïves.

VI. 2/ CONTRAINTES RELATIVES AUX CHANGEMENTS CONCEPTUELS

La supposition de l'existence de domaines spécifiques a été essentielle pour l'étude de l'émergence de la pensée biologique, physique et psychologique chez les jeunes enfants (Wellman & Gelman, 1992). Comme l'a montré le modèle de travail d'Hatano et Inagaki (2000), l'étude des domaines de pensée est à corréler avec le contexte culturel, ainsi qu'avec différentes formes de contraintes cognitives (Keil, 2007).

Dans les paragraphes suivants, nous allons explorer les différentes contraintes qui restreignent l'émergence des conceptions biologiques. Nous analyserons aussi bien ce qui facilite l'élaboration des conceptions que ce qui est susceptible d'y faire obstacle. Ce faisant, nous envisagerons les barrières susceptibles d'intervenir lors de confrontations entre les conceptions primitives des enfants et les savoirs institutionnalisés qui leur ont été proposés à l'école. Nous nous intéresserons également aux déterminants généraux qui contraignent les domaines.

VI. 2. 1/ L'influence des contraintes d'ordre socioculturel

Le contexte socioculturel est à prendre en considération dans l'étude des théories naïves car s'il est généralement une aide (Vygotsky, 1984 ; Doise & Mugny, 1981), il peut aussi avoir un rôle contraignant sur le développement des conceptions.

Vosniadou, Ioannides, Dimitrakopoulou, et Papademetriou, (2001)**,** avancent que les conceptions sont enchâssées dans un riche contexte situationnel, dans les outils et artefacts conceptuels de la culture, ainsi que dans la nature du système symbolique utilisé pendant les processus cognitifs. L'acquisition de connaissances autorisant les changements conceptuels se fait par une formulation, une reformulation, et une réinterprétation des connaissances. L'apprenant évalue constamment la pertinence des connaissances en contrastant différents point de vue et en testant leur validité. L'apprenant est un constructeur actif de ses connaissances et le processus d'acquisition des connaissances est grandement facilité par des interactions avec ses pairs et en particulier avec l'enseignant travaillant dans la zone de développement proximal des enfants (Vygotsky, 1984). Doise et Mugny (1981) ont de leur côté étudié le rôle des interactions sociales dans la construction des savoirs. Ils avancent que le conflit socio-cognitif est un processus favorisant un double déséquilibre. Le premier est social, « on n'est pas pareil », le second est cognitif, « on ne pense pas à l'identique ». La confrontation est pourtant souvent pénible et génératrice de défense vis-à-vis de ses propres conceptions. Construction et déconstruction doivent être envisagées comme les deux facettes d'un même phénomène. De leur tension émerge la dynamique de l'apprendre.

Le développement des conceptions est directement relié à la nature des interactions que le milieu social et culturel entretient avec les enfants. Les conceptions véhiculées par la culture sont contextualisées de telle sorte que le point d'accroche situationnel laisse son empreinte dans la construction des structures conceptuelles. Ces ancrages jouent un rôle prépondérant dans notre organisation cognitive, si bien que même un domaine de connaissance aussi abstrait que celui des mathématiques peut en subir l'influence, y compris chez l'adulte. Les études de Sander (2000, 2008) sont particulièrement éclairantes à ce propos. Elles soulignent qu'il est important de tenir compte des constructions métaphoriques et interprétatives dans la transmission des connaissances mathématiques. Sander (2000) a par exemple montré que le concept de division est rarement compris dans toutes ses dimensions car il est souvent synonyme de partage. Son étude a montré que, même chez l'adulte, l'idée que diviser correspondant à partitionner limite sa compréhension de cette opération. En effet, seulement un quart de la population d'universitaires interrogée sur la question de la division est en mesure de produire un énoncé respectant la contrainte selon laquelle diviser un nombre quelconque par une valeur comprise entre 0 et 1 produit une valeur plus importante de ce nombre (Sander, 2008). En plus d'éclairer le fait que, même chez des personnes supposées présenter les caractéristiques de la logique formelle, les conceptions premières sont résistantes à l'instruction, ce qui illustre l'idée que les conceptions sont incarnées, à savoir interprétées et

réinterprétées par un système cognitif à travers un ensemble de présupposés véhiculés culturellement.

L'approche socio-constructiviste de la psychologie du développement défend, nous l'avons vu, l'idée que les changements conceptuels sont souvent initiés et facilités par les processus sociaux et culturels (Vygotsky, 1984 ; Doise & Mugny, 1981). Étant donné qu'ils peuvent être différents suivant l'âge et le niveau d'expertise, mais également en fonction des mécanismes qui peuvent promouvoir les changements, le rôle du contexte situationnel et de la culture devient de plus en plus important à considérer. Les différents domaines conceptuels sont implantés dans les différentes cultures. Cela a une forte influence sur leur nature, leurs frontières, et leur niveau de différentiation et peut agir comme une contrainte à l'élaboration des connaissances scientifiques. Tous les enfants savent que les plantes, les animaux et les objets inanimés sont fondamentalement différents et possèdent des propriétés qui leur sont propres (Hatano & Inagaki, 2005 (cité par Keil, 2007)). Cependant, les enfants montrent des variations culturelles considérables dans leur propension à attribuer des propriétés biologiques aux plantes (Hatano, et al., 1993). Cette étude qui confronte les conceptions d'enfants en âge préscolaire et scolaire de culture hébraïque, japonaise et américaine a mis en évidence l'importance du langage dans l'élaboration des conceptions. Jusqu'à l'âge de onze ans, les enfants de culture hébraïque montrent davantage de difficultés à concevoir que les plantes sont des êtres vivants car leur langue utilise pour désigner ce qui est vivant un terme qui s'emploie également pour désigner les animaux. Cet exemple nous montre combien les cultures locales peuvent restreindre ou élargir les connaissances. Comme nous le rappelle Inagaki (1990 (cité par Keil, 2007)) la simple activité de s'occuper d'un poisson rouge pourrait mettre en valeur des aspects de la pensée biologique. Atran, Medin et Ross, (2004) ont montré qu'il peut également se produire un amoindrissement des connaissances biologiques chez les enfants vivant en milieu urbain par rapport à des enfants de milieu rural de classe sociale équivalente. Il est dès lors possible de considérer qu'il existe une interaction importante entre les contraintes cognitives et les déterminants socioculturels. La culture et les ères d'expertise peuvent avoir des effets de structure similaires. Il paraît donc impossible d'expliquer le développement des connaissances biologiques uniquement par le biais culturel, de même, il est impossible de l'expliquer uniquement par le biais cognitif.

VI. 2. 2/ Contraintes relatives au développement des habiletés méta-conceptuelles

L'un des obstacles majeurs aux changements conceptuels consiste en la capacité à évaluer le niveau de connaissance des enfants quant à leurs savoirs, autrement dit,

l'importance de la métacognition en relation avec les théories naïves. La composante métacognitive semble impliquée de manière tellement critique au sein du questionnement sur les changements conceptuels, qu'elle permettrait aux experts de prendre du recul entre eux-mêmes et la tâche afin de l'évaluer plus objectivement en termes de nouvelle situation et de pertinence du domaine. La conscience que les enfants ont de leurs propres connaissances peut être interprétée à travers la notion d'expertise adaptative (Hatano & Inagaki, 1986). Il est possible de la définir comme la capacité à utiliser l'expertise d'une manière nouvelle dans le but d'amener les enfants à adapter leurs connaissances à différents types de situation. Cette compétence métacognitive se développerait pendant l'école primaire et élémentaire. Bien sûr, il en existerait des rudiments dans les premières années de la vie. Par exemple, les enfants très jeunes estiment qu'une information récemment apprise leur est connue depuis toujours (Taylor, Esbensen, & Bennett, 1994). Ils ont également des difficultés à comprendre que les théories sont subjectives (Kuhn & Pearsall, 2000). Par ailleurs, de la même manière que les adultes, ils montrent des difficultés à envisager combien leurs explications sont superficielles, c'est ce que l'on peut caractériser par l'idée « d'illusion de profondeur d'explication » (Rozenblit & Keil, 2002 ; Mills & Keil 2004).

Vers l'âge de cinq ans, les enfants commencent à interroger et tester leur environnement, non parce qu'ils ignorent ou refusent les explications, mais afin d'acquérir une connaissance plus riche et plus adéquate avec leurs propres connaissances (Inagaki & Hatano, 1974). Les enfants ne sont généralement pas conscients des présuppositions et des croyances qui contraignent leurs acquisitions. Pour di Sessa (1993), les changements conceptuels n'impliquent pas seulement des croyances spécifiques et des présuppositions, mais également un développement de leur conscience méta-conceptuelle et la construction de structures théoriques d'exploration reposant sur une meilleure systématicité, cohérence et un meilleur potentiel explicatif. Ils commencent notamment à apprécier le rôle du savoir dans l'augmentation et la compréhension qu'ils ont du monde aussi bien dans ses aspects physiques que sociaux. En outre, ils perçoivent de plus en plus les connaissances comme un système distinct et autonome de la réalité physique ou mentale qui lui est associée. Concernant le domaine des connaissances biologiques, les jeunes enfants saisissent que certaines personnes sont plus expertes que d'autres (Lutz & Keil, 2002, Danovitch & Keil, 2004). Le développement de ces habiletés méta-conceptuelles ne s'effectue pas sans provoquer un certain désordre dans l'esprit des enfants. L'ouverture vers cette maîtrise des connaissances s'accompagne d'une prise de conscience des limites de leurs propres savoirs. Ils apprennent à faire référence à une connaissance même s'ils ne la possèdent pas complètement. Keil (2007)

soutient que cette stratégie d'externalisation de certains détails de la compréhension d'une explication est une caractéristique commune à toutes les cultures. Personne ne connaît tous les détails de la manière dont le monde fonctionne. Ce phénomène s'observe de la même manière chez les experts obligés de confronter leurs théories à celles des autres chercheurs pour les valider.

Le développement des habiletés métaconceptuelles est certainement l'un des processus de compréhension permettant de faire prospérer les conceptions à travers un réseau plus large se rapprochant de l'expertise. Ce processus implique généralement des négociations, souvent implicites, constituant les ressources nécessaires pour appréhender un niveau plus abstrait de connaissance.

Les changements conceptuels sont donc contraints par de multiples aspects du développement cognitif mais également du développement social et culturel. Apprendre s'apparente à changer de niveau d'organisation de ses idées, ce qui implique nécessairement un processus de construction et de déconstruction. La principale difficulté consiste à « penser contre le cerveau », à faire « contre le déjà là » (Bachelard, 1938). Pour provoquer des transformations dans les théories naïves des enfants, il semble donc nécessaire de viser le noyau dur des conceptions. Dans la dernière partie de ce chapitre, nous allons nous pencher sur différentes méthodologies utilisées par les chercheurs qui revendiquent une appartenance au courant des domaines de connaissances afin d'évaluer les changements conceptuels et les obstacles qui peuvent les freiner.

VI. 3/ CHANGEMENT CONCEPTUEL ET DOMAINE DES CONNAISSANCES BIOLOGIQUES

Avant de présenter les études qui ont cherché à comprendre les mécanismes cognitifs impliqués dans les changements conceptuels en biologie, il nous semble nécessaire de prendre en considération les attentes de l'Education Nationale en termes d'apprentissage relatif au domaine du vivant. Nous présenterons donc, dans un premier temps, le programme de l'Education Nationale concernant les notions relatives aux sciences du vivant mais également à la temporalité abordées au cycle 1 et au cycle 2 qui recouvre la période de l'école maternelle, le CP et le CE1. La question de la temporalité nous semble d'importance car elle participe à la compréhension de l'effet du temps sur les êtres vivants (i.e., vieillissement) et pourrait constituer un obstacle au développement des conceptions biologiques enfantines.

Dans un deuxième temps, nous nous pencherons sur les études portant sur les remaniements conceptuels possibles en biologie. Ces différentes études proposent le plus souvent des méthodologies variées, révélant un positionnement théorique spécifique des conceptions de l'enfant et de ses potentialités d'apprendre. Cela nous amènera malgré tout à faire une large digression dans le domaine de l'astronomie pour présenter les travaux de Vosniadou et Brewer (1992) et ceux de Hayes, Goodhew, Heit et Gillan (2003) qui préfigurent une analyse originale des changements conceptuels à travers les modèles mentaux.

VI. 3. 1/ Les programmes scolaires

L'Education Nationale présente ses programmes scolaires dans le Bulletin Officiel[9]. Les éléments de programmes présentés ici datent de février 2002. Dès le cycle 1 (i.e., petite, moyenne et grande section de maternelle, soit entre l'âge de trois ans et six ans), l'Education Nationale propose de commencer à structurer les apprentissages des enfants suivant cinq grands domaines d'activité (i.e., le langage ; vivre ensemble ; agir, s'exprimer avec le corps ; découvrir le monde ; sensibilité, imagination, création) (Bulletin Officiel Hors Série, 2000). C'est à travers l'intitulé « découvrir le monde » que l'on retrouve les connaissances relatives aux sciences naturelles et donc au domaine du vivant. Concernant ce domaine, l'école se donne pour mission de permettre à l'enfant d'exercer sa curiosité en découvrant, au-delà de l'expérience immédiate, quelques-uns des phénomènes qui caractérisent la vie. C'est également le moment de lui fournir les repères pour ordonner les événements dans le temps qui passe et structurer les espaces qu'il explore. En lui permettant de distinguer le monde physique du monde vivant, elles lui offrent l'occasion de mieux connaître les besoins de son corps et de structurer ses actions dans l'univers qui est le sien. En maternelle, l'école met l'accent sur la prise de conscience de la diversité du monde vivant et des différents milieux en identifiant quelques unes des caractéristiques communes aux végétaux, aux animaux et à l'enfant lui-même. L'Education Nationale suppose que, par le biais des rapports privilégiés qu'entretiennent les jeunes enfants avec les animaux, ils sont amenés à découvrir rapidement certaines caractéristiques de la vie. Par ailleurs, elle présume que l'observation et la description de la nature, associées à la désignation des plantes et des animaux, seraient

[9] Bulletin Officiel de l'Education Nationale Hors Série n° 1 du 14 février 2002. Document consulté le 14 juin 2007 à l'adresse : http://www.education.gouv.fr/bo/2002/hs1/maternelle.htm

l'occasion d'aborder les grandes fonctions du vivant : croissance, nutrition, reproduction et locomotion.

Les compétences relatives au domaine du vivant et à la structuration du temps devant être acquises à la fin du cycle 1 concernent les étapes du développement d'un animal ou d'un végétal afin de les relier aux grandes fonctions biologiques : croissance, nutrition, locomotion et reproduction. Les enfants de maternelle doivent être capables de reconnaître le caractère cyclique de certains phénomènes en utilisant les repères relatifs aux rythmes de la journée, de la semaine et de l'année. En ce qui concerne le cycle 2 (fin de grande section de maternelle, CP, CE1, soit de l'âge de six ans à huit-neuf ans), les objectifs sont posés en ces termes : « dépasser leurs représentations initiales en prenant l'habitude de les confronter au réel » (B.O.H.S, 2000). Les compétences devant être acquises au cours du cycle 2 concernent l'identification des informations relatives au passé en la situant dans une suite chronologique pour la question de la temporalité. Pour ce qui est du domaine du vivant, il s'agit de pouvoir observer, identifier et décrire quelques caractéristiques de la vie animale et végétale : naissance, croissance, reproduction et locomotion et d'avoir compris et retenu ce qui distingue le vivant du non vivant en se référant aux manifestations de la vie : croissance, reproduction, besoins nutritifs (aliment, eau) et mode de déplacement.

Les attentes de l'Education Nationale envers les plus jeunes enfants sont relativement élevées compte tenu du temps consacré à l'enseignement de ces connaissances qui ne doit pas excéder trois heures trente par semaine (B.O.H.S, 2000). Les enfants devraient, dès le cycle 1, reconnaître les animaux et les végétaux comme des êtres vivants sur la base des propriétés biologiques. D'une manière surprenante, les attentes relatives au cycle 2 sont très proches de celles du cycle 1. La première remarque qui vient à l'esprit à la lecture de ce programme est qu'il ne semble correspondre ni au niveau des enfants, ni aux moyens mis à la disposition des enseignants pour envisager de couvrir l'ensemble de ces notions. Certes, il n'est pas rare de croiser un lapin ou une souris en cage dans une classe non loin de quelques pots d'où émergent de jeunes pousses de lentilles. Cependant, si les discussions et les manipulations qu'elles entraînent au sein de la classe permettent la présentation des notions les plus élémentaires, elles ne permettent en aucun cas de répondre aux exigences de maîtrise de ces notions comme le veut programme de l'Education Nationale. Les enseignants travaillent avec les enfants, souvent en petits groupes, afin de les sensibiliser au mieux aux mystères du vivant. Ils s'attachent sans doute à l'élaboration de liens entre, par exemple, la présence des racines à la base d'un oignon prêt à être planté et leur rôle dans l'absorption de l'eau pour le bon développement de la plante. Pour autant, que perçoivent les enfants ? Et surtout, qu'en

retiendront-ils ? L'effort est rarement effectué d'interroger en amont les conceptions premières et d'analyser les mécanismes cognitifs qui les présupposent afin de mettre en place un enseignement susceptible de faire évoluer les conceptions. Par ailleurs, comme l'ont montré Perucchini et Ronchi (2008) en ce qui concerne les notions de gravité et de cycle jours nuits, malgré leurs formations, les enseignants véhiculent également leurs propres conceptions intuitives des phénomènes scientifiques.

VI. 3. 2/ Les changements conceptuels et le conflit sociocognitif

William et Tolmie (2000) testent la meilleure manière de produire un changement conceptuel concernant la propriété biologique d'héritabilité par l'entremise de différentes formes de conflits, « cognitif » et « sociocognitif », chez des enfants âgés de huit et douze ans. Le conflit cognitif suppose la confrontation d'un enfant à une situation qui lui impose de dépasser ses conceptions. Cette confrontation entraîne un niveau élevé de conflit conduisant au déséquilibre des structures cognitives existantes (Piaget & Inhelder, 1972). Il résulte de ce conflit une réflexion individuelle et une rééquilibration des structures cognitives engendrant une avancée conceptuelle. Le conflit sociocognitif suppose que les progrès conceptuels ne sont pas le fruit d'une réflexion individuelle, mais de la résolution du conflit social à travers une construction commune et une internalisation de nouvelles conceptions pendant l'interaction (Doise & Mugny, 1981). Pour William et Tolmie (2000), des éléments de cognition propres aux différents domaines de connaissances influencent les opérations qui entrent en jeu dans les changements conceptuels. Ainsi, les avancées observées en physique ne seraient pas un gage de réussite pour le domaine de la biologie. Ils supposent que la biologie pourrait être un domaine de connaissance pour lequel de simples corrections sont suffisantes pour induire un changement. Ils s'appuient en cela sur les travaux de Springer (1995) qui a montré qu'il est possible d'agir sur les conceptions intuitives des enfants en leur fournissant des informations de base sur le développement prénatal du fœtus.

William et Tolmie (2000) utilisent une procédure test, intervention, post test pour mener leur étude. Selon leurs réponses à l'interview, les enfants sont répartis en proportion égale selon trois schémas d'intervention, soit ils possèdent le même type d'idée, soit des idées différentes, soit ils participent seuls à l'intervention. L'intervention, identique pour tous les enfants, consiste à réaliser une série de jugements à propos des propriétés acquises et innées sur la progéniture des animaux présentés. Ces propriétés sont décrites dans un livre à la disposition des enfants contenant des informations basiques sur l'héritabilité. Les enfants qui travaillent en groupe ont pour tâche de parvenir à trouver un consensus à la suite de leurs

discussions. Les résultats montrent que toutes les conditions permettent aux enfants de s'améliorer. Même lorsqu'ils travaillent seuls, les idées des enfants évoluent sur les dimensions du concept d'héritabilité. Cela montre que n'importe quelle forme de conflit permet un remaniement conceptuel. Les auteurs observent néanmoins que les remaniements conceptuels les plus conséquents sont observés dans les groupes, et en particulier dans ceux où les enfants possèdent des idées contradictoires qui permettent une variété plus importante et plus rapide de changements. Ainsi, les enfants seraient en mesure de relier les idées en débat dans le conflit aux théories existantes sur le sujet et d'articuler les modifications apportées par le débat à leurs théories.

VI. 3. 2/ Les changements conceptuels comme réélaboration des modèles de pensée

Une seconde voie d'étude des changements de conceptions est d'analyser les modèles de pensée des enfants pour en extraire les différentes étapes d'élaboration afin de leur proposer un apprentissage reposant sur les notions nécessaires au développement d'un système de pensée culturellement accepté (Vosniadou & Brewer, 1992 ; Hayes, Goodhew, Heit, & Gillan, 2003). Une série d'études développementales menées par Vosniadou et Brewer (1992) sur les conceptions de la forme de la Terre révèle que les interprétations des informations scientifiques sont souvent contraintes par une série de présuppositions établies (Vosniadou, 1994). Ces présuppositions contraignent leur vision du monde de par leur impact structurel. Les auteurs s'interrogent en effet sur la nature des conceptions intuitives des enfants à propos de la forme de la Terre en confrontation avec l'idée culturellement acceptée d'une Terre sphérique. Les auteurs déterminent une succession de modèles de pensée se rapprochant des représentations produites dans l'histoire de l'humanité entre l'âge de six ans et de onze ans.

L'analyse de l'évolution des modèles de pensée des enfants a également été suivie pour d'autres domaines de connaissance comme ceux de la géologie, de la mécanique et de la biologie (Kyrkos & Vosniadou, 1997 ; Archodidou & Jacobson, 1997, In. Vosniadou et al., 2001). Archodidou et Jacobson (1997) ont par exemple étudié l'évolution des conceptions en regard de la théorie darwinienne de l'évolution. Ils montrent que les modèles initiaux des étudiants sont insérés dans une structure explicative présentant des contraintes qui tirent leur origine de quatre types de présuppositions à propos de la nature des phénomènes biologiques : (a) l'essentialisme psychologique, (b) un déterminisme causal, (c) le fait que les animaux doués de sensations choisissent leurs actions, (d) la nature est conçue comme un système global nécessitant que chaque partie s'accorde avec les autres pour bien fonctionner.

L'élaboration des modèles de pensée confirme le processus graduel d'acquisition des connaissances. Vosniadou et al., (2001) discutent le fait que les conceptions intuitives sont difficiles à faire évoluer. Les auteurs font la distinction entre les croyances superficielles, assez facilement transformables, et les « présuppositions établies » ayant une construction théorique profonde et donc plus difficile à changer. Lors de l'apprentissage, il est important de distinguer les nouvelles informations qui vont dans le sens des croyances et celles qui sont contraires aux anciennes connaissances. Celles qui vont dans le sens des anciennes croyances seront incorporées plus facilement par une simple présentation. Celles qui vont à l'encontre des anciennes croyances nécessiteront davantage d'explications.

Dans cette optique, Hayes et al., (2003) mènent une étude à partir des travaux sur les représentations de la forme de la Terre de Vosniadou et Brewer (1992) dans laquelle ils font varier les situations d'apprentissage afin de déterminer l'importance de chacune des présuppositions faites par les enfants concernant le modèle théorique initial de la forme de la Terre. Ils proposent aux enfants une diversité de formes d'apprentissages basées sur la forme sphérique de la Terre et la notion de gravité, par des connaissances factuelles, des raisonnements analogiques et des raisonnements causaux. Ils cherchent à évaluer le rôle des nouvelles informations dans la construction et la modification des modèles théoriques en se basant sur un principe de diversité des informations fournies aux enfants. Ce principe suggère que, plus les prémisses proposées sont étendues, plus les conclusions tirées de ces prémisses seront appliquées à une large variété de phénomènes ou d'objets. L'intérêt de cette étude réside dans l'idée que, pour provoquer une évolution des théories naïves des enfants, il est nécessaire de prendre en considération les présuppositions régissant le noyau dur de leurs conceptions et de les stimuler conjointement à partir d'informations variées, que ce soit des connaissances factuelles, des analogies ou des raisonnements causaux. Stimuler les deux présuppositions inhérentes au modèle initial semble provoquer une synergie dans la compréhension de la forme sphérique de la Terre. Une question reste néanmoins en suspens quant au contenu de l'entraînement. Il est en effet impossible, à travers cette méthode, de déterminer le poids de chaque type d'information transmis (i.e., connaissance factuelle, analogie, raisonnement causaux).

VI. 3. 3/ Les changements conceptuels appréhendés sous l'angle des stratégies de raisonnement pour le domaine des connaissances biologiques

Il existe une autre série de travaux qui ont tenté d'envisager le problème des changements conceptuels en s'appuyant sur les caractéristiques des théories naïves. Ces

auteurs développent encore davantage l'idée que les conceptions intuitives sont structurées de manière cohérente pour un domaine de connaissances et qu'elles dépendent de stratégies de raisonnement qui lui sont spécifiques que les auteurs s'appuyant sur la théorie des modèle mentaux. L'intérêt de ces approches est de considérer de manière directe les liens entre la structure de pensée relative au domaine de connaissances et les remaniements envisageables pour ce domaine. En d'autres termes, les auteurs qui abordent cette question supposent que la clef des changements conceptuels tient moins à la forme de la présentation ou du type d'explications proposées qu'à des caractéristiques profondes des stratégies de raisonnement, des mécanismes cognitifs en jeu dans la construction des connaissances en ce qui concerne le domaine abordé. Nous retiendrons deux études particulièrement éclairantes pour cette approche, celle de Slaughter et Lyons (2003) et celle de Opfer et Siegler, (2004).

Opfer et Siegler (2004) développent un modèle de compréhension des processus impliqués dans les changements conceptuels reposant sur le raisonnement téléologique pour mettre en évidence la capacité de jeunes enfants (i.e., 5 ans) à déterminer que le statut d'être vivant s'applique aux animaux et végétaux. Le but des auteurs est d'essayer de déterminer la source des changements conceptuels qui, selon eux, fait cruellement défaut aux modèles de Carey (1985, 2000) et d'Inagaki et Hatano (1996, 2002). Opfer et Siegler (2004) soutiennent que la source des changements conceptuels relatifs au domaine biologique passe par la progression des stratégies de raisonnement qui lui sont spécifiques, et notamment par la compréhension que tous les êtres vivants agissent dans un but impliquant un mouvement autonome. Les auteurs postulent que les obstacles majeurs entretenant des conceptions erronées découlent des premières caractérisations de ce qui est vivant et de ce qui ne l'est pas. Ainsi, la présence d'indices perceptifs manifestes tels que l'existence d'un visage, la capacité de mouvement et l'agencement naturel typique des êtres vivants en opposition à celui des objets manufacturés seraient autant d'élaborations intuitives qui amèneraient les enfants à considérer les différences prototypiques entre les êtres vivants et les artefacts en provoquant chez eux un défaut d'attribution du caractère vivant aux végétaux (Gelman & Opfer, 2002 ; Richard & Siegler, 1986). L'absence, chez les végétaux, de mouvement dirigé dans un but pourrait être levée si l'on apprenait aux jeunes enfants la dimension héliotropique intrinsèque au monde végétal. La prise en compte de cette donnée devrait permettre aux enfants d'inférer que les végétaux, tout comme les êtres humains et les animaux, sont des êtres vivants. En effet, la confrontation avec des informations sur le mouvement dirigé dans un but chez les animaux et les végétaux devrait induire la mise en place de correspondances concernant les

différentes propriétés biologiques qu'ils partagent. Alors que l'extension de la conception enfantine d'être vivant s'instaure en positionnant les plantes au même niveau que les animaux, une partie centrale du concept de « mouvement dirigé dans un but » pourrait être opérationnelle bien avant son application aux végétaux. En effet, Opfer et Gelman (2001) ont montré qu'à partir de l'âge de cinq ans les enfants infèrent, sur la base du mouvement, que seuls les animaux sont vivants. A l'âge de dix ans, et chez les adultes, la même inférence permet de considérer les animaux et les plantes comme des êtres vivants. Par ailleurs, lorsque les enfants de cinq ans rencontrent une nouvelle entité, ils basent leur jugement sur sa capacité de mouvement autonome dirigé dans un but pour décider de son statut (Opfer, 2002). Ces données seraient la marque de la précocité de cette stratégie de raisonnement dans l'enfance. Cette présence favoriserait le double dépassement des contraintes relatives aux concepts de vivant et à la spécificité des végétaux pour atteindre le niveau nécessaire à leur inclusion dans cette catégorie.

L'objectif suivi par Opfer et Siegler en 2004 est d'identifier le type d'information qui pourrait aider les enfants à catégoriser les plantes et les animaux comme membres d'une seule et même catégorie. Pour ce faire, ils adaptent la procédure classique pré-test, intervention, post-test en remplaçant l'intervention par un feedback adapté à la condition dans laquelle se trouve l'enfant, un feedback sur le caractère vivant des entités, un autre sur une dimension téléologique propre à chaque type d'entité vivante et imaginaire pour les artefacts, un troisième sur leur potentiel de croissance et un quatrième sur l'élément nécessaire à la vie : l'eau. Il apparaît que les enfants qui intègrent l'idée que les plantes agissent dans un but généralisent cette propriété à de nouvelles entités et que cela les conduit à envisager que les végétaux sont des êtres vivants. Ceux qui apprennent que les plantes grandissent et ont besoin d'eau n'évoluent pas autant dans leur conception du statut d'être vivant que ceux qui apprennent qu'elles agissent dans un but. Il semblerait que l'inférence réalisée par les enfants soit supportée par l'idée que les animaux peuvent agir dans un but lorsque celui-ci est de maintenir un état homéostatique. Lorsqu'ils apprennent que les plantes agissent dans un but, ils procéderaient par analogie avec les animaux en comprenant que les plantes agiraient également dans le but de maintenir un état homéostatique. Par ce jeu d'inférences, les enfants intégreraient que les plantes présentent toutes les caractéristiques des êtres vivants. Opfer et Siegler (2004) rapportent en effet que les enfants qui parviennent à changer de conception par l'intermédiaire d'un raisonnement téléologique expliquent l'agentivité des plantes pour « vivre », « pour éviter la mort » ou « pour rester en bonne santé ». Les quatre formes de feedback examinées dans cette étude révèlent des variations interindividuelles importantes.

Cette étude ne permet pas d'avancer que les changements conceptuels suivent une seule voie monolithique et irréversible dans le domaine des connaissances biologiques.

Une autre recherche utilisant un paradigme « d'apprentissage » pour étudier les changements conceptuels au sein du domaine des connaissances biologiques a réussi à montrer combien il est fondamental de considérer les stratégies de raisonnement lorsque l'on cherche à comprendre les mécanismes responsables de l'évolution de la pensée. Slaughter et Lyons (2003) s'intéressent au développement du raisonnement vitaliste en lien avec les concepts de vie et de mort dans les conceptions d'enfants âgés de quatre à six ans relatives au corps humain. Elles s'appuient en cela sur les travaux de Jaakkola et Slaughter (2002) ayant montré que les enfants commencent à expliquer le fonctionnement du corps humain en termes de but pour maintenir la vie entre l'âge de quatre et six ans. Le but invoqué par les enfants prend la forme du maintien de la vie ou de l'évitement de la mort pour 33% des enfants âgés de quatre ans, 92% des enfants âgés de six ans, pour atteindre 100% des enfants âgés de huit et dix ans. Jaakkola et Slaughter (2002) utilisent le modèle de réponse des enfants pour les classer en « théoriciens de la vie » lorsqu'ils se réfèrent au maintien de la vie dans leurs explications du fonctionnement du corps humain. Les auteurs notent que les enfants qui commencent à raisonner en termes de vitalisme sont plus à même d'expliquer la spécificité de la fonction des organes que les enfants considérés comme des « non théoriciens de la vie ». Slaughter et Lyons (2003) interprètent le vitalisme comme un mode de construction théorique qui se rapproche de la téléologie car le but de tout être biologique serait de maintenir ses fonctions vitales. Dans cette optique, le raisonnement vitaliste serait le premier mode de compréhension typiquement biologique qui permettrait de considérer un domaine de connaissances biologiques de manière autonome. Les auteurs questionnent des enfants âgés de cinq ans sur les fonctions du corps humain et sur la mort grâce à une interview adaptée de Slaughter et al., (1999). Quarante enfants suivent ensuite un apprentissage sur le corps humain et les fonctions de différents organes dans le maintien de la vie. Le « groupe contrôle » se compose de vingt enfants ne participant pas à l'apprentissage. Les soixante enfants sont ensuite réinterrogés sur leurs connaissances du corps humain et de la mort en réutilisant les interviews éprouvées par Jaakkola (1997) et Slaughter et al., (1999). Ces interviews permettent de classer les enfants en « théoriciens de la vie » (TV) et « non théoriciens de la vie » (NTV).

Les résultats du post-test montrent que les enfants apprennent facilement à adopter une vision vitaliste du fonctionnement du corps humain. L'apprentissage coïncide également avec

un développement significatif de leur compréhension des fonctions des organes et des différentes composantes du concept de mort. Ainsi l'acquisition d'une structure explicative causale de type vitaliste sert à la structuration des concepts des enfants et facilite les apprentissages dans le domaine de la biologie. Les résultats indiquent que 95% des enfants qui étaient considérés comme NTV atteignent le niveau des TV suite à l'entraînement alors que c'est le cas pour seulement 20% des enfants du groupe contrôle. Slaughter et Lyons (2003) ont donc démontré qu'il était possible de s'appuyer sur ce mode de raisonnement pour promouvoir des changements de conceptions relatives à la mort et à la vie lorsqu'il était question du corps humain. La question qui se pose à la suite de leur étude est de savoir si le vitalisme, dont l'on connaît par ailleurs le rôle dans l'unification des différentes sous-catégories d'êtres vivants (i.e., végétaux, animaux et êtres humains), pourrait permettre l'évolution des conceptions de la propriété de mort pour les végétaux.

CONCLUSION

S'il est difficile de tenir compte de toutes les dimensions pouvant faire obstacle aux changements de conceptions dans l'enfance dans une seule étude, nous pouvons néanmoins utiliser les connaissances acquises à partir des études portant sur ces dimensions afin de simplifier ces changements conceptuels. Aussi nous retenons de l'étude de William et Tolmie (2000) que c'est dans des groupes opposant des idées contradictoires que s'élaborent les meilleurs remaniements de conceptions. Nous retenons de l'étude de Hayes et al., (2003) qu'il convient de multiplier les informations portant directement sur les obstacles aux changements de conceptions. Enfin nous retenons des études d'Opfer et Siegler (2004) et de Slaughter et Lyons (2003) l'importance de travailler sur les stratégies de raisonnement des enfants pour toucher directement au noyau dur des conceptions intuitives des jeunes enfants.

Le chapitre VII est consacré à notre dernière phase expérimentale. Elle a pour objectif d'évaluer les remaniements conceptuels relatifs à la mort des végétaux autour de l'âge de six ans suite à un entraînement. Nous avons choisi d'associer les déterminants des stratégies de raisonnement essentialiste et vitaliste dans l'entraînement que nous proposons aux enfants. Ce choix repose autant sur notre volonté de proposer des modes d'informations diversifiés que sur l'analyse des difficultés rencontrées pendant l'enfance pour concevoir la mort comme une propriété pouvant être appliquée aux végétaux.

CHAPITRE VII. Conceptions intuitives enfantines et apprentissage scientifique

INTRODUCTION

Les études sur les changements conceptuels ont mis en avant la difficulté que peuvent représenter les conceptions intuitives des enfants face à des apprentissages scientifiques lorsqu'elles sont construites en opposition aux savoirs formels proposés à l'école (Vosniadou et al., 2001 ; Keil, 2007 ; Perucchini et al., 2008). Par ailleurs, ces études ont montré que les théories élaborées pendant l'enfance influencent encore les modes de pensées des adultes. Les éducateurs, confrontés quotidiennement aux résistances conceptuelles des enfants, considèrent désormais l'apprenant comme une personne qui essaye d'intégrer les nouvelles informations qui lui sont transmises à travers ses propres « filtres » de compréhension du monde (Giordan, 1998). Plusieurs tentatives émanant de différents courants théoriques (i.e., théories des modèles mentaux, theory theory) ont cherché à évaluer les obstacles pouvant expliquer les résistances des enfants à intégrer de nouvelles informations afin de proposer des entraînements touchant directement aux fondements des conceptions intuitives des enfants (William & Tolmie, 2000; Hayes et al., 2003 ; Opfer & Siegler, 2004 ; Slaughter & Lyons, 2003). Il nous semble que l'approche la plus pertinente est celle des « theory theory » développée dans les études d'Opfer et Siegler (2004) et de Slaughter et Lyons (2003) car elle suppose que les conceptions intuitives des enfants dépendent tout autant des connaissances formelles de ceux-ci que des stratégies de raisonnement qui fondent l'organisation de ces connaissances sous forme de théorie. Par ailleurs, ce modèle conçoit l'organisation de ces conceptions en domaine de connaissances impliquant que les stratégies de raisonnement élaborées pour le domaine des connaissances biologiques sont spécifiques à ce domaine (Gopnik & Wellman, 1994 ; Wellman & Gelman, 1992, 1998).

L'objectif principal de notre dernière expérimentation est d'évaluer les remaniements envisageables des conceptions intuitives enfantines relatives à la mort des végétaux par le biais d'un entraînement s'appuyant sur les déterminants vitaliste et essentialiste de ces stratégies de raisonnement biologique. Pour ce faire, nous avons choisi d'adapter la procédure de Slaughter et Lyons (2003) en utilisant le questionnaire présenté dans notre première étude afin d'établir deux niveaux d'élaboration des théories naïves biologiques des enfants. De cette

manière, nous cherchons à évaluer l'effet de « l'expertise » des enfants en fonction de l'entraînement que nous leur proposons.

VII. 1/ PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

VII. 1. 1/ Problématique

Les conceptions intuitives enfantines des végétaux reposent sur certaines caractéristiques (i.e., la typicalité des plantes, l'absence de mouvement, leur structure perceptive) qui laissent supposer une difficulté d'intégration de la sous-classe des végétaux à la catégorie des êtres vivants. Par ailleurs, le concept de mort est plus difficile à attribuer aux végétaux qu'aux animaux, là encore pour des raisons structurelles propres aux plantes, leur diversité, leur longévité ou la ténacité des mauvaises herbes (Nguyen & Gelman, 2002).

Les études relatives à l'élaboration des stratégies de raisonnement biologique pendant l'enfance considèrent la croyance en une force vitale comme un passage obligé du développement des conceptions biologiques (Inagaki & Hatano, 1996 ; Slaughter et al., 1999 ; Morris et al., 2000). Toutefois le raisonnement téléologique pourrait également permettre de relier les différentes sous- catégories d'êtres vivants entre elles (Keil, 1994 ; Gelman & Opfer, 2002 ; Opfer & Siegler, 2004). Cependant la formulation téléologique « libre » inspirée des travaux de Kelement (1999a, 1999b) proposée aux enfants de notre étude, ne nous permet pas de nous appuyer sur cette stratégie de raisonnement pour faire évoluer les conceptions des enfants. Le raisonnement essentialiste semble nettement plus adapté compte tenu des résultats obtenus lors de notre première investigation des conceptions intuitives des enfants âgés de six ans et de dix ans. Rappelons que cette stratégie de raisonnement était majoritaire à l'âge de six ans. Par ailleurs, l'étude que nous avons menée sur l'expertise biologique chez l'adulte indiquait une utilisation prédominante de cette stratégie de raisonnement quelle que soit le type d'étude suivie par les sujets.

Afin de répondre à nos objectifs, nous nous interrogeons sur la possibilité d'évolution des conceptions intuitives dans le domaine de connaissances biologiques autour de l'âge de six ans lorsqu'il s'agit de décider, d'expliquer et de raisonner sur le caractère mortel des végétaux suite à un entraînement reposant sur les stratégies de raisonnement biologiques (i.e., vitalisme et essentialisme).

VII. 1. 2/ Hypothèses générales

L'expérimentation est réalisée auprès d'enfants de GSM âgés de 5 ans et demi et de CP âgés de 6 ans et demi. Nous avons délibérément choisi de comparer deux populations proches en termes d'âges afin d'obtenir le meilleur aperçu possible de l'organisation des conceptions biologiques et de leur évolution autour de l'âge de six ans. Plusieurs auteurs considèrent qu'à cet âge une pensée biologique émergerait à travers le raisonnement vitaliste (Inagaki & Hatano, 2002 ; Poling & Evans, 2002). En nous focalisant sur cette période du développement, nous espérons caractériser l'apparition de ce raisonnement. Par ailleurs, Nguyen et Gelman, (2002) ont montré que la compréhension du concept de mort se développerait entre l'âge de quatre ans et six ans. Les enfants âgés de six ans appliqueraient certaines des composantes du concept de mort, notamment l'inévitabilité, bien que les auteurs précisent dans leur conclusion qu'il est délicat de parler à cet âge d'une compréhension pleinement biologique de la propriété de mort. Malgré la proximité développementale, nous envisageons que les enfants âgés de six ans et demi devraient posséder des conceptions plus conformes au domaine biologique que les enfants âgés de cinq ans et demi. Aussi nous supposons qu'à niveau d'expertise équivalent, qu'ils se montreront davantage sensibles à l'entraînement.

Notre seconde hypothèse porte sur la capacité des enfants à se saisir de l'entraînement qui leur est proposé en fonction de leur niveau d'expertise. Nous attendons une interaction entre le niveau d'expertise et l'entraînement. Plus précisément, nous supposons que seuls les enfants qui possèdent déjà un embryon de conceptions biologiques structurées (théoriciens de la vie) devraient profiter de l'entraînement, alors que les enfants dont les connaissances portant sur ce domaine sont pour l'heure structurées mais pas de manière spécifique au domaine du vivant (non théoriciens de la vie) seront résistants à l'entraînement.

VII. 2/ METHODE

VII. 2. 1/ Participants

Cette étude a été menée sur 71 enfants de GSM et 77 enfants de CP. L'âge moyen au pré-test pour les GSM est de 5,4 ans (min = 5 ans ; max = 5,9), pour les CP de 6,4 ans (min = 6 ans ; max 6,9 ans). L'âge moyen au post-test pour les GSM est de 5,7 ans (min = 5,3 ans ; max = 6,2), pour les CP de 6,7 ans (min = 6,3 ans ; max = 7,2). Chaque enfant est vu individuellement dans une pièce au calme au sein de son école. Les enfants sont interrogés

avec l'accord de l'inspecteur d'académie, du directeur et des instituteurs des écoles et des parents. Les enfants sont issus d'écoles maternelles et primaires de la ville de Reims. Ce sont les écoles élémentaires Jean Moulin, Clairmarais, Voltaire et Anquetil ainsi que les écoles maternelles Anquetil, Sculpteurs Jacques, Sully et Tournebonneau.

A l'issue du pré-test, les enfants sont divisés en TV et NTV selon les résultats obtenus à la fois pour la généralisation du concept de mort et pour les stratégies de raisonnement. Le but de cette division est de pouvoir proposer l'entraînement aussi bien à des enfants possédant les caractéristiques d'une pensée biologique (TV+E) qu'aux enfants qui en semblent encore éloignés (NTV+E). Nous avons choisi d'associer ces deux critères afin de respecter au mieux les deux principes constitutifs des théories naïves. Pour la question relative à la généralisation, un ratio est calculé en faisant la moyenne sur les six végétaux présentés. Nous calculons ensuite la médiane par classe d'âge afin de déterminer les enfants qui attribuent le plus le concept de mort à l'ensemble des exemplaires et diviser nos populations en parties égales. Pour la question relative aux stratégies de raisonnement, nous calculons cette fois un ratio entre les raisonnements les plus susceptibles d'expliquer la mort des végétaux (i.e., vitalisme et essentialisme) et les raisonnements les moins susceptibles d'en rendre compte (i.e., les distracteurs que nous pouvons assimiler à une forme de pensée magique, l'intentionnalité et la téléologie). Là encore, nous calculons la médiane afin de déterminer les enfants qui privilégient le vitalisme et l'essentialisme pour expliquer la mort des végétaux et ainsi scinder nos deux populations en parties égales.

Concernant la généralisation, la moyenne du ratio (R1) des enfants de GSM se situe à 0.41, la médiane à 0.33. Pour les CP, la moyenne se situe à 0.63 et la médiane à 0.67. Concernant les stratégies de raisonnement, la moyenne du ratio (R2) des GSM se situe à 0.21 et la médiane à 0.17. Pour les CP, la moyenne se situe à 0.2 et la médiane à 0.18. Trente-huit enfants de GSM sur 71 présentent les deux critères de décisions pour être considérés comme TV. Trente-huit enfants de CP sur 77 présentent les deux critères d'appartenance à la population des TV.

Afin de vérifier l'indépendance des variables âge et expertise, nous nous sommes assuré que les théoriciens de la vie de grande section de maternelle étaient plus experts que les non théoriciens de la vie de CP. Nous avons donc calculé un t de Student en considérant le score obtenu aux deux ratios comme variables dépendantes et la nature des groupes (GSM TV et CP NTV) comme variable indépendante. Concernant le premier ratio, le calcul du t de Student indique une différence significative entre nos deux groupes (t (75) = 2,31 ; p <0,02).

Concernant le deuxième ratio, le calcul du t de Student indique là aussi une différence significative entre nos deux groupes (t (75) = 2,67 ; p <0,009).

Comme le montre la figure 7, les pourcentages moyens des ratios (R1 = 54,74 ; R2 = 27,32) permettant de considérer que les enfants de GSM peuvent être catégorisés comme TV sont supérieurs à ceux des enfants de CP catégorisés comme NTV (R1 = 44,41 ; R2 = 17,1). Les différences significatives obtenues sur les deux ratios grâce au calcul du t de Student confirment donc la validité de notre catégorisation des enfants dans ces groupes. Nous sommes donc en mesure de considérer que les critères choisis sont pertinents pour la composition de nos groupes expérimentaux.

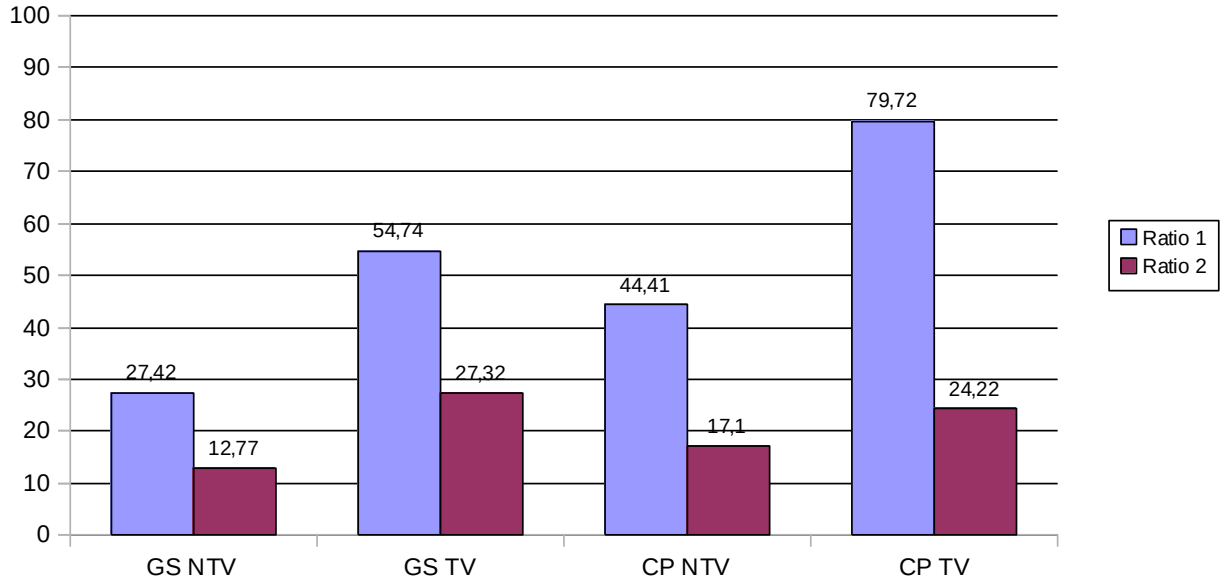


Figure 5. Pourcentage moyen de réponses aux ratios de généralisation (R1) et de stratégies de raisonnement (R2) par classe d'âge et par groupe.

VII. 2. 2/ Matériel

Le matériel servant au questionnaire se compose de 6 planches de 15x15cm de côté représentant des végétaux pour le pré-test et de 9 planches pour le post-test, les six planches initiales plus trois nouvelles représentant des végétaux atypiques. Elles se répartissent selon deux catégories en fonction de leur typicalité, établie d'après Meunier et Cordier (2004). Ainsi, la plante d'intérieur, l'arbre et la fleur ont été considérés comme des végétaux typiques contrairement au cactus, à l'algue et à l'herbe, considérés comme atypiques. Au post-test trois plantes atypiques ont été ajoutées une planche de lichen, une de mousse et une de plante carnivore (voir en annexe n° 14).

Le matériel servant à l'entraînement se compose de deux posters[10] 120 x 80 cm (voir en annexe n° 15) accompagnés d'un discours (voir en annexe n° 16) sur les caractéristiques et la fonction des parties vitales de l'arbre. Le discours est inspiré d'un manuel de biologie ainsi que des fiches techniques de la « main à la pâte » et des connaissances sur le domaine biologique qui sont censées être apprises à l'école par les enfants. Le premier poster présente un arbre dont les racines sont visibles par transparence dans le sol. Par un système de scratchs, les enfants découvrent l'intérieur des trois parties vitales de l'arbre (les racines, le tronc et les feuilles). Nous leur demandons alors de décrire l'intérieur de l'arbre, puis nous leur exposons l'essentiel de l'activité de chacune des parties. Le second poster se divise en six images retraçant les différentes étapes du développement de l'arbre. Il nous permet d'insister sur le rôle du vieillissement et d'introduire le concept de mort.

VII. 2. 3/ Procédure

Critères de décision du KABC-II.

Afin de s'assurer de la capacité de raisonnement des enfants, nous leur avons fait passer deux subtests du KABC-II préalablement au questionnaire. Nous avons choisi un subtest nécessitant un raisonnement verbal, « des devinettes », et un subtest nécessitant un raisonnement non verbal, « des séquences logiques ». En effet, dans ces deux épreuves, les enfants doivent être capables d'extraire une information à partir de prémisses et de la traiter correctement afin de trouver la bonne réponse. L'objectif est de s'assurer que les défauts de raisonnements produits lors du questionnaire sur la mort des végétaux ne sont pas dus à une déficience plus générale de raisonnement. L'association des deux subtests est pertinente afin de ne pas disqualifier des enfants plus faibles dans l'une ou l'autre forme de raisonnement. Cette phase préliminaire nous permet d'écarter les enfants dont les scores sont inférieurs à un écart-type en dessous de la moyenne pour les deux subtests. La moyenne est de 10 points, l'écart-type est de 3 points. Tous les enfants qui présentent un score inférieur à 7 points pour les deux subtests ne sont pas pris en compte dans la population évaluée sur les théories naïves biologiques. Cela représente 17 enfants (10 enfants de CP et 7 enfants de GSM) sur une population initiale de 176 enfants.

Principes du questionnaire

[10] Ce travail a été réalisé en collaboration avec Frédéric Garcés, directeur de l'agence L'illustrateur, à Reims.

Le questionnaire est identique à celui proposé aux adultes dans le chapitre V. Nous avons uniquement adapté la procédure permettant de mesurer le degré d'accord des participants avec les stratégies de raisonnement. Nous avons construit une boîte avec un curseur entouré de sept smileys afin de rendre l'évaluation plus ludique. Le questionnaire est proposé aux enfants en deux parties. La première partie concerne les deux premières questions relatives à la généralisation et aux raisonnements spontanés. La deuxième partie concerne les questions relatives aux stratégies de raisonnement causal. Les enfants sont encouragés à répondre à toutes les questions du mieux qu'ils peuvent et ils sont assurés qu'il n'y a ni bonne ni mauvaise réponse. Nous les prévenons qu'ils ne sont pas obligés de répondre à toutes les questions, et surtout qu'ils ont le droit de ne pas savoir. Enfin nous les assurons qu'ils sont libres de s'arrêter à n'importe quel moment.

Principes de l'entraînement

L'entraînement a lieu à l'école par petits groupes de trois ou quatre enfants. Il se déroule dans une salle au calme, à l'écart de la classe. Chaque séance est proposée à deux reprises un mois et demi après le pré-test afin de s'assurer de la disponibilité de chacun et de permettre la répétition des notions à retenir. La durée de l'entraînement est d'environ une demi-heure. L'objectif est d'amener les enfants à concevoir que les végétaux peuvent mourir en évoquant avec eux les principaux déterminants de la vie d'un arbre par des éléments de réflexion vitaliste et essentialiste. L'entraînement est organisé autour des notions qui se sont révélées pertinentes ainsi que des difficultés exprimées par les enfants et les adultes de nos études antérieures pour concevoir que les végétaux peuvent mourir. La typicalité semble constituer un obstacle majeur chez les enfants de 6 ans. L'explication de la fonction de chacune des parties est l'occasion d'insister sur leur caractère universel pour cette catégorie d'être vivant. Nous expliquons que tous les végétaux obéissent aux mêmes lois biologiques en dépit de leurs différences de structure, de développement et de milieu de vie. Le rôle des feuilles ou celui de la sève permet par exemple l'introduction de la notion de respiration. Les causes supra-ordonnées du concept de mort (i.e., l'universalité, inévitabilité et la finalité) sont également introduites lors de l'évocation de la vieillesse et de la mort.

Un seul expérimentateur rencontre les enfants afin que l'entraînement soit identique pour tous. Une attention toute particulière est accordée à la participation équitable de chacun. Nous débutons par la formulation claire de ce qui va être exposé aux enfants. Nous leur précisons qu'il est important qu'ils soient attentifs à l'histoire qui leur sera contée ainsi qu'aux posters. Nous leur expliquons qu'il leur sera demandé de raconter une partie de l'histoire de

manière individuelle et collective et que nous leur demanderons de faire un dessin de ce qu'ils auront appris.

Les parties présentées sont toujours traitées dans le même ordre afin de proposer à tous les enfants un entraînement identique. Nous leur présentons les parties vitales de l'arbre en insistant sur leur fonctionnement interne et l'apport indispensable de nourriture pour ce fonctionnement et le maintien de son homéostasie. L'entraînement insiste sur le rôle de chaque partie au niveau local mais également de manière globale lorsque toutes les parties ont été exposées. Une fois cette première étape franchie, l'expérimentateur replace chacune des parties et demande aux enfants de rappeler le discours correspondant : « Est-ce que tu pourrais ouvrir de nouveau cette partie et nous dire ce qu'on y trouve et à quoi ça sert ? ». Si l'enfant exprime des difficultés à se remémorer le nom ou la fonction de sa partie, l'expérimentateur fait appel au groupe pour essayer de retrouver les éléments manquants. En dernier recours, l'expérimentateur complète le discours des enfants. Même si l'information est correcte, l'expérimentateur en profite pour répéter à nouveau les informations. L'expérimentateur propose aux enfants de dessiner l'intérieur des trois parties de l'arbre sur une feuille où son contour est déjà présent : « Est-ce que vous pourriez remplir le dessin avec les choses nouvelles que vous avez apprises sur l'arbre aujourd'hui ? ». Avant de quitter les élèves, l'expérimentateur leur rappelle qu'il les rencontrera une dernière fois individuellement pour leur poser à nouveau des questions sur les végétaux.

RESULTATS

Nous présentons les résultats de la même manière que dans les chapitres IV et V, soit en présentant d'abord les résultats relatifs à la généralisation de la propriété de mort aux végétaux, puis en présentant les justifications produites pour expliquer cette propriété et enfin en présentant le degré d'accord des participants avec les stratégies de raisonnement proposées. Pour chaque question, nous présentons les résultats des enfants au pré-test puis en fonction de l'évolution des résultats entre le pré-test et le post-test.

VII. 3/ GENERALISATION DU CONCEPT DE MORT AUX VEGETAUX

VII. 3. 1/ Méthode

Pour mémoire, la première question du questionnaire porte sur la généralisation de la propriété biologique de mort aux différents exemplaires de végétaux : « A ton avis, est-ce que X pourrait mourir ? ». Elle appelle une réponse sous la forme OUI/NON. Lorsque les enfants n'arrivaient pas à se prononcer, nous avons considéré l'absence de réponse comme une réponse négative. La présentation des exemplaires a été randomisée afin d'éviter un effet d'ordre.

Codage

Un score de 1 est attribué si le participant pense que la plante peut mourir. Pour chaque catégorie typique ou atypique le score maximum est de 3 et le score minimum de 0 au pré-test. Au post-test, le score maximum est de 3 points pour la catégorie typique et de 6 points pour la catégorie atypique, le score minimum de 0. Afin de comparer le pré-test au post-test, nous avons réalisé des moyennes pour chaque participant en fonction des catégories de végétaux.

Hypothèses opérationnelles

Au pré-test, nous nous attendons à un effet d'âge, les CP devant plus généraliser que les GSM, un effet de la typicalité, les végétaux typiques devant donner lieu à plus de généralisation que les végétaux atypiques, ainsi qu'un effet d'interaction entre les deux : les CP devraient être moins influencés par la typicalité que les GSM.

En ce qui concerne la comparaison entre le pré-test et le post-test, nous nous attendons à un effet d'interaction entre l'entraînement, le temps et la typicalité uniquement pour les enfants qui présentent un embryon de connaissances biologiques structurées (TV), les théoriciens de la vie qui participent à l'entraînement devant généraliser la propriété de mort davantage que les théoriciens de la vie sans entraînement notamment pour les végétaux atypiques.

VII. 3. 2/ Résultats au pré-test relatif à la généralisation de la propriété de mort

Le score moyen de réponses affirmatives attribuées aux différents exemplaires selon leur typicalité a été utilisé comme variable dépendante dans une analyse de variance incluant deux variables indépendantes, l'âge comme facteur interindividuel et la typicalité des exemplaires par catégorie comme facteur intra-individuel.

Tableau 29. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types de généralisation en fonction de l'âge au pré-test.

Typicalité	Âge	Ecart-type	Pourcentage (%)
Items typiques	5 ans ½	31,5	62
	6 ans ½	20,6	84,85
Items Atypiques	5 ans ½	30,8	22,1
	6 ans ½	34,4	38,96

Il n'existe pas d'interaction entre l'âge et la typicalité des exemplaires. Cependant nous observons un effet principal de l'âge (F (1, 146) = 25,3 ; $p < .001$) qui nous indique que, sur la globalité des items, les enfants de GSM ont moins tendance à attribuer le concept de mort aux végétaux que les enfants de CP. En outre, nous observons un effet de la typicalité (F (1, 146) = 221,5 ; $p < .001$). Cela nous permet d'avancer que nos deux populations attribuent le concept de mort davantage aux items typiques qu'aux atypiques. Nous vérifions partiellement nos hypothèses opérationnelles. En effet, les enfants de CP généralisent davantage la propriété de mort que les enfants de GSM et ce que les plantes soient typiques ou atypiques. En revanche, les deux classes d'âge sont fortement influencées par la typicalité des exemplaires, nous ne confirmons donc pas notre hypothèse relative à une influence plus importante de la typicalité des végétaux chez les GSM que chez les CP.

VII. 3. 3/ Evolution des résultats entre le pré-test et le post-test relatifs à la généralisation de la propriété de mort

Nous nous intéressons maintenant uniquement à l'effet de l'entraînement sur les conceptions des enfants. Nous avons réalisé une analyse de variance avec les groupes considérés comme équivalents en regard de l'entraînement (NTV vs NTV + E ; TV vs TV + E) pour chaque classe d'âge. Le score moyen de réponse affirmative attribué au pré-test et au post-test a été utilisé comme variable dépendante. L'analyse de variance inclut trois variables indépendantes, le « temps » du recueil des conceptions des enfants, l'entraînement et la typicalité des végétaux. Ces analyses permettent de tester les hypothèses relatives à la résistance des théories naïves à un « apprentissage scientifique ».

Tableau 30. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types de généralisation entre le pré-test et le post-test pour les NTV de GSM.

Groupes	% pré-test		Ecarts-types		% post-test		Ecarts-types	
	typ	atyp	typ	atyp	typ	Atyp	Typ	Atyp
NTV	47,9	16,65	27,1	27,2	75	43,75	28,5	33,8
NTV+E	35,3	9,8	24,9	19,6	74,5	37,25	36,4	29,8

L'analyse de variance indique un effet du temps (F (1, 31) = 25,7 ; p < 0,001) suggérant que l'ensemble des enfants progressent entre le pré-test et le post-test, un effet de la typicalité (F (1, 31) = 41,7 ; p < .001) suggérant que la propriété de mort est davantage généralisée aux végétaux typiques qu'atypiques par tous les NTV de GSM. Comme nous nous y attendions, nous n'observons pas d'effet de l'entraînement ni d'interaction entre l'entraînement, le temps et la typicalité.

Tableau 31. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types de généralisation entre le pré-test et le post-test pour les TV de GSM.

Groupes	% pré-test		Ecarts-types		% post-test		Ecarts-types	
	typ	atyp	typ	atyp	typ	Atyp	Typ	Atyp
TV	80,95	30,15	27	34,8	92	55,5	14,5	35,9
TV+E	78,43	29,4	20	35,1	98	52	8	22,7

L'analyse de variance réalisée indique là aussi un effet du temps (F (1, 36) = 21 ; p < .001) ainsi qu'un effet de la typicalité (F (1, 36) = 133,5 ; p < .001) montrant que, chez l'ensemble des enfants, la généralisation s'intensifie entre le pré-test et le post-test et que les végétaux typiques induisent plus de généralisation que les végétaux atypiques quel que soit le temps du recueil des données ou le groupe considéré. Nous ne vérifions ni notre hypothèse relative à l'entraînement ni notre hypothèse relative à l'interaction entraînement, temps et typicalité.

Tableau 32. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types de généralisation entre le pré-test et le post-test pour les NTV de CP.

Groupes	% pré-test		Ecarts-types		% post-test		Ecarts-types	
	typ	atyp	typ	atyp	typ	atyp	typ	Atyp
NTV	70,2	15,8	27	20,4	82,55	36,8	20,4	27
NTV + E	81,67	10	17	15,7	91,7	42,5	18,3	28,85

L'analyse de variance réalisée indique un effet du temps (F = (1, 37) = 23,5 ; p < .001) ainsi qu'un effet de la typicalité (F (1, 37) = 288,1 ; p < .001) et une interaction entre ces deux facteurs suggérant que NTV de CP généralisent davantage au post-test qu'au pré-test en particulier pour les végétaux atypiques. Il ne ressort pas d'interaction entre l'entraînement, le temps et le typicalité confirmant notre hypothèse selon laquelle les NTV ne possèdent pas de connaissances biologiques suffisamment structurées pour se saisir de l'entraînement.

Tableau 33. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types de généralisation entre le pré-test et le post-test pour les TV de CP.

Groupes	% pré-test		Ecarts-types		% post-test		Ecarts-types	
	typ	atyp	typ	atyp	typ	atyp	typ	Atyp
TV	92,6	67	14,3	25,3	94,4	55,5	17,2	33,8
TV+E	95	68	12,2	25,3	100	78,3	0	23

L'analyse de variance réalisée indique un effet de l'entraînement (F (1, 36) = 5,5 ; p < .02), suggérant que les enfants participant à l'entraînement généralisent davantage que ceux qui n'y participent pas, un effet de la typicalité (F (1, 36) = 51,8 ; p < .001) suggérant que la propriété de mort est davantage généralisée aux végétaux atypiques qu'aux végétaux typiques, ainsi qu'un interaction marginale entre le temps et l'entraînement (F (1, 36) = 3,4 ; p < .07), suggérant que les enfants bénéficiant de l'entraînement progressent davantage entre le pré-test et le post-test que les enfants ne bénéficiant pas d'entraînement. Nous ne vérifions pas notre hypothèse relative à l'interaction entre l'entraînement, le temps et la typicalité.

Pris dans leur globalité, ces résultats ne confirment que partiellement notre hypothèse relative à l'influence de l'expertise sur la possibilité d'opérer des changements conceptuels conséquents. En effet, l'interaction observée entre le temps et l'entraînement chez les TV de

CP n'est que marginale, par ailleurs, les TV de GSM sont insensibles à l'entraînement. L'hypothèse développementale semble se vérifier puisqu'il apparaît que seuls les enfants de CP ayant des connaissances structurées de manière spécifique au domaine sont en mesure de se saisir des informations délivrées lors de l'entraînement. L'hypothèse relative à la résistance des théories naïves n'est que partiellement vérifiée. Il semble en effet délicat de la valider totalement car, bien que les NTV ne progressent ni en GSM ni en CP, l'entraînement est uniquement efficient pour les TV de CP.

VII. 4/ JUSTIFICATIONS PROPOSEES POUR EXPLIQUER LA MORT DES VEGETAUX

VII. 4. 1/ Méthode

Pour mémoire, la deuxième question du questionnaire porte sur la compréhension du concept de mort. Si le participant choisissait de répondre par une affirmation à la question de généralisation, nous lui demandions : (question n°2 : « Est-ce que tu peux m'expliquer pourquoi tu penses que X pourrait mourir? », « Qu'est-ce qui, selon toi, pourrait faire mourir X? »). Si le participant choisissait de répondre par une négation, nous lui demandions : (n°2 : « Est-ce que tu peux m'expliquer pourquoi tu penses que X ne pourrait pas mourir? », « Qu'est-ce qui, selon toi, fait que X ne pourrait pas mourir? »). Pour cette deuxième question ouverte, était attendue une réponse libre impliquant une analyse de contenu.

Codage

Les explications libres de la propriété biologique ont été distribuées au sein de six catégories de réponses (voir en annexe n° 4). Les participants produisant plusieurs types d'explications, les réponses ont été pondérées par exemplaire. Nous avons ensuite ajouté les scores obtenus sur l'ensemble des exemplaires pour chaque catégorie afin de calculer un X^2. Pour une meilleure lisibilité graphique des résultats, les scores globaux ont été transformés en pourcentages.

Afin de nous assurer de la pertinence de la cotation réalisée, nous avons opéré un double codage des réponses des enfants au pré-test. Deux étudiantes de deuxième année de master recherche ont participé à cette tâche dans le cadre d'un stage de laboratoire. Elles ont chacune coté une école pour chaque classe d'âge, de sorte que nous obtenons quatre comparaisons entre la cotation de l'expérimentateur principal et les étudiantes. Concernant les enfants de GSM, les coefficients inter-juges atteignent 80 et 90% de fidélité (Kappa de Cohen

= 0,65 (n=17) et, 1,14 (n=22)). Concernant les enfants de CP, les coefficients inter-juges atteignent 70 et 75% de fidélité (Kappa de Cohen = 0,44 (n=11) et, 0,67 (n=28)). Les coefficients de fidélité inter- juges sont établis d'après la table "Critical values for standardized Kappa statistic" reproduite en annexe n° 17 (Gwet, 2001). Il est courant de considérer que les coefficients de fidélité inter- juges sont jugés " bons" s'ils sont compris entre 61 et 80% et, comme "excellent" entre 81 et 100%.

Hypothèses opérationnelles

Concernant les justifications produites au pré-test nous nous attendons à un effet de l'âge, les enfants de CP devant proposer davantage d'explications possibles et d'explications internalistes que les enfants de GSM, à un effet de la typicalité, les végétaux typiques devant entraîner davantage d'explications possibles et internalistes que les végétaux atypiques.

Concernant l'évolution des justifications entre le pré-test et le post-test nous nous attendons à un effet de l'entraînement, les enfants participant à l'entraînement devant proposer davantage d'explications possibles et internalistes que les enfants n'y participant pas.

VII. 4. 2/ Résultats relatifs aux explications spontanées de la propriété de mort au pré-test

Nous avons réalisé deux types de comparaisons afin de répondre à nos deux hypothèses opérationnelles. La première postule une différence globale entre les schémas explicatifs des enfants de cinq ans et demi en GSM et de six ans et demi en CP, ces derniers devant produire davantage d'explications possibles et internes que les enfants de GSM. La seconde postule que, pour chaque classe d'âge, les enfants devraient produire davantage d'explications possibles et internes pour les végétaux typiques que pour les végétaux atypiques.

Tableau 34. Pourcentages des justifications par âge et par catégorie au pré-test.

Catégories	Végétaux Typiques		Végétaux Atypiques		Ensemble des végétaux	
	GSM	CP	GSM	CP	GSM	CP
Autres	26,67	17,93	63,39	48,07	41,43	33,01
IHA	17,59	22,77	9,11	16,24	14,18	19,5
Csce. Glo.	17,09	17,21	16,22	14,59	16,74	15,9
MEV	17,69	25,25	8,63	13,94	14,05	19,59
C. I.	10,47	11,34	1,59	4,19	6,9	7,76
C. S. O.	10,49	5,5	1,05	2,96	6,7	4,23

Une analyse des justifications des enfants grâce à un calcul du khi-carré permet de penser que les enfants de GSM et de CP n'invoquent pas les même causes pour expliquer la mort des végétaux ($\chi^2_5 = 17,75$; $p < .01$). Cette différence existe aussi bien pour les végétaux typiques ($\chi^2_5 = 15,13$; $p < .01$) que pour les végétaux atypiques ($\chi^2_5 = 17,63$; $p < .01$). Afin de préciser la nature des justifications de chaque classe d'âge, nous avons effectué une comparaison par paire entre la catégorie « Autres » qui regroupe l'absence de réponse et les réponses erronées et la catégorie « explications possibles » qui regroupe les catégories restantes, soit l'ensemble des catégories impliquant une explication de la propriété. Cette analyse montre que les réponses possibles sont nettement plus importantes à 6 ans et demi (66,99%) qu'à 5 ans et demi (58,47%) ($\chi^2_1 = 8,05$; $p < .01$). Nous avons également effectué une comparaison par paire entre les catégories « Externes » et « Internes », le calcul du khi-carré n'indique pas de différence entre les GSM et les CP concernant ce facteur.

Nous avons ensuite réalisé une analyse des justifications des enfants au pré-test pour chaque classe d'âge afin de répondre à notre hypothèse pour ce qui est du rôle de la typicalité des végétaux dans l'élaboration du domaine de connaissances biologiques. Concernant les GSM, l'analyse montre que les enfants n'utilisent pas le même type de justification pour les végétaux typiques et atypiques ($\chi^2_5 = 90,23$; $p < .001$). Afin de préciser la nature des justifications pour chaque catégorie de végétaux, nous avons réalisé deux comparaisons par paire. La première est opérée sur les catégories « Autres » et « explications possibles ». L'analyse montre que les GSM utilisent nettement plus d'« explications possibles » pour les végétaux typiques (73,33%) que pour les végétaux atypiques (36,61%) ($\chi^2_1 = 73,48$; $p < .001$). Une seconde analyse est opérée sur la dimension « internaliste » des justifications, soit

entre la catégorie « Externe » impliquant les catégories « Intervention Humaine et Animale » et « Conscience Globale », et « Interne » impliquant les catégories « Causes Internes » et « Causes Supra-ordonnées ». L'analyse montre que les GSM utilisent davantage la catégorie « Interne » pour les végétaux typiques (37,68%) que pour les végétaux atypiques (9,44%) (χ^2_1 = 17,38 ; p < .001). Concernant les CP, l'analyse montre que les enfants n'utilisent pas le même type de justifications pour les végétaux typiques et atypiques (χ^2_5 = 57,58 ; p < .001). Nous avons réalisé deux comparaisons par paire. La première est opérée sur les catégories « Autres » et « explications possibles ». L'analyse montre que les CP utilisent nettement plus d'« explications possibles » pour les végétaux typiques (82,07%) que pour les végétaux atypiques (51,93%) (χ^2_1 = 52,05 ; p < .001). La seconde est opérée sur la dimension « internaliste » des justifications. L'analyse montre que les CP utilisent davantage la catégorie « Interne » pour les végétaux typiques (29,63%) que pour les végétaux atypiques (18,84%) (χ^2_1 = 3,61 ; p < .05).

Pour résumer, les analyses menées au pré-test suggèrent que les deux classes d'âges emploient des schémas explicatifs différents pour rendre compte de la mort des végétaux. L'une des différences notables se situe sur le nombre global de justifications possibles fournies par les enfants. En CP, 70% des justifications fournies par les enfants permettent d'expliquer la mort des végétaux. Ce score n'est que de 58,6% en GSM. Ces données pouvant être rapprochées de celles observées sur les résultats relatifs à la généralisation du concept de mort nous permettent de valider notre hypothèse d'une différence de nature d'explications produites par les enfants de CP et de GSM. En ce qui concerne la typicalité des végétaux, les deux classes d'âge semblent être particulièrement sensibles à ce facteur. Sur ce point, les résultats laissent penser que les végétaux atypiques sont intégrés progressivement aux schémas explicatifs des enfants. En effet, si les deux classes d'âge proposent davantage de justifications possibles et de justifications internalistes pour les végétaux typiques que pour les végétaux atypiques, une différence persiste dans la nature des justifications des enfants de CP et de GSM lorsque que l'on considère uniquement les végétaux atypiques.

VII. 4. 3/ Résultats relatifs aux explications spontanées entre le pré-test et le post-test

Nous allons maintenant nous pencher sur l'évolution des justifications entre le pré-test et le post-test afin de répondre à nos investigations relatives à la résistance des théories naïves aux informations scientifiques. Pour cela, nous avons comparé les groupes équivalents pour chaque classe d'âge. Les justifications des NTV au pré-test ont été comparées à celles des

NTV au post-test et des NTV+E au post-test. Les justifications des TV au pré-test ont été comparées à celles des TV au post-test et des TV+E au post-test.

Tableau 35. Justifications des GSM en fonction de leur groupe (NTV, NTV+E, TV, TV+E) au pré-test et au post-test exprimées en pourcentage (%).

Temps	Groupes	Catégories					
		Autres	Causes externes		MEV	Causes Internes	
		Autres	IHA	Csce. Glo	MEV	C.I	C.S.O.
Pré-test	NTV	57,7	10,2	12,9	15,8	1,75	1,65
	TV	44,13	19	16,57	14,67	3,72	1,9
Post-test	NTV	50,98	15,83	12,61	18,1	2,09	0,39
	NTV+E	49,82	10,03	11	16,76	9,57	2,82
	TV	31,44	24,48	11,29	20,71	9,41	2,67
	TV+E	31,65	14,56	10,07	24,01	14,25	5,47

Concernant les enfants de GSM, il apparaît que les NTV au post-test ne se distinguent pas des NTV du pré-test ($\chi^2_5 = 4,03$; $p = 0,6$). Cependant les NTV+E au post-test se distinguent des NTV au pré-test sur l'ensemble des végétaux ($\chi^2_5 = 11,75$; $p < .05$). Pour leur part, les TV au post-test se distinguent des TV au pré-test quel que soit leur groupe d'appartenance (i.e., avec ou sans entraînement) respectivement ($\chi^2_5 = 14,16$; $p < .05$) pour les TV au post-test et, ($\chi^2_5 = 25,38$; $p < .001$) pour les TV+E au post-test. En définitive, trois groupes sur quatre au post-test se distinguent de leurs homologues au pré-test, ce sont les NTV+E, les TV et les TV+E. Ces résultats vont à l'encontre de nos hypothèses puisque nous nous attendions à ce que seuls les TV+E se distinguent de leurs homologues du pré-test. Par ailleurs, nous nous attendions à ce que ce groupe présente uniquement la caractéristique de progression due à l'entraînement, à savoir une différentiation avec leurs homologues qui s'enracinerait dans une augmentation de leurs justifications « internalistes ». Or, si c'est bien le cas pour ce groupe qui propose 44,46% de justifications « internalistes » contre seulement 13,58% pour leur homologue au pré-test ($\chi^2_1 = 17,31$; $p < .001$), c'est également le cas pour les NTV+E qui proposent 37,08% de justifications « internalistes » contre 12,83% pour leurs homologues du pré-test ($\chi^2_1 = 7,98$; $p < .01$). Sur ce point, les TV au post-test ne présentent

pas de schéma explicatif de la mort des végétaux différents des TV au pré-test. Ces résultats indiquent que l'entraînement est bien responsable en GSM des progrès vers une pensée plus abstraite des NTV+E et des TV+E. Cependant, ils ne nous permettent pas de conclure que la structure de pensée des enfants de GSM influence leur disposition vis-à-vis de présentations scientifiques.

Tableau 36. Justifications des CP en fonction de leur groupe (NTV, NTV+E, TV, TV+E) au pré-test et au post-test exprimées en pourcentage (%).

Temps	Groupes	Catégories					
		Autres	Causes Externes		MEV	Causes Internes	
		Autres	IHA	Csce. Glo	MEV	C.I	C.S.O.
Pré-test	NTV	43,4	13,6	16,16	18 ,13	5,9	2,8
	TV	23	25	15,35	20,46	9,8	5,6
Post-test	NTV	42,5	20,52	12,93	15,49	6,98	1,58
	NTV+E	34,84	20,09	11,45	18,64	11,22	3,76
	TV	32,58	26,96	9,65	16,81	8,04	5,96
	TV+E	15,37	19,97	9,38	28,64	22,88	3,75

Concernant les enfants de CP, seuls les enfants du groupe TV+E se distinguent de leurs homologues du pré-test ($\chi^2_5 = 15,2$; $p < .01$). En outre, les TV+E proposent davantage de justifications « internalistes » (47,57%) que les TV au pré-test (27,22%) ($\chi^2_1 = 7,12$; $p < .01$).

Pour résumer, l'analyse de l'évolution des justifications entre le pré-test et le post-test nous a permis de vérifier pleinement nos hypothèses uniquement pour les enfants de CP. Pour cette classe d'âge, la structure de pensée primitive des enfants est révélatrice de leur disposition à intégrer à leurs schémas explicatifs des informations spécifiques au domaine des connaissances biologiques. Les résultats des GSM suggèrent que la marge de progression dont disposent les enfants prend le pas sur leur niveau de connaissances préalables du domaine biologique. En outre, leur structure de pensée semble encore suffisamment malléable pour qu'ils puissent intégrer des informations spécifiques au domaine des connaissances

biologiques, qu'ils possèdent ou non les pré-requis d'une structure correspondant à ce domaine. Nous tenons néanmoins à souligner qu'à cet âge, si les conceptions des TV sans entraînement évoluent vers un approfondissement général de la mort des végétaux, ce n'est pas le cas des NTV sans entraînement. Ce résultat laisse entrevoir l'existence qu'un seuil de connaissances nécessaire, ou qu'une structure de pensée spécifique au domaine est fondamentale pour autoriser le développement des idées relatives au domaine des connaissances biologiques.

VII. 5/ STRATEGIES DE RAISONNEMENT UTILISEES POUR RENDRE COMPTE DU MECANISME DE MORT

VII. 5. 1/ Méthode

Pour mémoire, la troisième question du questionnaire concerne le degré d'accord des sujets avec les raisonnements causaux, (n°3 : « A ton avis est ce que X pourrait mourir parce que... ? »). Afin d'évaluer chaque stratégie de raisonnement de manière indépendante, nous demandions aux sujets de positionner un curseur selon leur degré d'accord avec chaque proposition. Les enfants utilisaient pour cela une boîte dans laquelle est inséré un curseur pouvant être positionné face à sept smileys de différentes tailles afin de déterminer leur degré d'accord avec la proposition. Sur la gauche de la boîte, sont figurés trois smileys "tristes" représentant "pas du tout d'accord", "moyennement pas d'accord" et "un petit peu pas d'accord". Le smiley du centre, sans expression était présenté comme "monsieur je ne sais pas", les enfants devaient le choisir si, comme lui, ils n'étaient pas sûrs de la réponse. Les trois smileys de droite sont souriants, ils représentaient "un petit peu d'accord", "moyennement d'accord" et "complètement d'accord". Chacun des smileys avait une taille correspondant à sa représentation.

Les quatre propositions, intentionnelle, téléologique, vitaliste et essentialiste ainsi que les distracteurs respectent les contraintes suivies dans l'expérience avec les adultes. Nous les présentons désormais au conditionnel présent afin de ne pas empêcher les enfants de se prononcer en faveur d'une stratégie de raisonnement pour une plante même s'ils se sont prononcés en sa défaveur et au profit d'une autre plante.

Codage

Afin de rendre compte du degré d'accord avec les raisonnements, nous notions pour chaque réponse l'emplacement choisi par l'enfant sur une échelle de mesure présente sur la face non visible de la boîte par les enfants. Ces relevés étant effectués sur une droite de 20 cm, nous les avons transformés en score sur cent. Nous avons réalisé les moyennes par classe d'âge sur les scores bruts ainsi recodés pour chaque type de raisonnement et pour chaque exemplaire. Nous avons ensuite effectué les moyennes pour chaque type de raisonnement en fonction de la typicalité des exemplaires. Enfin, nous avons obtenu des moyennes pour chaque type de raisonnement sur l'ensemble des exemplaires.

Hypothèses opérationnelles

Concernant les résultats au pré-test, nous nous attendons à un effet des stratégies de raisonnement, les raisonnements biologiques (i.e., vitalisme et essentialisme) devant être davantage choisis que les raisonnements non biologiques, à une interaction entre l'âge, la typicalité et les raisonnements, les enfants de CP devant présenter des scores supérieurs pour les raisonnements biologiques quels que soient les végétaux que les enfants de GSM. Concernant le raisonnement intentionnel, nous nous attendons à ce que les enfants des deux classes d'âge le considèrent impropre à expliquer la mort des végétaux et ce, au même titre que les distracteurs. Nous supposons que le raisonnement téléologique devrait occuper une position intermédiaire entre le raisonnement intentionnel et les distracteurs d'une part et les raisonnements vitaliste et essentialiste d'autre part. Cette position intermédiaire est attendue conformément à l'ambiguïté inhérente de cette stratégie de raisonnement comme cause potentielle de la mort. En effet, les plantes ne meurent pas « pour quelque chose », cependant il « faudrait » bien qu'elles meurent puisqu'elles sont par nature périssables.

Concernant l'évolution des résultats entre le pré-test et le post-test, nous nous attendons à une interaction entre l'entraînement, le temps, la typicalité et les stratégies de raisonnement uniquement pour les enfants qui présentent un embryon de connaissances biologiques structurées (TV). Les théoriciens de la vie qui participent à l'entraînement devant expliquer la propriété de mort grâce aux stratégies de raisonnement biologiques davantage que les théoriciens de la vie sans entraînement de manière générale pour la globalité des végétaux et notamment pour les végétaux atypiques.

VII. 5. 2/ Résultats relatifs aux stratégies de raisonnement au pré-test

L'analyse des stratégies de raisonnement qui dominent la structure de pensée des enfants au pré-test devrait nous permettre d'enrichir notre compréhension des fondements des

théories naïves biologiques. A travers l'analyse développementale mettant en opposition les résultats des GSM et des CP, nous devrions pouvoir évaluer l'élaboration progressive du domaine de connaissances biologiques autour des végétaux en fonction du rôle tenu par les différentes stratégies de raisonnement.

Tableau 37. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types au pré-test en fonction des raisonnements, de l'âge et de la typicalité des végétaux.

Stratégies	Classe	Végétaux typiques		Végétaux Atypiques	
		%Moy	E.T	%Moy	E.T
Distracteurs	GSM	23,8	22	29,6	22,9
	CP	26,2	19,3	19,6	23
Intentionnalité	GSM	35,3	29,6	22,2	29,6
	CP	26,2	28,2	10,6	18,3
Téléologie	GSM	36	22,6	36	26,7
	CP	45,8	28,8	40,2	27,6
Vitalisme	GSM	63,3	27,5	53	30,5
	CP	59,7	27,8	47	28,5
Essentialisme	GSM	46	29,2	46,9	25,4
	CP	53,1	27	42,2	24,2

Une première analyse descriptive semble indiquer que les deux stratégies de raisonnement considérées comme les plus appropriées pour expliquer la mort des végétaux par les enfants âgés de cinq ans et demi et de six ans et demi sont le vitalisme et dans une moindre mesure l'essentialisme. La typicalité des végétaux semble avoir une incidence globale sur les stratégies de raisonnement. Afin de répondre à nos hypothèses, nous avons réalisé une analyse de variance en utilisant les scores moyens attribués aux différentes stratégies de raisonnement en tant que variable dépendante dans une analyse de variance incluant trois variables indépendantes : l'âge comme facteur inter-sujet, la typicalité des végétaux et les raisonnements (i.e., distracteur, intentionnel, téléologique vitaliste et essentialiste) comme facteurs intra-sujets. L'analyse de variance révèle un effet principal des raisonnements (F (4, 580) = 96,79 ; $p < .001$) suggérant que, quelle que soit leur classe d'âge,

les enfants ne traitent pas les différentes stratégies proposées de manière équivalente, ainsi qu'un effet principal de la typicalité (F (1, 145) = 33,36 ; $p < .001$) suivant lequel l'ensemble des enfants accordent des scores moins élevés pour les végétaux atypiques que pour les végétaux typiques, quelles que soient les stratégies de raisonnement. Elle révèle également trois interactions. La première se situe entre les facteurs âge et raisonnement (F (4, 580) = 5,14 ; $p < .001$), et suggère qu'en fonction de l'âge les enfants n'attribuent pas des scores identiques aux différentes stratégies de raisonnement. La seconde intervient entre les facteurs âge et typicalité (F (1, 145) = 9,69 ; $p < .002$), suggérant qu'en fonction de l'âge, les enfants n'attribuent pas les mêmes scores aux végétaux typiques et atypiques. La troisième concerne les facteurs raisonnement et typicalité (F (4, 580) = 6,10 ; $p < .001$), et insinue que, quel que soit leur âge, les enfants n'attribuent pas les mêmes scores à l'ensemble des raisonnements en fonction de la typicalité des végétaux.

Afin de répondre plus précisément à nos hypothèses, nous avons effectué des comparaisons planifiées, à l'aide d'analyses de variance, en ce qui concerne les raisonnements intentionnel, téléologique, vitaliste et essentialiste. Il apparaît que seul le raisonnement intentionnel permet de distinguer les deux populations (F (1, 145) = 8,69 ; $p < .01$), les enfants de GSM utilisant davantage ce raisonnement que les enfants de CP.

Pour résumer, ces analyses nous ont permis de vérifier la plupart de nos hypothèses. Conformément à nos attentes, la typicalité constitue un obstacle pour les deux populations. La pensée des enfants semble déjà guidée par des raisonnements spécifiquement biologiques, ce dès l'âge de 5 ans et demi. Contrairement à notre hypothèse, la différence d'âge n'induit pas, comme nous l'avions prévu, une utilisation plus avancée des raisonnements spécifiquement biologiques (i.e., vitalisme et essentialisme) de la part des enfants âgés de six ans et demi, néanmoins elle se caractérise par un recul de la croyance selon laquelle les végétaux seraient doués d'intention et pourraient choisir de mourir.

VII. 5. 3/ Résultats relatifs à l'évolution des stratégies de raisonnement entre le pré-test et le post-test

L'analyse de l'évolution des stratégies de raisonnement entre le pré-test et le post-test nous permet d'envisager le problème de la résistance des théories naïves. Nous investiguons ici le rôle de la structure de pensée des enfants en fonction de leur participation à l'entraînement. Nous avons réalisé une analyse de variance pour chaque classe d'âge en comparant les groupes équivalents au niveau de leur expertise (NTV vs NTV+E) et (TV vs TV+E). Les scores obtenus pour les stratégies de raisonnement au pré-test et au post-test

constituent la variable dépendante dans une analyse de variance incluant quatre variables indépendantes, à savoir : l'entraînement comme facteur inter-sujet, le temps, les raisonnements et la typicalité des végétaux comme facteurs intra-sujets.

Concernant les NTV+E, nous nous attendons à ce qu'ils soient résistants à l'entraînement qui leur est proposé, nous supposons donc que leurs scores ne devraient pas évoluer entre le pré-test et le post-test qu'ils aient participé ou non à l'entraînement. Une première analyse descriptive montre que les scores produits pour les raisonnements biologiques évoluent considérablement entre les deux recueils de données pour les NTV+E, ces enfants expliquent davantage la propriété de mort à travers le vitalisme et l'essentialisme au post-test qu'au pré-test. De surcroît, il apparaît que les NTV suivent un mouvement radicalement opposé à celui des NTV+E, les scores qu'ils produisent au post-test sur ces deux raisonnements diminuent en effet par rapport aux scores produits au pré-test.

Tableau 38. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types en fonction du temps et de la typicalité des végétaux pour les NTV et les NTV+E de GSM.

		NTV				NTV+E			
		Typique		Atypique		Typique		Atypique	
		%Moy	E.T	%Moy	E.T	%Moy	E.T	%Moy	E.T
	T1	29,79	22,88	32,22	27,8	18,64	27,96	31,76	24,87
Distracteur	T2	22,35	20,67	16,51	17,85	20,17	29,29	18,1	16,52
	T1	43,66	32,32	20,47	26,72	25,62	24,44	19,78	32,63
Intentionnel	T2	22,16	35,35	22,42	26,26	20,72	30,31	19,2	23,63
	T1	45,31	26,69	50,47	30,65	26,49	21,45	31,68	27,56
Téléologie	T2	36,54	31,69	42,82	22,55	41,231	32,13	36	29,84
	T1	66,41	29,3	51,56	31,23	49,49	30,51	34,01	25,96
Vitalisme	T2	48,18	33,6	43,03	23,65	70,37	32,1	58,43	29,34
	T1	49,79	26,11	50,93	25,27	35,54	29,58	32,39	20,76
Essentialisme	T2	43,66	26,09	41,83	21,96	63,01	29,95	52,58	28,8

L'analyse de variance réalisée révèle une interaction triple entre le temps, l'entraînement et les raisonnements (F (4, 124) = 2,76 ; $p < .03$), suggérant que l'entraînement a permis aux enfants qui en bénéficient d'évoluer significativement sur l'ensemble des raisonnements par rapport aux enfants n'en ayant pas bénéficié. L'analyse de variance confirme donc notre analyse descriptive invalidant notre hypothèse opérationnelle.

Concernant les TV de GSM, une première analyse descriptive indique que les TV+E semblent bénéficier de l'entraînement. En effet, ils semblent être sensibles à l'entraînement

puisque leurs scores sur les raisonnements vitaliste et essentialiste au post-test sont en progression par rapport au pré-test. Il apparaît que, dans le même temps, leurs homologues n'ayant pas assisté à l'entraînement affichent une légère baisse sur ces deux raisonnements.

Tableau 39. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types en fonction du temps et de la typicalité des végétaux pour les TV et les TV+E de GSM.

		TV				TV+E			
		Typique		Atypique		Typique		Atypique	
		%Moy	E.T	%Moy	E.T	%Moy	E.T	%Moy	E.T
Distracteur	T1	25,14	18,5	27,69	22,41	21,58	40,21	27,25	17,14
	T2	18,41	26,72	15,71	24,20	13,90	16,45	14,05	15,01
Intentionnel	T1	31,53	28,61	19,95	27,98	41,76	31,78	29,62	32,57
	T2	19,24	27,63	18,89	27,17	32,02	31,15	24,13	20,45
Téléologie	T1	40,01	23,48	36,57	25,7	31,86	13,93	29,62	18,22
	T2	38,06	35,20	37,14	37,37	52,43	26,40	45,07	24,44
Vitalisme	T1	73,31	23,48	69,09	26,99	61,88	23,18	53,68	29,21
	T2	80,94	19,03	62,13	29,02	70,51	26,57	57,75	20,26
Essentialisme	T1	48,39	32,79	55,69	22,97	50,01	27,01	53,68	28,1
	T2	45,70	28,65	47,85	27,59	57,80	29,96	54,44	27,38

L'analyse de variance conduite sur les scores produits par les TV de GSM ne confirme pas nos attentes puisque nous n'observons pas d'interaction entre les facteurs temps, entraînement et raisonnement.

Concernant les NTV de CP, une première analyse descriptive semble indiquer que les NTV+E profiteraient uniquement des informations vitalistes contenues dans l'entraînement pour les végétaux typiques.

Tableau 40. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types en fonction du temps et de la typicalité des végétaux pour les NTV et les NTV+E de CP.

		NTV				NTV+E			
		Typique		Atypique		Typique		Atypique	
		%Moy	E.T	%Moy	E.T	%Moy	E.T	%Moy	E.T
Distracteur	T1	30,28	18,86	18,75	20,56	23,03	21,68	19,21	22,78
	T2	19,54	19,47	20,78	19,45	9,90	13,43	14,78	21,03
Intentionnel	T1	31,98	26,35	15,23	22,49	30,13	29,85	9,37	17,75
	T2	16,32	27,74	18,45	19,20	18,60	20,77	13,75	17,54
Téléologie	T1	43,09	27,47	34,60	24,82	47,15	30,53	41,62	29,33
	T2	40,44	35,87	37,42	28,55	50,17	35,05	38,26	24,26
Vitalisme	T1	49,35	28,26	41,26	30,86	58,03	26,19	47,43	30,08
	T2	47,09	38,07	40,21	22,40	69,73	28,53	47,48	30,25
Essentialisme	T1	53,67	22,67	35,93	22,16	60,17	26,94	40,78	23,80
	T2	49,23	32,23	45,64	28,88	45,97	33,68	46,37	23,12

Conformément à nos attentes, l'analyse de variance ne révèle pas d'interaction entre le temps, l'entraînement et les raisonnements.

Concernant les TV de CP, une première analyse descriptive nous indique que l'entraînement ne semble avoir eu aucun effet sur l'emploi des stratégies de raisonnement.

Tableau 41. Pourcentages moyens de réponses et écarts-types en fonction du temps et de la typicalité des végétaux pour les TV et les TV+E de CP.

		NTV				NTV+E			
		Typique		Atypique		Typique		Atypique	
		%Moy	E.T	%Moy	E.T	%Moy	E.T	%Moy	E.T
Distracteur	T1	33,09	14,98	19,90	23,98	19,27	18,97	17,45	20,87
	T2	26,22	19,89	12,30	14,52	19,97	24,55	13,44	15,89
Intentionnel	T1	30,44	34,01	9,07	16,69	13,07	18,61	8,25	18,18
	T2	14,35	27,65	12,78	20,72	11,32	21,91	9,18	13,14
Téléologie	T1	45,09	25,78	42,02	28,39	47,70	32,81	42,90	35,08
	T2	52,80	34,63	45,11	28,94	33,40	34,23	29,08	29,80
Vitalisme	T1	67,93	19,69	48,82	27,76	63,88	33,45	49,38	28,82
	T2	65,22	27,38	57,37	27,39	68,28	31,51	58,04	30,03
Essentialisme	T1	52,83	25,48	44,32	24,66	45,72	31,78	42,03	23,13
	T2	67,17	26,55	56,19	29,42	45,87	32,51	40,39	28,43

Contrairement à nos attentes, l'analyse de variance confirme l'analyse descriptive. L'entraînement n'induit pas d'évolutions dans les scores produits pour les stratégies de raisonnement biologique entre le pré-test et le post-test.

Pour résumer, tout semble indiquer que l'entraînement n'a pas conduit aux résultats attendus sur les stratégies de raisonnement proposées aux enfants. Les enfants de CP ne montrent aucune évolution, qu'ils possèdent un embryon de théorie biologique ou non. Les enfants de GSM déjouent également nos hypothèses. La progression la plus inattendue provient des NTV+E. Ces derniers sont les seuls enfants à utiliser davantage les stratégies de raisonnement spécifiquement biologique au post-test vis-à-vis de leurs homologues et ce quelle que soit la nature des végétaux. L'interprétation la plus à même d'expliquer ce surprenant ensemble de résultats se résume au fait que plus les enfants sont âgés et par conséquent leurs stratégies de raisonnement sont ancrées dans leur esprit, plus elles sont résistantes aux apprentissages. A l'inverse, plus les enfants sont jeunes, et donc leurs stratégies de raisonnement non encore bien stabilisées, plus ils sont capables de se saisir d'informations biologiques.

VII.6/ Conclusions

Dans cette partie, nous revenons sur les données recueillies lors de cette étude afin de tirer les conclusions de notre expérimentation. Pour ce faire, nous passons en revue les résultats en fonction des quatre variables indépendantes constitutives de notre expérimentation, la typicalité des végétaux, l'âge des enfants, leur participation à l'entraînement et, la nature de leur niveau d'élaboration de conception de la mort des végétaux. Ce faisant, nous confrontons nos hypothèses aux données produites dans le but de répondre à nos interrogations problématiques concernant les caractéristiques de l'organisation des conceptions intuitives biologiques relatives à la mort des végétaux autour de l'âge de six ans, ainsi qu'aux possibilités de changements conceptuels suite à un entraînement permettant de tester la résistance des théories naïves biologiques.

VII.6.1/ La question de la typicalité des végétaux

A travers la distinction entres les végétaux typiques (i.e., la fleur, l'arbre et, la plante verte) et les végétaux présentés comme atypiques (i.e., le cactus, les algues, l'herbe) proposés lors de la première évaluation des conceptions des enfants, auxquels viennent se rajouter le

lichen, la plante carnivore et la mousse lors de la deuxième évaluation, nous espérions apprécier la manière dont les enfants perçoivent les végétaux. En nous intéressant aux déterminants de la mort des végétaux, nous comptions appréhender l'universalité de cette propriété biologique compte tenu des caractéristiques des plantes, notamment à travers leur diversité. Le point le plus important étant de déterminer si ce statut exceptionnel des végétaux chez les êtres vivants entraînait une intégration progressive des plantes, ou si, dès lors que la propriété était acceptée pour les végétaux les plus connus, chacune des plantes induisait des conceptions identiques directement accessibles.

De toute évidence, la typicalité des végétaux entretient un rôle indéniable dans la représentation que les enfants se font de leur caractère périssable. En effet, dans tous les compartiments constitutifs de leurs conceptions, nous avons pu observer un impact de la typicalité sur les résultats observés. Lorsqu'il s'agit de généraliser la mort aux végétaux, les deux classes d'âge présentent davantage de difficultés concernant les végétaux atypiques que typiques. De la même manière, les enfants sont plus susceptibles de fournir des explications spontanées de la propriété pour les végétaux typiques. En outre, quel que soit leur âge, ils produisent plus d'explication relevant de l'internalité des végétaux pour rendre compte de la mort des végétaux typiques, montrant ainsi qu'ils sont davantage capables d'abstractions pour ces végétaux. Concernant les stratégies de raisonnement, les enfants utilisent des formes de raisonnement identiques pour les végétaux typiques mais se distinguent lorsqu'ils sont confrontés aux végétaux atypiques. Sur ce point, la différence est particulièrement importante pour les modes de raisonnement erronés (i.e., distracteurs et intentionnalité). Cette catégorie rencontre 25% d'acceptation chez les GSM et seulement 15% chez les CP. Cette première dimension de notre étude nous permet donc de considérer les conceptions biologiques émergeant autour de l'âge de six ans comme largement marquées par un phénomène de familiarité avec l'exemplaire proposé.

VII.6.2/ L'évolution développementale entre cinq ans et demi et six ans et demi

La confrontation de deux classes d'âge autour de l'âge de six ans était avant tout un prétexte pour spécifier l'émergence des caractéristiques du concept de mort et pour évaluer l'évolution des conceptions enfantines des végétaux. Si nous nous attendions à ce que les plus âgés présentent les caractéristiques d'une pensée plus aboutie sur ces deux pans du domaine des connaissances biologiques, nous n'occultions pas pour autant la possibilité que les plus jeunes possèdent les bases d'une pensée biologique.

Tout comme la typicalité, l'âge des enfants a une incidence globale sur la conceptualisation de la mort des végétaux. A l'âge de cinq ans et demi les enfants supposent que la mort est possible uniquement pour 40% des végétaux qui leur sont proposés au pré-test. Ce score atteint 62% chez les enfants âgés de six ans et demi. Par ailleurs, les résultats produits entre le pré-test et le post-test indiquent que, seuls les enfants âgés de six ans et demi considérés comme des théoriciens de la vie ayant participé à l'entraînement généralisent la propriété de mort plus globalement que les enfants du même âge considérés comme des non-théoriciens de la vie ayant eux-mêmes participé à l'entraînement. Cette distinction n'étant pas effective à l'âge de cinq ans et demi, nous supposons que c'est bien le facteur développemental, prenant le pas sur les dimensions d'apprentissage et de niveau d'élaboration conceptuel, qui est en cause dans cette progression. Concernant les explications spontanées produites au pré-test, les enfants âgés de cinq ans et demi comptent 58,6% d'explications possibles de la propriété, alors qu'elles s'élèvent à 67% chez les enfants âgés de six ans et demi. Cette différence significative entre les deux classes d'âge suggère qu'en plus de concevoir davantage à l'âge de six ans et demi qu'à l'âge cinq ans et demi que les végétaux sont périssables, ces enfants possèdent un éventail d'explications nettement plus important que leurs cadets. Les explications semblent néanmoins identiques en termes d'internalité et d'externalité entre les deux classes d'âge de sorte qu'elles n'empruntent pas encore, autour de l'âge de six ans, un caractère particulier. Enfin, les stratégies de raisonnement se révèlent elles aussi relativement proches. Même si les deux populations se distinguent de part leurs scores lorsque l'on considère l'ensemble des stratégies de raisonnement et notamment une utilisation moins prononcée du raisonnement intentionnel chez les enfants âgés de six ans et demi, elles privilégient toutes deux le raisonnement vitaliste au pré-test significativement plus que toutes les autres formes de raisonnement y compris de l'essentialisme qui constitue leur second choix.

VII.6.3/ Confrontations conceptuelles et résistances des théories naïves biologiques

Afin de caractériser l'influence de l'apprentissage, nous avons comparé les résultats des enfants au pré-test et au post-test entre groupes équivalents. Notre hypothèse principale suppose que l'entraînement devrait conduire à une adhésion aux informations qui sont délivrées chez les TV et que les NTV devraient s'avérer résistants à ces mêmes informations.

Concernant la généralisation aux végétaux de la propriété de mort, il apparaît que l'entraînement produit davantage de généralisation uniquement chez les enfants de CP

considérés comme des théoriciens de la vie. Cette augmentation est principalement provoquée par une généralisation de la propriété de mort plus conséquente pour les végétaux atypiques (78%) que chez leurs homologues n'ayant pas participé à l'entraînement (55%). Il apparaît que les enfants de GSM sont résistants aux apprentissages concernant cette dimension des théories naïves biologiques.

En ce qui concerne les explications spontanées de la propriété de mort, les résultats produits sont nettement plus ambigus. En effet, ils indiquent que l'entraînement génère une différence d'explication au post-test chez les NTV de GSM, alors qu'elle n'a pas d'effet sur les TV de GSM.

L'analyse de l'évolution des explications spontanées entre le pré-test et le post-test fait également ressortir le rôle de l'entraînement sur les conceptions naïves de la mort des végétaux. Sur ce point, les enfants de GSM semblent plus sensibles à l'entraînement que les enfants de CP. Alors qu'au CP seuls les TV+E du post-test se distinguent de leurs homologues au pré-test, en GSM les TV+E mais également les TV et les NTV+E au post-test se démarquent de leurs homologues du pré-test. Comme nous l'avons vu lors de la présentation des résultats, les explications des TV ne bénéficient pas d'une abstraction accrue au post-test, ce qui est le cas des NTV+E et des TV+E. Aussi, il apparaît que les conceptions des enfants de GSM sont extrêmement perméables aux informations de types essentialiste/mécaniste. Comme nous l'avons précisé, seuls les TV+E de CP se distinguent de leurs homologues, confirmant davantage nos attentes sur un effet de l'entraînement que les GSM. Chez les CP comme chez les GSM, la principale distinction qui s'opère entre le pré-test et le post-test repose sur un accroissement des explications internes. Ainsi, ces trois groupes (NTV+E, TV+E de GSM, et TV+E de CP) présentent des conceptions biologiques nettement plus abstraites au post-test qu'au pré-test. L'on peut donc conclure à la possibilité de remaniements conceptuels des théories naïves biologiques et ce, dès l'âge de cinq ans et demi.

Concernant l'évolution des stratégies de raisonnement, les données produites par les GSM ne confirment pas nos attentes. En effet, les NTV+E progressent à la fois sur le raisonnement vitaliste et le raisonnement essentialiste entre le pré-test et le post-test vis-à-vis de leurs homologues.

Les données produites par les enfants de CP sont nettement moins évidentes à analyser. Il semble que l'entraînement n'ait eu d'effet ni sur les NTV ni sur les TV entre le pré-test et le post-test. En effet, les scores atteints par les NTV au post-test sont identiques à ceux du pré-test. Les mêmes conclusions s'imposent pour les TV. Aussi, de la même manière que

pour les explications spontanées, les conceptions des enfants de GSM sont plus à même d'évoluer en termes de stratégies de raisonnement que les enfants de CP.

CONCLUSION

Le niveau de structuration des théories naïves biologiques des enfants de GSM ne semble pas être un déterminant essentiel à l'évolution de leurs conceptions. Il n'a pas d'impact sur leurs scores de généralisation de la propriété de mort mais semble influencer les justifications produites pour en parler. Néanmoins, l'analyse de l'évolution des justifications entre le pré-test et le post-test indiquant que l'entraînement profite aussi bien au TV qu'au NTV invalide notre hypothèse d'un effet de la structure de base pour profiter d'un apprentissage avant l'âge de six ans. Concernant la question des stratégies de raisonnement, il apparaît que chez les GSM nos attentes sont complètement contredites par les données produites. Il s'avère que, si les NTV+E semblent nettement plus s'orienter vers une structure de pensée spécifique au domaine biologique que les TV+E, les scores atteints par les NTV+E au post-test sont plus ou moins équivalents aux scores des TV au pré-test. Aussi, il est possible d'interpréter ces données comme une simple remise à niveau des NTV+E par rapport au TV+E. Les TV+E seraient contraints par une limite inhérente à leur appréhension globale des végétaux ne les autorisant pas à dépasser leurs conceptions initiales. La limite la plus probante réside certainement dans la difficulté rencontrée à étendre les stratégies de raisonnement aux végétaux atypiques.

L'influence du niveau de structuration des théories naïves biologiques ne prend toute sa mesure qu'avec les enfants de CP. Le potentiel d'enrichissement des conceptions des TV et la résistance des NTV suggèrent toute l'importance qu'entretiennent les conceptions initiales dans la capacité à se saisir d'informations spécifiques à un domaine de connaissance. Les TV bénéficiant de l'entraînement sont les seuls à progresser dans le sens des informations contenues dans l'apprentissage pour la généralisation de la propriété de mort ainsi que dans leurs justifications. L'absence de progression des TV concernant les stratégies de raisonnement peut s'expliquer par une incapacité à dépasser les scores obtenus au pré-test qui constituent une limitation de leurs conceptions à cet âge. Par ailleurs, il est possible que les formulations des raisonnements biologiques soient trop abstraites pour êtres mises en relation avec les informations fournies lors de l'apprentissage. En outre, la répétition des questions avec l'introduction au post-test de nouveaux exemplaires a probablement entrainé une baisse d'attention de la part des enfants.

Chapitre VIII. Discussion et conclusions

INTRODUCTION

L'objectif de ce travail était de mettre en lumière une nouvelle manière de concevoir la cognition humaine aussi bien dans ses aspects développementaux que dans l'aspect résiduel des conceptions, à savoir l'approche des théories naïves. Cette approche repose sur l'idée que les connaissances dépendent d'une organisation en domaine définie par ses limites ontologiques et des stratégies de raisonnement qui lui sont spécifiques. En ce sens, cette approche développe une vision située de la cognition. De plus, elle insiste sur le caractère intuitif des conceptions qui se développent dans l'enfance. Elle suppose en effet que les enfants organisent leurs connaissances de manière précoce en dehors des apprentissages formels. Elle considère en outre que les conceptions des adultes se composent en grande partie de connaissances de sens commun dissociées de savoirs académiques bien que nourries par eux.

Afin de nous inscrire dans cette approche, nous avons choisi d'étudier une sous-catégorie du domaine des connaissances biologiques, celle des végétaux. L'interrogation problématique qui entoure les végétaux relève aussi bien de leur spécificité parmi les objets biologiques que de la particularité avec laquelle ils obéissent aux propriétés du vivant. Les conceptions biologiques représentent un pan incontournable de la cognition humaine comme le sont celles de la psychologie ou de la physique. En effet, s'il est primordial de connaître les propriétés physiques des objets pour agir dans le monde dès la prime enfance et si l'interprétation des intentions d'autrui est fondamentale pour vivre en société, les connaissances biologiques déterminent tout autant notre rapport au monde de par notre condition même d'être vivant. Pourtant, quoi de plus éloigné d'un être humain qu'un pin, qu'une algue ou qu'une orchidée ? La question posée ici renvoie à l'identité biologique des végétaux mais également à celle des êtres humains et donc à la compréhension des propriétés biologiques comme la mort, la régénération ou la croissance. Se pose alors la question de savoir ce qui définit un être vivant et à partir de quand comprend-on que l'ensemble des objets biologiques sont soumis aux critères du vivant ? Autrement dit, une grande partie de notre travail s'attache à répondre à la question de l'autonomie du domaine des connaissances

biologiques en nous interrogeant sur la nature des conceptions développées pendant l'enfance concernant les végétaux. Ces investigations nous ont conduit à nous pencher sur les théories des changements conceptuels dans le but d'analyser les déterminants qui autorisent une restructuration des conceptions intuitives dans l'enfance.

VIII. 1/ La question de l'autonomie du domaine des connaissances biologiques

Afin d'étudier l'émergence de l'autonomie du domaine des connaissances biologiques, nous avons fait le choix d'interroger les conceptions d'enfants et d'adultes à propos de deux critères du vivant, les propriétés de mort et de régénération. La compréhension de ces deux propriétés biologiques représente un enjeu particulièrement intéressant pour l'intégration des végétaux aux conceptions intuitives du domaine du vivant. En effet, la propriété de mort est totalement contre-intuitive lorsqu'il s'agit de l'appliquer aux végétaux. Il suffit de prendre en considération la longévité d'un arbre ou la vivacité de certaines plantes pour s'en convaincre. La propriété de régénération est également contre-intuitive lorsqu'elle est associée aux végétaux. Bien que cette propriété soit nettement plus développée chez les végétaux que chez les autres êtres vivants, il semble difficile d'imaginer qu'une plante puisse être blessée ou malade et envisager une guérison ou un recouvrement de son intégrité principalement en raison de la structure constitutive des végétaux. Il apparaît peu probable que les enfants soient en mesure de raisonner sur ces propriétés biologiques par de simples heuristiques. Nous avons donc estimé que les conceptions émises par les enfants sur ces deux propriétés pourraient être envisagées comme une construction emblématique de leur niveau de connaissances biologiques. Nous avons tout particulièrement porté notre attention sur les explications causales qui leur permettaient d'avancer que les végétaux pouvaient mourir et se régénérer, que ces explications soient spontanées ou qu'elles résultent d'un choix proposé par l'expérimentateur. Les stratégies de raisonnement que peuvent déployer les enfants pour rendre compte des propriétés biologiques constituent l'évaluation la plus représentative de leur niveau d'élaboration des conceptions biologiques. Nous avons en outre fait le choix d'interroger les sujets uniquement sur la sous-catégorie des végétaux afin d'éviter des raisonnements par analogie avec d'autres êtres vivants ou par exclusion avec des artefacts comme c'est généralement le cas dans les études qui s'intéressent à cette question. Nous avons fait varier le degré de typicalité des végétaux afin de préciser si les conceptions biologiques s'élaborent de manière globale ou si elles s'établissent progressivement à partir des plantes les plus familières pendant l'enfance.

Dans la première étude transversale entre des enfants âgés de six ans et des enfants de dix ans nous supposions que les enfants des deux âges présenteraient des conceptions caractéristiques du domaine biologique. Néanmoins, nous nous attendions à ce que les enfants âgés de dix ans raisonnent davantage en termes essentialistes que les enfants de six ans et qu'ils soient moins influencés par la typicalité des végétaux. Si nous avons pu vérifier que les conceptions biologiques enfantines se développent de manière précoce et qu'elles obéissent à une progression des plantes les plus connues, vers les végétaux les moins courants, nous n'avons pas observé une évolution des stratégies de raisonnement des enfants marquée par une utilisation plus prononcée du raisonnement essentialiste à dix ans qui aurait pu rendre compte d'une forme d'abstraction inhérente à ce domaine de connaissances. Bien au contraire, les données produites par les enfants âgés de six ans indiquent que, dès cet âge, les enfants sont capables d'expliquer la mort et la régénération des végétaux en référence à leur essence. Par bien des aspects, cet ensemble de résultats confirme la pertinence qui consiste à envisager le développement des conceptions comme dépendant de domaine de connaissances. Tout d'abord nous pouvons avancer que les enfants, dès l'âge de six ans, possèdent une organisation de leurs conceptions biologiques conforme à ce domaine de connaissances y compris lorsqu'il s'agit de se positionner sur des propriétés biologiques qui sont non évidentes pour les végétaux. Notre étude démontre que si les enfants en âge préscolaire utilisent parfois des raisonnements inadéquats au domaine biologique comme l'intentionnalité pour expliquer le comportement d'animaux ou de végétaux, ainsi que le suggérait Carey (1985), ils disposent en réalité d'une diversité de stratégies de raisonnement qu'ils utilisent à bon escient en fonction du contexte. En effet, dans notre étude qui se concentre uniquement sur la catégorie des végétaux, le raisonnement intentionnel est systématiquement délaissé au profit des raisonnements essentialiste ou vitaliste, plus à même d'exprimer une pensée biologique (Keil, 1994 ; Inagaki & Hatano, 1996 ; Slaughter et al., 1999). Le résultat le plus surprenant de cette étude est très certainement la non confirmation de notre hypothèse développementale sur les stratégies de raisonnement. Nous supposions en effet que les enfants âgés de six ans développeraient des stratégies de raisonnement vitaliste en conformité avec les travaux d'Inagaki et Hatano (1996, 2002) et que les enfants âgés de dix ans préfèreraient expliquer les propriétés biologiques par le raisonnement essentialiste qui est davantage en conformité avec les connaissances supposées maîtrisées à leur âge. Cette absence de progression dans les stratégies de raisonnement utilisées par les enfants ne coïncide pas avec la progression établie en fonction de la typicalité des représentants de cette catégorie. Si ce résultat peut s'interpréter comme une forme de variabilité des modes de raisonnement biologique à disposition dans

l'enfance, il conduit cependant à se demander quelles formes de raisonnement sont efficientes chez des sujets adultes.

Notre seconde expérience a donc cherché à caractériser les formes de raisonnement de la pensée des adultes considérés comme des experts vis à vis des enfants. En confrontant des adultes à la même procédure expérimentale que les enfants, nous cherchions tout d'abord à établir un niveau de référence des conceptions biologiques relatives aux végétaux. Nous avons par ailleurs introduit une distinction entre deux groupes d'adultes en fonction de leur expertise biologique afin de d'investiguer l'assertion de Murphy et Medin (1985) selon laquelle les conceptions des adultes présentent les caractéristiques de théories naïves pouvant être envisagées comme des connaissances intuitives de l'homme de la rue ou des théories de sens commun. Nos hypothèses principales envisageaient que les experts du domaine, à savoir des étudiants en biologie végétale, jugeraient majoritairement les propriétés de mort et de régénération à travers leurs connaissances universitaires en privilégiant l'essentialisme par rapport aux autres formes de raisonnement. Au vu des données produites par les enfants âgés de six ans et de dix ans nous nous attendions à ce que les adultes non spécialistes soit nettement moins catégoriques que les experts et favorisent aussi bien l'essentialisme que le vitalisme. Les résultats obtenus lors de cette expérience ne nous ont pas permis de vérifier pleinement nos hypothèses. En effet, il est apparu que les deux groupes d'adultes choisissaient d'expliquer les propriétés biologiques aussi bien par l'intermédiaire de l'essentialisme que du vitalisme. Nous avons néanmoins pu montrer que les deux groupes ne présentent pas des conceptions identiques de la catégorie des végétaux. Nos analyses des justifications proposées pour rendre compte de ces propriétés ainsi que des raisonnements nous ont notamment permis de comprendre que si les experts et les novices font un usage quasiment similaire des stratégies de raisonnement vitaliste et essentialiste, les experts en possèdent un degré d'élaboration plus approfondi. Cependant, les données produites lors de cette étude confirment le statut de théories naïves des conceptions biologiques des adultes envisagé par Murphy et Medin (1985). La persistance du vitalisme comme stratégie de raisonnement, aussi bien que comme source de justification des propriétés biologiques chez les experts en biologie suggère en effet que la structuration des conceptions des adultes comporte toujours la marque d'une élaboration enfantine de la pensée. Par ailleurs, nous avons pu observer que comme chez les enfants, les adultes ont nettement moins de facilité à expliquer la propriété de régénération que la propriété de mort. L'ensemble de ces données nous a conduit à étudier le phénomène de résistance des conceptions intuitives afin de déterminer ce qui dans leur élaboration faisait obstacle aux changements conceptuels.

VIII. 2/ Théories naïves et changements conceptuels

Les résultats produits lors de nos trois premières expériences, ainsi que les études investiguant comme nous les conceptions intuitives sous l'angle des théories naïves (Slaughter & Lyons, 2003 ; Opfer & Siegler, 2004) nous ont permis d'établir la nécessité de proposer aux enfants des éléments de réflexions multiples sur les déterminants d'une pensée biologique afin de promouvoir des changements de conceptions. Nous avons donc fait le choix d'évaluer la résistance des conceptions intuitives à un entraînement en axant celui-ci sur les stratégies de raisonnement vitaliste et essentialiste. Nous supposions ainsi voir apparaître des remaniements conceptuels aussi bien sur la propriété de mort que nous soumettions au jugement d'enfants de six ans que sur l'étendue de leurs conceptualisations vis à vis de la catégorie des végétaux par l'abolition de la démarcation entre les végétaux typiques et atypiques. Afin d'analyser les révélateurs décisifs des changements de conceptions, nous avons envisagé de subdiviser nos populations selon leur niveau préalable de conceptualisation de la mort des végétaux. Nous supposions en effet que seuls les enfants présentant au pré-test un embryon de structuration biologique de leurs conceptions seraient en mesure de se saisir des informations prodiguées lors de l'entraînement.

Les données produites lors de cette étude ne nous ont pas permis de vérifier toutes nos hypothèses. Néanmoins, il ressort de cette étude qu'il est particulièrement difficile de faire évoluer les conceptions biologiques y compris lorsque les enfants possèdent déjà des connaissances structurées sur le sujet. Nous avons cependant pu montrer que l'expertise favorisait une ouverture à la conceptualisation des végétaux atypiques et une prise en compte des informations internalistes pour expliquer la mort des végétaux. En revanche, nos résultats ne nous permettent pas de conclure à une réélaboration des stratégies de raisonnement suite à un entraînement. Les seuls enfants à avoir progressé dans cette voie sont les "non théoriciens de la vie" de GSM. Toutefois, ce groupe d'enfants présentait des résultats au pré-test nettement inférieurs par rapport aux autres enfants. Aussi, il est possible d'interpréter leur évolution comme une remise à niveau de leurs connaissances. Nous pouvons donc envisager qu'il existe un seuil impossible à dépasser à l'âge de six ans à moins de bénéficier d'un entraînement beaucoup plus soutenu que celui que nous avons pu proposer aux enfants. Il est également envisageable que la méthodologie utilisée pour mesurer l'évolution des stratégies de raisonnement ait été trop lourde pour des enfants de cet âge. La répétition des questions exigée par l'introduction au post-test de nouveaux items atypiques peut expliquer l'absence de progrès dans cette dimension de leurs conceptions.

Afin de poursuivre ces recherches, nous envisageons deux pistes de travail. La première porte sur la propriété de régénération. Cette propriété présentant des difficultés de conceptualisation y compris chez un public expert en biologie végétal aiguise notre désir de mener plus avant nos investigations. Nous aimerions à son sujet examiner l'influence de l'élaboration du lexique pendant l'enfance en relation avec sa conceptualisation en tant que propriété biologique. La seconde piste de travail concerne la dimension de résistance des conceptions enfantines aux stratégies de raisonnement. Dans cette perspective, nous souhaiterions nous concentrer sur les stratégies de raisonnement biologique en proposant plusieurs séquences d'entraînement reposant chacune sur les notions qui feraient obstacle à l'évolution des conceptions des enfants.

CONCLUSIONS

Nous avons montré qu'il est possible de considérer l'existence d'un domaine de connaissances biologiques autonome pendant l'enfance dès l'âge de six ans.

Nous avons montré que les végétaux sont compris comme des êtres vivants dès un âge préscolaire en regard des propriétés biologiques de mort et de régénération.

Nous avons confirmé que le développement des conceptions relatives aux végétaux dépend de leur degré de typicalité.

Nous avons montré que les théories naïves élaborées pendant l'enfance sont particulièrement résistantes aux apprentissages scientifiques et qu'elles sont toujours présentes dans la pensée des adultes.

Nous avons montré que des changements conceptuels sont envisageables pendant l'enfance dès l'âge de six ans bien qu'il soit encore nécessaire d'approfondir cette question

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ahn, W., Gelman, S. A., Amsterlaw, A., Hohenstein, J., & Kalish, C. W. (2000). Causal status effect in children's categorisation. *Cognition, 76*, 35-43.

Ahn, W., Kalish, C., Gelman, S.A., Medin, D.L., Luhmann, C., Atran, S., Coley, J.D., & Shafto, P. (2001). Why essences are essential in the psychology of concepts. *Cognition, 82*, 59-69.

Anggorro, F. K., Waxman, S. R., & Medin, D. L. (2005). The effects of naming practices on children's understanding of living things. In B. Bara, L. Barsalou, & M. Bucciarelli (Eds.), *Proceeding of the twenty-seventh annual meeting of the cognitive science society*, (pp. 139-144). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Anthony, S. (1940). *The child's discovery of death*. New York: Harcourt, Brace.

Atran, S. (1994). Core domains versus scientific theories: Evidences from systematics and Itza-Maya folkbiology. In L. Hirschfeld, & S. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 341-362). New York: Cambridge University Press.

Atran, S. (1998). Folk biology and the anthropology of science: Cognitive universals and cultural particulars. *Behavioral and Brain Sciences*, *21*, 547-569.

Atran, S., Medin. D., Lynch, E., Vapnarsky, V., Ucan Ek', E., & Sousa, P. (2001). Folkbiology doesn't come from folkpsychology: Evidence from Yukatek Maya in cross-cultural perspective. *Journal of Cognition and Culture, 1*, 2-42.

Atran, S., Medin, D., & Ross, N. (2004). Evolution and devolution of knowledge: A tale of two biologies. *Journal of the Royal Anthropological Society, 10*, 395-420.

Archodidou, A., & Jacobson, M. J. (1997). Conceptual change in the domain of the neo-Darwinian theory of evolution. *Poster presented at the Seventh European Conference for Research on Learning and Instruction,* Athens, Greece.

Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin.

Backscheider, G. A., Shatz, M., & Gelman, S. A. (1993). Preschoolers' ability to distinguish living kinds as a function of regrowth. *Child Development, 64*, 1242-1257.

Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a « theory of mind »? *Cognition, 21*, 37-47.

Berzonsky, M. D. (1988). Child animism: Situational influence and individual differences. *Journal of Genetic Psychology, 149*, 293-303.

Beveridge, M., & Davis, M. (1983). A picture sorting approach to the study of child animism. *Genetic Psychology Monographs, 107*, 211-231.

Bonthoux, F., & Blaye, A. (2007). L'enfant et le monde des objets: Aspects du développement conceptuel. In A. Blaye, & P. Lemaire (Eds.), *Psychologie du développement cognitif de l'enfant* (pp. 315-335). Bruxelles: De Boeck.

Boulard, B. (1998). *Dictionnaire de botanique*. Paris: Ellipse.

Boyer, P., Bedoin, N., & Honoré, S. (2000). Relative contributions of kind-and domain-level concepts to expectations concerning unfamiliar exemplars: Developmental change and domain differences. *Cognitive Development, 15*, 457-479.

Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood.* Cambridge, MA: MIT Press.

Carey, S. (1988). Conceptual differences between children and adults. *Mind and Language, 3*, 167-181.

Carey, S. (1995). On the origins of causal understanding. In D. Sperber, D. Premack, & A. J. Premack (Eds.), *Causal Cognition.* (pp. 268-308). Oxford: Clarendon Press.

Carey, S. (2000). Sources of conceptual change. In E. K. Scholnick, K. Nelson, S. A. Gelman, & P. H. Miller (Eds.), *Conceptual Development: Piaget's Legacy* (pp. 293-326). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Carey, S., & Spelke, E. (1994). Domain-specific knowledge and conceptual change. In L. A. Hirschfeld, & S. A. Gelman (Eds), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 234-254). New York: Cambridge University Press.

Carey, S., & Spelke, E. (1996). Science and core knowledge. *Philosophy of Science, 63,* 515-533.

Chi, M. T., Glaser, R., & Farr, M. J. (1988). The nature of expertise. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Coley, J. D. (1995). Emerging differentiation of folkbiology and folkpsychology: Attribution of biological and psychological property to living things. *Child Development, 66,* 1856-1874.

Condillac, E. B. (1775). *Cours d'études*. Paris: Voland.

Danovitch, J., & Keil, F. C. (2004). Should you ask a fisherman or a biologist? Developmental shifts in ways of clustering knowledge. *Child Development, 75,* 918-931.

Declercq, C., & Labrell, F. (2009). Les connaissances précoces des points communs entre plantes et animaux: La référence à la personne humaine revisitée. *Psychologie Française, 54,* 43-53.

Di Sessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction, 10,* 105-225.

Di Sessa, A. A. (2007). Changing conceptual change. *Human Development, 50,* 39-46.

Doise, W., & Mugny, G. (1981). *Le développement social de l'intelligence.* Paris: InterEditions.

Dunbar, K. (1993). Concept discovery in a scientific domain. *Cognitive Science, 17,* 397-434.

Dunbar, K. (1995). How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *The Nature of insight* (pp. 365-395). Cambridge, MA, US: MIT Press.

Gaudemar, J. P. (2002). Horaires et programmes d'enseignement de l'école primaire. *Bulletin*

Officiel Hors Série de l'Education Nationale, 1, 3-94. Récupéré le 14 juin 2007 à l'adresse http://www.education.gouv.fr/bo/2002/hs1/maternelle.htm

Gelman, R. (1990). First principles organize attention to and learning about relevant data: Number and the animate-inanimate distinction as examples. *Cognitive Science, 14*, 79-106.

Gelman, R., & Baillargeon, R. (1983). A review of some piagetian concepts. In J. H. Flavell & E. M. Markman (Eds.), *Handbook of child psychology: vol 3. Cognitive development* (pp. 167-221). New York: Willey.

Gelman, R., & Spelke, E. (1981). The development of thoughts about animate and inanimate objects: Implications for research on social cognition. In J. H. Flavell & L. Ross. (Eds.), *Social cognitive development: Frontiers and possible future* (pp. 43-66). New-York: Cambridge University Press.

Gelman, S. A. (2004). Psychological essentialism in children. *Cognitive Sciences, 8,* 404-409.

Gelman, S. A., & Markman, E. M. (1986). Categories and induction in young children. *Cognition, 23*, 183-209.

Gelman, S. A., & Opfer, J. E. (2002). Development of the animate-inanimate distinction. In U. Goswami (Ed.), *Blackwell handbooks of childhood cognitive development* (pp. 151-166). Oxford, UK: Blackwell.

Gelman, S. A., & Wellman, H. M. (1991). Insides and essences: early understandings of the nonobvious. *Cognition, 38*, 213-244.

Giordan, A. (1998). *Apprendre* ! Paris: Belin.

Giordan, A., & De Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir*. Neuchatel: Delachaux et Niestlé.

Goodnow, J. J., Peterson, C., & Lawrence, J. A. (2007). Culture and cognitive development: Giyoo Hatano's insights and questions they open. *Human Development, 50*, 16-22.

Gopnick, A., & Wellman, H. M. (1994). The theory theory. In L. A. Hirschfeld, & S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 257-293). New York: Cambridge University Press.

Gottfried, G. M., & Gelman, S. A. (2005). Developing domain-specific causal-explanatory frameworks: The role of insides and immanence. *Cognitive Development, 20*, 137-158.

Greif, M. L., Kemler Nelson, D. G., Keil, F. C., & Gutierrez, F. (2006). What do children want to know about animals and artefacts? Domain-specific requests for information. *Psychological Science, 17*, 455-459.

Gutheil, G., Vera, A., & Keil, F. C. (1998). Do houseflies think? Patterns of induction and biological beliefs in development. *Cognition, 66*, 33-49.

Hatano, G., & Inagaki, K. (1986). Two courses of expertise. In H. Stevenson, J. Azuma, & K. Hakuta (Eds.), *Child development and education in Japan* (pp. 262-272). New York, NY: Freeman.

Hatano, G., & Inagaki, K. (1994). Young children's naive theory of biology. *Cognition, 50*, 171-188.

Hatano, G., & Inagaki, K. (2000). Domain-specific constraints of conceptual development. *International Journal of Behavioral Development, 24*, 267-275.

Hatano, G., & Inagaki, K. (2005). The formation of culture in mind: A sociocultural approach to cognitive development. *Bulletin of the Faculty of Education, Chiba University, 53*, 91-104.

Hatano, G., Siegler, R. S., Richards, D. D., Inagaki, K., Stavy, R., & Wax, N. (1993). The development of biological knowledge: A multi-national study. *Cognitive Development, 8*, 47-62.

Hayes, B. K., Goodhew, A., Heit, E., & Gillan, J. (2003). The role of diverse instruction in conceptual change. *Journal of Experimental Child Psychology, 86*, 253-276.

Hayes, B. K., & Heit, E. (2004). Why learning and development can lead to poorer recognition memory. Trends in *Cognitive Sciences, 8*, 337-339.

Heyman, G. D., & Gelman, S. A. (2000). Preschool children‘s use of trait labels to make inductive inferences. *Journal of Experimental Child Psychology*, *77*, 1-19.

Hickling, A. K., & 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.

Hirschfeld, L. A., & Gelman, S. A. (1994). Toward a topography of mind: An introduction to domain specificity. In L. A. Hirschfeld, & S. A. Gelman (Eds), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 234-254). New York: Cambridge University Press.

Inagaki, K., & Hatano, G. (1993). Young children's understanding of the mind-body distinction. *Child Development, 64*, 534-549.

Inagaki, K., & Hatano, G. (1996). Young children's recognition of commonalities between animals and plants. *Child Development, 67,* 2823-2840.

Inagaki, K., & Hatano, G. (2002). *Young children’s naïve thinking about the biological world.* New York: Psychology Press.

Inagaki, K., & Hatano, G. (2004). Vitalistic causality in young children's naive biology. Trends in *Cognitive Sciences, 8,* 356-362.

Inagaki, K., & Hatano, G. (2006). Young children’s conception of the biological world. *Current Directions in Psychological Science, 15*, 177-181.

Inagaki, K., & Sugiyama, K. (1988). Attributing human characteristic: Developmental changes in over- and under attributions. *Cognitive Development, 3*, 55-70.

Jaakkola, R. (1997). *The development of scientific understanding: Children’s construction of their first biological theory*. Unpublished Ph. D. thesis. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge University Press.

Jaakkola, R., & Slaughter, V. (2002). Children's body knowledge: Understanding « life » as a biological goal. *British Journal of Developmental Psychology*, *20,* 325-342.

Keil, F. C. (1987). Conceptual development and category structure. In U. Neisser (Ed.), *Concepts and conceptual development: The ecological and intellectual factors in categorization* (pp. 175-200). Cambridge: Cambridge University Press.

Keil, F. C. (1992). The origins of an autonomous domain of biology. In M. R. Gunnar, & M. Maratos (Eds.), *Modularity and constraints in language and cognition* (pp. 103-137). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Keil, F. (1994). The birth and nurturance of concepts by domains: The origins of concepts of living things. In L.A. Hirschfeld, & S. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 234-255). New-York: Cambridge University Press.

Keil, F. C. (1995). The growth of causal understandings of natural kinds. In D. Sperber, D. Premack, & A. J. Premack (Eds.), *Causal cognition: A multi-disciplinary debate* (pp. 234-262). Oxford: Clarendon Press.

Keil, F. C. (2003a). That's life: Coming to understand biology. *Human Development, 46,* 369-377.

Keil, F. C. (2003b). Folkscience: Coarse interpretations of a complex reality. Trends in *Cognitive Sciences, 7,* 368-373.

Keil, F.C. (2007). Biology and beyond: Domain specificity in a broader developmental context. *Human Development, 50,* 31-38.

Kelemen, D. (1999a). Function, goals and intention: children's teleological reasoning about objects. Trends in *Cognitive Sciences, 3,* 461-468.

Kelemen, D. (1999b). Why are rocks pointy? Children's preference for teleological explanations of the natural world. *Developmental Psychology, 35,* 1440-1452.

Kelemen, D. (2003). British and American children's preferences for teleo-functional explanations of the natural world. *Cognition, 88,* 201-221.

Kelemen, D., & Di Yanni, C. (2005). Intuitions about origins: Purpose and intelligent design in children's reasoning about nature. *Journal of Cognition and Development, 6,* 3-31.

Klingberg, G. (1957). The distinction between living and non-living among 7-10-year-old children, with some remarks concerning so-called the animism controversy. *Journal of Genetic Psychology, 90*, 227-238.

Koocher, G. (1973). Childhood, death and cognitive development. *Developmental Psychology, 9,* 369-375.

Kuhn, D., & Pearsall, S. (2000). Developmental origins of scientific thinking. *Journal of Cognition and Development, 1*, 113-129.

Kyrkos, C., & Vosniadou, S. (1997). Mental models of plant nutrition: A study of conceptual change in childhood. *Poster presented at the Seventh European Conference for Research on Learning and Instruction,* Athens, Greece.

La bible. (1973). Tours, Edition du Seuil.

Lautrey, J., Rémi-Giraud, S., Sander, E., & Tiberghien, A. (2008). *Les connaissances naïves.* Paris: Armand Colin.

Locke, J. (1693). *Quelques pensées sur l'éducation*. Paris: Vrin.

Lutz, D. J., & Keil, F. C. (2002). Early understanding of the division of cognitive labor. *Child Development, 73*, 1073-1084.

Massey, C. M., & Gelman, R. (1988). Preschooler's ability to decide whether a photographed unfamiliar object can move itself. *Developmental Psychology, 24,* 307-317.

Medin, L., & Atran, S. (1999). *Folkbiology*. Cambridge, MA: MIT Press.

Meltzoff, A. N., & Moore, M. K. (1999). Resolving the debate about early imitation. In A. Slater, & D. Muir (Eds.), *The Blackwell reader in developmental psychology* (pp. 151-155). Oxford: Blackwell.

Meunier, B., & Cordier, F. (2004). La catégorie des plantes. Etude développementale de son organisation. *Enfance, 56,* 163-185.

Mills, C., & Keil, F.C. (2004). Knowing the limits of one's understanding: The development of an awareness of an illusion of explanatory depth. *Journal of Experimental Child Psychology, 87,* 1-32.

Morris, S. C., Taplin, J. E., & Gelman, S. A. (2000). Vitalism in naive biological thinking. *Developmental Psychology, 36,* 582-595.

Murphy, G. L. (2002). *The big book of concepts*. Cambridge, MA: MIT Press.

Murphy, G. L. & Medin, D. L. (1985). The role of theories in conceptual coherence. *Psychological Review, 92,* 289-316.

Nagy, M. (1948). The *child's* theories concerning death. *Journal of Genetic Psychology, 73,* 3-27.

Netchine, S. (1999). Les cadres d'étude du développement psychologique. In R. Ghiglione, & J. F. Richard (Eds.), *Cours de psychologie. Base, méthode et épistémologie.* (pp. 9-35). Paris: Dunod.

Opfer, J. E. (2002). Identifying living and sentient kinds from dynamic information: The case of goal-directed versus aimless autonomous movement in conceptual change. *Cognition, 86,* 97-122.

Opfer, J. E., & Siegler, R. S. (2004). Revisiting preschoolers' *living things* concept: A microgenetic analysis of conceptual change in basic biology. *Cognitive Psychology, 49,* 301-332.

Piaget, J. (1926). *La représentation du monde chez l'enfant. Revue de Théologie et de Philosophie, 13,* 191-214.

Piaget, J. (1927). *La causalité physique chez l'enfant*. Paris: F. Alcan.

Piaget, J., & Inhelder, B. (1972). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris: PUF.

Perucchini, P., & Ronchi, C. (2008). Understanding of the earth and the sun: Comparison among children and teachers' expectation on primary pupils. In F. Labrell, & G.

Chasseigne (Eds.), *Aspects du développement conceptuel et langagier* (pp. 87-114). Paris: Editions Publibook Université.

Poling, D. A., & Evans, E. M. (2002). Why do birds of a feather flock together? Developmental change in the use of multiple explanations: Intention, teleology and essentialism. *British Journal of Developmental Psychology, 20*, 89-112.

Poling, D. A., & Evans, E. M. (2004). Are dinosaurs the rule or the exception? Developing concepts of death and extinction. *Cognitive Development, 19*, 363-383.

Poulin-Dubois, D. (2007). Le développement cognitif de 0 à 2 ans: les fondements du développement ultérieur. In A. Blaye, & P. Lemaire (Eds.), *Psychologie du développement cognitif de l'enfant* (pp. 315-335). Bruxelles: De Boeck.

Posner, G. L., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education, 66*, 211-227.

Premack, D. (1990). The infants' theory of self-propelled objects. *Cognition, 36*, 1-16.

Proffitt, J. B., Coley, J. D., & Medin, D. L. (2000). Expertise and category-based induction. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *26*, 811-828.

Rakison, D. H. (2000). When a rose is just a rose: The illusion of taxonomies in infant categorization. *Infancy, 1*, 77-90.

Rakison, D. H., & Poulin-Dubois, D. (2001). Developmental origin of the animate-inanimate distinction. *Psychological Bulletin, 127*, 209-228.

Richards, D. D., & Siegler, R. S. (1984). The effects of task requirements on children's life judgments. *Child Development, 55*, 1687-1696.

Richards, D. D., & Siegler, R. S. (1986). Children's understandings of the attributes of life. *Journal of Experimental Child Psychology, 42*, 1-22.

Rosch, E., & Mervis, C. B. (1975). Family resemblances: Studies in the internal culture of categories. *Cognitive Psychology, 7*, 573-605.

Rosenblueth, A., Wiener, N., & Bigelow, J. (1943). Behavior, purpose and teleology. *Philosophy of Science, 10,* 18-24.

Rosengren, K. S., Gelman, S. A., Kalish, C. W., & McCormick, M. (1991). As time goes by: Children's early understanding of growth in animals. *Chid Development, 62,* 1302-1320.

Rozenblit, L. R., & Keil, F. C. (2002). The missunderstandood limits of folk science: An illusion of explanatoty depth. *Cognitive Science, 26,* 521-562.

Safier, G. (1964). A study in relationships between the life and death concepts in children. *Journal of Genetic Psychology, 105*, 283-294.

Sander, E. (2000). *L'analogie, du naïf au créatif: Analogie et catégorisation*. Paris, L'Harmattan.

Sander, E. (2008). Les connaissances naïves en mathématique. In J. Lautrey, S. Rémy, E. Sander, & A. Tiberghien (Eds.), *Les connaissances naïves* (pp. 103-152). Paris: Armand Collin.

Shafto, P., & Coley, J. D. (2003). Development of categorization and reasoning in the natural world: Novices to experts, naïve similarity to ecological knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 29,* 641-649.

Siegler, R. S., & Ellis, S. (1996). Piaget on childhood. *Psychological Science, 7,* 211-215.

Slaughter, V., Jaakkola, K., & Carey, S. (1999). Constructing a coherent theory: Children's biological understanding of life and death. In M. Siegal, & C. Peterson (Eds.), *Children's understanding of biology, health and ethics* (pp. 71-98). Cambridge: Cambridge University Press.

Slaughter, V., & Lyons, M. (2003). Learning about life and death in early childhood. *Cognitive Psychology, 46,* 1-30.

Solomon, G. E. A. (2002). Birth, kind and naïve biology. *Developmental Science, 52,* 213-218.

Solomon, G. E. A., Johnson, S. C., Zaitchick, D., & Carey, S. (1996). Like father, like son: Young children's understanding of how and why offspring resemble their parents. *Child Development, 67,* 151-171.

Speece, M., & Brent, S. (1985). Children's understanding of death: A review of three components of death. *Death Studies, 16,* 211-229.

Spelke, S. E. (1991). Physical knowledge in infancy: Reflections on Piaget's theory. In S. Carey, & R. Gelman (Eds.), *The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition* (pp. 133-170). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Spelke, E. S., & Kinzler, K. D. (2007). Core knowledge. *Developmental Science, 10,* 89-96.

Springer, K. (1995). Acquiring a naïve theory of kinship through inference. *Child Development, 66,* 547-558.

Springer, K., & Keil, F. C., (1989). On the development of biological specific beliefs: The case of inheritance. *Child Development, 60,* 637-648.

Springer, K., & Keil, F. C. (1991). Early differentiation of causal mechanisms appropriate to biological and nonbiological kinds. *Child Development, 62,* 767-781.

Springer, K., Nguyen, T., & Samaniego, R. (1996). Early understanding of age-and environment-related noxiousness in biological kinds: Evidence for a naive theory. *Cognitive Development, 11,* 65-82.

Stavy, R., & Wax, N. (1989). Children's conceptions of plants as living things. *Human Development, 32,* 88-94.

Taylor, M., Esbensen, B. M., & Benett, R. T. (1994) Children's understanding of knowledge acquisition: The tendency for children to report that they have always known what they have just learned. *Child Development, 65,* 1581-1604.

Thibaut, J-P., Gelaes, S., Cordier, F., & Meunier, B. (2005). Le développement des connaissances chez l'enfant de 4 à 10 ans. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant, 17,* 35-41.

Tiberghien, A., Buty, C., Cordier, F., Cornuéjols, A., Veillard, L., Laborde, C., Bouchard, R., Coquidé, M., & Rogalski, J. (2002). *Des connaissances naïves au savoir scientifique*, Programme Ecole et Sciences cognitives [2007, Octobre]. Récupéré le 19 septembre 2008 à l'adresse http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/00/17/89/PDF/Tiberghien.pdf.

Tiberghien, A. (2008). Connaissance naïve et didactique de la physique. In J. Lautrey, S. Rémy, E. Sander, & A. Tiberghien. (Eds.), *Les connaissances naïves* (pp. 103-152). Paris: Armand Collin.

Van der Keilen, M., & Roy, C. (1995). Développement du concept de vie à propos des animaux et des plantes. *Enfance, 4*, 435-442.

Von Hug-Hellmuth, H. (1964). The child's concept of death. *Psychoanalytic Quaterly, 34,* 499-516.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction, 4,* 45-69.

Vosniadou, S., & Brewer. W. F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research 57*, 51-67.

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, *24*, 535-585.

Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction, 11*, 381-419.

Vygotsky, L. S. (1984). *Pensée et Langage.* Paris: Editions Sociales.

Waxman, S. R., & Medin, D. L. (2006). *Core knowledge and the acquisition of the fundamental (Folk) biologic concept « alive »*. Communication présentée au 5e congrès de l'ICCS, Vancouver, Canada.

Waxman, S. R., Medin, D. L., & Ross, N. (2007). Folkbiological reasoning from a cross cultural developmental perspective: Early essentialist notions are shape by cultural belief. *Developmental Psychology*, *43,* 294-308.

Wellman, H. M., & Estes, D. (1986). Early understanding of mental entities: A reexamination of childhood realism. *Child Development, 57,* 910-923.

Wellman, H. M., & Gelman, S. A. (1992). Cognitive development: Foundational theories of core domains. *Annual Review of Psychology, 43,* 337-375.

Wellman, H. M., & Gelman, S. A. (1998). Knowledge acquisition in foundational domains. In D. Kuhn, & R. Siegler (Eds), *Handbook of child psychology 5th ed. Cognition, perception and language* (pp. 523-573). New York, NY: Wiley.

White, E., Elsom, B., & Prawat, R. (1978). Children's conception of death. *Child Development, 49,* 307-310.

Williams, J. M. & Tolmie, A. (2000). Conceptual change in biology: Group interaction and the understanding of inheritance. *British Journal of Developmental Psychology, 18,* 625-649.

Wolpert, L. (1999). *Biologie du développement. Les grands principes.* Paris, France: Dunod

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

CHAPITRE IV. MORT ET REGENERATION DES VEGETAUX AGES DE SIX ET DIX ANS

Annexe 1.Dessins des végétaux constituant le matériel expérimental 212
Annexe 2. Extrait de la pré-enquête sur la propriété de régénération précédant la constitution du questionnaire final de l'étude avec les enfants âgés de 6 et de 10 ans ..216
Annexe 3. Questionnaire final pour l'étude réalisée avec des enfants âgés de six et de dix ans.....217
Annexe 4. Catégories de réponse pour la question n° 2. 223
Annexe 4. 1 Définition des catégories de réponses relatives à la propriété de mort. 223
Annexe 4. 2. Définition des catégories de réponses relatives à la propriété de régénération. 224

CHAPITRE V. MORT ET REGENERATION DES VEGETAUX SELON L'EXPERTISE BIOLOGIQUE CHEZ L'ADULTE

Annexe 5. Questionnaire proposé aux adultes.....225
Annexe 5. 1 Questionnaire sur la propriété de mort.....225
Annexe 5. 2. Questionnaire sur la propriété de régénération 231
Annexe 6. Liste des distracteurs. 237
Annexe 7. Extrait de la feuille de réponse à la question n°3 portant sur le degré d'accord avec les stratégies de raisonnement proposées à l'évaluation des participants. 238
Annexe 8. Catégories de réponses pour la question 4 du questionnaire proposé aux adultes. 240

CHAPITRE VII. CONCEPTIONS ENFANTINES ET APPRENTISSAGE SCIENTIFIQUE

Annexe 9. Images de végétaux atypiques présentées lors du post test 242
Annexe 10. Posters servant à l'entraînement.....244
Annexe 11. Discours proposé lors de l'entraînement.....246
Annexe 12. Table de kappa pour le double codage de l'analyse de contenu 249

Annexe 1.Dessins des végétaux constituant le matériel expérimental

Annexe 2. Extrait de la pré-enquête sur la propriété de régénération précédant la constitution du questionnaire final de l'étude avec les enfants âgés de 6 et de 10 ans

2. Epreuve sur le mécanisme biologique de la régénération

PAS DE BONNE OU DE MAUVAISE REPONSE

Je te rassure, il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, ce qui m'intéresse, c'est de savoir ce que toi tu en penses. Tout ça reste entre nous, je ne dirai rien à ta maîtresse.

2.1 Pré-test à partir d'une plante verte

Questions ouvertes :

Reconnaissance : Je te montre une image. A ton avis qu'est-ce que c'est ? Oui, ce sont bien des plantes vertes.

Croissance : Est-ce que tu sais comment ça pousse des plantes ?

Régénération : Parfois les plantes sont abîmées, mais après elles cicatrisent. Comment ça se passe à ton avis quand elles cicatrisent ?

Pourquoi régénération : Mais pourquoi elles cicatrisent ?

Maintenant, je vais te dire des choses concernant les plantes vertes, tu me dis ce que tu en penses, si tu es d'accord ou pas d'accord.

« A ton avis, pourquoi une plante verte va cicatriser ?

1/ Intentionnalité : A ton avis, elle va cicatriser, parce qu'elle le veut, parce qu'elle l'a décidé? Oui/non

2/ Téléologie : A ton avis, elle va cicatriser, parce que sinon elle ne pourra pas se développer normalement/ pas grandir comme il faut ? Oui/non

3/ Essentialisme : A ton avis, elle va cicatriser, parce que quelque chose à l'intérieur d'elle l'aide à cicatriser ? Oui/non

4/ Vitalisme : A ton avis, elle va cicatriser, parce qu'elle a assez de force/énergie ? Oui/non

Maintenant dis-moi la réponse que tu préfères ?

A/ fleur

Questions ouvertes :

Reconnaissance : Je te montre une image. A ton avis qu'est-ce que c'est ? Oui ce sont bien des fleurs.

Croissance : Est-ce que tu sais comment ça pousse des fleurs ?

Régénération : Parfois, les fleurs sont abîmées mais ensuite elles se remettent. Comment ça se passe à ton avis quand elles se remettent?

Pourquoi régénération : Mais pourquoi elles se remettent ?

Maintenant, je vais te dire des choses concernant les fleurs, tu me dis ce que tu en penses, si tu es d'accord ou pas d'accord.

« A ton avis, pourquoi une fleur va se remettre ?»

1/ Intentionnalité : A ton avis, elle va se remettre parce qu'elle le veut, parce qu'elle l'a décidé ? Oui /non ?

2/ Téléologie : A ton avis, elle va se remettre, parce que sinon elle ne pourra pas grandir comme il faut / pas se développer normalement ? Oui /non ?

3/ Essentialisme : A ton avis, elle va se remettre, parce que quelque chose à l'intérieur d'elle l'aide à repousser ? Oui /non ?

4/ Vitalisme : A ton avis, elle va se remettre, parce qu'elle utilise sa propre force ? Oui /non ?

Maintenant dis-moi la réponse que tu préfères ?

Annexe 3. Questionnaire final pour l'étude réalisée avec des enfants âgés de six et de dix ans

1. Epreuve sur la propriété biologique d'extinction.

PAS DE BONNE OU DE MAUVAISE REPONSE

Je te rassure, il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, ce qui m'intéresse, c'est de savoir ce que toi tu en penses. Tout ça reste entre nous.

1.1- Pré-test (plante verte).

Questions ouvertes :

Reconnaissance : Je te montre une image. A ton avis qu'est-ce que c'est ? Oui, c'est bien une plante verte.

Extinction : A ton avis est-ce qu'une plante peut mourir ? Et alors si elles meurent, ça se passe comment ?

Pourquoi extinction : Si réponse Oui : Pourquoi une plante peut-elle mourir ? Qu'est-ce qui peut la faire mourir ? Si réponse Non : Pourquoi une plante pourrait elle mourir ? Qu'est-ce qui pourrait la faire mourir ?

Maintenant, je vais te dire des choses concernant les plantes vertes, tu me dis ce que tu en penses, si tu es d'accord ou pas d'accord.

« A ton avis, pourquoi une plante verte peut mourir ? »

1/ Intentionnalité : A ton avis, elle peut mourir parce qu'elle le veut, parce qu'elle l'a décidé ? Oui/non

2/ Téléologie : A ton avis, elle peut mourir parce qu'il le faut ? Oui/non

3/ Essentialisme : A ton avis, elle peut mourir parce que quelque chose à l'intérieur d'elle fait qu'elle meurt ? Oui/non

4/ Vitalisme : A ton avis, elle peut mourir parce qu'elle n'a plus assez de force ? Oui/non

Relance : Maintenant dis-moi la réponse que tu préfères, celle qui te paraît la plus juste.

A/ fleur

Questions ouvertes :

Reconnaissance : Je te montre une image. A ton avis qu'est-ce que c'est ? Oui se sont bien des fleurs.

Extinction : A ton avis est-ce qu'une fleur peut mourir ? Et alors si elles meurent, ça se passe comment ?

Pourquoi extinction : Si réponse Oui : Pourquoi une fleur peut-elle mourir ? Qu'est-ce qui peut la faire mourir ? Si réponse Non : Pourquoi une fleur pourrait elle mourir ? Qu'est-ce qui pourrait la faire mourir ?

Maintenant, je vais te dire des choses concernant les fleurs, tu me dis ce que tu en penses, si tu es d'accord ou pas d'accord.

« A ton avis, pourquoi une fleur peut mourir ? »

1/ Intentionnalité : A ton avis, elle peut mourir, parce qu'elle le veut, parce qu'elle l'a décidé ? Oui /non ?

2/ Téléologie : A ton avis, elle peut mourir, parce qu'il le faut ? Oui /non ?

3/ Essentialisme : A ton avis, elle peut mourir, parce que quelque chose à l'intérieur d'elle fait qu'elle meurt ? Oui /non ?

Vitalisme : A ton avis, elle peut mourir, parce qu'elle n'a plus assez de force ? Oui /non ?

R : Maintenant dis-moi la réponse que tu préfères, celle qui te paraît la plus juste.

B/ plante verte

Questions ouvertes :

Reconnaissance : Je te montre une image. A ton avis qu'est-ce que c'est ? Oui c'est bien une plante verte.
Extinction : A ton avis est-ce qu'une plante peut mourir ? Et alors si elle meurt, ça se passe comment ?
Pourquoi extinction : Si réponse Oui : Pourquoi une plante peut-elle mourir ? Qu'est-ce qui peut la faire mourir ? Si réponse Non : Pourquoi une plante pourrait-elle mourir ? Qu'est-ce qui pourrait la faire mourir ?

Maintenant, je vais te dire des choses concernant les plantes, tu me dis ce que tu en penses, si tu es d'accord ou pas d'accord.

« A ton avis, pourquoi une plante verte peut mourir ? »

1/ Intentionnalité : A ton avis, elle peut mourir, parce qu'elle le veut, parce qu'elle l'a décidé? Oui /non ?
2/ Téléologie : A ton avis, elle peut mourir, parce qu'il le faut ? Oui /non ?
3/ Essentialisme : A ton avis, elle peut mourir, parce que quelque chose à l'intérieur d'elle fait qu'elle meurt ? Oui /non ?
Vitalisme : A ton avis, elle peut mourir, parce qu'elle n'a plus assez de force ? Oui /non ?
Maintenant dis-moi la réponse que tu préfères, celle qui te paraît la plus juste.

C/ arbre

Questions ouvertes :
Reconnaissance : Je te montre une image. A ton avis qu'est-ce que c'est ? Oui c'est bien un arbre.
Extinction : A ton avis est-ce qu'un arbre peut mourir ? Et alors s'il meurt, ça se passe comment ?
Pourquoi extinction : Si réponse Oui : Pourquoi un arbre peut-il mourir ? Qu'est-ce qui peut le faire mourir ? Si réponse Non : Pourquoi un arbre pourrait-il mourir ? Qu'est-ce qui pourrait le faire mourir ?

Maintenant, je vais te dire des choses concernant les arbres, tu me dis ce que tu en penses, si tu es d'accord ou pas d'accord.

« A ton avis, pourquoi un arbre peut mourir ? »

1/ Intentionnalité : A ton avis, il peut mourir, parce qu'il le veut, parce qu'il l'a décidé ? Oui /non ?
2/ Téléologie : A ton avis, il peut mourir, parce qu'il le faut ? Oui /non ?
3/ Essentialisme : A ton avis, il peut mourir, parce que quelque chose à l'intérieur de lui fait qu'il meurt ? Oui /non ?
4/ Vitalisme : A ton avis, il peut mourir, parce qu'il n'a plus assez de force ? Oui /non ?
Maintenant dis-moi la réponse que tu préfères, celle qui te paraît la plus juste.

D/ cactus

Questions ouvertes :
Reconnaissance : Je te montre une image. A ton avis qu'est-ce que c'est ? Oui c'est bien un cactus.
Extinction : A ton avis est-ce qu'un cactus peut mourir ? Et alors s'il meurt, ça se passe comment ?
Pourquoi extinction : Si réponse Oui : Pourquoi un cactus peut-il mourir ? Qu'est-ce qui peut le faire mourir ? Si réponse Non : Pourquoi un cactus pourrait-il mourir ? Qu'est-ce qui pourrait le faire mourir ?

Maintenant, je vais te dire des choses concernant les cactus, tu me dis ce que tu en penses, si tu es d'accord ou pas d'accord.

« A ton avis, pourquoi un cactus peut mourir ? »

1/ Intentionnalité : A ton avis, il peut mourir, parce qu'il le veut, parce qu'il l'a décidé? Oui /non ?
2/ Téléologie : A ton avis, il peut mourir, parce qu'il le faut ? Oui /non ?
3/ Essentialisme : A ton avis, il peut mourir, parce que quelque chose à l'intérieur de lui fait qu'il meurt ? Oui /non ?
4/ Vitalisme : A ton avis, il peut mourir, parce qu'il n'a plus assez de force pour vivre ? Oui /non ?
Maintenant dis-moi la réponse que tu préfères, celle qui te paraît la plus juste.

E/ algue
Questions ouvertes :
Reconnaissance : Je te montre une image. A ton avis qu'est-ce que c'est ? Oui c'est bien une algue.
Extinction : A ton avis est-ce qu'une algue peut mourir ? Et alors si elle meurt, ça se passe comment ?
Pourquoi extinction : Si réponse Oui : Pourquoi une algue peut-elle mourir ? Qu'est-ce qui peut la faire mourir ? Si réponse Non : Pourquoi une algue pourrait elle mourir ? Qu'est-ce qui pourrait la faire mourir ?

Maintenant, je vais te dire des choses concernant les algues, tu me dis ce que tu en penses, si tu es d'accord ou pas d'accord.

« A ton avis, pourquoi une algue peut mourir ? »
1/ Intentionnalité : A ton avis, elle peut mourir, parce qu'elle le veut, parce qu'elle l'a décidé? Oui /non ?
2/ Téléologie : A ton avis, elle peut mourir, parce qu'il le faut ? Oui /non ?
3/ Essentialisme : A ton avis, elle peut mourir, parce que quelque chose à l'intérieur d'elle fait qu'elle meurt ? Oui /non ?
4/ Vitalisme : A ton avis, elle peut mourir, parce qu'elle n'a plus assez de force ? Oui /non ?
Maintenant dis-moi la réponse que tu préfères, celle qui te paraît la plus juste.

F/ herbe
Questions ouvertes :
Reconnaissance : Je te montre une image. A ton avis qu'est-ce que c'est ? Oui c'est bien de l'herbe.
Extinction : A ton avis est-ce que de l'herbe peut mourir ? Et alors si elle meurt, ça se passe comment ?
Pourquoi extinction : Si réponse Oui : Pourquoi de l'herbe peut mourir ? Qu'est-ce qui peut la faire mourir ? Si réponse Non : Pourquoi de l'herbe pourrait elle mourir ? Qu'est ce qui pourrait la faire mourir ?

Maintenant, je vais te dire des choses concernant l'herbe, tu me dis ce que tu en penses, si tu es d'accord ou pas d'accord.

« A ton avis, pourquoi de l'herbe peut mourir ? »
1/ Intentionnalité : A ton avis, elle peut mourir, parce qu'elle le veut, parce qu'elle l'a décidé? Oui /non ?
2/ Téléologie : A ton avis, elle peut mourir, parce qu'il le faut ? Oui /non ?
3/ Essentialisme : A ton avis, elle peut mourir, parce que quelque chose à l'intérieur d'elle fait qu'elle meurt ? Oui /non ?
4/ Vitalisme : A ton avis, elle peut mourir, parce qu'elle n'a plus assez de force ? Oui /non ?
Maintenant dis-moi la réponse que tu préfères, celle qui te paraît la plus juste.

2. Epreuve sur la propriété de régénération

PAS DE BONNE OU DE MAUVAISE REPONSE

Je te rassure, il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, ce qui m'intéresse, c'est de savoir ce que toi tu en penses. Tout ça reste entre nous.

2.1 Pré-test

Questions ouvertes :

Reconnaissance : Je te montre une image. A ton avis qu'est-ce que c'est ? Oui ce sont bien des plantes vertes.

Régénération : Parfois les plantes sont abîmées, mais après elles peuvent se remettre ? Comment ça se passe à ton avis si elles se remettent ?

Pourquoi régénération : A ton avis pourquoi une plante peut-elle se remettre, qu'est-ce qui peut faire qu'elle se remet ?

Maintenant, je vais te dire des choses concernant les plantes vertes, tu me dis ce que tu en penses, si tu es d'accord ou pas d'accord.

« A ton avis, pourquoi une plante verte peut-elle se remettre ?

1/ Intentionnalité : A ton avis, elle peut se remettre, parce qu'elle le veut, parce qu'elle l'a décidé? Oui/non

2/ Téléologie : A ton avis, elle peut se remettre, parce que sinon elle ne pourra pas se développer normalement/ pas grandir comme il faut ? Oui/non

3/ Essentialisme : A ton avis, elle peut se remettre, parce que quelque chose à l'intérieur d'elle l'aide à se remettre? Oui/non

4/ Vitalisme : A ton avis, elle peut se remettre, parce qu'elle a assez de force/énergie ? Oui/non

Relance *: Maintenant dis-moi la réponse que tu préfères, celle qui te paraît la plus juste.*

A/ fleur

Questions ouvertes :

Reconnaissance : Je te montre une image. A ton avis qu'est-ce que c'est ? Oui ce sont bien des fleurs.

Régénération : Parfois, les fleurs sont abîmées mais ensuite elles peuvent se remettre ? Comment ça se passe à ton avis si elles se remettent ?

Pourquoi régénération : A ton avis pourquoi une fleur peut-elle se remettre, qu'est ce qui peut faire qu'elle se remet ?

Maintenant, je vais te dire des choses concernant les fleurs, tu me dis ce que tu en penses, si tu es d'accord ou pas d'accord.

« A ton avis, pourquoi une fleur peut-elle se remettre ?»

1/ Intentionnalité : A ton avis, elle peut se remettre parce qu'elle le veut, parce qu'elle l'a décidé ? Oui /non ?

2/ Téléologie : A ton avis, elle peut se remettre, parce que sinon elle ne pourra pas grandir comme il faut / pas se développer normalement ? Oui /non ?

3/ Essentialisme : A ton avis, elle peut se remettre, parce que quelque chose à l'intérieur d'elle l'aide à se remettre bien ? Oui /non ?

4/ Vitalisme : A ton avis, elle peut se remettre, parce qu'elle utilise sa propre force ? Oui /non ?

Maintenant dis-moi la réponse que tu préfères, celle qui te paraît la plus juste.

B/ plante verte

Questions ouvertes :

Reconnaissance : Je te montre une image. A ton avis qu'est-ce que c'est ? Oui se sont bien des plantes vertes.

Régénération : Parfois les plantes sont abîmées, mais après elles peuvent se remettre ? Comment ça se passe à ton avis si elles se remettent ?
Pourquoi régénération : A ton avis pourquoi une plante peut-elle se remettre, qu'est-ce qui peut faire qu'elle se remet ?

Maintenant, je vais te dire des choses concernant les plantes vertes, tu me dis ce que tu en penses, si tu es d'accord ou pas d'accord.

« A ton avis, pourquoi une plante verte peut-elle se remettre ?

1/ Intentionnalité : A ton avis, elle peut se remettre, parce qu'elle le veut, parce qu'elle l'a décidé? Oui/non
2/ Téléologie : A ton avis, elle peut se remettre, parce que sinon elle ne pourra pas se développer normalement/ pas grandir comme il faut ? Oui/non
3/ Essentialisme : A ton avis, elle peut se remettre, parce que quelque chose à l'intérieur d'elle l'aide à se remettre? Oui/non
4/ Vitalisme : A ton avis, elle peut se remettre, parce qu'elle a assez de force/énergie ? Oui/non
Relance *: Maintenant dis-moi la réponse que tu préfères, celle qui te paraît la plus juste.*

C/ arbre

Questions ouvertes :
Reconnaissance : Je te montre une image. A ton avis qu'est-ce que c'est ? Oui c'est bien un arbre.
Régénération : Parfois les arbres sont abîmés, mais ensuite ils peuvent se remettre ? Comment ça se passe à ton avis s'ils se remettent ?
Pourquoi régénération : A ton avis pourquoi un arbre peut-il se remettre, qu'est-ce qui peut faire qu'il se remet ?

Maintenant, je vais te dire des choses concernant les arbres, tu me dis ce que tu en penses si tu es d'accord ou pas d'accord.

« A ton avis, pourquoi un arbre peut-il se remette ?»

1/ Intentionnalité : A ton avis, il peut se remettre, parce qu'il le veut, parce qu'il l'a décidé ? Oui /non ?
2/ Téléologie : A ton avis, il peut se remettre, parce que sinon il ne pourra pas grandir comme il faut / pas se développer normalement ? Oui /non ?
3/ Essentialisme : A ton avis, il peut se remettre, parce que quelque chose à l'intérieur de lui l'aide à se remettre ? Oui /non ?
4/ Vitalisme : A ton avis, il peut se remettre, parce qu'il utilise sa propre force ? Oui /non ?
Maintenant dis-moi la réponse que tu préfères, celle qui te paraît la plus juste.

D/ cactus

Questions ouvertes :
Reconnaissance : Je te montre une image. A ton avis qu'est-ce que c'est ? Oui c'est bien un cactus.
Régénération : Parfois, les cactus sont abîmés, mais ensuite ils peuvent se remettre ? Comment ça se passe à ton avis s'ils se remettent ?
Pourquoi régénération : A ton avis pourquoi un cactus peut-il se remettre, qu'est ce qui peut faire qu'il se remet ?

Maintenant, je vais te dire des choses concernant les cactus, tu me dis ce que tu en penses si tu es d'accord ou pas d'accord.

« A ton avis, pourquoi un cactus peut-il se remettre ?»

1/ Intentionnalité : A ton avis, il peut se remettre, parce qu'il le veut, parce qu'il l'a décidé ? Oui /non ?

2/ Téléologie : A ton avis, il peut se remettre, parce que sinon il ne pourra pas grandir comme il faut / pas se développer normalement ? Oui /non ?
3/ Essentialisme : A ton avis, il peut se remettre, parce que quelque chose à l'intérieur de lui l'aide à se remettre ? Oui /non ?
4/ Vitalisme : A ton avis, il peut se remettre, parce qu'il utilise sa propre force/énergie ? Oui /non ?
Maintenant dis-moi la réponse que tu préfères, celle qui te paraît la plus juste.

E/ algue
Questions ouvertes :
Reconnaissance : Je te montre une image. A ton avis qu'est-ce que c'est ? Oui c'est bien une algue.
Régénération : Parfois, les algues sont abîmées, mais ensuite elles peuvent se remettre ? Comment ça se passe à ton avis si elles se remettent ?
Pourquoi régénération : A ton avis pourquoi une algue peut-elle se remettre, qu'est-ce qui peut faire qu'elle se remet ?

Maintenant, je vais te dire des choses concernant les algues, tu me dis ce que tu en penses si tu es d'accord ou pas d'accord.

« A ton avis, pourquoi une algue peut-elle se remettre ?»
1/ Intentionnalité : A ton avis, elle peut se remettre, parce qu'elle le veut, parce qu'elle l'a décidé ? Oui /non ?
2/ Téléologie : A ton avis, elle peut se remettre, parce que sinon elle ne pourra pas grandir comme il faut / se développer normalement ? Oui /non ?
3/ Essentialisme : A ton avis, elle peut se remettre, parce que quelque chose à l'intérieur d'elle l'aide à se remettre ? Oui /non ?
4/ Vitalisme : A ton avis, elle peut se remettre, parce qu'elle utilise sa propre force ? Oui /non ?
Maintenant dis-moi la réponse que tu préfères, celle qui te paraît la plus juste.

F/ herbe
Questions ouvertes :
Reconnaissance : Je te montre une image. A ton avis qu'est-ce que c'est ? Oui c'est bien de l'herbe.
Régénération : Parfois, l'herbe est abîmée, mais ensuite elle peut se remettre ? Comment ça se passe à ton avis si elle se remet ?
Pourquoi régénération : A ton avis pourquoi de l'herbe peut-elle se remettre, qu'est-ce qui peut faire qu'elle se remet ?

Maintenant, je vais te dire des choses concernant l'herbe, tu me dis ce que tu en penses si tu es d'accord ou pas d'accord.

« A ton avis, pourquoi de l'herbe peut-elle se remettre ?»
1/ Intentionnalité : A ton avis, elle peut se remettre, parce qu'elle le veut, parce qu'elle l'a décidé ? Oui /non ?
2/ Téléologie : A ton avis, elle peut se remettre, parce que sinon elle ne pourra pas se développer normalement ? Oui /non ?
3/ Essentialisme : A ton avis, elle peut se remettre, parce que quelque chose à l'intérieur d'elle l'aide à se remettre ? Oui /non ?
4/ Vitalisme : A ton avis, elle peut se remettre, parce qu'elle utilise sa propre force ? Oui /non ?
Maintenant dis-moi la réponse que tu préfères, celle qui te paraît la plus juste.

Annexe 4. Catégories de réponse pour la question n° 2.

Annexe 4. 1 Définition des catégories de réponses relatives à la propriété de mort.

Catégories	Sous-Catégories	Définition
Autres	**Autres**	Cette catégorie regroupe les réponses erronées, l'absence de réponse comprise comme une absence de modèle spécifique au concept, ainsi que les réponses impliquant une contradiction dans la compréhension de la propriété. Ces sujets ne savent pas expliquer la propriété de mort ou pensent que la mort n'existe pas.
Causalité Externe	**Intervention Humaine et Animale**	L'action d'un être humain ou d'un animal est responsable de la mort de la plante. Les sujets conçoivent qu'il est possible que les végétaux soient soumis à la mort, mais l'explication privilégiée implique un agent externe.
	Conscience Globale	Evocation des cycles naturels, des intempéries et de l'action de l'écosystème. Les sujets choisissent d'expliquer la mort des individus en relation avec leur environnement. La représentation de la mort est située dans une temporalité (évocation des saisons, des périodes d'instabilité du climat) et dans un espace (localisation spatiale).
MEV	**Manque d'un Elément Vital**	Regroupe les explications invoquant un manque d'eau, de terre, de lumière ou d'oxygène. Les sujets conçoivent la mort en relation avec les propriétés de nutrition et de respiration. Ces explications impliquent d'avoir établi une compréhension intégrée d'un état de mort par opposition à un état de vie lui-même construit sur les dimensions de nutrition et de respiration relatives à tous les êtres vivants.
Causalité Interne	**Causalité Interne**	Concentre l'ensemble des explications qui font référence à la propriété, à des composantes de la plante (sève, racines), à la vieillesse et à la maladie. Cette catégorie regroupe les explications qui impliquent l'intérieur des entités et leur essence.
	Causalité Supra-Ordonnée	Regroupe les explications qui font référence aux composantes du concept de mort, l'inévitabilité, l'universalité, la finalité. Cette catégorie de réponse implique un niveau élevé d'abstraction du concept de mort ainsi qu'un niveau élevé d'abstraction de la catégorie des êtres vivants.

Annexe 4. 2. Définition des catégories de réponses relatives à la propriété de régénération.

Catégorie	Sous-Catégories	Définition
Autres	**Autre**	Cette catégorie regroupe les réponses erronées, l'absence de réponse comprise comme une absence de modèle spécifique au concept, ainsi que les réponses impliquant une contradiction dans la compréhension de la propriété. Ces sujets ne savent pas expliquer la régénération ou pensent qu'elle n'existe pas.
Causalité externe	**Intervention Humaine et Animale**	L'action d'un être humain ou d'un animal est responsable de la régénération de la plante. Les sujets conçoivent qu'il est possible que les végétaux soient soumis à la régénération, mais l'explication privilégiée implique un agent externe.
	Conscience globale	Evocation des cycles naturels, des intempéries et de l'action de l'écosystème. Les sujets choisissent d'expliquer la régénération des individus en relation avec leur environnement. La régénération est située dans une temporalité, évocation des saisons, et dans un espace avec l'évocation des relations entre l'entité et le milieu dans lequel elle est située.
MEV	**Manque d'un élément vital**	Regroupe les explications invoquant un manque d'eau, de terre, de lumière ou d'oxygène. Les sujets conçoivent la régénération en relation avec les propriétés de nutrition et de respiration. Ces explications impliquent d'avoir établi une compréhension intégrée que la régénération nécessite un apport en « énergie » fourni par la nutrition et la respiration. Cette catégorie de réponse est celle qui correspond le plus à un mode de construction théorique vitaliste.
Causalité Interne	**Causes internes**	Concentre l'ensemble des explications qui font référence à la propriété cible, à des composantes internes de la plante (sève, racines), au temps nécessaire à la régénération. Cette catégorie regroupe les explications qui font référence à l'intérieur des entités et à leur essence. Ces explications sont à rapprocher d'un mode de construction théorique essentialiste.
	CSO	Regroupe les explications qui font référence aux composantes du concept de régénération, l'inévitabilité, l'universalité. Cette catégorie de réponse implique un niveau élevé d'abstraction du concept de régénération ainsi qu'un niveau d'abstraction élevé de la catégorie des êtres vivants.

Annexe 5. Questionnaire proposé aux adultes.

Annexe 5. 1 Questionnaire sur la propriété de mort

Date : Expérimentateur :

Formulaire de consentement

- Je soussigné(e) ..... reconnais prendre part volontairement à une étude de psychologie réalisée par le laboratoire ACCOLADE de l'Université de Reims. Cette étude a pour but d'étudier les mécanismes cognitifs. Je prends connaissance du fait que je n'encours aucun risque en participant à l'expérience et que je suis libre d'interrompre ma participation à n'importe quel moment. Toutes les données récoltées par l'expérimentateur, y compris celles figurant sur le présent formulaire resteront confidentielles.
  - Prénom et nom :
  - Date de naissance :
  - type d'études poursuivies :

Signature :

Consignes générales:

Je vous rassure tout de suite, il n'y a ni bonnes ni mauvaises réponses. Ce qui m'intéresse, c'est de savoir comment vous voyez les choses. C'est votre opinion qui m'intéresse, pas de savoir si vous connaissez ou si vous ne connaissez pas le domaine.

Je vais commencer par vous montrer six images. Pour chacune d'elles, je vous poserai quelques questions.

Ensuite, je vous demanderai si vous êtes d'accord ou pas d'accord avec des phrases. Je vous expliquerai en détail cette partie quand on en aura terminé avec la première. Je vais commencer par vous montrer les images

Arbre:

1°/_ « A votre avis, comment cela s'appelle-t-il? »
« Est-ce que vous pouvez me dire comment on appelle cela généralement? »

2°/_ « A votre avis, est-ce qu'un Arbre peut mourir? »

3°/_ <u>Après un Oui</u>: « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'un Arbre peut mourir? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, peut faire mourir un Arbre? »

_ Après une réponse Non: « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'un Arbre ne peut pas mourir? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, fait qu'un Arbre ne peut pas mourir? »

Cactus:
1°/_ « A votre avis, comment cela s'appelle-t-il? »
« Est ce que vous pouvez me dire comment on appelle cela généralement? »

2°/_ « A votre avis, est-ce qu'un Cactus peut mourir?
3°/_ Après un Oui: « Est ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'un Cactus peut mourir? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, peut faire mourir un Cactus? »

_ Après une réponse Non: « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'un Cactus ne peut pas mourir? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, fait qu'un Cactus ne peut pas mourir? »

Herbe:
1°/_ « A votre avis, comment cela s'appelle-t-il? »
« Est-ce que vous pouvez me dire comment on appelle cela généralement? »

2°/_ « A votre avis, est-ce que de l'Herbe peut mourir? »

3°/_ Après un Oui: « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez que de l'Herbe peut mourir? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, peut faire mourir de l'Herbe? »

_ Après une réponse Non: « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez que de l'Herbe ne peut pas mourir? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, fait que de l'Herbe ne peut pas mourir? »

Fleur:
1°/_ « A votre avis, comment cela s'appelle-t-il? »
« Est-ce que vous pouvez me dire comment on appelle cela généralement? »

2°/_ « A votre avis, est-ce qu'une Fleur peut mourir? »

3°/_ Après un Oui: « Est ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'une Fleur peut mourir? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, peut faire mourir une Fleur? »

_ Après une réponse Non: « Est ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'une Fleur ne peut pas mourir? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, fait qu'une Fleur ne peut pas mourir? »

Algue:
1°/_ « A votre avis, comment cela s'appelle-t-il ? »
« Est-ce que vous pouvez me dire comment on appelle cela généralement? »

2°/_ « A votre avis, est-ce qu'une Algue peut mourir? »

3°/_ Après un Oui: « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'une Algue peut mourir? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, peut faire mourir une Algue? »

_ Après une réponse Non: « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'une Algue ne peut pas mourir? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, fait qu'une Algue ne peut pas mourir? »

Plante verte:
1°/_ « A votre avis, comment cela s'appelle-t-il? »
« Est-ce que vous pouvez me dire comment on appelle cela généralement? »

2°/_ « A votre avis, est-ce qu'une Plante verte peut mourir? »

3°/_ Après un Oui: « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'une Plante verte peut mourir? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, peut faire mourir une Plante verte? »

_ Après une réponse Non: « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'une Plante verte ne peut pas mourir? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, fait qu'une Plante verte ne peut pas mourir? »

Consignes:

Maintenant, je vais produire quelques affirmations. Pour chaque affirmation, faites une croix sur la ligne correspondante pour dire si vous êtes plutôt d'accord ou plutôt pas d'accord avec la phrase.

Vous pouvez mettre la croix où vous voulez sur la ligne comme vous pouvez le voir sur les exemples. Plus vous mettez la croix sur la droite et plus vous êtes d'accord avec l'affirmation. Plus vous mettez la croix à gauche, et moins vous êtes d'accord avec l'affirmation.

Comme vous pouvez le voir, chaque ligne est entourée de smileys. A gauche, vous n'êtes pas du tout d'accord avec l'affirmation ; à droite vous êtes vraiment d'accord avec l'affirmation.

Enfin, je vous demanderai de m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix, pour chaque affirmation. Est-ce que vous avez des questions? Pour s'entraîner on va commencer par faire quatre essais.

Essai N°1:
« A votre avis est-ce qu'une pierre peut tomber parce qu'elle est lourde? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »

Essai N°2:
« A votre avis est-ce qu'une pierre peut tomber parce que la terre l'attire vers elle? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »

Essai N°3:
« A votre avis est-ce qu'une voiture peut rouler parce qu'elle a des roues? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »

Essai N°4:
« A votre avis est-ce qu'une voiture peut rouler parce qu'elle a assez d'essence? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix?

Expé suite:
Q.N°1: « A votre avis, est-ce qu'une fleur peut mourir, parce qu'il le faut? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »

Q.N°2: «A votre avis est-ce qu'une plante verte peut mourir, parce qu'on peut la prendre en photo ? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »

Q.N°3: « A votre avis est-ce que de l'herbe peut mourir, parce qu'elle n'a pas assez d'énergie? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »

Q.N°4: « A votre avis, est-ce qu'un cactus peut mourir, parce qu'il le faut? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »

Q.N°5: «A votre avis est-ce qu'une algue peut mourir, parce qu'il y a quelque chose à l'intérieur d'elle qui peut l'a faire mourir? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »

Q.N°6: « A votre avis est-ce qu'un arbre peut mourir, parce qu'il en a envie? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »

Q.N°7: « A votre avis est-ce qu'une plante verte peut mourir, parce qu'elle n'a pas assez d'énergie ? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »

Q.N°8: « A votre avis est-ce qu'un arbre peut mourir, parce que les oiseaux peuvent y faire leur nid? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »

Q.N°9: « A votre avis est-ce qu'un cactus mourir, parce qu'il y a quelque chose à l'intérieur de lui qui peut le faire mourir? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »

Q.N°10: « A votre avis, est-ce qu'une algue peut mourir, parce qu'elle en a envie? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »

Q.N°11: « A votre avis est-ce qu'une fleur peut mourir, parce que les abeilles peuvent les butiner? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q.N°12: « A votre avis est-ce que de l'herbe peut mourir, parce qu'il le faut? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q.N°13: « A votre avis est-ce qu'un arbre peut mourir, parce qu'il n'a pas assez d'énergie? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q.N°14: « A votre avis est-ce qu'une algue peut mourir, parce qu'il le faut? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q.N°15: «A votre avis est-ce qu'une fleur peut mourir, parce qu'elle en a envie? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix?"*

Q.N°16: « A votre avis est-ce qu'un cactus peut mourir, parce qu'il n'a pas assez d'énergie? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q.N°17: « A votre avis est-ce qu'une plante verte peut mourir, parce qu'il y a quelque chose à l'intérieur d'elle qui peut la faire mourir? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q.N°18: « A votre avis est-ce que de l'herbe peut mourir, parce qu'elle en a envie? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q.N°19: « A votre avis est-ce qu'une algue peut mourir, parce qu'il peut y avoir des grottes sous marines à côté d'elle? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q.N°20: « A votre avis, est-ce qu'un arbre peut mourir, parce qu'il y a quelque chose à l'intérieur de lui qui peut le faire mourir?»
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q.N°21: « A votre avis, est-ce qu'une plante verte peut mourir, parce qu'elle en a envie? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q.N°22: «A votre avis est-ce qu'un cactus peut mourir, parce qu'il peut être entouré de pierres rondes ? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q.N°23: « A votre avis est-ce que de l'herbe peut mourir, parce qu'il y a quelque chose à l'intérieur d'elle qui peut la faire mourir? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q.N°24: « A votre avis est-ce qu'une fleur peut mourir, parce qu'elle n'a pas assez d'énergie? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q.N°25: « A votre avis est-ce qu'un cactus peut mourir, parce qu'il en a envie? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix?*

Q.N°26: « A votre avis est-ce qu'une plante verte peut mourir, parce qu'il le faut? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q.N°27: « A votre avis est-ce qu'une algue peut mourir, parce qu'elle n'a pas assez d'énergie? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q.N°28: « A votre avis est-ce qu'un arbre peut mourir, parce qu'il le faut? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q.N°29: « A votre avis est-ce qu'une fleur peut mourir, parce qu'il y a quelque chose à l'intérieur d'elle qui peut la faire mourir? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q.N°30: « A votre avis est-ce que de l'herbe peut mourir, parce qu'elle peut subir l'influence des planètes ? »
=> *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Annexe 5. 2. Questionnaire sur la propriété de régénération

Date : Expérimentateur :

Sujet 7

Formulaire de consentement

- Je soussigné(e) ..... reconnais prendre part volontairement à une étude de psychologie réalisée par le laboratoire ACCOLADE de l'Université de Reims. Cette étude a pour but d'étudier les mécanismes cognitifs. Je prends connaissance du fait que je n'encours aucun risque en participant à l'expérience et que je suis libre d'interrompre ma participation à n'importe quel moment. Toutes les données récoltées par l'expérimentateur, y compris celles figurant sur le présent formulaire resteront confidentielles.

- Prénom et nom :
- Date de naissance :
- type d'étude poursuivie :

Signature :

Consignes générales:

Je vous rassure tout de suite, il n'y a ni bonnes ni mauvaises réponses. Ce qui m'intéresse, c'est de savoir comment vous voyez les choses. C'est votre opinion qui m'intéresse, pas de savoir si vous connaissez ou si vous ne connaissez pas le domaine.

Je vais commencer par vous montrer six images. Pour chacune d'elle, je vous poserai quelques questions.

Ensuite, je vous demanderai si vous êtes d'accord ou pas d'accord avec des phrases. Je vous expliquerai en détail cette partie quand on en aura terminé avec la première. Je vais commencer par vous montrer les images.

Algue:

1°/_ « A votre avis, comment cela s'appelle-t-il ? »
« Est ce que vous pouvez me dire comment on appelle cela généralement? »
2°/_ « A votre avis, est-ce qu'une Algue peut se reconstituer? »
3°/_ Après un Oui: « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'une Algue peut se reconstituer? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, peut faire se reconstituer une Algue? »
_ Après une réponse Non: « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'une Algue ne peut pas se reconstituer? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, fait qu'une Algue ne peut pas se reconstituer?

Plante verte:

1°/_ « A votre avis, comment cela s'appelle-t-il? »
« Est-ce que vous pouvez me dire comment on appelle cela généralement? »
2°/_ « A votre avis, est-ce qu'une Plante verte peut se reconstituer? »
3°/_ Après un Oui: « Est ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'une Plante verte peut se reconstituer? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, peut faire se reconstituer une Plante verte? »
_ Après une réponse Non: « Est ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'une Plante verte ne peut pas se reconstituer? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, fait qu'une Plante verte ne peut pas se reconstituer? »

Herbe:
1°/_ « A votre avis, comment cela s'appelle-t-il? »
« Est-ce que vous pouvez me dire comment on appelle cela généralement? »
2°/_ « A votre avis, est-ce que de l'Herbe peut se reconstituer? »
3°/_ Après un Oui: « Est ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez que de l'Herbe peut se reconstituer? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, peut faire se reconstituer de Herbe? »
_ Après une réponse Non: « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez que de l'Herbe ne peut pas se reconstituer? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, fait que de l'Herbe ne peut pas se reconstituer? »

Cactus:
1°/_ « A votre avis, comment cela s'appelle-t-il? »
« Est-ce que vous pouvez me dire comment on appelle cela généralement? »
2°/_ « A votre avis, est-ce qu'un Cactus peut se reconstituer? »
3°/_ Après un Oui: « Est ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'un Cactus peut se reconstituer? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, peut faire se reconstituer un Cactus?"
_ Après une réponse Non: « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'un Cactus ne peut pas se reconstituer? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, fait qu'un Cactus ne peut pas se reconstituer?

Arbre:
1°/_ « A votre avis, comment cela s'appelle-t-il? »
« Est-ce que vous pouvez me dire comment on appelle cela généralement? »

2°/_ « A votre avis, est-ce qu'un Arbre peut se reconstituer? »

3°/_ Après un Oui: « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'un Arbre peut se reconstituer? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, peut faire se reconstituer un Arbre? »
_ Après une réponse Non: « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'un Arbre ne peut pas se reconstituer? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, fait qu'un Arbre ne peut pas se reconstituer? »

Fleur:
1°/_ « A votre avis, comment cela s'appelle-t-il? »
« Est-ce que vous pouvez me dire comment on appelle cela généralement? »

2°/_ « A votre avis, est-ce qu'une Fleur peut se reconstituer? »

3°/_ Après un Oui: « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'une Fleur peut se reconstituer? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, peut faire se reconstituer une Fleur? »
_ Après une réponse Non: « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous pensez qu'une Fleur ne peut pas se reconstituer? »
« Qu'est-ce qui, selon vous, fait qu'une Fleur ne peut pas se reconstituer?

Consignes:

Maintenant, je vais produire quelques affirmations. Pour chaque affirmation, faites une croix sur la ligne correspondante pour dire si vous êtes plutôt d'accord ou plutôt pas d'accord avec la phrase.

Vous pouvez mettre la croix où vous voulez sur la ligne comme vous pouvez le voir sur les exemples. Plus vous mettez la croix sur la droite et plus vous êtes d'accord avec l'affirmation. Plus vous mettez la croix à gauche, et moins vous êtes d'accord avec l'affirmation.

Comme vous pouvez le voir, chaque ligne est entourée de smileys. A gauche, vous n'êtes pas du tout d'accord avec l'affirmation; à droite vous êtes vraiment d'accord avec l'affirmation.

Enfin, je vous demanderai de m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix, pour chaque affirmation. Est-ce que vous avez des questions? Pour s'entraîner on va commencer par faire quatre essais.

Essai N°1:
« A votre avis est-ce qu'une pierre peut tomber parce qu'elle est lourde? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »

Essai N°2:
« A votre avis est-ce qu'une pierre peut tomber parce que la terre l'attire vers elle? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »

Essai N°3:
« A votre avis est-ce qu'une voiture peut rouler parce qu'elle a des roues? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »

Essai N°4:
« A votre avis est-ce qu'une voiture peut rouler parce qu'elle a assez d'essence? »
=> « Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »

Expé suite

Q°1 « A votre avis, est-ce que de l'herbe peut se reconstituer, parce qu'elle peut subir l'influence des planètes? »

- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°2« A votre avis, est-ce qu'un cactus peut se reconstituer, parce qu'il le faut? »
- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°3 « A votre avis, est-ce qu'une algue peut se reconstituer, parce qu'il y a quelque chose à l'intérieur d'elle qui peut la faire se reconstituer? »
- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°4 « A votre avis, est-ce qu'un arbre peut se reconstituer, parce qu'il en a envie? »
- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°5 « A votre avis, est-ce qu'une plante verte peut se reconstituer, parce qu'elle a assez d'énergie? »
- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°6 « A votre avis, est-ce qu'une fleur peut se reconstituer, parce que les abeilles peuvent les butiner? »
- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°7 « A votre avis, est-ce qu'un arbre peut se reconstituer, parce qu'il le faut? »
- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°8 « A votre avis, est-ce qu'un cactus peut se reconstituer, parce qu'il a assez d'énergie? »
- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°9 « A votre avis, est-ce qu'une plante verte peut se reconstituer parce qu'on peut ~~l'a~~ la prendre en photo? »
- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix?"*

Q°10 « A votre avis, est-ce que de l'herbe peut se reconstituer parce qu'elle a assez d'énergie? »
- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°11 « A votre avis, est-ce qu'une algue peut se reconstituer, parce qu'elle en a envie? »
- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°12 « A votre avis, est-ce qu'une fleur peut se reconstituer, parce qu'elle a quelque chose à l'intérieur d'elle qui peut la faire se reconstituer? »
- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix?"*

Q°13 « A votre avis, est-ce qu'un cactus peut se reconstituer, parce qu'il en a envie ? »
- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°14 « A votre avis, est-ce qu'une algue peut se reconstituer, parce qu'il le faut? »
- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix ? »*

Q°15 « A votre avis, est-ce qu'une fleur peut se reconstituer, parce qu'elle a assez d'énergie? »
- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix?"*

Q°16 « A votre avis, est-ce que de l'herbe peut se reconstituer, parce qu'il y a quelque chose à l'intérieur d'elle qui peut la faire se reconstituer? »

- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix?"*

Q°17 « A votre avis, est-ce qu'un arbre peut se reconstituer, parce que les oiseaux peuvent y faire leur nid? »

- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°18 « A votre avis, est-ce qu'une fleur peut se reconstituer, parce qu'elle en a envie? »

- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°19 « A votre avis, est-ce qu'une plante verte peut se reconstituer, parce qu'il le faut ? »

- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°20 « A votre avis, est-ce que de l'herbe peut se reconstituer, parce qu'elle en a envie? »

- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°21 « A votre avis, est-ce qu'une algue peut se reconstituer, parce qu'il peut y avoir des grottes sous-marines à côté d'elle? »

- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°22 « A votre avis, est-ce qu'un cactus peut se reconstituer, parce qu'il y a quelque chose à l'intérieur de lui qui peut le faire se reconstituer? »

- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°23 « A votre avis, est-ce qu'une fleur peut se reconstituer, parce qu'il le faut? »

- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°24 « A votre avis, est-ce qu'un arbre peut se reconstituer, parce qu'il y a quelque chose à l'intérieur de lui qui peut le faire se reconstituer? »

- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°25 « A votre avis, est-ce qu'une plante verte peut se reconstituer, parce qu'elle en a envie? »

- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix ? »*

Q°26 « A votre avis, est-ce qu'une algue peut se reconstituer, parce qu'elle a assez d'énergie? »

- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°27 « A votre avis est-ce qu'un cactus peut se reconstituer, parce qu'il peut être entouré de pierres rondes? »

- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°28 « A votre avis, est-ce qu'une plante verte peut se reconstituer, parce qu'il y a quelque chose à l'intérieur d'elle qui peut la faire se reconstituer? »

- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Q°29 " A votre avis, est-ce que de l'herbe peut se reconstituer, parce qu'il le faut?"

- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix?"*

Q°30 « A votre avis, est-ce qu'un arbre peut se reconstituer, parce qu'il a assez d'énergie? »

- *« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? »*

Annexe 6. Liste des distracteurs.

Plante verte: « A votre avis est-ce qu'une plante verte peut mourir/ se régénérer, parce qu'on peut la prendre en photo ? »

Arbre: « A votre avis est-ce qu'un arbre peut mourir/se régénérer, parce que les oiseaux peuvent y faire leur nid? »

Fleur: « A votre avis est-ce qu'une fleur peut mourir/ se régénérer, parce que les abeilles peuvent la butiner? »

Algue: « A votre avis est-ce qu'une algue peut mourir/se régénérer, parce qu'il peut y avoir des grottes sous-marines à côté d'elle ? »

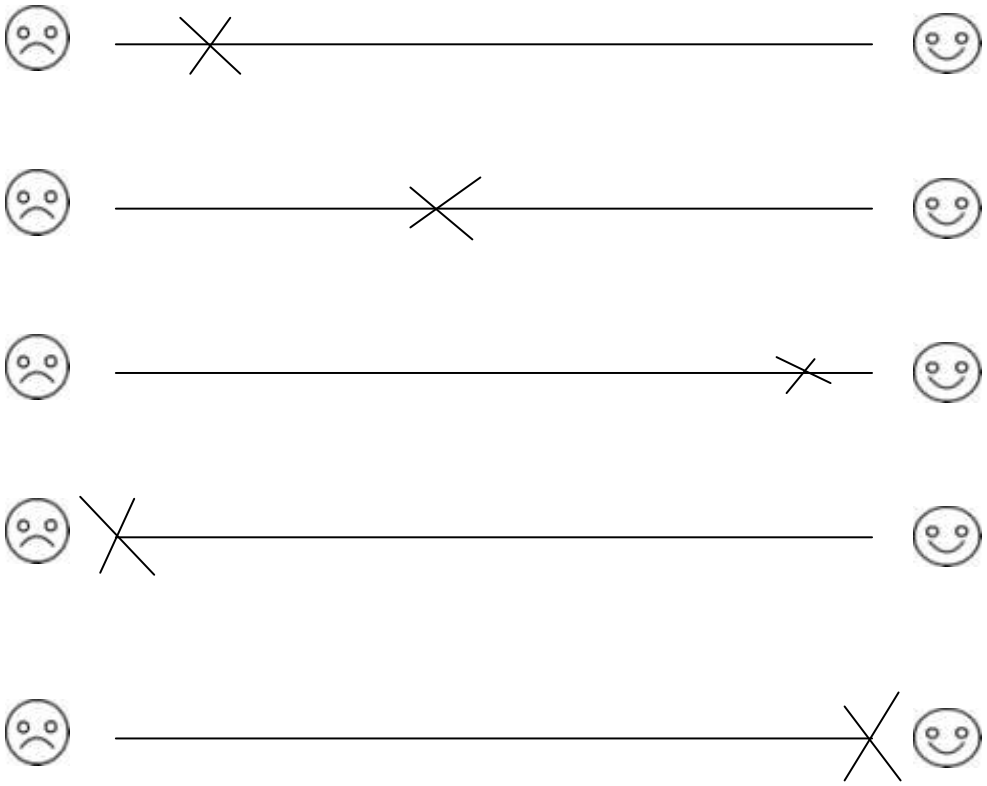
Cactus: « A votre avis est-ce qu'un cactus peut mourir/se régénérer, parce qu'il peut être entouré de pierres rondes? »

Herbe: « A votre avis est-ce que de l'herbe peut mourir/se régénérer, parce qu'elle peut subir l'influence des planètes. »

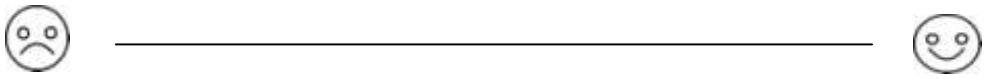
Annexe 7. Extrait de la feuille de réponse à la question n°3 portant sur le degré d'accord avec les stratégies de raisonnement proposées à l'évaluation des participants.

SUJET 3:

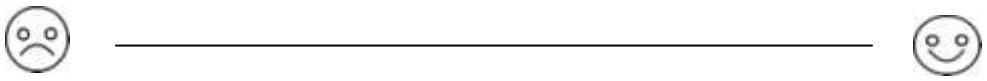
Exemples:



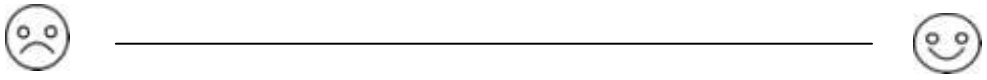
Essai N°1:



Essai N°2:



Essai N°3:



Essai N°4:

Question N°1:

Question N°2:

Question N°3:

Question N°4:

Question N°5:

Annexe 8. Catégories de réponses pour la question 4 du questionnaire proposé aux adultes.

« Est-ce que vous pouvez m'expliquer pourquoi vous avez fait ce choix? ». Après avoir signifié leur degré d'accord avec les raisonnements sur une droite de 100mm.

Catégories définies pour le **raisonnement intentionnel.**

Catégories	**Définition**
Rejet de la proposition	Tendance à refuser d'expliquer des mécanismes biologiques en termes d'intentionnalité.
Intentionnel	Tendance à comprendre l'identité des entités biologiques et à expliquer leurs propriétés en fonction de l'attribution de désirs, d'émotion, d'une volonté, d'une intention.
Téléo-intentionnalité	Tendance à expliquer la fonction des objets dans un but dirigé, le but à atteindre est issu d'une volonté, d'une intention.

Catégories définies pour le **raisonnement téléologique**.

Catégories	**Définition**
Rejet de la proposition	Tendance à refuser d'expliquer la causalité des mécanismes dans un but.
Promiscuous/libre	Tendance à comprendre et à traiter tous les objets du monde par rapport à leur fonction.
Téléo-intentionnalité	Tendance à expliquer la fonction des objets dans un but dirigé, le but à atteindre est issu d'une volonté, d'une intention.
Téléo-vitaliste	Tendance à expliquer le fonctionnement des êtres vivants par rapport à un but supérieur, celui de maintenir les fonctions biologiques vitales en activité, ou assurer l'homéostasie en soutenant un niveau d'énergie constant, pour maintenir et préserver la vie.
Self-serving	Tendance à expliquer les propriétés des êtres vivants en fonction d'un but qui est bénéfique pour l'entité elle-même.
Social-serving	Tendance à expliquer les propriétés des êtres vivants dans un but extérieur, pour le bénéfice d'une autre entité.

Annexes 8 (suite)

Catégories définies pour le **raisonnement vitaliste**.

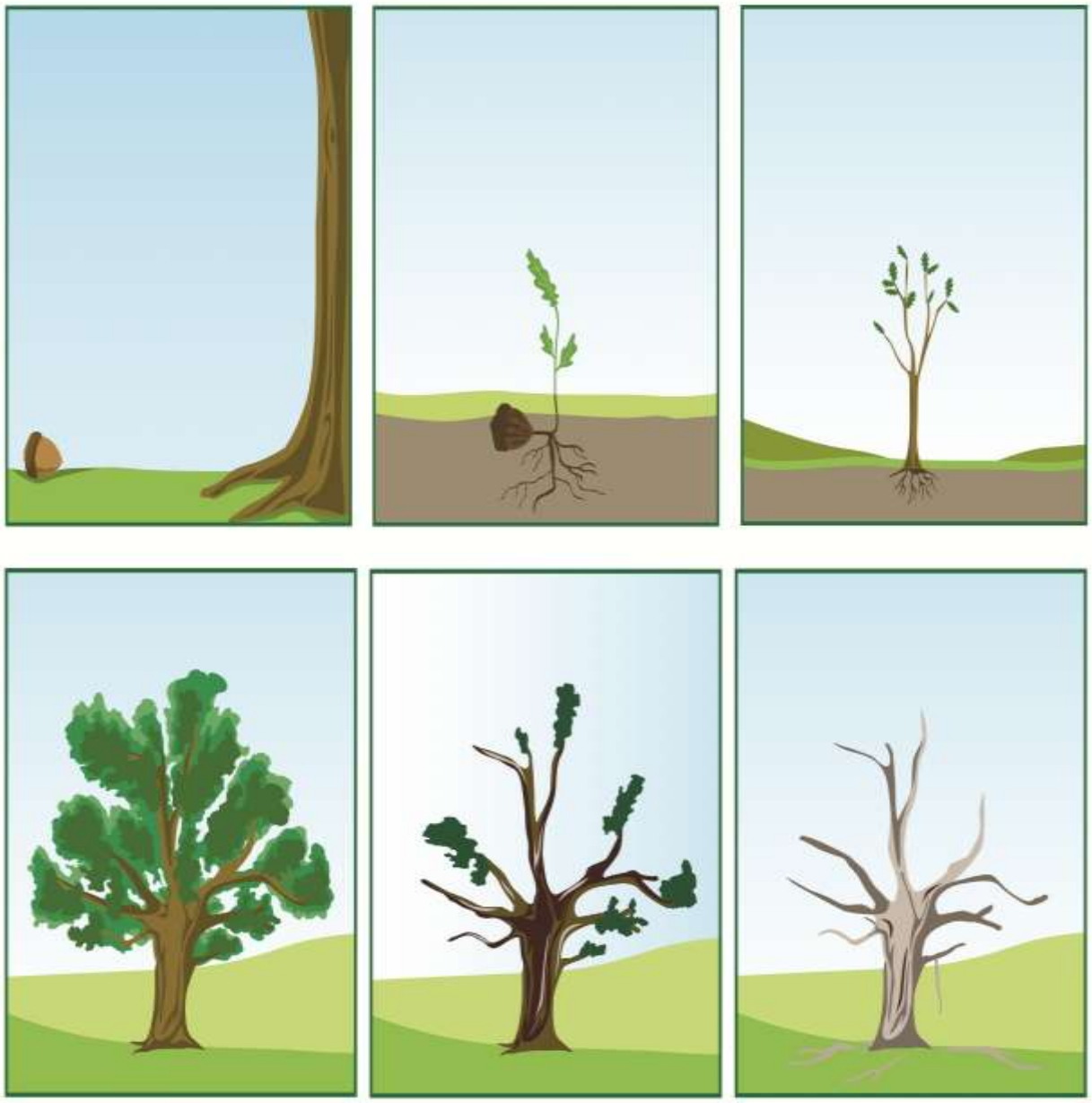
Catégories	**Définition**
Rejet de la proposition	Tendance à refuser de concevoir le concept d'énergie comme pertinent pour expliquer le fonctionnement des êtres vivants.
Vitalisme	Tendance à expliquer la vie en relation avec un « pouvoir vital » conçu comme une énergie, une force, une substance indéfinie issue d'un apport externe (nutrition, respiration).
Vitalo-intentionnel	Tendance à expliquer la vie comme la résultante d'un « pouvoir vital » produit par l'agentivité des organes, cette agentivité étant le fruit de leur personnification.
Vitalo-téléologique	Tendance à expliquer le fonctionnement des êtres vivant par l'entremise d'un « pouvoir vital » dont le rôle est de maintenir l'homéostasie de l'entité.
Vitalo-essentialiste	Tendance à expliquer le fonctionnement des êtres vivants par le biais d'un « pouvoir vital », une substance indéfinie interne non localisée.

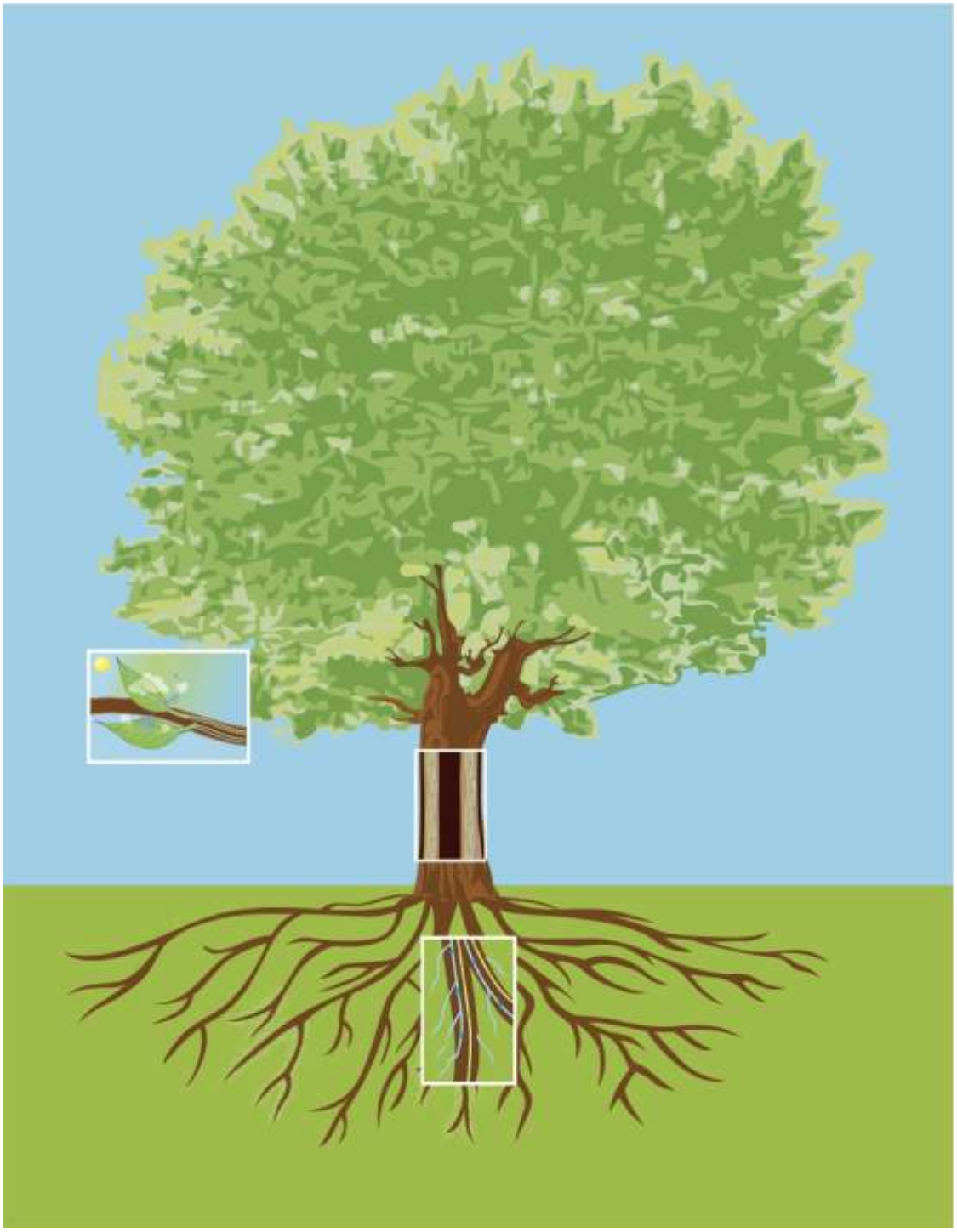
Catégories définies pour le **raisonnement essentialiste**.

Catégorie	**Définition**
Rejet de la proposition	Tendance à refuser que l'intérieur des entités biologiques soit responsable de son fonctionnement.
Essentialo-vitaliste	Tendance à concevoir l'essence comme une énergie interne difficilement spécifiable qui unifie les organes de l'entité pour leur permettre de maintenir l'homéostasie par son fonctionnement.
Essentialisme psychologique	Tendance à expliquer la constitution et l'identité d'une entité par une essence inconnue et non spécifiable.
essentialisme	Tendance à expliquer l'identité par une réalité sous-jacente responsable des comportements, de l'apparence, et de la structure interne des entités.
Essentialisme mécaniste	Tendance à comprendre et expliquer l'identité, la structure et les propriétés d'une entité par des principes physiologiques et biochimiques.

Annexe 9. Images de végétaux atypiques présentées lors du post test

Annexe 10. Posters servant à l'entraînement





Annexe 11. Discours proposé lors de l'entraînement

Présentation de l'objectif de la séance. « Bonjour les enfants!!!, aujourd'hui je vais vous raconter l'histoire des végétaux. Les végétaux sont un autre nom pour parler des plantes. On va aujourd'hui s'intéresser tout particulièrement à ce qu'il se passe à l'intérieur des plantes. J'aimerais que vous écoutiez attentivement mon histoire parce que je vous demanderai, à tous, de m'en rappeler une partie tout à l'heure. J'aimerais aussi que vous regardiez bien ce que je vais vous montrer car je vous demanderai de faire un dessin ».

« Aujourd'hui on va s'intéresser plus particulièrement à ce qui se trouve à l'intérieur de..., tiens qui peut me dire ce qu'il reconnaît sur cette image? Bravo, c'est très bien!!, c'est bien un arbre. Avant d'aller voir à l'intérieur de l'arbre décrivons l'ensemble. Qui est-ce qui peut me dire ce qu'on voit sur l'image que l'on ne peut pas voir d'habitude quand on regarde les arbres dans les parcs ou dans la forêt? « Les racines!! » Très bien ce sont les racines. Sur l'image, on peut voir les racines de l'arbre comme si on avait enlevé l'herbe et qu'on avait creusé dans la terre. Et ça, comment ça s'appelle? « Le tronc!! » Très bien!!! C'est le tronc. Et tout en haut comment ça s'appelle? « Les feuilles!! » Oui!!!, très bien les enfants, ce sont les feuilles ou le feuillage ».

Les racines. « Commençons par regarder comment sont faites les racines. On voit qu'elles s'enfoncent profondément dans le sol. Ce sont elles qui le maintiennent pour qu'il ne tombe pas quand il y a du vent. Elles servent aussi à apporter l'eau et un petit peu de terre à l'arbre qui en a besoin. Pour cela elles se servent de petits poils au bout des racines et du tuyau bleu qui remonte à l'intérieur du tronc. A côté du tuyau bleu il y a un petit tuyau vert qui redescend tout en bas des racines. Ce tuyau vient des feuilles, on verra tout à l'heure ce qu'il contient... ».

Le tronc. « Continuons notre exploration par le tronc. On peut voir que le tronc de l'arbre se compose de trois parties. Vous pouvez les voir? L'écorce protège l'arbre de l'attaque extérieure. A l'intérieur se trouve un bois très dur qui sert à porter le poids de l'arbre. Et entre les deux se trouve une partie de bois tendre où on retrouve l'eau qui remonte avec un peu de terre et le mystérieux tuyau vert ».

Les feuilles. « Regardons maintenant ce qu'il se passe à l'intérieur des feuilles. On y retrouve nos deux tuyaux. Le tuyau bleu apporte l'eau et un peu de terre jusque dans les feuilles et c'est là que son chemin s'arrête. On voit qu'au bout du tuyau bleu commence le tuyau vert. Alors pourquoi à votre avis? Qu'est ce qui pourrait bien y avoir dans ce tuyau vert? Pas d'idée... Vous voyez sur le dessin, on voit un petit soleil et des petits nuages? Les feuilles vont utiliser

l'énergie du soleil pour transformer l'air des nuages, l'eau et la terre du petit chemin bleu, en sève. ».

La sève. « Vous connaissez le mot de sève? Personne? La sève c'est un liquide qui se trouve à l'intérieur de l'arbre et qui est un peu collant. Est-ce que vous avez déjà cassé une petite branche d'arbre? Oui? Quand on casse une petite branche il y a parfois un liquide doré un peu collant qui coule de la branche, c'est la sève. Cette même sève qui se trouve dans le tuyau vert. La sève part des feuilles, passe dans les branches, elle les fait grandir ; elle passe dans le tronc, elle le fait grandir et grossir, et elle descend jusque dans les racines pour les faire grandir. En plus de faire pousser l'arbre, c'est la sève qui lui permet de rester en bonne santé. »

Pour résumé. « A l'intérieur d'un arbre on trouve deux petits chemins, un tuyau bleu et un tuyau vert. Le petit tuyau bleu commence dans les racines, continue dans le tronc, dans les branches pour aller jusque dans les feuilles. Il leur apporte de l'eau et un peu de terre.

Les feuilles utilisent l'énergie du soleil pour transformer l'eau, la terre et l'air en sève.

La sève coule à l'intérieur de l'arbre, dans les branches, dans le tronc et dans les racines pour les faire grandir et les garder en bonne santé.

Vous avez compris? Oui? Alors je remets les images, et maintenant c'est à votre tour de raconter l'histoire de l'intérieur de l'arbre. »

Vieillissement. « Maintenant nous allons regarder un autre poster.

Qui pourrait me raconter ce qu'il se passe dans la première image? Vous pouvez y voir un arbre très grand, et sous ses branches une petite graine tombée de l'arbre. Le vent va souffler sur la graine, la graine va rouler, rouler, jusqu'à tomber dans un petit trou. Là, avec l'eau de pluie elle va s'enfoncer petit à petit dans la terre et ...

...qui pourrait me dire ce qui se passe dans la deuxième image, qu'est ce qui est arrivé à la graine? Elle a fait pousser une petite racine, une tige et une feuille.

Qu'est-ce qui se passe dans la troisième image? Voilà, le petit arbre a grandit. Il a fait des branches, la tige est devenue un tronc et il a beaucoup plus de feuilles et de racines. Combien de temps s'est écoulé à votre avis entre les deux images? Presque trois ans déjà.

Et entre la troisième image et la quatrième, combien de temps s'est écoulé à votre avis? Oulala, beaucoup plus qu'avant. Regardez comme l'arbre est devenu grand et gros. Maintenant il a peut-être une centaine d'années.

Qu'est-ce qui s'est passé à votre avis entre la quatrième et la cinquième image? « Il a perdu ses feuilles. » Pourquoi a votre avis? « A cause du vent. » Ah non c'est pas à cause du vent. En fait, si on regarde bien le tronc, on voit que certaines branches sont toutes blanches. Pourquoi à votre avis il change de couleur? « Parce qu'il est vieux. » C'est ça c'est parce qu'il

est vieux. Et c'est aussi pour ça qu'il à moins de feuilles qu'avant. Ses racines aussi ont vieilli. Elles absorbent moins d'eau et de terre donc l'arbre fait moins de feuilles. Maintenant, il a presque cinq cents ans.
Et sur la dernière image qu'est-ce qu'il se passe? « C'est l'hiver? ». Non, parce que si on regarde bien on voit que l'arbre est tout blanc. Alors qu'est-ce qui c'est passé d'après vous? « Il est très vieux. » Et oui, maintenant l'arbre est très très vieux, il a presque mille ans. Ses racines sont trop vieilles pour prendre l'eau et la terre dans le sol. Il ne peut plus faire de feuilles. Sans feuille il fait plus de sève. Et sans sève l'arbre va mourir. On voit d'ailleurs que certaines branches sont cassées. Bientôt, le vent le fera tomber, il va pourrir et enrichir la terre avec cette pourriture. A sa place d'autres arbres et d'autres plantes pousseront à leur tour. »
« Maintenant, c'est à votre tour de raconter toute l'histoire de l'arbre. » (Bis repetita)
« Voilà on a fini, je vais juste vous demander à tous, de penser à une autre plante qu'un arbre. « Une tulipe ». « Une marguerite ». Ok, c'est des fleurs, autre chose? « Un sapin » Oui, c'est un arbre. Qu'est-ce que vous connaissez encore comme plante? « La plante carnivore » Ah oui, et puis? « de l'herbe ». Très bien. Bon, alors, les fleurs comme les marguerites ou les tulipes, les sapins qui sont des arbres, les plantes carnivores parce qu'il en existe plusieurs variétés, ou l'herbe mais aussi les cactus, les algues, les plantes vertes dans les maisons...toutes ces plantes ont des racines pour prendre de l'eau et un peu de terre, des feuilles pour faire de la sève, et toutes peuvent mourir quand elles sont trop vieilles comme notre arbre. »

« Maintenant, je vais vous demandez de faire un dessin de ce que l'on a vu tout à l'heure à l'intérieur de l'arbre. Est-ce que vous voulez le revoir? Oui ? Ok. Comment font les feuilles déjà pour faire de la sève? Qu'est-ce qu'elles utilisent? « De l'eau, du soleil... » oui, l'énergie du soleil, la lumière, et puis encore deux choses? « Des nuages... » Oui, de l'air comme des nuages. Et??? Et un peu de terre. De l'eau, un peu de terre, de l'air et l'énergie du soleil pour transformer le tout en sève.
Et maintenant, à vos crayons de couleurs... »

Annexe 12. Table de kappa pour le double codage de l'analyse de contenu

Table 5.1: ***Critical Values for Standardized Kappa Statistic***
(Table entry is the $(1-\alpha)^{th}$-percentile of the statistic's sampling distribution)

Number of Raters: 2 ***Number of Response Categories:*** 2

Subjects	Confidence Level: $1-\alpha$							
	70%	75%	80%	85%	90%	95%	99%	100%
2	-0.333	*N/A*	*N/A*	*N/A*	*N/A*	*N/A*	*N/A*	*N/A*
3	0.075	0.375	0.375	0.375	*N/A*	*N/A*	*N/A*	*N/A*
4	0.000	0.000	0.633	0.633	0.633	*N/A*	*N/A*	*N/A*
5	0.270	0.270	0.270	0.724	0.724	1.406	*N/A*	*N/A*
6	0.426	0.426	0.426	0.730	0.769	1.792	*N/A*	*N/A*
7	0.326	0.326	0.522	1.031	1.031	2.022	2.431	*N/A*
8	0.266	0.599	0.599	0.599	1.234	1.466	2.854	*N/A*
9	0.264	0.264	0.799	0.799	0.955	1.781	3.156	*N/A*
10	0.465	0.465	0.583	0.949	1.227	1.488	2.195	*N/A*
11	0.275	0.487	0.622	0.835	1.066	1.566	2.517	*N/A*
12	0.340	0.516	0.516	1.037	1.135	1.608	2.773	*N/A*
13	0.237	0.474	0.713	0.794	1.202	1.381	2.460	*N/A*
14	0.433	0.502	0.585	0.877	1.025	1.587	2.442	*N/A*
15	0.241	0.598	0.725	0.725	1.221	1.453	2.673	*N/A*
16	0.459	0.459	0.738	0.915	1.133	1.516	2.197	6.933
17	0.217	0.646	0.646	0.859	1.189	1.712	2.441	7.471
18	0.401	0.449	0.808	0.905	1.221	1.428	2.653	7.941
19	0.383	0.563	0.651	0.950	1.133	1.638	2.247	8.474
20	0.417	0.417	0.818	0.870	1.248	1.686	2.469	*N/A*
21	0.479	0.593	0.631	0.988	1.065	1.513	2.523	6.117
22	0.373	0.607	0.750	0.821	1.239	1.674	2.307	6.492
23	0.480	0.596	0.596	0.992	1.048	1.465	2.433	6.693
24	0.385	0.512	0.765	0.826	1.210	1.637	2.395	6.941
25	0.463	0.552	0.798	0.921	1.286	1.476	2.338	6.791
26	0.378	0.592	0.758	0.915	1.139	1.587	2.499	5.978
27	0.501	0.554	0.709	0.919	1.289	1.668	2.241	8.254
28	0.359	0.639	0.713	0.967	1.117	1.528	2.410	5.274
29	0.447	0.541	0.765	0.906	1.274	1.651	2.457	6.820
30	0.354	0.663	0.708	0.994	1.084	1.465	2.319	5.634
40	0.488	0.606	0.759	0.933	1.247	1.571	2.310	5.188
60	0.477	0.603	0.748	0.994	1.240	1.549	2.383	4.737