

**UNIVERSITE de REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE
UFR LETTRES ET SCIENCES HUMAINES**

Année : 2011

N° d'ordre :

**INFLUENCE DE L'EXPERTISE SUR LES
REPRESENTATIONS BIOLOGIQUES DES ADULTES :
LE CAS DE LA VIGNE**

THESE DE DOCTORAT
Psychologie

ECOLE DOCTORALE SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES DE REIMS

Présentée et soutenue publiquement
Le 7 octobre 2011 à Reims par

Laurianne Brulé

Directeur de thèse
Florence Labrell
Professeur des Universités

Devant le jury ci-dessous

Danièle Dubois, Directeur de Recherches au CNRS, Rapporteur

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

Stéphanie Caillies (Maître de Conférences, HDR), Université de Reims Champagne-Ardenne

Florence Labrell (Professeur des Universités), Université de Reims Champagne-Ardenne

Laboratoire de Psychologie CLEA (EA 4296), Université de Reims

**UNIVERSITE de REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE
UFR LETTRES ET SCIENCES HUMAINES**

Année : 2011

N° d'ordre :

**INFLUENCE DE L'EXPERTISE SUR LES
REPRESENTATIONS BIOLOGIQUES DES ADULTES :
LE CAS DE LA VIGNE**

THESE DE DOCTORAT
Psychologie

ECOLE DOCTORALE SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES DE REIMS

Présentée et soutenue publiquement
Le 7 octobre 2011 à Reims par

Laurianne Brulé

Directeur de thèse
Florence Labrell
Professeur des Universités

Devant le jury ci-dessous

Danièle Dubois, Directeur de Recherches au CNRS, Rapporteur

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

Stéphanie Caillies (Maître de Conférences, HDR), Université de Reims Champagne-Ardenne

Florence Labrell (Professeur des Universités), Université de Reims Champagne-Ardenne

Laboratoire de Psychologie CLEA (EA 4296), Université de Reims

A Odette...

Remerciements

Ces quatre dernières années ont été parmi les plus enrichissantes tant au niveau scientifique que personnel. Je tiens à remercier les personnes qui m'ont accompagnée durant la réalisation de cette thèse.

En premier lieu, je remercie ma directrice de thèse, Florence Labrell, Professeur en psychologie et directrice du laboratoire CLEA, pour m'avoir permis de découvrir la recherche et ce, dès le stage de Master 1. Merci pour vos conseils et le temps que vous m'avez accordé pendant ces quatre années. Vos encouragements m'ont été nécessaires ainsi que l'autonomie que vous m'avez accordée. De plus, vous m'avez fait prendre conscience du temps nécessaire à la maturation des idées.

Je remercie Stéphanie Caillies, Maître de Conférences (HDR) en psychologie pour m'avoir dès l'année de Licence 3 intéressée à la recherche et m'avoir conseillé, au regard de mes motivations, un stage de laboratoire pour mon Master 1.

Je tiens à remercier les membres du jury : Jean-Pierre Thibaut, Danièle Dubois et Stéphanie Caillies pour l'attention qu'ils ont portée à mon travail.

Je remercie chacun des membres du laboratoire CLEA, plus particulièrement :

- Véronique Baltazart et Leïla Bensalah qui ont pris de leur temps pour relire consciencieusement mon travail et le critiquer. Vous avez grandement contribué à mon apprentissage et à l'aboutissement de ce document.
- Nicolas Stefaniak pour les cours de statistiques accélérés. Il aurait été trop facile de réaliser mes analyses. Tu as pris le temps de t'intéresser à mon travail, de me conseiller les analyses adéquates et surtout de m'expliquer pourquoi faire cela et pas ça.
- Christelle Declercq, Chrystel Besche-Richard, Fabien Gierski et Marie Olivier pour les conseils et les critiques lors de réunions informelles et lors des séminaires.
- Enfin, Benoit Charlieux, Emilie Quantin, Fanny D'Ambrosio, Camille Gavaille, Marine Blondel, Arnaud Carré, Julie Desini, Sarah Terrien merci à vous pour les encouragements et votre soutien. Nous avons toujours été là lorsque l'un d'entre nous avait des moments de doutes ! Merci pour les bons moments passés ensemble et les fous rires. Merci également à Lolita, Sophie, Florian, Magali pour vos conseils et votre soutien.

Je tiens également à remercier les différents professionnels de la vigne et chercheurs en biologie qui m'ont conseillée et m'ont aidée à la construction des différents questionnaires : Christophe Clément, Professeur et directeur du laboratoire Stress, Défenses et Reproduction

des plantes à l'université de Reims Champagne-Ardenne, Charles Greif et Eric Duchêne de l'Unité Mixte de Recherche Santé de la Vigne et Qualité du vin de l'INRA à Colmar.

Merci à Emmanuel Devouche, Maître de Conférences à l'université Paris Descartes, institut de psychologie pour vos précieux conseils.

Merci à tous les adultes qui ont participé aux expériences de ce travail de thèse.

Merci à mes amis qui m'ont vue depuis quatre ans mettre ma vie sociale entre parenthèses. Votre soutien et l'intérêt que vous avez porté à l'avancement de mon travail m'ont beaucoup touchée. Particulièrement Julie, toi qui ne supportes pas les fautes d'orthographe, pour tes nombreuses relectures. Merci aussi pour ta maîtrise de la langue de Shakespeare et le temps consacré à mes traductions.

Enfin, merci à toute ma famille, et en particulier mes parents pour avoir cru en mes capacités et m'avoir portée si haut.

Pour finir,

Cédric, merci pour m'avoir ouvert le chemin. Ton esprit scientifique et ta curiosité ont grandement contribué à m'ouvrir l'esprit et inconsciemment à arriver jusqu'en thèse.

Patrick, merci pour la vie que tu m'offres au quotidien. Malgré mes moments de doutes, tu ne t'es jamais plaint, et tu m'as toujours encouragée en te réjouissant de chacune de mes avancées dans mon travail. Tu m'as offert durant ces quatre années les meilleures conditions pour réussir !

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE.....	1
 CHAPITRE I : ETAT DE L'ART	 3
I.1 DU TRAIT PERCEPTIF AUX CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES	4
I.1.1 D'où viennent les théories naïves ?.....	6
I.1.2 Construction et organisation des connaissances naïves.....	9
I.1.2.1 La théorie de la logique mentale	9
I.1.2.2 La théorie heuristico-analytique	11
I.1.2.3 La théorie des modèles mentaux	12
I.1.3 Les changements conceptuels.....	14
I.1.3.1 Des postulats différents	16
I.1.3.1.1 <i>Les connaissances antérieures organisées en théories</i>	16
I.1.3.1.2 <i>Les connaissances antérieures comme éléments indépendants</i> ..	18
I.1.3.2 Nature et formes des changements conceptuels	20
I.1.3.2.1 <i>Rupture conceptuelle</i>	20
I.1.3.2.2 <i>Continuité conceptuelle</i>	24
 I.2 LES SYSTEMES COMPLEXES	 28
I.2.1 Les systèmes complexes à travers quatre propriétés fondamentales	29
I.2.1.1 L'organisation d'un système complexe.....	30
I.2.1.2 Les interactions au sein d'un système complexe et avec son environnement	31
I.2.1.3 La totalité d'un système complexe.....	33
I.2.1.4 La complexité d'un système.....	33
I.2.2 Vers une pensée du complexe.....	34
I.2.2.1 Les limites de l'approche analytique.....	34
I.2.2.2 Naissance de la pensée systémique	36
I.2.2.2.1 <i>Du cartésianisme au structuralisme</i>	36
I.2.2.2.2 <i>Les préceptes systémiques</i>	37
I.2.2.3 La triangulation systémique de Le Moigne	38
I.2.2.3.1 <i>Le pôle structurel</i>	39
I.2.2.3.2 <i>Le pôle fonctionnel</i>	39
I.2.2.3.3 <i>Le pôle comportemental</i>	40

I.3 L'EXPERTISE.....	42
I.3.1 Définitions de l'expertise	43
I.3.2 Les caractéristiques des experts	44
I.3.2.1 Un domaine particulier de connaissances	45
I.3.2.2 Mémoire et nombre de connaissances.....	45
I.3.2.3 Organisation des connaissances	47
I.3.2.4 Qualité des représentations.....	47
I.3.3 Les différents types d'expertise.....	49
I.4 LE DOMAINE BIOLOGIQUE.....	51
I.4.1 L'étendue du vivant	52
I.4.2 Les végétaux	53
I.4.2.1 Le statut particulier des végétaux.....	53
I.4.2.2 Anatomie, processus biologiques et environnement	54
I.4.2.2.1 <i>L'anatomie</i>	55
I.4.2.2.2 <i>La croissance</i>	55
I.4.2.2.3 <i>La reproduction</i>	56
I.4.2.2.4 <i>La nutrition et la respiration</i>	56
I.4.2.2.5 <i>La maladie, la guérison et la mort</i>	56
I.4.2.2.6 <i>L'environnement</i>	57
I.4.3 Les théories naïves biologiques	58
I.4.3.1 Développement des théories naïves biologiques.....	58
I.4.3.1.1 <i>Des études princeps aux débats actuels</i>	58
I.4.3.1.2 <i>L'importance de l'expérience et de la culture</i>	62
I.4.3.2 Les théories naïves biologiques et les végétaux	63
I.5 PROBLEMATIQUE	66
CHAPITRE II : CONNAISSANCES STATIQUES ET TRIANGULATION SYSTEMIQUE.....	72
II.1 OBJECTIFS ET PROBLEMATIQUE GENERALE	73
II.2 CONNAISSANCES STATIQUES DES INDIVIDUS DANS LE DOMAINE VEGETAL.....	76
II.2.1 Problématique et hypothèses générales.....	76

II.2.2 Méthodologie.....	78
II.2.2.1 Participants.....	78
II.2.2.2 Matériel.....	79
II.2.2.3 Procédure.....	82
II.2.2.4 Codage.....	83
II.2.2.5 Hypothèses opérationnelles.....	85
II.2.3 Résultats.....	86
II.2.3.1 Cohérence interne et ré-échantillonnage.....	87
II.2.3.2 Effet du sexe sur le nombre de réponses correctes.....	88
II.2.3.3 Effets de l'expertise et du niveau de difficulté sur le nombre de réponses correctes.....	88
II.2.3.4 Effets du contact avec la nature sur le nombre de réponses correctes.....	91
II.2.3.5 Effet de la variable Catégorie du questionnaire et de l'expertise des participants sur le nombre de réponses correctes.....	93
II.2.4 Discussion.....	96
II.3 Représentations mentales selon le modèle de la triangulation systémique.....	98
II.3.1 Problématique et hypothèses générales.....	98
II.3.2 Méthodologie.....	100
II.3.2.1 Participants.....	100
II.3.2.2 Matériel.....	101
II.3.2.3 Procédure.....	104
II.3.2.4 Codage.....	106
II.3.2.4.1 <i>Analyse SFC</i>	106
II.3.2.4.2 <i>Analyses du discours</i>	108
II.3.2.5 Hypothèses opérationnelles.....	109
II.3.3 Résultats.....	111
II.3.3.1 Ré-échantillonnage.....	112
II.3.3.2 Effet de l'expertise sur le nombre de « structures », de « fonctions » et de « comportements » cités suite à la question générale (phase A et B).....	113
II.3.3.3 Effet des variables Expertise et Catégories du questionnaire sur le nombre d'éléments systémiques confondus cités aux quinze questions (phase C).....	116
II.3.3.4 Effet de l'expertise sur le nombre de « structures », de « fonctions » et de « comportements » cités suite aux quinze questions.....	119
II.3.3.5 Analyses du discours.....	122
II.3.3.5.1 <i>Analyse standard</i>	122
II.3.3.5.2 <i>Analyse en tri-croisé avec la variable Expertise</i>	128
II.3.3.6 Lien entre connaissances et représentations systémiques.....	130

II.4 DISCUSSION DE CETTE PREMIERE PHASE EXPERIMENTALE.....	132
CHAPITRE III : TRIANGULATION SYSTEMIQUE ET ACCES AUX CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES	137
III.1 PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES GENERALES.....	138
III.2 METHODOLOGIE.....	141
III.2.1 Participants.....	141
III.2.2 Matériel.....	142
III.2.3 Procédure.....	145
III.2.4 Codage.....	146
III.2.4.1 Les propositions.....	146
III.2.4.2 Les 4 questions ouvertes	147
III.2.4.3 Analyses du discours	147
III.2.5 Hypothèses opérationnelles.....	147
III.3 RESULTATS.....	149
III.3.1 Effet des variables Expertise et Pôle et interaction	150
III.3.2 Effet des variables Expertise et Proposition et interaction	153
III.3.3 Analyses du discours.....	156
III.3.3.1 Analyse standard.....	156
III.3.3.2 Analyse en tri-croisé avec la variable Expertise.....	162
III.3.4 Lien entre connaissances en mémoire et classement des propositions.....	164
III.4 DISCUSSION DE CETTE DEUXIEME PARTIE EXPERIMENTALE.....	165
CHAPITRE IV : DISCUSSION GENERALE	169
IV.1 Rappel des objectifs de recherche	170
IV.2 Les résultats obtenus et contributions théoriques	171
IV.2.1 Nombre de connaissances	172
IV.2.2 Nature des connaissances	173
IV.2.3 Organisation des connaissances.....	174
IV.2.4 Les représentations mentales	175
IV.3 Limites de cette recherche et perspectives futures	176

CONCLUSION	178
BIBLIOGRAPHIE	179
ANNEXES	197
TABLE DES AUTEURS.....	236

TABLE DES ANNEXES

- Annexe 1** : Présentation de l'étude et consentement libre et éclairé (Expérience 1).
- Annexe 2** : Intégralité du questionnaire à choix multiple (Expérience 1).
- Annexe 3** : Présentation de l'étude et consentement libre et éclairé (Expérience 2).
- Annexe 4** : Dessin d'un pied de vigne (Expérience 2).
- Annexe 5** : Intégralité du Questionnaire SFC (Expérience 2).
- Annexe 6** : Résultats des traitements statistiques réalisés sur les données du questionnaire de connaissances générales en biologie lors de la deuxième expérimentation.
- Annexe 7** : Plan de l'analyse standard (expert A) (Expérience 2).
- Annexe 8** : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe 1 (Expérience 2).
- Annexe 9** : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe 4 (Expérience 2).
- Annexe 10** : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe 5 (Expérience 2).
- Annexe 11** : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe 2 (Expérience 2).
- Annexe 12** : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe 3 (Expérience 2).
- Annexe 13** : Analyse factorielle des correspondances en coordonnées pour l'analyse du discours en plan standard (Expérience 2).
- Annexe 14** : Plan de l'analyse en tri-croisé (variable Expertise) (Expérience 2).
- Annexe 15** : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe des biologistes (Expérience 2).
- Annexe 16** : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe des tout-venant (Expérience 2).
- Annexe 17** : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe des viticulteurs (Expérience 2).
- Annexe 18** : Présentation de l'étude et consentement libre et éclairé (Expérience 3).
- Annexe 19** : Intégralité des 4 résolutions de problèmes (Expérience 3).
- Annexe 20** : Résultats des traitements statistiques réalisés sur les données du questionnaire de connaissances générales en biologie lors de la troisième expérimentation.
- Annexe 21** : Plan de l'analyse standard (expert A) (Expérience 3).
- Annexe 22** : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe 5 (Expérience 3).
- Annexe 23** : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe 4 (Expérience 3).
- Annexe 24** : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe 2 (Expérience 3).
- Annexe 25** : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe 1 (Expérience 3).

Annexe 26 : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe 3 (Expérience 3).

Annexe 27 : Plan de l'analyse en tri-croisé (variable Expertise) (Expérience 3).

Annexe 28 : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe des biologistes
(Expérience 3).

Annexe 29 : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe des tout-venant
(Expérience 3).

Annexe 30 : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe des viticulteurs
(Expérience 3).

TABLE DES FIGURES

- Figure 1 :** Organisation des connaissances naïves de l'individu selon le modèle de Vosniadou (2002).
- Figure 2 :** Niveaux structuraux des changements conceptuels en fonction des théories basées sur la rupture conceptuelle ou de la théorie basée sur l'organisation progressive et leurs auteurs de référence.
- Figure 3 :** Illustration des quatre formes principales de causalité au sein d'un système (A, B et C représentent des structures d'un système).
- Figure 4 :** Architecture du questionnaire de connaissances : nombre d'énoncés par catégorie et par niveau de difficulté au sein de ces catégories.
- Figure 5 :** Nombre de réponses correctes (écart-types) au questionnaire de connaissances en fonction des variables Contact avec la nature et Expertise.
- Figure 6 :** Phases et architecture du questionnaire SFC.
- Figure 7 :** Les arbres des deux classifications descendantes hiérarchiques à l'analyse standard.
- Figure 8 :** Réseau de la forme « tailler » de la classe 1.
- Figure 9 :** Réseau de la forme « fleur » de la classe 4.
- Figure 10 :** Réseau de la forme « racine » de la classe 5.
- Figure 11 :** Réseau de la forme « pesticide » de la classe 2.
- Figure 12 :** Réseau de la forme « mourir » de la classe 3.
- Figure 13 :** L'arbre de la classification ascendante hiérarchique à l'analyse en tri-croisé.
- Figure 14 :** Représentation graphique du nombre moyen d'éléments cités pour chacun des pôles de la phase C du questionnaire pour chaque groupe de participants.
- Figure 15 :** Architecture des quatre résolutions de problèmes.
- Figure 16 :** Les arbres des deux classifications descendantes hiérarchiques à l'analyse standard.
- Figure 17 :** Réseau de la forme « racine » de la classe 5.
- Figure 18 :** Réseau de la forme « combattre » de la classe 4.
- Figure 19 :** Réseau de la forme « sève » de la classe 2.
- Figure 20 :** Réseau de la forme « abime » de la classe 6.
- Figure 21 :** Réseau de la forme « vivre » de la classe 1.
- Figure 22 :** Réseau de la forme « attaquer » de la classe 3.
- Figure 23 :** L'arbre de la classification ascendante hiérarchique à l'analyse en tri-croisé.

Figure 24 : Représentation graphique des barycentres calculés selon le nombre moyen d'éléments cités pour chacun des pôles aux quatre questions ouvertes pour chaque groupe de participants.

TABLE DES TABLEAUX

- Tableau 1** : Répartition des participants selon le groupe, le contact avec la nature, le niveau d'études et l'âge.
- Tableau 2** : Valeurs attribuées aux questions fréquence des contacts avec la nature en fonction de la réponse des participants.
- Tableau 3** : Moyennes (écart-types) des réponses correctes au questionnaire en fonction du niveau de difficulté des questions et de l'expertise.
- Tableau 4** : Moyennes (écart-types) des réponses correctes au questionnaire en fonction de la catégorie des questions et de l'expertise des participants.
- Tableau 5** : Répartition des participants selon le groupe, le niveau d'études et l'âge.
- Tableau 6** : Moyennes (écart-types) du nombre d'éléments de pôles cités (structures, fonctions et comportements) en fonction de l'expertise aux deux premières parties (A et B) du questionnaire SFC.
- Tableau 7** : Moyennes (écart-types) du nombre d'éléments cités pour chaque catégorie en fonction de l'expertise aux 15 questions de la partie C du questionnaire.
- Tableau 8** : Moyennes (écart-types) d'éléments de pôles cité (structures, fonctions et comportements) à la partie C du questionnaire en fonction de l'expertise.
- Tableau 9** : Corrélations entre le nombre de réponses correctes au questionnaire QCM et le nombre d'éléments cités relatifs aux pôles systémiques du questionnaire SFC.
- Tableau 10** : Répartition des participants selon le groupe, le sexe, le niveau d'études et l'âge.
- Tableau 11** : Attribution des valeurs pour chaque proposition.
- Tableau 12** : Moyennes (écart-types) du nombre d'éléments de pôles cités (structures, fonctions et comportements) en fonction de l'expertise.
- Tableau 13** : Moyennes (écart-types) des valeurs du classement des propositions aux quatre problèmes en fonction de l'expertise des participants.
- Tableau 14** : Corrélations entre le nombre de réponses correctes au questionnaire QCM et le classement des propositions (fonctions, comportements et distracteurs) aux quatre problèmes.

INTRODUCTION GENERALE

L'objectif principal de cette thèse est d'examiner l'influence de l'expertise des individus sur leurs représentations mentales dans un domaine particulier. Notre but sera d'intégrer à la fois les recherches menées sur les capacités cognitives des experts, les recherches menées sur les théories naïves biologiques et les recherches menées sur les systèmes complexes naturels du monde.

L'environnement dans lequel l'homme évolue est très complexe, et pour s'y adapter, il doit le subdiviser et le catégoriser dans un système hiérarchisé (Carey, 1985 ; Vosniadou, 1994) en construisant des théories. Lorsque l'individu n'est pas spécialiste dans un domaine, on dit qu'il possède des théories naïves, intuitives, alors que chez une personne experte, la catégorisation des connaissances est stratégiquement organisée (Chi, Feltovich & Glaser 1981 ; Glaser, 1986). Dans notre recherche, nous avons considéré la vigne dans son environnement comme un système complexe. Nous nous sommes intéressés à la façon dont les individus conceptualisent ce système complexe, et ce, en fonction de leur expertise (Bang, Medin & Atran, 2007). Afin d'étudier cette conceptualisation de la façon la plus complète possible, nous nous sommes intéressés aux connaissances *crystallisées* que les individus possèdent en mémoire, mais également aux connaissances activées par des questions contextuelles, et aux productions d'inférences sur les conséquences d'un problème donné.

Le premier chapitre (« état de l'art ») expose dans une première partie la littérature sur la construction des connaissances à travers des auteurs de référence puis fait état des débats, toujours actuels, relatifs à l'organisation des connaissances et aux changements conceptuels. La deuxième partie explicite les notions relatives aux systèmes complexes du monde et met en exergue les apports de l'approche systémique. Puis nous verrons, dans une troisième partie, les nombreuses études relatives à l'expertise faisant référence aux spécificités cognitives des

experts, et enfin, la quatrième partie permettra de faire le point sur les travaux menés dans le domaine de la biologie naïve, plus particulièrement sur la construction des connaissances relatives aux végétaux. Au terme de cet état de l'art, nous exposerons dans une cinquième partie la problématique de recherche développée dans ce travail.

Après cette partie théorique, nous présenterons les deux chapitres expérimentaux. Le chapitre II présente les deux méthodes retenues pour l'étude des connaissances. Il s'agit d'un questionnaire à choix multiples relatif à la biologie végétale, et d'une tâche basée sur la méthodologie de Hmelo-Silver et Pfeffer (2004). Deux types d'analyses, l'une reposant sur le modèle de la triangulation systémique de Le Moigne (2006) et une analyse du discours, ont été réalisées afin de répondre à la question : l'expertise des individus a-t-elle une influence sur leurs représentations mentales du système de la vigne ? Après avoir observé un lien entre le nombre de connaissances en mémoire (expérience 1) et les représentations mentales des individus (expérience 2) dans le chapitre II, nous avons construit la troisième expérience liée à notre problématique de recherche (chapitre III). Le premier objectif était de nous assurer que les caractéristiques des réponses ne dépendent pas directement des connaissances auxquelles ont accès des individus, mais bien d'une organisation des connaissances différente selon l'expertise. Le second objectif était de vérifier que les représentations mentales influencent les inférences des individus dans le but d'expliquer des conséquences probables à un problème donné.

Suite à ces deux chapitres expérimentaux, nous avons discuté les résultats en rapport avec la littérature. Enfin, nous avons proposé une nouvelle perspective de recherche basée sur le développement cognitif d'enfants et non plus d'adultes (chapitre IV).

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART

I.1 DU TRAIT PERCEPTIF AUX CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES

*« Si nous ne changeons pas notre façon
de penser, nous ne serons pas capables de
résoudre les problèmes que nous créons
avec nos modes actuels de pensée »*

Albert Einstein¹

¹ Cité par : Piecq, A. (2009). Pourquoi organiser un congrès qui se centre sur l'approche systémique et la diversité ? Trouvé sur <http://systemica2011.eu/index.php?option=comcontent&task=view&id=21&Itemid=40>.

Dans cette première partie, nous allons nous intéresser à une spécificité humaine : la connaissance de l'environnement. Objet d'études de la philosophie puis de la psychologie, nous allons tenter d'expliquer la construction de la connaissance vers un savoir scientifique.

Pour cela, nous allons aborder dans une première partie comment l'homme construit des théories naïves sur le monde. Ces théories représentent une première interprétation du monde, ou du moins des objets du monde. Elles servent de base à l'individu pour comprendre le monde qui l'entoure (Carey, 1985 ; Johnson-Laird, 1983), pour agir dessus et surtout pour pouvoir y faire des prédictions. Ces théories naïves ont plusieurs synonymes : connaissances primitives, connaissances alternatives, modèles mentaux initiaux... selon les auteurs, mais ces derniers sont unanimes sur le fait que ces connaissances proviennent des interactions quotidiennes de l'individu avec le monde qui l'entoure. Nous aborderons trois courants relatifs à la construction de ces théories. Le premier, basé sur la logique mentale, présuppose des règles d'inférences universelles (Braine 1978, 1990 ; Piaget, 1976) ; le second postule que le raisonnement se divise en deux temps, le premier intuitif, le second logique (Evans, 1984) ; enfin, le dernier courant montre que l'homme n'a nul besoin de règles logiques pour raisonner mais doit se construire ses propres modèles mentaux de la réalité en fonction de ce qu'il considère comme pertinent pour la compréhension de cette réalité observée (Johnson-Laird, 1983).

Nous verrons ensuite la nature de ces connaissances et leur organisation au sein du système cognitif de l'individu. Deux points de vue s'opposent, l'un soutenant l'existence de structures organisées regroupant les connaissances premières des individus (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982 ; Vosniadou, 1994), l'autre prônant une multitude de connaissances non organisées, fragmentées en mémoire (diSessa, 1993). A partir de ces postulats différents, vont émerger des divergences entre les auteurs concernant les processus à l'œuvre dans les changements conceptuels. En effet, selon tous les auteurs, avec l'expérience et l'apprentissage

scientifique, les connaissances naïves des individus vont tendre vers un savoir scientifique, savoir validé par la science et socialement accepté comme vrai. Les changements conceptuels vont s'opérer sur la base de ruptures conceptuelles pour les théories basées sur une organisation des connaissances (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982 ; Vosniadou, 1994) et sur une continuité conceptuelle vers l'organisation de connaissances en mémoire dans le modèle de diSessa (1993).

I.1.1 D'où viennent les théories naïves ?

Le monde qui nous entoure est très complexe et ne cesse de se complexifier encore, notamment avec le développement de nouvelles technologies. Pour vivre dans cet environnement et pour s'y adapter, l'individu doit le comprendre. Cependant, il serait impossible pour lui d'analyser tous les stimuli de l'environnement, de tout connaître sur le monde qui l'entoure. Ce travail cognitif l'empêcherait de mener à bien toute autre activité, c'est pourquoi, l'individu réduit cette complexité environnante en créant ses propres représentations du monde afin de l'appréhender et de pouvoir agir dessus.

Cette activité cognitive commence dès le plus jeune âge et perdure jusqu'à la mort de l'individu. Via ses modalités perceptives dans un premier temps (Lécuyer, 1989 ; Lécuyer, Pêcheux & Streri, 1994 ; Lécuyer, Streri & Pêcheux, 1996 ; Quinn, 1987 ; Streri & Lécuyer, 1999) puis thématiques, le jeune enfant commence à catégoriser des objets du monde à partir d'une liste de traits (un train bouge, se déplace sur des lignes, il est grand et transporte des gens...) et va comparer les informations nouvelles avec celles qu'il a déjà en mémoire : une voiture permet aussi de se déplacer, mais elle est plus petite, elle transporte moins de gens et elle roule où elle veut (Piaget & Inhelder, 1959). Dès lors, l'enfant a en mémoire une catégorie « moyens de locomotion », divisée en deux sous-catégories (« les trains »,

« les voitures ») qui partagent chacune les traits attribués aux « moyens de locomotion » mais qui entre elles ont des traits différents (nombre de passagers, lieu où l'objet peut se déplacer...). De cette façon, l'enfant va diviser et hiérarchiser les objets du monde qui l'entoure de manière cohérente dans des catégories ontologiques (Collins & Quillian, 1969). Mais une simple hiérarchisation de catégories sur la base de listes de traits ne serait pas suffisante pour s'adapter au monde et agir dessus. L'individu a besoin de comprendre les relations entre les différents objets du monde, et leurs fonctions.

Ces catégories de traits vont peu à peu s'articuler avec des notions de relation (liens entre les objets, contexte d'apparition de ces objets...) et de causalité (conséquence des actions sur le monde) (Bruner, 1957) jusqu'à former des ensembles de connaissances organisées en mémoire, c'est-à-dire des concepts (Thibaut, Gelaes, Cordier & Meunier, 2005). Les concepts sont des représentations abstraites d'une partie de la réalité du monde (c'est-à-dire d'une ou de plusieurs catégories taxonomiques). Ils englobent certes une ou des catégories ontologiques, mais surtout les relations qu'un objet partage avec d'autres objets. Un concept est plus qu'une accumulation de connaissances sur un élément (Murphy, 2002). L'individu cherche à comprendre l'utilité des éléments du monde, ce à quoi ils peuvent lui servir, dans quelle situation il les retrouve. Il place alors les objets les plus élémentaires dans un contexte de plus en plus large jusqu'à construire des théories dites « naïves » qui permettent de maintenir une cohérence au sein des catégories ontologiques, cohérence propre à chaque individu selon sa base de connaissances (Murphy & Medin, 1985). Ces théories naïves font l'objet de nombreuses études, dont la plus célèbre est certainement celle de Wellman et Gelman (1998) qui proposent trois catégories représentant trois grands domaines de la cognition humaine : physique, psychologique et biologique. Pour chacun de ces domaines, les individus opèrent des raisonnements causaux spécifiques basés sur des inobservables afin de construire des théories naïves. Chacune de ces théories naïves constitue

un ensemble cohérent de concepts et de croyances interconnectés. Ces théories, dites *naïves* en opposition aux connaissances scientifiques, se forment et évoluent à partir de l'expérience que l'individu a sur le monde. Cette opposition appuie le fait qu'une théorie naïve n'est pas forcément partagée socialement mais basée sur l'expérience propre de chaque individu. Elle peut être vraie comme fausse ou encore incomplète. Chaque individu possède des théories naïves sur une multitude d'aspects du monde qui l'entoure.

Les théories naïves se mettent en place très tôt dans le développement humain. De nombreuses études ont mis en évidence que chez les très jeunes enfants, on trouve ces théories intuitives qui jouent un rôle majeur dans le développement conceptuel (Carey, 1985 ; Gelman, 2003). Ces théories influencent l'acquisition de connaissances nouvelles en formant une classification préexistante pour intégrer les informations nouvelles, et en retour, les informations nouvelles permettent à l'enfant de solidifier ses catégories taxonomiques en renforçant ou en adaptant les liens entre les traits des objets du monde (Krascum & Andrews, 1998). Cette influence réciproque entre anciennes et nouvelles connaissances guide le développement conceptuel (Carmichael & Hayes, 2001) aussi bien chez l'enfant que chez l'adulte (Gelman, Coley & Gottfried, 1994).

Bien que moins nombreuses, les études sur les adultes (Bedoin & Vulliez, 2009 ; Keil, 1989 ; Murphy & Medin, 1985) ont mis en évidence que ces théories perdurent chez l'adulte et servent de base de raisonnement lorsque ce dernier n'a pas d'expertise particulière dans un domaine.

Ainsi cette première base de connaissances de l'individu, que constituent les théories naïves, va être stockée en mémoire et soumise au changement lorsque l'individu sera confronté à de nouvelles informations.

Afin de comprendre comment les connaissances naïves peuvent évoluer vers des connaissances scientifiques, c'est-à-dire des savoirs reconnus comme vrais par la

communauté scientifique, nous allons dans la partie suivante appréhender comment ces intuitions sont construites et organisées en mémoire à travers trois grandes théories dans ce domaine.

I.1.2 Construction et organisation des connaissances naïves

Entre les premières évocations du raisonnement hypothético-déductif de Piaget (1926) et la théorie des modèles mentaux de Johnson-Laird (1983), la fin du vingtième siècle a été le témoin d'un débat passionnant entre différents courants relatifs à la logique mentale et au mode de construction des connaissances. Il en ressort que cette base de connaissances et de croyances naïves reste essentielle pour les scientifiques, notamment les psychologues, à la compréhension du raisonnement d'un individu face à une information nouvelle.

Afin de voir comment ces connaissances se mettent en place et s'organisent, nous allons développer dans une première partie les postulats de la logique mentale principalement soutenue par Piaget (1926) et Braine (1978). Cette logique permettrait aux individus de raisonner sur des inobservables. Nous verrons dans une seconde partie qu'Evans (1984) plaide pour une décomposition du raisonnement de l'individu en deux phases face à une réalité du monde et enfin nous aborderons la théorie des modèles mentaux développée par Johnson-Laird en 1983 et reprise à bien des égards dans la littérature comme base au changement conceptuel.

I.1.2.1 La théorie de la logique mentale

Au début du vingtième siècle, dans sa recherche sur la construction de la connaissance, Piaget (1926) s'intéresse au raisonnement que tiennent les enfants face à des situations nouvelles. Il appelle ce processus de raisonnement la pensée logique (formelle, classique ou encore hypothético-déductive). Dans son approche propositionnelle, la logique se met en

place entre 12 et 16 ans. Piaget stipule que l'aboutissement du développement cognitif, qui conduit au stade des opérations formelles, rend compte de l'acquisition d'une logique mentale qui permet à l'adolescent et à l'adulte de tenir des raisonnements basés sur cette logique. La logique classique représente la base de tout raisonnement déductif correct à partir de prémisses (par exemple le syllogisme : SI...ALORS...). Piaget ne cherche pas à démontrer l'existence de cette logique comme base de raisonnement, mais cherche à savoir comment elle se met en place chez l'enfant et comment celui-ci l'utilise. Dans sa théorie constructiviste, les structures cognitives s'élaborent progressivement avec le temps et les interactions avec l'environnement.

A la fin des années 1900, la position de Piaget fut rejointe par les partisans de l'existence d'une logique mentale encore appelée logique naturelle. Cette logique, qui constituerait un équipement de base (Noveck, 2002), permettrait à tous les individus de produire des inférences logiques sur le monde. Selon les défenseurs de cette théorie, les individus seraient dotés dès le plus jeune âge, d'une logique déductive minimum universelle (des règles d'inférence) qui permettrait la production d'inférences logiques (Braine & O'Brien, 1998 ; Rips, 1983, 1994). Pour Braine (1978, 1990), il existe un système de règles syntaxiques de déduction naturelle (11 règles principales) et des règles de contrôle, c'est un système de logique interne sur lequel l'individu s'appuie pour procéder à des déductions inférentielles. Cette logique constituerait un « protocole » pour tout raisonnement. Par exemple, pour activer la règle *modus ponens* « si p, donc q » (p correspond à « il fait beau », q à « il y a du soleil ») l'individu doit posséder la prémisse « p », puis construire sa conclusion « q » qu'il interprète ensuite par « il y a du soleil » (Braine, 1978 ; Evans, Newstead & Byrne, 1993 ; Rips, 1983).

Cette théorie s'attache à décrire les processus mis en jeu lors d'un raisonnement, et conduit à l'acquisition de nouvelles connaissances, cependant elle n'explique pas les erreurs

possibles commises par les individus. En effet, bien que certaines déductions inférentielles paraissent amener l'individu à une conclusion correcte, des prémisses peuvent engendrer des erreurs dans le raisonnement de l'individu (Evans, 1989 ; Kahneman, Slovic & Tversky, 1982). Palliant ce manque d'explication relatif au biais de raisonnement, la théorie heuristico-analytique d'Evans envisage un raisonnement ne s'appuyant pas que sur des processus logiques (phase heuristique) et qui peut engendrer des erreurs.

I.1.2.2 La théorie heuristico-analytique

Evans fut le premier à aborder le fait que les raisonnements peuvent se décomposer en deux phases (1984, 1989, 1996 ; Wason & Evans, 1975). Tout d'abord, face à une tâche de raisonnement, l'individu passe par une phase préconsciente, dite *heuristique*. Il va prendre en considération les éléments qui lui semblent pertinents pour résoudre un problème. Lorsque des informations pertinentes et non pertinentes sont accessibles à l'individu, il arrive alors qu'il ne sélectionne pas les caractéristiques pertinentes inhérentes au problème. Il en résulte alors des erreurs (biais) de raisonnement (Evans, 1989). Cette phase occasionnerait chez l'individu la formation d'une représentation interne du problème de façon intuitive, non réfléchie, et subjective.

Puis, une fois les éléments sélectionnés par l'individu, intervient la phase *analytique*. Elle va consister, sur la base d'un raisonnement logique, à traiter les informations préalablement sélectionnées. Le participant va ainsi produire des inférences de façon consciente. Evans (1989, 1998) parle d'individus « logiquement naïfs », c'est-à-dire qu'ils vont raisonner logiquement à partir de leurs expériences avec le monde et non à partir d'une logique formelle. Il reprend les résultats de la célèbre tâche de sélection de Wason (1968) pour interpréter les erreurs des individus. Dans cette tâche, en apparence simple, les individus ont quatre cartes (E, K, 4, 7) devant eux et reçoivent pour consigne de montrer les cartes à

retourner pour vérifier si la règle suivante est vraie ou fausse : « si une carte comporte une voyelle sur une face, alors elle a un nombre pair sur l'autre ». Seuls 4% des participants retournent les cartes appropriées. Wason explique ces échecs par le fait que selon lui les participants cherchent plus à vérifier la véracité d'une règle qu'à la falsifier. Cependant, Evans va expliquer les erreurs des participants par la phase heuristique de sa théorie où il n'y a pas de processus relevant de la logique, mais une sélection intuitive d'éléments (Sperber, Cara & Girotto, 1995).

Cette théorie permet alors de considérer les erreurs commises par les individus et met en exergue la sélection d'informations non pertinentes lors de résolutions de problèmes. La théorie des modèles mentaux fait état de ces sélections intuitives et parfois inappropriées d'informations, mais explique les biais par la capacité limitée de la mémoire de travail.

I.1.2.3 La théorie des modèles mentaux

En opposition à la théorie de la logique mentale, Johnson-Laird (1983 ; Johnson-Laird & Byrne, 1991) développe la théorie des modèles mentaux au début des années 1980, qui aujourd'hui séduit encore un grand nombre de psychologues. Dans cette approche analogique, la logique mentale universelle n'existe pas. Le raisonnement des individus conduit à la construction de modèles mentaux reposant sur les prémisses d'un problème donné.

Les modèles mentaux offrent une alternative peu coûteuse d'un point de vue cognitif pour le raisonnement (Johnson-Laird, 1999, 2001). Dans ces modèles, l'individu détermine le nombre d'éléments du monde qu'il veut y faire figurer et les différentes relations que ces éléments entretiennent dans la réalité perçue. Cette représentation du monde est abstraite et permet d'organiser les connaissances afin d'avoir une compréhension plus claire d'un phénomène et de pouvoir anticiper sur les résultats. Elle est une interface entre la réalité et l'individu. Ces modèles mentaux servent de base au raisonnement. Pour Johnson-Laird, une

fois les modèles mentaux construits, ils vont s'ajuster aux nouvelles connaissances grâce à l'expérience de l'individu ou à l'enseignement reçu.

La construction de ces modèles est composée de trois processus successifs (Johnson-Laird, 1983). Premièrement, l'individu construit un ou plusieurs modèles mentaux d'une même réalité, certains sont alors dits alternatifs. Ainsi, pour une même réalité, plusieurs modèles peuvent être construits à partir de prémisses (ce que l'individu connaît déjà, ou ce qu'on lui en dit). Par exemple, en voyant de l'extérieur le toit d'une imposante bâtisse, l'individu peut s'imaginer mentalement plusieurs formes de charpentes possibles pouvant la maintenir. Cependant, seul un modèle sera conforme, ou le plus conforme à la réalité, et les autres modèles, alternatifs, seront moins représentatifs de l'objet de la réalité (ici, la charpente). Ensuite, l'individu pose des conclusions à partir du modèle mental qu'il prend en référence et enfin, il fait une évaluation du modèle construit. Si cette conclusion n'est pas satisfaisante, il procède à un ajustement du modèle mental existant ou bien, a recours aux modèles alternatifs jusqu'à ce que la conclusion formulée par la personne soit compatible avec le modèle de référence.

Tout comme dans le modèle développé par Evans (1984), la théorie des modèles mentaux explique les biais de raisonnement. Ceux-ci sont dus à la capacité limitée de la mémoire de travail. L'individu submergé par les informations relatives à l'objet à modéliser mentalement aura tendance à considérer prioritairement les informations explicites, saillantes et négligera des informations implicites du système réel. Cela conduira l'individu à faire des erreurs de raisonnement sur les objets du monde. Ces modèles mentaux ne sont pas une finalité de la connaissance, mais un processus indispensable à la construction de la connaissance. Ils vont organiser et structurer les informations du monde extérieur afin que l'individu puisse raisonner sur cette base de modèles mentaux.

Nous avons donc montré que la base de la cognition humaine se construit par une accumulation de connaissances et surtout à travers une organisation de ces connaissances. Nous retiendrons principalement la théorie de Johnson-Laird (1983) qui soutient l'idée, et qui sera démontrée par d'autres auteurs (Chi, Leeuw, Chiu & LaVancher, 1994 ; Vosniadou & Brewer, 1992), que les connaissances sur des objets du monde s'organisent en modèles mentaux, c'est-à-dire en représentations en mémoire qui permettent aux individus de penser les objets. Cependant, après cette exploration de différents modes de raisonnement relatifs à l'approche propositionnelle pour les théories s'appuyant sur la logique mentale et à l'approche analytique pour la théorie des modèles mentaux, nous allons nous intéresser au devenir de ces connaissances naïves, lorsque l'individu est confronté à de nouvelles connaissances et nous verrons que le débat entre les organisations des connaissances restent très présents dans la littérature.

Qu'en est-il lorsqu'une nouvelle connaissance scientifique est confrontée à une connaissance déjà existante en mémoire? Afin de comprendre comment l'individu peut passer de conceptions ou connaissances naïves fausses, inadéquates ou encore incomplètes par rapport à la réalité, à des conceptions plus scientifiques, il faut se centrer sur la nature et la forme de ces connaissances antérieures. Elles évoluent avec le temps et l'expérience et se complètent, se modifient, changent. Les théories naïves des adultes peuvent être contradictoires par rapport à celles qu'ils posséderaient enfants ou simplement complémentaires ou différentes.

I.1.3 Les changements conceptuels

L'étude des changements conceptuels s'est beaucoup développée ces dernières années (Carey, 1991, 2009 ; diSessa, 1993 ; diSessa, Gillespie & Esterly, 2004 ; Posner, Strike,

Hewson & Gertzog, 1982 ; Vosniadou, 1994). Nous verrons dans cette section l'importance à la fois des connaissances antérieures et des connaissances nouvelles, et comment le changement s'opère en fonction de la nature et de l'organisation des connaissances antérieures. De même, il faut considérer le contexte dans lequel va s'inscrire la connaissance nouvelle et son utilité pour l'individu. Une grande majorité des études dans ce domaine vient de la psychologie cognitive et de la psychologie du développement (Carey, 1985 ; Gelman, 2003 ; Piaget, 1926) mais également des sciences de l'éducation (diSessa, 1993 ; Posner et al., 1982 ; Vosniadou, 1994).

Nous allons ici prendre en considération la définition générale et consensuelle de Duit relative aux changements conceptuels comme étant caractérisés comme « un processus de développement conceptuel des idées initiales [...] vers des conceptions plus scientifiques » (1999, p. 165). Nous envisagerons dans ce travail de thèse les changements conceptuels présents au quotidien dans la vie des individus et pas seulement dans l'enfance ou dans les apprentissages même si ce sont des périodes ou des activités propices au changement conceptuel. En effet, l'homme apprend et donc opère des modifications conceptuelles tout au long de sa vie.

Nous verrons dans une première partie deux grands courants des changements conceptuels à travers l'exploration de trois grands modèles : celui de Posner, Strike, Hewson et Gertzog (1982) et celui de Vosniadou (1994) qui partent des mêmes postulats en se référant aux travaux de Piaget (1976), de Kuhn (1983) et de Johnson-Laird (1983) selon lesquels les connaissances naïves sont organisées en mémoire. Nous verrons ensuite un deuxième courant, porté principalement par diSessa (1993), longtemps controversé, selon lequel les connaissances ne sont pas structurées et représentent une accumulation d'informations. Cependant, outre les différences fondamentales d'organisation des connaissances dans ces deux courants, tous les auteurs sont en accord sur les faits suivants : les connaissances non

scientifiques des enfants et des individus proviennent des expériences quotidiennes avec leur environnement, ces connaissances naïves influencent grandement les apprentissages scientifiques et enfin, les connaissances naïves sont très résistantes au changement. La seconde section (I.1.3.2) sera basée sur la nature des changements conceptuels. Nous verrons que les débats abordés dans la section I.1.3.1 engendrent des positions différentes sur la nature des changements conceptuels et sur les niveaux des structures cognitives où ils s'opèrent.

I.1.3.1 Des postulats différents

Deux grands courants se dégagent. Celui qui se base sur des modèles mentaux (ou théories naïves), considère que les connaissances antérieures des individus sont structurées et s'inscrivent dans des théories (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982 ; Vosniadou, 1994). A l'opposé, diSessa (1993) postule que les connaissances antérieures des individus sont des éléments disparates et contextuels, sans grandes relations entre eux et qui ne sont que très peu voire pas organisés en mémoire.

I.1.3.1.1 *Les connaissances antérieures organisées en théories*

Le modèle de Posner, Strike, Hewson et Gertzog (1982) reste actuellement un modèle de référence pour de nombreuses études dans le domaine. Il se fonde à la fois sur les courants philosophiques développés principalement par Kuhn (1983), Lakatos (1970) ou encore Toulmin (1972) et sur les sciences de l'éducation, qui soulignent l'importance des connaissances antérieures des élèves qui sont considérées comme un des facteurs importants dans l'apprentissage des concepts scientifiques.

En 1982, Posner et al. soutiennent l'idée qu'il faut mettre en exergue le contenu des connaissances des individus plutôt que leurs structures. Leurs premières conceptions sont utilisées pour expliquer de nombreux phénomènes naturels, que ces derniers aient été enseignés ou non. Dans cette étude, les auteurs mettent en évidence les difficultés éprouvées

par les étudiants à faire abstraction de leurs premières connaissances. Ces conceptions sont dites « alternatives » car elles se trouvent entre une réalité des choses et un savoir scientifique (Driver, 1983 ; Driver & Easley, 1978 ; Fredette & Clement, 1981 ; Viennot, 1979). Leur changement ou remplacement, comme nous le verrons ci-dessous, ne se fait pas de façon aisée comme le montrent entre autres Viennot (1979), Ausubel, Novak et Hanesian (1978), Clement (1982, 1983) ou encore Ausubel (1968). L'aboutissement du changement conceptuel est de passer de conceptions alternatives (qui correspondent aux théories naïves) à des conceptions scientifiques grâce, comme le soutenait Piaget dès 1926, à une accumulation de connaissances nouvelles et à leur organisation au sein du système cognitif.

Dans les années 1990, Vosniadou (1994) propose un modèle des changements conceptuels basé sur les théories naïves. En se référant aux travaux de Johnson-Laird (1983), elle travaille sur les connaissances des enfants dans le domaine de l'astronomie. Les connaissances sont organisées en modèles mentaux et servent de référence lorsque l'enfant est confronté à une nouvelle situation ou connaissance. Elle distingue trois niveaux principaux dans les connaissances antérieures des individus. La figure 1 ci-dessous donne un exemple de l'organisation des connaissances naïves de la terre. Le niveau supérieur est le *cadre théorique naïf* (Framework Theory) dans lequel il y aurait des présuppositions épistémologiques (Epistemological Presuppositions) et ontologiques (Ontological Presuppositions) organisées (Chi, 1992). Ce cadre théorique se construit à travers l'expérience des individus, qu'ils organisent de façon inconsciente en structures cohérentes, comme le stipule la théorie des connaissances naïves. C'est de ces cadres théoriques naïfs que sont issues des *théories spécifiques* (deuxième niveau) (Specific Theory) à un domaine particulier. Elles renferment les croyances (Beliefs) et les interprétations organisées de l'individu (Observational and Cultural information). Et enfin, au niveau inférieur, figurent une multitude de *modèles mentaux* (Mental Models) que l'individu a construits avec son expérience du monde.

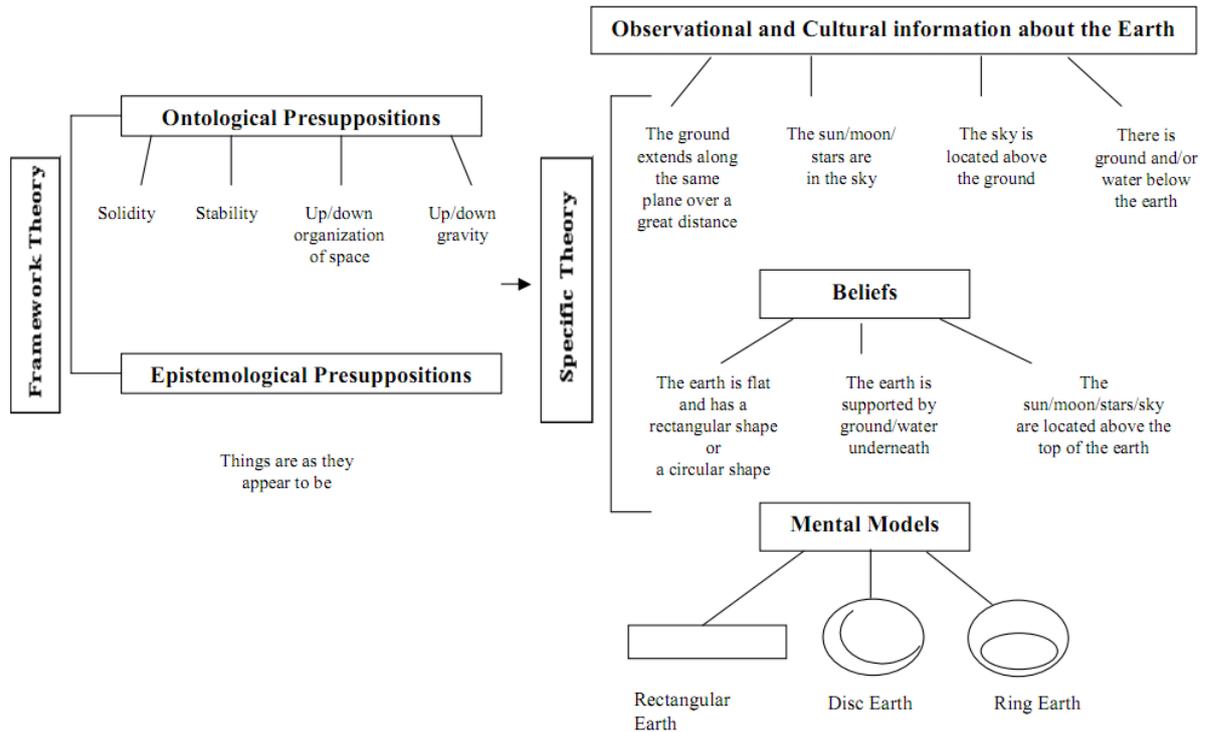


Figure 1. Organisation des connaissances naïves de l'individu selon le modèle de Vosniadou (2002).

Les méthodes de Vosniadou se basent sur des réponses verbales des apprenants ou sur des dessins. L'auteure pose des questions *génératives*, c'est à dire qui présupposent la construction d'un modèle mental à partir du cadre théorique naïf que l'enfant a en mémoire. Dans sa théorie, l'accent est mis sur le cadre théorique naïf qui renferme les conceptions et non directement sur les conceptions qui en sont issues. Les modèles initiaux des individus, c'est-à-dire avant tout enseignement spécifique, sont dénués de caractère scientifique (Vosniadou & Brewer, 1992).

1.1.3.1.2 Les connaissances antérieures comme éléments indépendants

Ce troisième modèle développé par diSessa fut très discuté. Il repose sur l'idée d'une continuité conceptuelle. diSessa (1993 ; diSessa, Gillespie & Esterly, 2004) ne part pas des mêmes postulats que Vosniadou (1994) et Posner et al. (1982). Loin des considérations des

théories naïves et des modèles mentaux, diSessa postule qu'à l'origine, l'individu ne possède qu'une accumulation de savoirs fragmentés, indépendants (*knowledge in pieces*), qui ne dépendraient aucunement de théories plus générales. En fait, ce sont les nouvelles connaissances qui stimuleraient la construction ou l'organisation d'un cadre théorique organisé et complet. Il développe le modèle phénoménologique en 1993 dans lequel il postule que les individus possèdent des *p-prims* (pour primitives phénoménologiques) qui sont des unités de raisonnement acquises durant leur expérience avec le monde. Grâce à ses recherches sur la physique intuitive (force, équilibre...), il montre que les individus (enfants et adultes novices) ont des connaissances en mémoire peu organisées et fragmentées. La structure de ces connaissances est peu profonde. Selon lui, les conceptions des enfants ne reposent pas sur des théories générales organisées mais sur des structures permettant de produire des interprétations de phénomènes dans un contexte particulier.

La dénomination des *p-prims* vient du fait qu'elles sont *primitives*, c'est-à-dire à la base des mécanismes de raisonnement. Pour raisonner sur un phénomène, l'individu devra activer la *p-prim* correspondante. Elles sont également phénoménologiques car issues d'interprétations très superficielles que les individus opèrent sur la base de leur expérience avec le monde. Mises en place, ces *p-prims* représentent un dictionnaire permettant les souvenirs des expériences et les interprétations de l'expérience vécue par l'individu. Ces *p-prims* seraient constituées de connaissances naïves dont l'organisation, aussi faible soit-elle, serait changeante selon les contextes dans lesquels l'individu doit les activer (diSessa, 2008).

La théorie de diSessa prend comme objet d'étude la nature de ces *p-prims*. De par le manque d'organisation de ces *p-prims*, diSessa ne leur accorde pas le statut de théorie. Elles peuvent être sommairement reliées en réseaux de concepts. Comme il n'y a pas de hiérarchisation des connaissances, toutes les *p-prims* des individus sont considérées comme équivalentes et sont aussi variées que nombreuses. Les erreurs de raisonnement des individus

pour expliquer un phénomène sont ici expliquées par l'activation d'une p-prim inadaptée à un contexte particulier. Ainsi, il n'y a pas de fausses p-prim, mais seulement une erreur contextuelle de la part de l'individu.

Ainsi, au vu de ces postulats divergents, nous allons voir que la nature et la forme des changements conceptuels résultants ne peuvent que différer, puisque le premier courant se base sur des théories construites et le second courant se base, quant à lui, sur des connaissances disparates, fragmentées et ayant peu de rapport entre elles.

I.1.3.2 Natures et formes des changements conceptuels

Le passage de conceptions naïves ou p-prim non organisées vers des concepts scientifiques est à considérer selon la structure et l'organisation de ces connaissances antérieures. En effet, selon les auteurs, les changements n'interviendraient pas aux mêmes niveaux de structurations des connaissances. Ainsi nous verrons dans une première section les processus de changement basés sur une hiérarchisation des connaissances et sur un processus de rupture conceptuelle. Une seconde section présentera une approche basée sur un processus d'organisation progressive de ces connaissances n'impliquant aucun conflit cognitif (diSessa, 1993).

I.1.3.2.1 Rupture conceptuelle

En 1926, Piaget décrit deux principaux processus dans le changement conceptuel, processus qui seront repris et détaillés par la suite par différents auteurs (Carey, 1985 ; Posner et al., 1982 ; Vosniadou, 1994). Il considère l'apprentissage comme une résultante de deux processus tendant à l'équilibre entre un individu et son environnement. Afin d'arriver à cet équilibre, deux mécanismes sont possibles. Selon lui, le premier mécanisme mis en œuvre est l'*assimilation*. Face à un nouvel objet du monde, l'individu va essayer de traiter ses

caractéristiques grâce aux structures cognitives déjà établies en mémoire. Si ce nouvel objet ne correspond pas parfaitement aux connaissances de l'individu, ce dernier va opérer des transformations sur cet objet afin que celui-ci s'insère de façon cohérente dans ses structures cognitives existantes. Le second processus est l'*accommodation*. Lorsqu'il y n'y a pas une acceptation directe du nouvel objet, ou que le processus d'assimilation a échoué, alors l'individu a recours à des transformations qui se situent ici au niveau de ses structures cognitives et non au niveau de l'objet. Dans ce cas, c'est l'individu qui s'adapte à son environnement. L'*accommodation* repose sur trois phases : une tentative échouée de l'assimilation, un déséquilibre entre les structures actuelles de l'individu et son environnement. Cette deuxième phase a créé un conflit cognitif qui devra être régulé dans la troisième phase grâce à une rééquilibration.

Après cette contribution de Piaget, beaucoup d'auteurs vont se référer au conflit cognitif comme base indispensable aux changements. Posner et al. (1982) ainsi que Giordan (1989) entre autres, postulent qu'il y doit avoir un conflit cognitif entre les structures préexistantes et les nouvelles informations afin que l'individu puisse acquérir ces nouvelles connaissances. De même, Kuhn (1983), Lakatos (1970) ou encore Toulmin (1972) stipulent que l'acquisition de nouvelles connaissances résulte d'une rupture conceptuelle avec les connaissances antérieures, c'est-à-dire d'un remplacement des connaissances.

Posner soutient l'idée de conflit cognitif afin de permettre aux conceptions scientifiques de s'imposer. Dans l'article de 1982, Posner et al. énumèrent les quatre conditions *sine qua non* aux changements conceptuels (p. 214):

- « Il doit y avoir une insatisfaction de la connaissance antérieure face aux concepts existants ».
- « Une nouvelle conception doit être intelligible », c'est-à-dire être suffisamment claire et avoir du sens pour l'individu.

- « Une nouvelle conception doit apparaître initialement plausible », elle doit pouvoir être considérée comme vraie par l'individu.
- « Une nouvelle conception doit suggérer une utilisation fructueuse ». La nouvelle conception doit apparaître potentiellement efficace pour résoudre les problèmes auxquels l'individu est confronté.

Ces changements auraient lieu au niveau conceptuel par un remplacement des conceptions suivant l'accommodation développée par Piaget.

Vosniadou (1994, 2002) partage également cette idée de rupture conceptuelle. Elle considère que pour qu'il y ait changement, l'individu doit prendre conscience des modèles mentaux qu'il a en mémoire. Lorsqu'un modèle ne serait pas conforme à un phénomène de la réalité, l'individu opère des changements non pas au niveau de ce dernier, mais au niveau du cadre théorique naïf dont il dépend. Ainsi, l'auteure situe le changement conceptuel au niveau méta-conceptuel, il s'agirait alors d'une révision des structures théoriques générales. Elle distingue trois niveaux de changements que nous allons illustrer avec son étude de la représentation de la terre chez les enfants (Vosniadou & Brewer, 1992). Le plus simple est l'*enrichissement*, une nouvelle information est ajoutée au cadre théorique. C'est un complément d'informations qui s'inscrit dans un cadre préexistant mais qui ne contredit aucunement des informations déjà en mémoire, par exemple, l'information « les taches observées sur la Lune sont des cratères », c'est une information qui s'ajoute. Le deuxième niveau est la *révision d'une théorie spécifique*, lorsqu'une nouvelle information présentée à l'individu n'entre pas en contradiction avec une connaissance, mais reste malgré tout difficile à admettre (sur la Lune, il n'y a pas d'air). Et enfin, au troisième niveau il s'agit de la *révision totale du cadre théorique général* qui est plus difficile pour l'individu. Elle a lieu lorsque la nouvelle information (la Terre est une sphère) vient en confrontation avec ce qui est déjà acquis par l'individu. Intervient alors une déconstruction du cadre théorique général qui va

permettre l'insertion et l'organisation des nouvelles connaissances. Johnson-Laird (1983), dans sa théorie des modèles mentaux, pense que l'apprentissage produit des ajustements permanents des modèles mentaux que les individus ont construits préalablement. Ces modèles vont s'ajuster afin de mieux correspondre à la réalité et tendre vers les conceptions scientifiques.

D'autres auteurs viennent conforter cette vision des changements conceptuels. Souvent considérées comme des théories radicales, un nombre conséquent d'études dans le domaine laisse toutefois suggérer des modifications plus graduelles. En fonction du degré de non-adéquation entre les nouvelles informations et les anciennes, les auteurs considèrent deux types de changements. Les termes changent d'un auteur à l'autre, mais les idées sous-jacentes font référence aux mêmes mécanismes. Ainsi, Carey (1985) propose une possibilité de faible restructuration (ou « capture conceptuelle » selon la terminologie de Hewson en 1981) des concepts lorsque la nouvelle information ne perturbe que légèrement le concept préexistant. Cependant lorsque les informations issues de l'environnement viennent plus largement perturber celles en mémoire, Carey parle alors de restructuration radicale, ou échange conceptuel pour Hewson (1981). Il y a alors une transformation de la théorie naïve. Contrairement à l'idée de restructuration globale de Piaget, Carey postule une restructuration spécifique d'un domaine grâce à un processus graduel qui se produit au niveau des concepts (Inagaki & Hatano, 1996). Cette réorganisation des concepts peut prendre trois formes (Carey 1991) : le *remplacement*, un concept nouveau déplace un concept initial. Les deux croyances sont très différentes et la nouvelle écrase la première (par exemple, les végétaux sont inclus dans la catégorie du biologique). La *différenciation*, où un concept renferme des notions suffisamment différentes pour être divisé en plusieurs concepts plus spécifiques, restrictifs et bien différenciés. Par exemple, le concept « animaux domestiques » peut être subdivisé en deux concepts tels que « chien » et « chat ». Et enfin, le processus de *coalescence* qui permet,

à l'inverse de la différenciation, à deux ou plusieurs concepts initiaux de se regrouper en un seul et même concept (les « boxers » et les « caniches » sont regroupés dans le concept « chien »). Ces différents processus permettent un accroissement des connaissances dans un domaine particulier et une restructuration des théories naïves d'un domaine. De même, Duit (1999) soutient l'idée d'un changement moins global et postule que la conception remise en cause reste présente et se trouve intégrée à la nouvelle conception. Enfin, Halldén (1999) propose trois autres processus, relatifs à la rupture conceptuelle, permettant des changements de conceptions de façon plus graduelle. Ces processus ne font pas appel à des remaniements internes des conceptions. L'individu peut admettre une nouvelle conception et renoncer à une ancienne. Dans ce cas, le changement est complet. L'individu peut également mettre en place une nouvelle conception, sans rapport avec celles qu'il a déjà en mémoire et enfin, il peut adopter une nouvelle conception ayant un rapport avec d'autres existantes, mais qu'il utilisera dans un contexte différent et spécifique.

I.1.3.2.2 Continuité conceptuelle

En adéquation avec les postulats de son modèle, diSessa (1993) ne partage pas le point de vue de la rupture conceptuelle (Posner et al., 1982 ; Vosniadou, 1994), mais au contraire, soutient l'idée que les changements conceptuels s'opèrent via une continuité conceptuelle. Les modifications dues à l'apprentissage et à l'expérience avec l'environnement se situent à un niveau sous-conceptuel et visent l'organisation de connaissances. En effet, diSessa propose une organisation progressive des p-prim afin que l'individu puisse dans un contexte particulier avoir accès aux p-prim correspondant à la situation en fonction de la priorité d'appel (« cuing priority »). Dans un contexte particulier, les p-prim à forte priorité d'appel seront les premières activées et si les interprétations ne sont pas satisfaisantes pour l'individu, il activera alors une p-prim à priorité d'appel plus basse jusqu'à la pleine satisfaction. Ainsi, au cours du développement, la cohérence prend place au sein des structures cognitives des

individus. Les connaissances des scientifiques et des novices seraient donc semblables, ou tout du moins pas incompatibles, à la différence de l'organisation même de ces connaissances. C'est cette organisation progressive due à l'expérience (théorique et/ou pratique) qui permettrait donc de construire le cadre théorique manquant à l'individu novice. Dans cette théorie, l'intervention du contexte joue un rôle non négligeable. L'individu passe alors de novice à expert dans un domaine, en organisant et en choisissant les bonnes p-primis selon le contexte.

Pour résumer, notons que si les auteurs sont en accord avec la définition de Duit (1999) pour la finalité des changements conceptuels aboutissant à la construction de conceptions scientifiques, les termes *changements* et *conceptuels* ne sont pas forcément de même nature et au même niveau de structures cognitives selon les théories. En effet, comme nous l'avons vu dans cette section, le changement peut être de différentes natures : modifications progressives, ajout d'informations nouvelles ou encore remplacement radical d'une conception. En outre, ce changement peut s'opérer à différents niveaux du système cognitif humain. Vosniadou et Carey soutiennent que ces changements s'opèrent principalement au niveau méta-conceptuel (cadre théorique naïf), les auteurs comme Piaget, Johnson-Laird ou encore Posner soutiennent que les changements ont lieu au niveau conceptuel (modèles mentaux) et enfin, diSessa postule que les changements se trouvent à un niveau sous-conceptuel (organisations de connaissances fragmentées) (*cf.* figure 2).

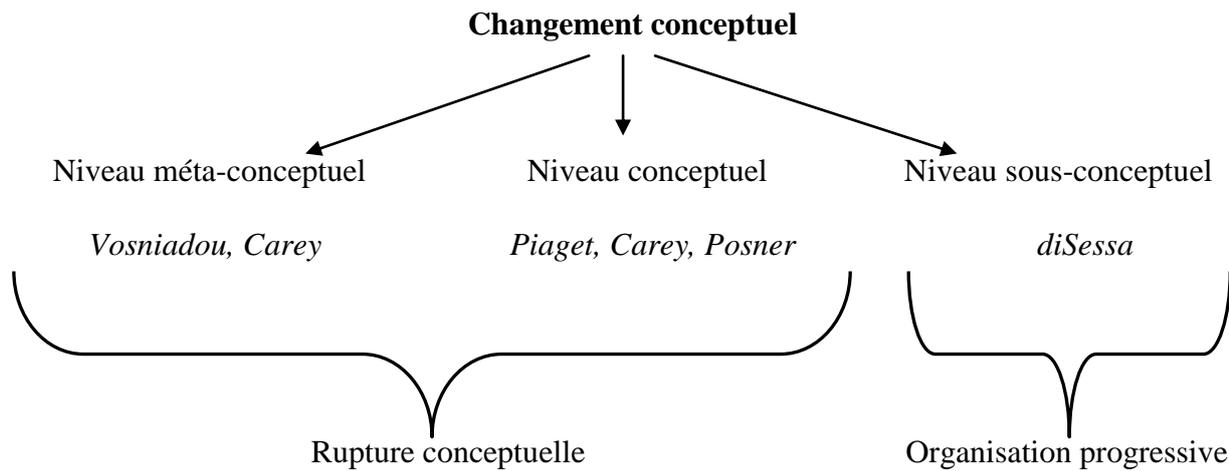


Figure 2. Niveaux structurels des changements conceptuels en fonction des théories basées sur la rupture conceptuelle ou de la théorie basée sur l'organisation progressive et leurs auteurs de référence.

Même si ces changements peuvent parfois être qualifiés de radicaux, les auteurs s'entendent sur le fait qu'ils se font de manière graduelle et s'inscrivent dans le temps. En fait, il s'opère en permanence au sein des structures cognitives des individus des *micro-changements* qui à long terme peuvent engendrer des modifications radicales à un niveau structurel.

Dans cette première partie, nous avons pu voir le débat qui passionne toujours et depuis de nombreuses années la psychologie du développement. Cependant, pour étudier les différences experts/novices, ces notions d'organisation de connaissances et de changements conceptuels nous sont essentielles afin de comprendre l'état des connaissances (nombre, nature et organisation) chez des individus experts et chez des novices. Dans ce travail, nous retiendrons les modèles de Johnson-Laird (1983), Posner et al. (1982) et Vosniadou (1994) qui soutiennent que les connaissances primitives sont organisées en mémoire au sein de structures conceptuelles ou de cadres théoriques qui sont soumis quotidiennement à des réorganisations mineures internes ou à des changements plus radicaux permettant l'acquisition de nouvelles connaissances.

Catégoriser les objets du monde est donc nécessaire afin de pouvoir comprendre ces objets, agir dessus et surtout « penser » l'objet lorsque que ce dernier n'est pas dans l'environnement immédiat de l'individu. Celui-ci va, par ce processus, réduire le coût cognitif, le traitement des informations nouvelles, en les comparant avec ce qu'il a déjà en mémoire. Cependant, lorsqu'il est confronté à un phénomène complexe du monde, la difficulté réside dans la compréhension globale du phénomène, c'est-à-dire la difficulté à prendre en considération des éléments qui peuvent être imperceptibles à l'œil (petits éléments, relations de causalité complexe...).

I.2 LES SYSTEMES COMPLEXES

« La complexité ne donne pas de la valeur aux choses, elle les rend seulement moins accessibles. »

Faya Dequoy (p. 78)²

² Dequoy, F. (2000). *Petit livre d'une non-écrivaine*. Montréal : La Petite Sorcière.

En fonction du degré de complexité des objets du monde, le travail cognitif de l'individu voulant comprendre cet objet peut être plus ou moins coûteux. En effet, conceptualiser une « tasse » ou le « corps humain » n'implique pas les mêmes ressources cognitives. Lorsque l'individu est en face d'un système tel que le corps humain par exemple, il lui faut prendre en compte de nombreux aspects pour l'appréhender. Ces systèmes dits « complexes » sont omniprésents dans notre environnement (la société, un écosystème, une entreprise...) comme le stipulait Bertalanffy dès 1973 qui le premier a envisagé les phénomènes complexes par l'approche systémique.

I.2.1 Les systèmes complexes à travers quatre propriétés fondamentales

Bertalanffy fut un précurseur dans ce domaine et fonda dès 1954 *La société pour l'étude des systèmes généraux*. Par la suite, une succession d'intellectuels de différentes disciplines ont contribué au développement de cette nouvelle science, et parmi eux, les mathématiciens Wiener (1948), Shannon et Weaver (1963), Forrester (1984) ou encore Rosnay (1975). Nous ne trouvons pas dans la littérature de consensus sur la définition d'un système complexe, mais plutôt une succession de définitions qui se complètent. Bertalanffy définit un système comme « un ensemble d'unités en interrelations mutuelles » (1973, p. 53). Puis en 1975, Rosnay introduit dans cette définition la notion de finalité : « un système est un ensemble dynamique, organisé en fonction d'un but » (p. 93), suivi de Le Moigne (2006) qui adopte une définition plus holistique du système : « Un objet qui, dans un environnement, doté de finalités, exerce une activité et voit sa structure interne évoluer au fil du temps, sans qu'il perde pourtant son identité unique » (p. 61). Afin de résumer ces différentes définitions, Churchman énonça que « tous les auteurs s'accordent sur le fait qu'un système est un ensemble de parties coordonnées en vue d'accomplir un ensemble de buts » (1968, cité par Le Moigne, 1974, p. 9).

De l'ensemble de ces définitions nous pouvons tirer quatre grandes propriétés fondamentales relatives à tout système complexe que nous allons préciser : l'organisation, les interactions entre les différents éléments du système et entre le système et son environnement, la totalité du système et enfin la complexité.

I.2.1.1 L'organisation d'un système complexe

L'organisation est centrale dans la compréhension des systèmes. Elle revêt deux aspects fondamentaux : structurel et fonctionnel (Durand, 2009 ; Rosnay, 1975). Dans l'aspect structurel, un système doit présenter une frontière par rapport à son environnement. La frontière entre le système et son environnement ne doit pas faire paraître le système comme étant isolé. En effet, il partage avec son environnement de la matière, de l'énergie et des informations. Les entrées et sorties du système de ces trois types d'éléments (matières, énergie et informations) sont très importantes pour maintenir l'état du système en équilibre. Par exemple, un arbre est en perpétuelle interaction avec son environnement, et ce aussi bien pour ses besoins (lumière et chaleur du soleil, sels minéraux...) que pour ses rejets (oxygène...).

De plus, un système étant composé de nombreux éléments, la structure est très importante et fait du système ce qu'il est. Au sein de chaque système se trouve une multitude de sous-systèmes, eux-mêmes composés de nombreux éléments. Ces éléments sont souvent de natures variées (chimique, organique, énergie...) et d'échelles différentes relevant d'un niveau macro-structurel (feuille, tige) et d'un niveau micro-structurel (cellule, ions). Ces différents niveaux peuvent être exprimés en arborescence hiérarchique interne au système (Simon, 1962). Par exemple, pour tout système biologique, nous retrouvons les atomes qui composent les molécules qui elles-mêmes constituent les organes... Cette organisation spécifique à chaque système constitue une base stable, constante qui n'évolue que peu au fil

du temps. Si le système modifie sa structure afin de s'adapter à son environnement, il ne perdra pas pour autant son identité.

Outre cette organisation structurelle hiérarchisée, l'organisation d'un système implique aussi un aspect fonctionnel. Chaque élément du système a un ou des rôle(s) à remplir afin de maintenir la dynamique du système et son homéostasie, équilibre indispensable au sein de son environnement. Pour cela, des flux bidirectionnels de matière (eau, substance nutritive), d'énergie (chaleur, lumière) et d'information (changement de saisons, cycle jour/nuit) s'opèrent au sein du système et avec son environnement et sont contrôlés par un centre de décision afin d'augmenter ou diminuer tel ou tel flux en fonction des besoins. Des boucles de rétroaction (feedback) permettent au système d'avoir des informations sur ce qui se déroule en aval et alors de moduler ses actions en fonction du but souhaité.

I.2.1.2 Les interactions au sein d'un système complexe et avec son environnement

L'interaction est certainement la propriété la plus difficile à appréhender au sein d'un système (Durand, 2009 ; Le Moigne, 2006). Chaque élément est en interaction constante avec d'autres éléments du système (Parrott, 2009). Cette multitude d'interactions existe à la fois aux niveaux internes (les cellules de l'arbre sont en interaction avec les organes) et aux niveaux externes (l'arbre et son environnement). Toute modification au niveau d'un élément, d'un sous-système ou de l'environnement a des répercussions au niveau des systèmes supérieurs et donc, en conséquence, au niveau global. De même, tout changement à un niveau supérieur entraîne des répercussions aux niveaux inférieurs. La causalité au sein d'un système est très rarement linéaire comme l'a défini Bertalanffy (1973), elle peut revêtir différentes formes. Nous allons aborder quatre formes principales de causalité, résumées dans la figure 3 ci-dessous, et les illustrer à travers l'exemple du système d'une voiture et de son conducteur.

La première forme de causalité, et la plus simple, reste la relation de cause à effet directe : une structure A (la cause) peut avoir un effet sur une structure B, par exemple, tourner le volant fait tourner les roues. La seconde forme de causalité, reprend la précédente mais en considérant qu'après un temps relatif, la structure B peut mener sa propre action sur d'autres éléments du système. Par exemple, le conducteur tourne le volant ce qui a pour effet de tourner les roues et cela va ensuite faire tourner la voiture. Dans le troisième type d'interaction on considère que l'événement de A sur B va provoquer un feed-back (ou boucle de rétroaction) qui va permettre à B d'agir à son tour sur A, par exemple, devant un obstacle, le conducteur freine (A), la voiture ralentit et s'arrête (B), le conducteur va ainsi relâcher la pression sur le frein (A). Enfin, et de loin la relation causale la plus complexe, l'interaction peut être indirecte et faire intervenir plus de deux structures du système. Soit A transfère une information à B qui la transmet à son tour à l'élément C, l'élément C peut alors renvoyer l'information à A : le conducteur freine (A), les freins serrent les roues (B), l'ABS (un système de freinage antiblocage) se met en route (C), le conducteur peut relâcher le frein (A).

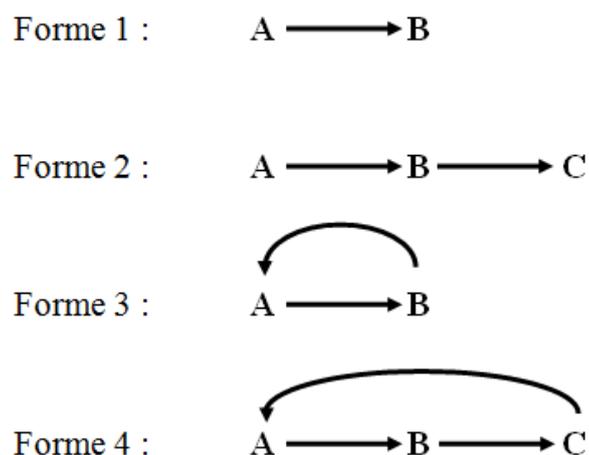


Figure 3. Illustration des quatre formes principales de causalité au sein d'un système (A, B et C représentent des structures d'un système).

I.2.1.3 La totalité d'un système complexe

Comme l'a démontré Bertalanffy (1973), un système doit être envisagé comme un tout (Saaty, 1984). Au niveau global du système, c'est-à-dire en considérant le système comme un tout, peuvent se trouver des propriétés qui n'existent pas à des niveaux inférieurs structuraux. Ce sont des propriétés dites « émergentes ». Au sein du système, se trouve une cohérence interne à la fois entre les différents niveaux structuraux hiérarchisés, mais aussi et surtout au niveau de la finalité du système (production, maintien de l'homéostasie, ...). Tous les éléments du système, aussi petits soient-ils, œuvrent dans un même but, c'est la dynamique du système (Forrester, 1975). Cette dynamique est régie par le comportement du système, la manière dont il évolue quotidiennement afin de se maintenir en équilibre et de survivre dans son environnement. C'est cette dynamique qui permet au système d'évoluer dans son environnement. Si l'on omet de prendre en considération le rôle d'un sous-système, il sera impossible d'en comprendre la finalité dans son ensemble.

I.2.1.4 La complexité d'un système

La complexité est présente au sein de chaque système et n'est pas précisément quantifiable (Bertalanffy, 1973). Cependant, certains critères permettent d'appréhender cette notion de complexité. Tout d'abord, la nature et le nombre des différents éléments qui composent le système peuvent augmenter considérablement cette complexité. Aux différents niveaux hiérarchiques du système, plus la nature des éléments sera diversifiée et leur nombre élevé, plus le degré de complexité sera élevé et difficile à appréhender. Par exemple, le système d'un aquarium sera moins complexe que le système d'un lac en pleine nature. Dans le premier cas, l'homme régule le nombre d'éléments à y intégrer (poissons, plantes...) et limite le nombre d'éléments extérieurs qui rentrent en interaction avec le système (nourriture, lumière...), dans le second cas, le système du lac peut intégrer un nombre d'éléments quasi

infini. Comme nous l'avons vu précédemment, la nature des interactions entre les éléments du système peut elle-même engendrer différents niveaux de complexité (boucle de rétroaction, relation indirecte). Un système complexe est toujours ouvert sur l'extérieur, il est impossible d'établir une liste exhaustive des éléments qui entrent en interaction avec lui. De ce fait, la prédictibilité faite sur la finalité d'un système est très réduite car elle dépend d'éléments qui ne peuvent pas tous être pris en considération. Toutefois, dans certaines conditions expérimentales, l'homme peut réduire le degré de complexité d'un système en contrôlant au maximum les éléments pouvant interagir avec lui. Il sera plus facile alors de contrôler les entrées et sorties du système d'un aquarium que de celui d'un lac en pleine nature.

Pour résumer, selon la pensée systémique, on peut définir un système par six éléments fondamentaux (Le Moigne, 1974, 2006): c'est un *objet* du monde qui se trouve dans son *environnement* ; par sa *structure* il opère des *activités* afin d'arriver à une *finalité* et il *évolue*.

Les approches scientifiques permettant de comprendre et de modéliser les systèmes complexes se sont succédées pour aboutir à une approche holistique. La section suivante (I.2.2) va nous permettre de comprendre l'émergence de cette approche systémique et de montrer comment elle pallie les manques des approches qui l'ont précédée.

I.2.2 Vers une pensée du complexe

I.2.2.1 Les limites de l'approche analytique

Pendant de nombreuses années, l'approche analytique fut l'approche de prédilection afin d'appréhender les phénomènes du monde et de les étudier. Elle fut portée et adoptée dans les démarches scientifiques et a grandement contribué au développement des sciences et de la technique.

Devant la complexité de certains phénomènes ou objets du monde, Descartes (1637), initiateur de ce modèle de pensée, se base sur trois points cruciaux. Tout d'abord, il propose que chaque système ait une organisation hiérarchisée. L'individu doit décomposer cette hiérarchie en sous-systèmes pouvant eux-mêmes être décomposés, et ce, jusqu'à obtenir les unités les plus élémentaires possibles. Les unités ou éléments sont alors isolés du système et de son environnement. De cette façon, il est alors plus aisé pour l'individu de comprendre ces parties prises de façon individuelle que de comprendre la totalité du système. Une fois que l'individu a compris le fonctionnement des plus bas niveaux du système, il doit remonter aux niveaux supérieurs et en inférer le fonctionnement de l'ensemble du système. Le comportement du système devient alors intelligible pour l'homme. Pour Descartes, cette nouvelle science, basée sur la hiérarchisation ascendante afin de procéder à la déduction des niveaux supérieurs, est une science pure et objective qui permet d'atteindre la vérité. Selon lui, cette méthode ne permet pas de générer d'erreurs. C'est la voie royale pour comprendre le fonctionnement du système. Elle permet à l'individu d'acquérir des connaissances sur le système grâce au réductionnisme.

Malgré l'engouement que cette théorie connut à son époque, elle présentait des inconvénients dans la compréhension d'un système. En effet, cette conception isolait et séparait des unités sans tenir compte du contexte, et ne permettait pas de traiter la causalité autre que linéaire. Elle constituait une vision très « simpliste » des systèmes.

En 1973, Bertalanffy propose qu'un système qui a des propriétés émergentes, c'est-à-dire des propriétés que l'on ne peut pas retrouver en décomposant le système en unités, soit appréhendé par une approche plus holistique. Ainsi l'individu qui envisage la possibilité de propriétés émergentes à l'échelle globale d'un système, doit se contraindre à abandonner l'approche analytique qui provoquerait une perte d'informations, même si cette dernière, est plus intuitive.

I.2.2.2 Naissance de la pensée systémique

Interdisciplinaires tout autant que nombreuses, les contributions à l'approche systémique furent multiples. A la suite du *Discours de la méthode* (1637) de Descartes, nous avons assisté à une succession de paradigmes, tous autant novateurs (à leurs époques respectives) que précurseurs du structuralisme. Dans la partie suivante, nous allons brièvement montrer comment du paradigme cartésien, le paradigme structuraliste a vu le jour. Pour cela, nous développerons rapidement la mécanique rationnelle et la mécanique statistique et montrerons comment le structuralisme pallie les manques de ces approches antérieures.

I.2.2.2.1 Du cartésianisme au structuralisme

Illustrant parfaitement la rationalité cartésienne de Descartes (1637), le paradigme de la mécanique rationnelle, section des mathématiques, considère que tout objet de la réalité peut être expliqué grâce à l'approche analytique. Il se centre sur la structure des objets, en partant du postulat que cette dernière a la qualité d'exister, ce qui est irréfutable et qu'elle est stable, c'est-à-dire qu'elle n'évolue pas dans le temps. Cependant, la structure est isolée de son contexte, de son environnement qui lui, pourrait être soumis au changement. La structure permet d'expliquer un objet, elle est considérée comme la cause de la fonction de l'objet.

Au vingtième siècle, le physicien Boltzman (1844-1906), pionnier en thermodynamique, montre les limites de l'approche *microscopique* de la mécanique rationnelle et propose de passer au niveau *macroscopique* (Rosnay, 1975) avec la mécanique statistique. Ainsi, selon Rosnay, il faut maintenant penser en termes de Structure-Evolution et non plus en termes de Structure-Fonction. En se basant principalement sur des systèmes fermés (donc non ouverts), la mécanique statistique se base sur l'évolution, c'est-à-dire sur les

transformations qui vont s'opérer au sein du système. La structure et la fonction d'un système deviennent alors secondaires.

Face aux lacunes de chacune de ces approches mécaniques, le structuralisme naît par regroupement de ces dernières. Adoptant un point de vue plus holistique des systèmes, cette nouvelle approche a eu en une trentaine d'années deux sources distinctes. Entre 1950 et 1970, les chercheurs insatisfaits par la perte d'information due aux deux approches mécaniques - due au réductionnisme pour la mécanique rationnelle, et due à la non prise en compte du fonctionnement dans la mécanique statistique-, jugent que pour comprendre un système dans son intégralité, il faut à la fois le considérer comme étant, évoluant et fonctionnant.

En parallèle des contributions à ce modèle de la cybernétique en Amérique du Nord, en Europe, Piaget justifie la position structuraliste : « Nous percevons certes l'objet dans sa globalité, mais si nous l'acceptons structuré, ce n'est plus par une forme statique quelconque mais par un système de transformation » (1968, p. 10). Cette nouvelle approche abroge définitivement le réductionnisme en montrant ses limites.

I.2.2.2.2 *Les préceptes systémiques*

Les objets ne sont plus seulement analysés, mais ici on cherche essentiellement à les penser et donc à les modéliser (Simon, 1964). L'homme doit concevoir des modèles des objets du monde. Pour cette nouvelle approche, surnommée *le nouveau discours de la méthode* en référence à l'ouvrage de Descartes (1637), Le Moigne (1974) définit quatre préceptes qui mettent en évidence les oppositions avec l'approche analytique : préceptes de *pertinence*, de *globalisme*, *téléologique* et d'*agrégativité*.

Le précepte de *pertinence* considère la subjectivité de l'individu qui cherche à modéliser l'objet du monde. En fonction de ses buts, l'individu va explicitement et/ou implicitement sélectionner les éléments qui lui semblent pertinents pour la compréhension du système. Le précepte du *globalisme* rappelle que chaque élément du monde ne peut être

compris que s'il est considéré dans l'environnement auquel il est soumis et sur lequel il agit. Le précepte *téléologique* indique que l'individu doit considérer la finalité du système en essayant de comprendre les comportements qui vont amener à cette finalité. Et enfin, le précepte de *l'agrégativité* stipule que si l'individu simplifie le système, ce n'est pas une erreur, et ce n'est pas pour le réduire, mais cela est volontaire afin d'amoinrir la part de complexité qui lui paraît superficielle à la compréhension du système.

Cette nouvelle méthode d'analyse des systèmes complexes revêt l'intérêt majeur pour les individus de parvenir à une compréhension globale d'un système en en comprenant les fonctions sous-jacentes lui permettant d'évoluer et d'atteindre sa finalité. Plus qu'une simple approche théorique, la systémique est également une méthode scientifique de modélisation (mentale ou autre) pour laquelle Le Moigne (1974, 2006) propose un modèle centré autour de trois aspects que nous allons développer ci-dessous et sur lequel nous allons nous appuyer. Nous allons voir que bien que cet outil d'analyse est adéquat à la compréhension des systèmes, l'activité de l'individu cherchant à les modéliser (le modélisateur) n'en reste pas moins difficile.

I.2.2.3 La triangulation systémique de Le Moigne

Afin de pouvoir comprendre et modéliser un système complexe, les individus doivent avoir conscience de trois aspects du système. En effet, comme l'énonce Le Moigne «La trialectique de l'*Être*, du *Faire*, du *Devenir*, est sans doute le sésame de la représentation, sinon de la connaissance de l'objet.» (2006, p. 64). Il propose une triangulation qui s'équilibre autour de trois pôles. Le premier pôle porte sur l'aspect structurel (ou ontologique) et réfère à l'*être* du système, le deuxième constitue l'aspect fonctionnel référant au *faire*, et, le troisième est le pôle génétique ou encore appelé comportemental. Il est relatif au *devenir* du système.

La cohérence de la modélisation d'un système va dépendre du poids que l'individu va donner à chacun de ces pôles. Plus le barycentre de ce triangle sera proche du pôle structurel, plus le participant aura une approche analytique. Au contraire, si le barycentre de cette représentation mentale se situe à proximité des aspects comportementaux du système, alors le l'individu adoptera une approche basée sur la mécanique statique. Le Moigne (2006) énonce que « plus le barycentre retenu sera équilibré, plus nous percevrons notre modèle comme *harmonieux* » (p. 64).

I.2.2.3.1 Le pôle structurel

Le pôle structurel de cette triangulation représente tous les composants, éléments, énergies, matières qui composent le système ou qui sont extérieurs au système mais peuvent entrer en interaction avec lui. Ce sont les structures du système et de son environnement. Elles peuvent être de natures différentes (chimique, énergie physique...) et de tailles différentes (macro ou micro structurelle). Les structures peuvent être observables et se situer au niveau macro-structurel ou être infiniment petites d'ordre micro-structurel. Elles sont nombreuses et généralement très variées. Par exemple, au niveau du végétal de la vigne, on peut considérer chaque molécule la constituant, mais aussi les relations entre ces molécules qui permettent de constituer les organes du végétal (tronc, racines...). L'individu qui veut modéliser au mieux un système devra avoir conscience de l'organisation de ces structures, mais également des relations qui existent entre ces structures. Ce pôle représente l'*être* du système, qui est relativement stable dans le temps.

I.2.2.3.2 Le pôle fonctionnel

Le pôle fonctionnel réfère aux processus mis en place pour que le système puisse évoluer dans son écosystème. Chaque structure a un ou des rôles à opérer au sein du système. Une fonction réalisée entraîne toujours des conséquences. De même, si une structure ne joue

pas correctement son rôle au sein du système, ce dysfonctionnement local aura des répercussions sur le fonctionnement de l'ensemble du système. Par exemple, les racines de la vigne ont des fonctions précises comme l'absorption des sels minéraux, ou encore l'ancrage dans le sol. Si l'une de ces fonctions n'est plus assurée, cela met à mal l'ensemble du système. Si les racines ne peuvent assurer leur fonction de nutrition des racines, la vigne va manquer d'éléments indispensables à sa croissance voire à sa survie.

Le pôle fonctionnel représente l'ensemble des rôles réalisés par les structures afin que le système soit dynamique et parvienne à réaliser son but. L'ensemble des fonctions qui s'opèrent au sein d'un système représente le *faire* du système.

I.2.2.3.3 *Le pôle comportemental*

Les comportements d'un système réfèrent aux états, transitoires ou non, du système. Ils sont le résultat de fonctions et de transformations qui ont lieu au cours du temps. Le système doit en permanence se maintenir en homéostasie malgré un environnement aléatoire. Ici, nous allons considérer comme comportement ce qui relève des résultats des fonctions au niveau global du système (les feuilles d'un végétal assurent la photosynthèse), et le résultat final du système (production, croissance, survie...). Ce dernier pôle représente le *devenir* du système.

Ce modèle de triangulation systémique est un point central de notre travail. D'abord utile aux chercheurs des sciences de l'éducation, nous allons nous appuyer sur ce modèle et envisager les représentations mentales des individus en termes de pôles systémiques dans une approche cognitiviste. Connaître le poids de chaque pôle systémique au sein d'une représentation permet de caractériser les connaissances que l'individu a de l'objet qu'il modélise. Outre l'organisation des connaissances au sein de la représentation, cette approche considère les relations causales que l'individu intègre dans son modèle. Ainsi, ce modèle de

triangulation offre une assise théorique intéressante pour l'étude des représentations et donne les caractéristiques permettant de comparer différentes représentations selon, par exemple, l'expertise acquise dans un domaine particulier.

I.3 L'EXPERTISE

“Never become so much of an expert that you stop gaining expertise. View life as a continuous learning experience.”

Denis Waitley³

³ Récupéré de : http://thinkexist.com/quotation/never_become_so_much_of_an_expert_that_you_stop/260621.html

La catégorisation des objets du monde apparaît dès le plus jeune âge et évolue avec le temps et les expériences de chacun. Se spécialiser dans un domaine peut modifier les catégories en place en termes d'organisation et nature de l'information. En effet, de nombreuses études ont montré des différences de catégories dans un domaine en fonction du niveau d'expertise des participants dans le domaine considéré (Adelson, 1984 ; Caillot, 1984 ; Chi, Feltovitch & Glaser, 1981 ; Hoc, 1983).

Nous allons, dans un premier temps, définir l'expertise, puis nous aborderons les caractéristiques particulières de l'individu dit *expert* afin d'étudier les conceptions que les individus experts ont dans un domaine spécifique, la nature de leurs connaissances et comment elles s'organisent. Enfin, nous présenterons l'existence de différents *types* d'expertise mise en évidence dans plusieurs recherches.

1.3.1 Définitions de l'expertise

Le terme d'expertise peut avoir différentes significations selon les points de vue. Comme l'explique Visser en 2006, il existe deux acceptions principales du terme *expertise*. La première, et la moins répandue, est de considérer un expert comme une personne excellent dans sa discipline. Il lui faudra dans ce cas beaucoup de pratique et/ou de connaissances théoriques avec en plus un *talent particulier* dans ce domaine. Chi (2006) nomme cette expertise comme étant *absolue*.

Dans notre recherche la notion sera appréhendée comme moins restrictive, au sens plus large. Plus précisément, un expert sera une personne qui a un savoir dans un domaine qui résulte d'un apprentissage soit pratique, c'est-à-dire basé sur l'expérience, soit théorique, c'est-à-dire basé sur une accumulation de connaissances scientifiques enseignées. Nous n'aborderons pas la notion de *talent particulier* qu'il est difficile d'appréhender. L'expertise

que nous envisageons ici est définie comme *relative* par Chi (2006) et est accessible à la majorité des individus moyennant de l'expérience et/ou un apprentissage.

L'expertise se développe grâce à une accumulation de pratique et/ou de théorie dans un domaine particulier et limité et permet à l'individu expert de faire preuve de compréhension et de compétences (Chi, 2006 ; Ericsson & Lehman, 1996 ; Ericsson & Smith, 1994). Elle est donc liée à l'âge de l'individu. Plus celui-ci sera âgé, plus il sera susceptible d'avoir une grande expertise. Les performances des experts sont considérées comme stables, non dues au hasard et ne demandent pas d'effort particulier lors de la réalisation d'une tâche.

A contrario, la personne novice (ou tout-venant) dans un domaine n'a jamais reçu d'enseignement spécifique autre qu'au cours de sa scolarité normale et n'a jamais exercé d'activité ou de métier en relation avec ce domaine. Elle n'a pas de savoir particulier, ni pratique, ni théorique dans ce domaine.

I.3.2 Les caractéristiques des experts

Plusieurs études comparatives entre experts et novices ont permis de déterminer les différences cognitives dans l'organisation et l'utilisation de ces connaissances entre ces deux populations (Caverni, 1988 ; Glaser, 1986 ; Glaser & Chi, 1988 ; Holyoak, 1991 ; Kolodner, 1983). Ces caractéristiques principales, reprises et synthétisées par Chi (2006) sont relatives au domaine particulier de l'expertise, à la mémoire et au nombre de connaissances, à l'organisation de ces connaissances et enfin à leurs qualités spécifiques (nature des connaissances).

I.3.2.1 Un domaine particulier de connaissances

Les précurseurs dans ces recherches estiment que pour être expert dans un domaine, il faut un temps considérable. Les études, se basant sur des paradigmes de mémorisation sur la base de stimuli perceptifs et menées sur les *maîtres* des échecs, concluent que 10 ans d'expérience, soit l'équivalent de 10000 à 20000 heures sont nécessaires à l'acquisition d'une expertise (Chase & Simon, 1973 ; De Groot, 1965). C'est pourquoi les experts n'ont souvent qu'un seul domaine d'expertise. Ils développent leurs compétences dans un domaine particulier et restreint. L'expertise ne peut pas être innée, elle n'est pas considérée comme un don, mais uniquement comme une accumulation d'expériences et/ou de connaissances. Elle ne peut être qu'acquise. Abernethy a montré en 1993 que le domaine d'expertise reste restreint et ne peut pas se généraliser à d'autres domaines. Seuls quelques domaines d'expertise seraient moins spécifiques comme les mathématiques et la physique par exemple. Cependant, hormis pour ces rares exceptions, les connaissances expertes ne sont pas transférables d'un domaine à l'autre car cela supposerait qu'elles soient indépendantes des stratégies cognitives qui leur correspondent (Ericsson & Lehman, 1996). Les stratégies cognitives particulières (mémorisation, capacité de représentation...) utilisées par l'individu dans un domaine particulier dans lequel il est expert, ne sont pas utilisables dans un domaine dans lequel il est novice.

Dans son domaine spécifique d'expertise, l'individu possède un nombre de connaissances supérieur aux novices et une organisation différente.

I.3.2.2 Mémoire et nombre de connaissances

Dans les études sur les capacités mnésiques des experts, deux interprétations de résultats se confrontent. Dès 1973, les résultats de Chase et Simon obtenus grâce à leur tâche sur l'expertise dans la pratique du jeu d'échec suggèrent une augmentation de la capacité de la mémoire à court terme due à la pratique intensive des échecs. Dans leur expérience, les

auteurs montraient pendant un temps très bref (5 secondes) un échiquier rempli de 25 pièces et demandaient ensuite aux participants, experts et novices, de reproduire de mémoire le placement des pièces sur un échiquier vide. Les experts avaient des performances plus rapides et plus correctes que les novices car pour enregistrer les informations relatives à la position des pièces, les experts utilisaient des regroupements perceptifs afin d'augmenter leur empan mnésique. Mais en 1991, Garland et Barry ont postulé que le regroupement opéré par ces experts était de nature conceptuelle et non perceptive car les informations seraient stockées de façon structurée et organisée en mémoire. Les experts aux échecs intégreraient alors les positions des pièces à la fois en mémoire à court terme mais également en mémoire à long terme (Charness, 1992). La position des pièces sur l'échiquier pourrait être associée à plusieurs catégories interconnectées en même temps, ce qui met en évidence le fait qu'il existe dans la mémoire des experts des relations entre différentes catégories (De Groot, 1965). L'expérience de Chase et Ericsson (1982) sur la mémorisation de séries de chiffres confirme que l'augmentation des capacités en mémoire de travail n'est pas due à une augmentation de la capacité mnésique, mais à une organisation hiérarchisée des connaissances permettant de regrouper les connaissances à mémoriser de façon stratégique, afin de réduire le coût cognitif. La mémoire à court terme et la mémoire à long terme contiendraient plus de connaissances chez les experts que chez les novices, ce que Bisseret confirme dès 1995 lors d'une étude auprès d'aiguilleurs du ciel et de novices. Ainsi, les performances des experts auraient pour origine la nature et la façon dont les informations sont stockées en mémoire à long terme plutôt que la quantité de ces informations (Ericsson & Charness, 1994).

I.3.2.3 Organisation des connaissances

Bien que les auteurs ont mis en évidence un nombre de connaissances élevé dans les domaines d'expertise (Chase & Simon, 1973 ; Ericsson & Smith, 1991 ; Hoffman, Coffey, Ford & Novak, 2006 ; Hoffman, Trafton & Roebber, 2006), l'organisation des connaissances en mémoire importe plus que leur nombre (Chi, Feltovich & Glaser, 1981 ; Glaser, 1986 ; Larkin, McDermott, Simon & Simon, 1980). Les experts ont des connaissances mieux structurées que les novices (Bédard & Chi, 1992 ; Murphy & Wright, 1984). Dans une tâche de catégorisation de troubles mentaux chez des enfants, les participants (psychologues cliniciens et étudiants en psychologie) devaient répertorier les troubles dans des catégories (dépressif, agressif, désorganisé). Les experts (les cliniciens) rapportaient plus d'informations que les novices (les étudiants) concernant une catégorie et les troubles répertoriés dans chacune des catégories ont montré un consensus plus important chez les psychologues que chez les étudiants. En effet, les experts hiérarchisaient davantage les informations du domaine d'expertise stockées en mémoire que les novices (Bower, Black & Turner, 1979 ; Chase & Ericsson, 1982 ; Chatard-Pannetier, Brauer, Chambres & Niedenthal, 2002). L'organisation des connaissances des experts était divisée en catégories différentes et plus nombreuses que celles des novices (Adelson, 1984 ; Caillot, 1984 ; Chatard-Pannetier, Brauer, Chambres & Niedenthal, 2002 ; Chi, Feltovich & Glaser, 1981 ; Hoc, 1983 ; Honeck, Firment & Case, 1987) ce qui permettait aux experts de prendre en compte un plus grand nombre d'informations relatives à un phénomène.

I.3.2.4 Qualité des représentations

Outre le nombre de connaissances dans le domaine d'expertise et l'organisation de ces connaissances, les représentations des connaissances sont également caractérisées « par des dimensions telles que *profonde* par rapport à *superficielle*, *abstraite* par rapport à *concrète*, la *fonction* par rapport à la *structure* » (Chi, 2006, p. 180).

La connaissance d'un domaine permet aux experts de distinguer majoritairement les éléments pertinents de ceux qui ne le sont pas (Chi, Feltovich & Glaser, 1981) là où les novices se perdent dans une multitude d'informations qui les amène à commettre des erreurs et ralentir leur raisonnement. Ainsi, l'expert accéderait d'emblée à une représentation *globale* du problème. Il aurait conscience des éléments non visibles, des interactions entre les éléments alors que les novices s'arrêteraient sur des traits de surface, plus accessibles mais pas forcément pertinents. Les experts ont donc des connaissances structurées de façon plus abstraite et globale en mémoire (Chi, Glaser & Rees, 1982 ; Feltovich, Spiro & Coulson, 1997 ; Glaser, 1987 ; Larkin, McDermott, Simon & Simon, 1980 ; Murphy & Wright, 1984). De plus, les différences de catégorisation des connaissances entre experts et novices, impliquent une différence au niveau de l'accès aux connaissances. En effet, l'expertise permettrait un accès plus rapide aux connaissances relatives au domaine d'expertise grâce à une hiérarchisation adéquate. Lors d'une résolution de problème, les novices se baseraient sur des traits perceptifs et se précipiteraient dans la résolution du problème dès l'énoncé, alors que les experts vont activer en mémoire de façon plus spontanée des blocs de connaissances (schémas) relatifs au problème posé (Bisseret, 1995). Cela permet à l'expert de trouver plus rapidement qu'un novice une solution à un problème. Housner, Gomez et Griffey (1993) ont également montré que les experts dans un domaine ont une structure de connaissances plus cohérente, et que cette cohérence augmente avec l'enseignement reçu. Les experts ont des représentations plus *profondes* et plus fines que les novices.

1.3.3 Les différents *types* d'expertise

De nombreuses recherches sur les différences experts/novices ont considéré l'expertise sur un continuum comprenant différents *niveaux* d'expertise (Chase & Simon, 1973 ; Chi, Glaser & Farr, 1988 ; Gentner, 1988 ; Voss & Post, 1988). Comme le font remarquer Visser et Falzon (1988, 1992), les comparaisons entre experts restent rares bien que les différents chercheurs dans le domaine de l'expertise commencent à parler dès la fin des années 80 de différences inter experts (Gentner, 1988 ; Voss & Post, 1988). Ainsi, trois types de variations ont été mis en évidence au sein de la catégorie des experts. Premièrement, plusieurs recherches montrent ainsi que l'expérience joue un rôle primordial dans le développement de l'expertise. Deuxièmement, une même information peut être traitée différemment par deux individus. L'interprétation de celle-ci est alors fonction des connaissances en mémoire et de leur organisation. Le troisième facteur important est le but visé par l'expert qui va diriger les stratégies d'organisation des connaissances. Visser et Falzon en 1992 ont mis en place une tâche de catégorisation afin d'étudier l'organisation et la nature des catégories d'experts en fonction de la nature de leurs apprentissages quand ils ont le même but. Ces auteurs comparaient deux experts, en fin de carrière professionnelle, ayant le même travail et le même objectif au sein de leur entreprise, mais différant sur l'expérience : le premier avait travaillé en atelier en début de carrière, le second en laboratoire. Un entretien individuel amène les deux experts à catégoriser des pièces d'usines. Les différences de catégorisation entre les deux participants sont expliquées par le fait que ces experts ont « des expertises de types différents » (p. 21) dans un même domaine. La fonction initiale de chacun d'entre eux dans l'entreprise (atelier ou laboratoire) représente des expériences différentes. Ainsi, des experts avec le même apprentissage et la même pratique mais une expérience différente, peuvent avoir chacun une organisation des connaissances différente et utiliser ces connaissances différemment.

En outre, les études de Dubois et ses collaborateurs (Dubois, Bourguine & Resche-Rigon, 1992 ; Langlois, Dacremont, Peyron, Valentin & Dubois, in press ; Morange, Dubois & Fontaine, 2010) ont insisté sur l'importance des différents types d'expertise et ont mis en évidence des différences cognitives diverses entre différents experts d'un même domaine. L'étude de 1992 portant sur différents experts du tournesol (agriculteurs, techniciens agricoles et un expert en pathologie végétale) a montré que les structures de connaissances selon les participants engendrent une différence dans l'interprétation des pathologies des tournesols. Les résultats ont aussi mis en évidence différents types de discours et de lexiques employés (« langage commun, terminologie scientifique ou discours savant » p. 28). Ces différents types d'expertise mis en évidence, les recherches comparatives entre experts se multiplient dans différents domaines.

A l'issue de cette partie I.3, nous retiendrons les spécificités cognitives des experts dans un domaine donné. Outre le manque de comparaison entre différents types d'experts d'un même domaine, nous avons vu néanmoins l'importance du nombre de connaissances en mémoire dans le domaine d'expertise, l'organisation spécifique de ces connaissances en de nombreuses catégories hiérarchisées permettant d'ordonner cette multitude de connaissances, et enfin, les caractéristiques qualitatives de cette organisation.

Nous allons nous intéresser dans la section suivante au domaine biologique. Après avoir défini l'étendue de ce domaine et ses caractéristiques spécifiques, nous ferons le point sur les nombreuses études relatives au développement des théories naïves biologiques chez l'enfant. Nous noterons les facteurs influençant la compréhension de la catégorie des végétaux mis en évidence grâce aux études de Medin et ses collaborateurs, puis nous verrons que les difficultés de catégorisation des végétaux chez le jeune enfant peuvent subsister chez l'adulte.

I.4 LE DOMAINE BIOLOGIQUE

*« La vie, ce concept mystérieux,
est ramenée à la présence d'ADN. Il n'y
a plus de frontière entre matière animée
et inanimée. Tout n'est qu'une question
de degré de complexité »*

Albert Jacquard⁴

⁴ Trouvé sur <http://www.dico-citations.com/la-vie-ce-concept-myst-rieux-est-ramen-e-la-pr-sence-d-adn-il-n-y-a-plus-de-fronti-re-entre-mat-jacquard-albert/>

Comme nous l'avons mentionné précédemment dans la partie I.1, il existe trois grands domaines de la cognition humaine : la physique, la psychologie et la biologie (Wellman & Gelman, 1998). Dans cette section, après avoir précisé les caractéristiques du vivant, nous allons spécifiquement nous intéresser à la biologie et à la construction de théories naïves relatives à ce domaine. Les objets de cette catégorie peuvent être envisagés comme des systèmes complexes car les êtres vivants (hommes, animaux et végétaux) présentent parfaitement les différentes caractéristiques des systèmes complexes que nous avons mentionnées plus haut. Nous allons particulièrement nous intéresser aux végétaux à travers le système complexe de la vigne.

I.4.1 L'étendue du vivant

Keil en 1994 définit sept caractéristiques spécifiques au domaine biologique et précise en cela l'étendue du vivant :

- Un objet vivant se reproduit à la fois au niveau de l'individu (transmission des gènes) et également afin d'assurer la survie de l'espèce à laquelle il appartient.
- Sa structure interne est complexe et adaptée pour permettre l'apparition des différents processus biologiques que nous développerons ci-dessous.
- Un objet vivant subit des transformations irréversibles comme la croissance ou encore la mort.
- Il a des propriétés intrinsèques stables qui ne sont pas liées à des forces extérieures.
- Il a des propriétés typiques qui témoignent d'une essence propre à sa catégorie d'appartenance.
- Ses organes fonctionnent ensemble et sont complémentaires afin de maintenir une homéostasie et de s'adapter à son environnement (dimension téléologique).
- Les propriétés biologiques permettent à cet objet vivant d'évoluer.

Pour résumer, selon Keil (1994), un objet du monde peut donc être considéré comme vivant s'il est soumis à des processus biologiques (croissance, reproduction, maladie/mort, respiration/nutrition), s'il a une structure permettant à ces processus de se manifester et enfin s'il évolue dans un environnement. Ces quatre processus sont essentiels au développement et à la survie de l'objet et toutes ses structures vont alors œuvrer dans ce but.

Selon Durand (2009), les systèmes vivants, tels que les végétaux, sont de « nature complexe avec une grande variété d'éléments d'essences différentes, un nombre encore plus important de relation de natures diverses qui les réunit et la formation à travers ces interactions de boucles d'échanges et de transformations variées » (p. 80).

I.4.2 Les végétaux

Afin d'étudier la catégorie du vivant dans sa globalité, depuis quelques années, une place particulière est faite aux végétaux. Ils sont des exemplaires atypiques de la catégorie du vivant comprenant par définition les animaux (dont les êtres humains), et les plantes.

I.4.2.1 Le statut particulier des végétaux

Carey (1985, 1987) a montré que tous les objets appartenant à la catégorie du vivant n'ont pas forcément le même statut pour les enfants avant l'âge de dix ans (*cf.* ci-dessous). Ces difficultés d'intégrer les végétaux dans la catégorie du vivant peuvent s'expliquer par un fonctionnement physiologique atypique des plantes, comme le fait que beaucoup de mécanismes biologiques ne puissent pas être observables directement (se reproduire, se nourrir...), ou encore par l'absence de mouvement visible (Labrell, Megalakaki, Caillies, Brulé & Fouquet, en préparation). Nguyen et Gelman (2002) identifient trois fonctionnements physiologiques propres aux plantes qui contrecarrent au processus typique de la mort chez les animaux :

- certaines espèces d'arbres peuvent vivre plusieurs centaines d'années,
- des herbes semblent revenir à la vie (malgré les coupes et les produits pour les tuer),
- fanées ou coupées, les plantes continuent parfois de vivre (taille, bouture)

De plus, Wolpert (1999), éminent professeur de biologie, a montré qu'à partir d'une cellule, les végétaux peuvent revenir à la vie et se développer.

En outre, au-delà du statut particulier des plantes, il faut prendre en considération la notion de typicalité au sein de la catégorie taxonomique des plantes (Labrell & Charlieux, 2009 ; Meunier et Cordier, 2004). En effet, Meunier et Cordier ont introduit dans leur matériel des exemplaires variés de plantes plus ou moins typiques, en se basant sur les travaux de Rosch (1976) qui indiquent que la catégorisation des objets s'opère plus rapidement lorsque les objets sont typiques. Ces auteurs ont montré grâce à une tâche de dénomination et de classement d'objets que les enfants construisent progressivement la catégorie des plantes de 5 à 11 ans et ce, en commençant par les exemplaires les plus typiques (comme les fleurs).

Après cette brève présentation du domaine biologique et des végétaux, nous allons définir, dans la section suivante, les quatre processus biologiques auxquels ils sont soumis, ainsi que l'étude de leur structure et nature que nous regrouperons sous le terme *anatomie* et enfin, nous verrons ce que nous considérons comme l'*environnement* d'un être vivant.

I.4.2.2 Anatomie, processus biologiques et environnement

Les processus biologiques décrits dans cette section sont indispensables au développement des végétaux et à leur survie. A travers l'exemple du système de la vigne, nous allons voir l'importance de ces processus ainsi que l'environnement dans lequel se développe ce végétal.

I.4.2.2.1 *L'anatomie*

Nous considérons ici, sous le terme *anatomie* la connaissance des structures (internes et externes) spécifiques des organismes. Cette connaissance des structures a permis la classification du domaine biologique (espèce, famille...). Cette catégorie est purement descriptive et ne prend en considération aucun fonctionnement de l'objet vivant. Elle repose sur une connaissance générale d'une entité vivante qui permet de la catégoriser dans le domaine biologique. Avoir de bonnes connaissances dans ce domaine signifie comprendre et connaître les différents niveaux d'organisation des structures et comprendre les relations qu'ils entretiennent. Ainsi, les connaissances sur la vigne permettent de la catégoriser dans la famille des *vitaceae*, du genre *vitis* et ainsi de la définir par rapport aux propriétés communes et différentes avec les autres végétaux. A l'instar de nombreux végétaux, les vignes sont des lianes qui ont besoin de support afin de se développer pleinement.

I.4.2.2.2 *La croissance*

La croissance est un processus inhérent à tout être biologique. Elle est définie comme « l'accroissement progressif d'une unité biologique (ou liée à des phénomènes biologiques), se poursuivant sans perte d'individualité ni interruption de l'activité fonctionnelle » (Mayrat, Rollin & Kahn, 1990, p. 1). Chaque entité biologique subit au cours de sa vie des changements irréversibles quantitatifs (augmentation de taille, de poids). Ces changements sont également qualitatifs : la division cellulaire qui est à la base de ce processus, permet à l'objet d'avoir des organes spécialisés. Plus ou moins visible selon l'objet, la croissance s'inscrit dans le temps. La vigne peut grandir, gagner de la hauteur grâce aux rôles joués par chaque structure du système. Par exemple, pour permettre une bonne croissance, il faut, entre autre, que les racines absorbent les éléments nutritifs indispensables, que la sève amène aux branches ces nutriments ou encore que les feuilles puissent capter l'énergie du soleil. Néanmoins, malgré ces différents changements physiques, l'objet ne perd pas les propriétés

intrinsèques qui le définissent, c'est-à-dire même si son apparence physique change considérablement, après les transformations, la vigne sera toujours une vigne.

I.4.2.2.3 La reproduction

Ce processus biologique représente la capacité à engendrer des entités nouvelles qui pourront par la suite se reproduire à leur tour. Que la reproduction soit sexuée ou asexuée, elle garantit la transmission des gènes et contribue à faire perdurer l'espèce. Cependant, la reproduction de la vigne est principalement végétative. Elle est non sexuée et s'opère essentiellement avec l'intervention de l'homme par le biais de bouturage, greffage ou encore marcottage. Afin de faire face à la menace du phylloxéra et de choisir le cépage adéquat à la terre et au souhait du viticulteur, la vigne, cultivée pour son raisin, est à l'heure actuelle multipliée par un pépiniériste viticole qui revend par la suite les jeunes plants aux viticulteurs.

I.4.2.2.4 La nutrition et la respiration

La respiration concerne tous les échanges permanents gazeux (oxygène, dioxyde de carbone...) entre l'entité biologique et son environnement, qui seul peut prodiguer les éléments nécessaires à l'objet. De même, la nutrition représente tous les apports de matière (eau, minéraux...) dont l'objet a besoin pour se développer. Ces différents échanges, apports et rejets, sont essentiels à la survie et à l'épanouissement de l'objet vivant. Dans le cas de la vigne, les besoins de celle-ci sont nombreux et divers : matières organiques (animale ou végétale), éléments minéraux (potasse, calcium, fer, cuivre...), gaz (dioxyde de carbone, oxygène), énergie (chaleur).

I.4.2.2.5 La maladie, la guérison et la mort

La maladie consiste en une altération néfaste que peut subir un objet vivant en réaction à un agent pathogène (virus, champignons, bactérie...) ou à une action, volontaire ou non, de

la part d'une autre entité vivante (arrachage de branche, piétinement du végétal...). L'objet s'affaiblit et doit réagir afin de résister face à la maladie. Ses organes et ses fonctions peuvent se dégrader. Lorsque l'objet parvient à combattre la maladie, il guérit et peut poursuivre son développement. De même la mort, qui est inévitable pour tout être vivant, peut être la conséquence de causes diverses. Tout d'abord, de façon naturelle, l'objet a une durée de vie limitée, inscrite dans ses gènes qui peut être modulée par la qualité de son environnement (apports suffisants). De plus, la maladie peut conduire à la mort lorsque l'entité ne parvient pas à se défendre face à la pathologie dont elle est atteinte.

Comme nous venons de le mentionner, le processus de guérison étant consécutif à une maladie ou à une détérioration du végétal, dans la suite de ce manuscrit nous dénommerons cette catégorie sous le terme de « maladie/mort ».

I.4.2.2.6 L'environnement

L'environnement d'un objet vivant ne désigne pas un processus biologique, mais « l'ensemble des éléments n'appartenant pas au système lui-même dont l'état est susceptible d'affecter (ou d'être affecté par) le système » (Le Moigne, 1974, p. 31). Il représente donc les conditions dans lesquelles l'organisme vivant évolue : les agressions extérieures auxquelles il est confronté, les apports vitaux (le gaz, sels minéraux), les intervention d'autres organismes vivants (virus, bactéries, homme...). Cette notion d'environnement est très large et primordiale à la vie de l'objet. L'environnement conditionne la qualité de vie de la vigne et peut affecter chacun des quatre processus biologiques mentionnés ci-dessus selon la quantité et la qualité des apports qu'il fournit au végétal.

I.4.3 Les théories naïves biologiques

Si l'on veut comprendre l'organisation des représentations biologiques des adultes, il faut comprendre comment se forment les connaissances sur le domaine biologique. C'est pourquoi nous allons dans un premier temps décrire des travaux relatifs à l'acquisition des connaissances dans le domaine biologique, principalement chez les enfants, et ensuite nous intéresser aux théories naïves biologiques des végétaux.

I.4.3.1 Développement des théories naïves biologiques

I.4.3.1.1 *Des études princeps aux débats actuels*

Dans ses travaux, Piaget (1929) atteste que l'enfant est animiste et athéorique, c'est-à-dire que l'enfant ne base pas son raisonnement sur une théorie. Piaget s'est intéressé à la distinction biologique/artéfact opérée par les enfants dans le cadre de l'égoцентризм de la pensée enfantine. Il définit l'enfant comme étant animiste, car celui-ci considère que tout ce qui bouge est vivant (avion, nuage, *etc.*) et est doué d'intentions (Piaget, 1976). L'animisme serait un système provisoire de croyances erronées du monde, une forme primitive de causalité. Dans le stade préopératoire, il définit quatre sous stades de la compréhension du concept du vivant : à 6/7 ans l'enfant assimile la vie à l'activité, l'utilité et à la fonctionnalité de l'objet. Vers 7/8 ans, la vie est assimilée aux mouvements spontanés et provoqués. Vers 8/9 ans, la vie est alors assimilée aux mouvements propres, et c'est enfin vers 11/12 ans que l'enfant assimile la vie aux animaux et aux plantes. Ainsi Piaget montre l'absence de critères chez l'enfant permettant la distinction entre les corps vivants et les corps inertes. L'enfant a dans un système provisoire de croyances erronées du monde, une forme primitive de causalité, basée initialement sur le mouvement. Dans les quatre sous stades de la compréhension du vivant de 6 à 12 ans définis par Piaget, le mouvement et les processus

propres aux objets vivants semblent jouer un rôle important dans la distinction vivant/non vivant.

Actuellement, les études sur la distinction animé/inanimé, font état de compétences plus précoces. Poulin-Dubois (1999) a montré que dès neuf mois les enfants ont une réaction de surprise devant un objet inanimé qui réalise une action de façon autonome. Cette notion de mouvement dans la catégorisation du domaine biologique va permettre très tôt à l'enfant de distinguer le vivant du non vivant. Cependant, cette propriété est à la source de bien des erreurs dans la catégorisation des enfants. En effet, les résultats de l'étude de Massey et Gelman (1988) montrent qu'à partir de trois ans, les enfants peuvent prédire dans 78 % des cas si un objet vivant ou non vivant est capable d'un mouvement autonome. A quatre ans, cette prédiction s'élève à 90 %. Richards et Siegler (1986) ont montré que le mouvement est une propriété biologique caractéristique du vivant. Les enfants se basent sur le mouvement des objets pour considérer ces derniers comme vivants ou non vivants, ce qui exclut les végétaux. Ce n'est qu'à partir de 8 ans que le statut de vivant est attribué à la fois aux animaux et aux plantes.

Des études distinguent deux types de traits attribuables aux objets biologiques : les traits *déterminants*, comme le fait de naître, de se reproduire ou de manger, et les traits *caractéristiques*, plus explicites que les précédents, comme le fait de faire du bruit ou d'être en mouvement (Keil & Batterman, 1984 ; Richards & Siegler, 1986). Il a été mis en évidence que les jeunes enfants considéraient les objets comme étant vivants ou non vivants à l'aide de traits caractéristiques alors que les enfants les plus âgés ainsi que les adultes utilisent des traits déterminants essentiels pour distinguer les objets vivants des objets non vivants.

De nombreuses années après les recherches de Piaget, Carey (1985) fut une des premières à s'intéresser aux théories naïves biologiques. Elle s'oppose aux interprétations de Piaget et suggère que l'enfant n'est pas athéorique, mais qu'au contraire, celui-ci fournit des

raisonnements basés sur des théories spécifiques au vivant. En effet, lors d'une réflexion de sa propre fille sur le processus biologique relatif à la croissance, Carey l'incite à expliciter son raisonnement afin de comprendre pourquoi celle-ci s'est trompée. Sa fille, Eliza, âgée de quatre ans regardait *Le Magicien d'Oz* et s'étonnait que des adultes, joués par des personnes de petites tailles, soient plus petits que la jeune fille. Eliza expliqua ce phénomène par le fait que ces adultes n'ont pas eu de gâteau d'anniversaire, car selon elle, les individus ne vieillissent pas de façon continue, mais vieillissent d'un an à chaque anniversaire. De plus, les adultes disent souvent aux enfants que pour grandir il faut manger. Eliza a donc tenu un raisonnement logique basé sur une ou des théories : on vieillit à chaque anniversaire, manger fait grandir et à chaque anniversaire, on mange un gâteau d'anniversaire. Ainsi, selon la logique d'Eliza, si un adulte est de petite taille, c'est qu'il n'a pas eu de gâteau d'anniversaire. Les enfants font donc appel à leurs théories naïves pour prédire un événement ou dans le cas de sa fille pour déterminer les causes d'un événement. Cependant, comme ces théories naïves peuvent être fausses d'un point de vue scientifique, les prédictions qui en découlent peuvent se révéler erronées. Selon Carey, l'enfant n'est donc pas athéorique mais se base sur des théories parfois fausses. L'erreur méthodologique de Piaget vient du fait que le mot « vivant » n'a pas le même sens chez le jeune enfant que chez l'adulte. Pour les jeunes enfants, le terme « vivant » est grandement associé au fait de pouvoir « bouger » et « être bougé » alors que chez les adultes, la signification repose davantage sur des processus biologiques tel que la croissance, la nutrition, la respiration. Les adultes ont une théorie intuitive du vivant qui ne correspond pas aux théories naïves biologiques des enfants de moins de 10 ans. Selon Carey (1985), vers 10 ans les enfants regroupent les animaux et les plantes dans une seule catégorie. Elle fait l'hypothèse qu'avant cet âge, il y a une dépendance du domaine biologique par rapport au domaine psychologique. Les enfants auraient une conception du monde anthropocentrique, c'est-à-dire qu'ils considéreraient les entités étant vivantes en fonction de

leur degré de ressemblance avec les humains. Ils s'appuieraient sur la distance phylogénétique avec les humains pour former la catégorie du vivant. Selon Carey, les enfants n'ont pas encore de théories naïves spécifiques au domaine biologique mais une biologie populaire qui se développe à partir des théories naïves psychologiques. Hatano, Inagaki et leur collègue (Hatano & Inagaki, 1997 ; Inagaki & Hatano, 1993 ; Inagaki & Sugiyama, 1988) soutiennent également que la personnification (psychologique et physique) est un aspect central dans l'explication du domaine biologique bien qu'ils mettent en évidence le fait que certaines propriétés biologiques (sommeil, croissance...) ne donnent pas lieu à des explications relatives au domaine biologique (Inagaki & Hatano, 1987, 1993). Cependant, de nombreux auteurs ont montré que le domaine biologique était autonome du domaine psychologique avant l'âge de 10 ans (Coley, 1994 ; Keil, 1994 ; Spelke, 1994). Coley (1994) a demandé à des enfants de six et huit ans et à des adultes d'attribuer des propriétés biologiques (*avoir du sang* par exemple) et des propriétés psychologiques (comme *penser*) à des animaux sauvages ou domestiques représentés sur des photos. Les résultats mettent en lumière des connaissances sur les phénomènes biologiques plus importantes que ne le laisse penser Carey. De plus, la différence d'attribution entre les propriétés biologiques et psychologiques suggère que les théories biologiques sont indépendantes des théories psychologiques et ce, dès l'âge de six ans.

Cependant, les premières études sur l'acquisition des théories naïves biologiques s'effectuèrent principalement avec des populations issues de sociétés occidentales (Amérique du nord), ce qui relativise l'aspect universel de cette acquisition. Comme nous allons le voir dans la partie suivante, des études interculturelles ont montré que le développement des théories naïves biologiques peut être influencé par différentes variables.

I.4.3.1.2 L'importance de l'expérience et de la culture

Afin de tester la généralité des résultats de Carey (1985), de nombreux chercheurs ont répliqué ses études en prenant en considération des variables supplémentaires (culture, lieu de vie...) ou des procédures différentes. Selon Ross, Medin, Coley et Atran (2003) et Medin et Atran (2004), le fait que l'homme soit considéré comme l'élément de comparaison dans le domaine biologique peut être dû à un manque de connaissance sur les êtres vivants par les participants vivant en milieu citadin dans des sociétés industrialisées. Lors d'une étude sur des enfants vivant à Tokyo, Inagaki et Hatano (2002 ; Inagaki, 1990) ont montré que les enfants habitant en zone fortement industrialisée, font des attributions de propriétés biologiques aux poissons rouges s'ils ont eu l'occasion d'en élever chez eux. Au contraire, les enfants n'ayant pas eu de poissons ont comme unique modèle de référence l'espèce humaine. Les références biologiques prises en compte par les enfants lors d'attributions de propriétés biologiques dépendraient essentiellement des relations qu'ils entretiennent avec les entités biologiques. Ainsi, l'expérience avec des entités vivantes autres que l'homme pourrait nuancer l'anthropomorphisme démontré par Carey.

Dès lors, beaucoup de recherches ont comparé des enfants issus à la fois de milieux différents, entraînant des contacts différents avec la nature et des enfants appartenant à des cultures différentes. Les résultats sur l'expérience (Inagaki & Hatano, 2002) où des enfants élèvent des poissons rouges ont encouragé des études comparant des enfants vivant en zones urbaines industrialisées et avec peu de contact avec la nature et des enfants vivants en zone rurale où le contact avec des espèces vivantes variées est régulier (Anggoro, Waxman & Medin, 2005 ; Atran, Medin, Lynch, Vapnarsky, Ucan Ek & Sousa, 2001 ; Medin & Atran, 1999, 2004 ; Medin, Waxman, Woodring & Washinawatok, 2010 ; Proffitt, Coley & Medin, 2000 ; Ross, Medin, Coley & Atran, 2003 ; Tarlowski, 2006 ; Waxman, Medin & Ross, 2007). En outre, dans ces études, Medin et ses collaborateurs ont fait varier la culture des

participants. Les enfants étaient des Américains issus de familles immigrantes d'Europe ou des américains natifs, c'est-à-dire des Menominee. Les natifs américains ont une culture plus tournée vers le monde naturel biologique que les enfants d'immigrants. Les résultats de ces études remettent définitivement en cause l'universalité de l'anthropocentrisme dans le développement du domaine conceptuel biologique. En effet, ils montrent que dès cinq ans, les enfants, même ruraux, ne prennent pas l'homme comme base de raisonnement.

Très jeunes, les enfants sont déjà empreints de la culture dans laquelle ils vivent. Tarlowski (2006) a montré, outre les effets de l'expérience avec la nature, le rôle de la transmission culturelle des parents aux enfants de quatre ans sur leur raisonnement relatif aux propriétés biologiques. Ainsi, des enfants issus de parents experts dans le domaine du vivant font plus d'inférences de propriétés biologiques correctes que ne le font des enfants issus de parents non experts en biologie. En outre, la récente étude de Leddon, Waxman et Medin (in press) montre que la compréhension du domaine biologique dépend de nombreuses variables environnementales dont la langue dans laquelle l'enfant est élevé. Selon la langue native de l'enfant, les différences culturelles sont nombreuses et ne font pas intervenir le lexique de la même façon dans la dénomination « vivant » et « mourir ».

Les difficultés de catégorisation des végétaux par les enfants se retrouvent dans les résultats d'études récentes ayant montré que même chez les adultes, la catégorie des végétaux ne semble pas équivalente aux autres catégories du vivant.

I.4.3.2 Les théories naïves biologiques et les végétaux

Comme nous venons de le voir dans la précédente section, si la catégorisation des hommes dans la catégorie du vivant semble assez précoce, l'acceptation des végétaux au sein de cette catégorie est plus tardive. Les résultats que nous allons évoquer ici mettent en

évidence une empreinte de ces difficultés enfantines chez l'adulte et un système explicatif différent pour les végétaux par rapport à celui utilisé pour les animaux.

A l'âge adulte, les individus classent les végétaux dans la catégorie du vivant. Carey (1985) estime que le passage des théories biologiques populaires rattachées au domaine psychologique aux théories biologiques spécifiques au domaine biologique est un changement conceptuel rapide et radical. Dans ce cas, les théories biologiques des adultes ne devraient plus être en lien avec les théories erronées des enfants. Afin de comparer les structures conceptuelles dans ce domaine entre l'enfant et l'adulte, Goldberg et Thompson-Schill (2009) ont réalisé une étude sur deux populations adultes : des étudiants en psychologie et des professeurs de biologie. Ces auteurs soutiennent l'idée que les théories adultes gardent des traces des anciennes théories enfantines. Lors d'une tâche de classification rapide de mots désignant des animaux, des végétaux et des objets non vivants, les participants devaient, en appuyant sur des touches de clavier, indiquer si le mot présenté (durant 1000 ms) désignait un objet vivant ou un objet non vivant. Les étudiants, de jeunes adultes de 18 à 22 ans, ont montré des difficultés de catégorisation pour les mots désignant les végétaux. Afin de savoir si cette difficulté est due à un manque de connaissances spécifiques au domaine biologique ou à des résidus du développement des théories naïves, les auteurs ont répliqué l'expérience avec, cette fois, des professeurs de biologie et ont obtenu, à moindre échelle, des résultats similaires. Malgré leur formation approfondie, les biologistes ont éprouvé des difficultés de catégorisation relative aux items qui posent problème aux jeunes enfants. Ainsi, il semblerait que les structures conceptuelles adultes gardent des traces des premières théories enfantines. Cette étude va à l'encontre d'un changement conceptuel radical et les résultats soutiennent plutôt l'idée que les anciennes connaissances ne sont pas totalement remplacées ou écrasées par les nouvelles connaissances.

De plus, l'étude de Bedoin et Vulliez (2009) propose une interprétation différente quant aux difficultés de catégorisation des végétaux dans le domaine du vivant. Elles valident leur hypothèse selon laquelle les explications causales des adultes sur les attributs et fonctions des végétaux seraient plus proches des explications typiques attribuées aux artefacts qu'à celles utilisées pour les animaux. Elles distinguent la téléologie *self-serving*, soit des explications causales propres aux objets vivants découlant de la théorie de Darwin, et la téléologie *social-serving* destinée aux artefacts où les bénéfices produits par l'objet servent une autre espèce. Il s'avère que les adultes fournissent des explications dites *social-serving* pour expliquer les attributs des végétaux, ce qui montre que les adultes n'appliquent pas le système explicatif du vivant à la catégorie des végétaux. Cette absence de généralisation du système explicatif aux végétaux indique que les individus, même à l'âge adulte, ne considèrent pas les attributs et les fonctions d'une entité de la même façon selon sa catégorie d'appartenance.

Au vu des nombreuses études réalisées sur les théories naïves biologiques des individus et de leurs résultats, nous pouvons considérer qu'avoir une compréhension globale des systèmes vivants est difficile, d'autant plus lorsqu'une catégorie de ce domaine, les végétaux, possède des particularités qu'elle ne partage pas forcément avec les autres catégories du vivant. De plus, cette compréhension est soumise à de nombreux facteurs environnementaux comme l'expérience des individus avec les entités vivantes, l'expertise qu'ils acquièrent dans ce domaine ou encore la transmission culturelle.

I.5 PROBLEMATIQUE

« If the difference in representation (reflecting the organization of knowledge and not just the extent of knowledge) is one key to understanding the nature of expertise, then in what ways do the representations of experts and novices differ? »

Chi (p.178)⁵

⁵ Chi, M. T. H. (2006). Laboratory methods for assessing experts' and novices' knowledge. In K. Ericsson, N. Charness, P. Feltovich, & R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge Handbook of expertise and expert performance* (pp. 167-184). Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Notre revue de questions a montré que l'étude de la construction des connaissances chez les individus reste à l'heure actuelle très développée à la fois en psychologie du développement, mais aussi en psychologie cognitive. Il nous semblait indispensable, avant d'étudier les représentations mentales d'individus novices et experts, de faire un état des lieux sur l'acquisition des connaissances. La partie I.1 a ainsi fait état des théories dominantes relatives au développement spontané des théories naïves, c'est à dire lorsque l'individu ne reçoit aucun enseignement spécifique dans le domaine concerné (Carey, 1985, 1991 ; Piaget, 1926). Toutefois, les représentations construites par l'individu naïf sont soumises à l'expérience de celui-ci avec le monde qui l'entoure, et surtout à l'enseignement reçu dans un domaine donné. La théorie des modèles mentaux de Johnson-Laird (1983) a pour but d'expliquer à partir de quels processus les représentations se construisent et comment elles évoluent grâce à des ajustements quotidiens en fonction de ce que l'individu comprend de la réalité. Mais comme l'ont démontré Chi, Feltovich et Glaser (1981) grâce à une tâche de catégorisation de problèmes physiques avec de jeunes étudiants en physique (les novices) et des doctorants dans cette même discipline, l'expertise acquise par l'enseignement scientifique engendre des modifications au niveau de la nature des connaissances et au niveau de la structure de ces connaissances. La variable de l'expertise, maintes fois abordée dans la littérature sur l'évolution des représentations mentales (Carey, 1991, 2009 ; Posner et al., 1982), est donc au centre de notre problématique.

Dans cette recherche, nous nous sommes intéressés à l'organisation des connaissances au sein de différentes expertises dans le domaine de la biologie végétale, domaine peu étudié jusqu'alors chez l'adulte (Bedoin & Vulliez, 2009 ; Goldberg & Thompson-Schill, 2009) et dont la compréhension reste très difficile dans l'enfance. Nous avons choisi d'étudier comment les individus se représentent le système de la vigne selon leur expertise. « Les systèmes biologiques peuvent être caractérisés par leurs structures, leurs comportements et

leurs fonctions » (Chi, 2006, p. 178), c'est pourquoi, nous avons considéré ce végétal d'un point de vue systémique. En effet, la vigne dans son environnement peut être considérée comme un système complexe. Comme toute entité vivante, elle est constituée de nombreux éléments qui sont en interaction et qui œuvrent dans le même but (production, homéostasie...).

Comprendre un système complexe dans son intégralité, c'est-à-dire, avoir connaissance de ses structures, de ses fonctions, de ses finalités et des relations causales au sein du système n'est pas chose aisée. Des recherches en sciences de l'éducation (Driver, 1983 ; Driver & Easley, 1978 ; Goel et al., 2010 ; Hmelo-Silver, Marathe & Liu, 2007 ; Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004) ont montré que la compréhension optimale des systèmes complexes nécessite un apprentissage important de la part des individus. Pour comprendre chacune des propriétés biologiques, l'individu doit connaître les structures du système qui permettent aux processus d'avoir lieu, les fonctions de chacune de ces structures au sein du système et également la finalité de ces processus (comportements). Les relations autres que linéaires au sein d'un système, entre le système et son environnement (Grotzer & Basca, 2003) et les éléments non visibles restent des caractéristiques peu prises en considération par les apprenants. Ces études font état que la compréhension des novices d'un système complexe se limite souvent aux structures visibles du système et ne prend pas en considération les aspects fonctionnels et comportementaux relatifs aux systèmes. Ainsi, les novices auraient des représentations peu profondes alors que des experts auraient une compréhension plus sophistiquée où figureraient à la fois les comportements du système, mais aussi les fonctions. Le modèle de codage SFC (Structures, Fonctions, Comportements) de Goel, Gomez de Silva Garza, Grué, Murdock, Recker et Govindaraj (1996) nous permettra d'avoir un accès aux représentations mentales des participants selon le modèle de la triangulation systémique de Le Moigne (2006).

Nous avons donc pris en considération trois groupes de participants n'ayant pas les mêmes expertises (Dubois, Bourguine & Resche-Rigon, 1992 ; Visser & Falzon, 1992) :

- Des adultes tout-venant n'ayant pas de relation directe avec la biologie végétale. Ils n'ont ni apprentissage, ni connaissances spécifiques dans ce domaine. En Champagne-Ardenne, cette population peut être plus sensibilisée aux répercussions économiques et consommer plus de produits finis de la vigne que des individus issus de régions non viticoles. Cependant, au regard des deux groupes d'experts (ci-dessous), nous les avons considérés comme novices.
- Des viticulteurs et/ou vigneron ayant de l'expertise dans le domaine viticole. Ils ont généralement une formation pratique (sur le terrain) transmise par leurs pairs et parfois, selon les individus, une formation de deux ans où l'apprentissage dispensé comporte à la fois des aspects théoriques et des aspects pratiques. Ils travaillent la vigne à l'année, s'occupent, seuls ou avec des employés, de chaque étape de la viticulture. Ils ont une finalité économique puisqu'ils vivent de la vente des produits finis (vins, champagne, ratafia...).
- Des biologistes experts dans le domaine de la biologie végétale. Ils ont reçu au minimum une formation universitaire de quatre ans en biologie végétale, ou en biologie avec option « biologie végétale ». Leur formation était essentiellement basée sur l'acquisition de connaissances théoriques, scientifiques. Durant leurs années d'études, ils ont pu être amenés à observer et à manipuler directement des végétaux.

Pour étudier la représentation de la vigne de la façon la plus complète possible. Nous nous sommes donc intéressés aux connaissances « cristallisées » (ou statiques) que les individus possèdent en mémoire, de même qu'aux connaissances activées par des questions contextuelles. Nous avons ainsi appréhendé d'une part, les connaissances statiques relatives à

la biologie végétale générale et aussi spécifiques à la vigne, lors d'un questionnaire de connaissances. D'autre part, nous avons étudié quels types de connaissances pouvaient être activées lors de l'évocation de problèmes relatifs à la viticulture. Notre hypothèse générale est que les différents groupes de participants auront un nombre de connaissances statiques différent selon les expertises, mais surtout des réponses cohérentes entre les connaissances activées en contexte et les inférences produites suite à l'évocation d'un problème donné, car dépendante d'une organisation en mémoire.

Un premier questionnaire à choix multiples portant sur la biologie végétale nous a permis de quantifier des connaissances statiques des participants et également d'observer l'effet de saillance des informations relatives aux végétaux grâce à la mise en place de différentes catégories structurant ce questionnaire.

Cependant, comme le montrent de nombreuses recherches, bien que le nombre de connaissances dans un domaine soit en lien avec l'expertise, cette augmentation de connaissances n'est pas la caractéristique principale de l'expertise (Berliner, 1987 ; Chase & Simon, 1973 ; Chi, Feltovich & Glaser, 1981 ; Glaser, 1986 ; Larkin, McDermott, Simon & Simon, 1980). C'est pourquoi dans une deuxième tâche, nous avons amené les participants à parler des différentes catégories (nutrition/respiration, maladie/mort, reproduction, croissance et environnement). Nous ne nous sommes plus intéressés au nombre de réponses correctes, mais aux connaissances contextualisées dans un questionnaire de biologie, exprimées par les participants en termes de nombre d'éléments relatifs à des pôles systémiques. En effet, une méthode de codage originale, proposée par Goel et al. (1996), nous a permis d'accéder à la nature et à l'organisation des représentations mentales des individus en termes de pôles systémiques.

Enfin, afin d'étudier comment les différents participants produisent des inférences sur les conséquences possibles de différents facteurs affectant la vigne, la dernière tâche

(développée dans le chapitre III), est basée sur quatre problèmes. Cette tâche visait à confirmer les représentations mentales des participants selon le modèle de triangulation systémique lors de productions d'inférences libres, en d'autres termes lorsque que l'individu doit inférer des conséquences possibles suite à une question ouverte. De plus, en mettant des propositions scientifiques à disposition des participants, c'est-à-dire des propositions qui pourraient combler un manque de connaissances de la part d'individus, nous voulions vérifier que ces participants gardent le même profil de réponses en termes de « fonctions » et de « comportements ». Dans ce cas, nous pourrions conclure que les réponses des participants au questionnaire SFC ne dépendent pas uniquement du nombre de connaissances en mémoire, mais bien de l'organisation de leurs représentations mentales.

Nous supposons que ces trois groupes de participants diffèrent par le nombre de connaissances qu'ils possèdent en mémoire, mais aussi par les représentations mentales qu'ils ont du système de la vigne, et donc de par l'organisation de ces connaissances en mémoire, appréhendées en contexte. De plus, deux analyses du discours vont permettre d'obtenir des informations relatives à la qualité des présentations (profondes *vs.* superficielles, abstraites *vs.* concrètes).

CHAPITRE II : CONNAISSANCES STATIQUES ET TRIANGULATION SYSTEMIQUE

II.1 OBJECTIFS ET PROBLEMATIQUE GENERALE

Cette première partie expérimentale comporte trois objectifs principaux. Le premier est de nous assurer que selon le type d'expertise, les connaissances statiques que les individus ont en mémoire diffèrent tant quantitativement que qualitativement. A cette fin, nous avons construit un questionnaire de connaissances générales relatif à la biologie végétale. Le deuxième objectif est d'étudier comment les individus se représentent la vigne dans un écosystème selon le modèle de triangulation systémique développé par Le Moigne (2006). Enfin, le troisième objectif est de montrer que les représentations mentales de la vigne que construisent les participants ont un lien avec le nombre de connaissances statiques en biologie végétale qu'ils possèdent.

Très tôt dans le développement, tout individu catégorise le monde afin de le comprendre et de l'appréhender (Carey, 1985, 1991, 2009 ; Piaget, 1926). Ces catégorisations conduisent les individus à élaborer des théories naïves. Celles-ci sont construites de façon intuitive en fonction de l'expérience de l'individu et avant l'acquisition de connaissances scientifiques spécifiques à un domaine particulier. Ces théories naïves servent de base de raisonnement sur les événements du monde (Johnson-Laird, 1983 ; Johnson-Laird & Byrne, 1991). Cependant, le mode de construction de ces premières explications du fonctionnement du monde ne correspond pas pour autant à la façon dont un expert, dans un domaine particulier, construit ses connaissances hautement élaborées. En effet, les études sur les individus experts dans un domaine ont montré que l'expertise acquise, qu'elle soit scientifique et/ou pratique, permet d'augmenter et de structurer différemment les connaissances du domaine d'expertise par rapport à un individu non expert (Adelson, 1984 ; Chi, Feltovich & Glaser, 1981) même si les théories primitives ne sont pas totalement écrasées (Bedoin & Vulliez, 2009 ; Goldberg & Thompson-Schill, 2009).

Enfin, nous avons observé dans la littérature que la compréhension du domaine du vivant est complexe et que les théories sur la construction des connaissances initiales dans ce domaine ne font pas consensus. La compréhension de ce domaine particulier, qui fut l'objet de nombreuses études, est complexe et s'opère en plusieurs étapes successives tout au long du développement de l'enfant (Carey, 1985, Piaget, 1926). Les systèmes vivants relèvent d'un haut niveau de complexité (Le Moigne, 1974, 2006 ; Durand, 2009) et la compréhension de leur fonctionnement global nécessite une approche particulière pour l'individu souhaitant avoir une représentation complète du système (Le Moigne, 1974, 2006 ; Simon, 1964).

Comme nous l'avons précédemment mentionné, nous allons nous intéresser à trois populations se caractérisant par des niveaux d'expertise différents : des tout-venant, des viticulteurs et/ou vigneron et des biologistes. Le premier questionnaire permettra d'une part de confirmer les différences quantitatives entre les connaissances des trois groupes de participants. D'autre part, il permettra de mettre en évidence des différences qualitatives entre les groupes. Dans un second temps, un questionnaire « SFC » (Structure, Fonction, Comportement) permettra aux participants de parler du système complexe de la vigne grâce à des questions ouvertes les incitant à baser leurs réponses sur les structures du système, ses fonctions et ses comportements. Nous reprendrons la méthode de codage SBF (Structure, Behavior Function) proposée par Goel, Gomez de Silva Garza, Grué, Murdock, Recker et Govinderaj (1996). Cette méthode nous permettra de quantifier le nombre d'éléments relevant des trois pôles de la triangulation systémique (le pôle structurel, le pôle fonctionnel et le pôle comportemental) de Le Moigne (2006) et ainsi de modéliser la représentation mentale en termes de triangulation systémique pour chacun des groupes de participants. Enfin, nous rechercherons un lien entre le nombre de connaissances en mémoire (questionnaire sur la biologie végétale) et la représentation de la vigne des participants (questionnaire SFC).

En résumé, l'objectif de cette première partie expérimentale est de fournir des éléments de réponse à la question : l'expertise et la nature de l'acquisition de celle-ci ont-elles une influence sur la quantité et la qualité des connaissances en mémoire et sur les représentations mentales d'un système dans le domaine biologique ?

II.2 CONNAISSANCES STATIQUES DES INDIVIDUS DANS LE DOMAINE VEGETAL

II.2.1 Problématique et hypothèses générales

Le questionnaire de connaissances générales va nous permettre de répondre à la problématique suivante : l'expertise et la nature de l'acquisition de celle-ci dans le domaine végétal influencent-elles le nombre de connaissances des individus dans ce même domaine ?

Ces connaissances sont dites statiques ou cristallisées car elles correspondent à des savoirs théoriques que les individus possèdent en mémoire, même si ces connaissances peuvent augmenter ou s'affiner au cours de la vie de l'individu. Les individus experts possèdent dans leur domaine d'expertise plus de connaissances que les individus novices (Charness, 1992 ; Chase & Ericsson, 1982 ; De Groot, 1965). Ainsi, nous formulons l'hypothèse selon laquelle les participants qui ont de l'expertise auront plus de connaissances en mémoire que les individus n'ayant pas d'expertise.

Dans ce questionnaire, nous avons pris en compte trois niveaux de difficulté de questions (facile, moyen et difficile) afin de le rendre discriminant pour les trois groupes de participants. Nous supposons que le niveau de difficulté aura une influence sur le nombre de réponses correctes à ce questionnaire. De plus, nous avons pris en considération le contact que les participants entretiennent avec la nature. En nous référant aux études de Medin et ses collaborateurs (Bang, Medin & Atran, 2007 ; Medin & Atran, 1999 ; Ross, Medin, Coley & Atran, 2003 ; Proffitt, Coley & Medin, 2000) et de Tarlowski (2006), nous posons l'hypothèse selon laquelle le contact que les individus ont avec la nature a une influence sur le nombre de connaissances qu'ils possèdent dans le domaine de la biologie végétale.

Enfin, dans l'analyse de nos résultats, nous allons distinguer deux types de catégories de questions. Les premières regroupent les catégories concernant les mécanismes biologiques qui ne sont pas directement observables par l'homme. Ces mécanismes peuvent s'opérer à un niveau microscopique au sein de la structure du système de la vigne, à un niveau non accessible visuellement par l'homme (par exemple l'absorption des minéraux par les racines) ou encore les résultats de ces processus biologiques ne sont pas manifestes. De plus, au sein de ce type de catégories, on peut considérer la catégorie « anatomie » qui ne relève pas d'un processus biologique, mais d'une connaissance des structures (visibles et non visibles) de la vigne et de sa classification scientifique dans le domaine du vivant. Ainsi, les catégories « anatomie », « nutrition/respiration », « maladie/mort » et « reproduction » seront les catégories *non perceptives*, en d'autres termes, les connaissances que les participants ont sur ces catégories relèvent difficilement de l'observation directe. Le second groupe est constitué du processus biologique « croissance » et de la catégorie « environnement ». Les résultats de la croissance sont visibles directement par les hommes sur une échelle de temps relative (augmentation de la taille, multiplication des branches par exemple), même si les mécanismes sous-jacents ne sont pas visibles. De plus, au sein du type de la catégorie *perceptive*, nous faisons une distinction entre l'« environnement » et la « croissance ». La catégorie « environnement » de la vigne est en grande partie constituée de structures identiques à celles de l'environnement de l'homme (gaz, soleil, animaux...). Les connaissances relatives à cette catégorie ne sont pas forcément spécifiques à l'environnement de la vigne, et peuvent être généralisées à partir des connaissances propres à l'environnement de l'homme. Ainsi, nous considérons *perceptives* les catégories « croissance » et « environnement ». Nous faisons l'hypothèse que l'accessibilité perceptive des informations va avoir une influence sur le nombre de réponses correctes données par les participants.

II.2.2 Méthodologie

II.2.2.1 Participants

Cent soixante dix neuf adultes ont répondu à ce questionnaire. Ils étaient répartis en trois groupes selon leur expertise en biologie. Le groupe de tout-venant comprenait 92 tout-venant (44 hommes et 48 femmes ; âge moyen : 31 ans ; étendue : de 18 à 58 ans ; écart-type : 12.2). Ni leurs études, ni leur profession n'étaient en relation avec la biologie. Trente neuf d'entre eux étaient titulaires d'un BEPC, BEP, CAP ou du baccalauréat général ou professionnel, 53 avaient un niveau d'études compris entre le bac + 1 et le bac + 8 (études universitaires ou écoles privées, BTS).

Le deuxième groupe était composé de 50 viticulteurs et/ou vigneron (44 hommes et 6 femmes ; âge moyen : 42 ans ; étendue : de 23 à 63 ans ; écart-type : 9.7) dont l'activité principale était en rapport direct avec la vigne. Quarante sept travaillaient à leur propre compte, et trois pour un exploitant. Ils participaient à toutes les activités liées à la viticulture (traiter, tailler, palisser ou encore vendanger la vigne). Vingt cinq avaient un niveau d'études inférieur au baccalauréat (BEPC, CAPA, BEPA), et 25 avaient un niveau supérieur au baccalauréat.

Le troisième groupe rassemblait 37 biologistes (18 hommes et 19 femmes ; âge moyen : 35 ans ; étendue : de 22 à 56 ans ; écart-type : 8.38) qui avaient au minimum réussi leur première année de Master en biologie. Deux d'entre eux étaient encore étudiants en deuxième année de Master, les 35 autres biologistes travaillaient comme maître de conférences en biologie ou professeurs, ingénieurs de recherche pour des entreprises agricoles, chercheurs, ou encore doctorants.

La répartition de l'ensemble des participants selon le groupe, le sexe, le contact avec la nature, le niveau d'études et l'âge est résumée dans le tableau 1.

Tableau 1

Répartition des participants selon le groupe, le contact avec la nature, le niveau d'études et l'âge. (TV = tout-venant, VITI = viticulteurs, BIO = biologistes)

Groupe	Total	Sexe		Contact avec la Nature		Niveau d'études		Âge moyen
		Hommes	Femmes	Fort	Faible	≤ Bac	> Bac	
TV	92	44	48	44	48	39	53	31
VITI	50	44	6	49	1	25	25	42
BIO	37	18	19	22	15	0	37	35

Les participants étaient tous des volontaires contactés par le bouche à oreille ou directement sur leur lieu de travail ou d'études. Tous les participants étaient de la région Champagne-Ardenne. Dans le respect des règles éthiques du Traité de Helsinki, chaque participant a donné son consentement libre et éclairé.

II.2.2.2 Matériel

Une feuille de consentement libre et éclairé était présentée au participant. Sur ce document étaient rappelées les règles de confidentialité et d'anonymat des données. L'annexe 1 présente la feuille d'introduction et de consentement à l'étude présentée aux participants. Les participants avaient également accès à une adresse mail afin de pouvoir se retirer de l'étude le cas échéant ou pour contacter l'expérimentateur afin d'avoir des informations supplémentaires sur l'étude.

Un questionnaire à choix multiples était composé de 36 énoncés qui se rapportaient aux 6 catégories biologiques développées dans la section I.4.2.2 (pp. 54-57) : « anatomie », « nutrition/respiration », « maladie/mort », « reproduction », « croissance », et « environnement ». Les quatre premières catégories (nutrition/respiration, maladie/mort, reproduction et croissance) étaient relatives aux processus biologiques abordés dans la plupart des manuels de biologie végétale. Les questions de la catégorie « anatomie » se rapportaient à

la structure des végétaux et à leur classification taxinomique, et celles de la catégorie « environnement » à l'écosystème de la vigne, ainsi qu'aux influences de celui-ci sur la vigne. Pour chacun des 36 énoncés, trois propositions de réponses correctes et/ou incorrectes étaient proposées. Sur l'ensemble du questionnaire, 57% des propositions étaient correctes, 43% étaient incorrectes.

Les six énoncés de chaque catégorie étaient répartis en 3 niveaux de difficulté :

- 2 énoncés « faciles » issus de manuels scolaires du niveau collège,
- 2 énoncés « moyens », portant plus sur la vigne et issus de manuels scolaires du niveau lycée,
- 2 énoncés « difficiles », provenant de manuels de premier et deuxième cycle universitaire en biologie végétale.

Dans la construction du questionnaire, nous avons intégré ces trois niveaux de difficulté afin de mettre en place un questionnaire discriminant nos trois groupes de participants et éviter un effet plancher et un effet plafond. Ainsi, ces trois niveaux permettaient, par exemple, aux tout-venant de réussir à quelques questions, majoritairement celles dites « faciles », et les biologistes devaient être amenés à réfléchir sur les questions dites « difficiles ».

La figure 4 ci-dessous récapitule la répartition des 36 questions entre les 6 catégories et les 3 niveaux de difficulté.

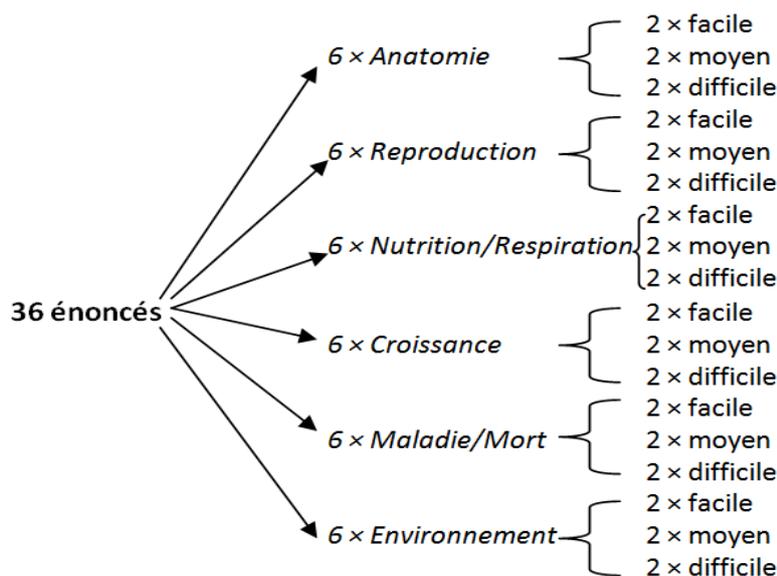


Figure 4. Architecture du questionnaire de connaissances : nombre d'énoncés par catégorie et par niveau de difficulté au sein de ces catégories.

L'ordre des 36 énoncés et des propositions a été contrebalancé de façon aléatoire afin d'éviter des effets d'ordre.

Enfin, afin de pouvoir contrôler l'influence de la variable *Contacts avec la nature* (à deux modalités), peu et beaucoup, nous avons introduit deux questions supplémentaires relatives à la fréquence à laquelle les participants jardinaient ou entretenaient un jardin et à la fréquence de leurs sorties à la campagne. Elles ont été construites sur une échelle de Likert (1932) à 4 niveaux : « au moins une fois par semaine », « au moins une fois par mois », « plusieurs fois par an » et « très rarement, voire jamais » pour la question portant sur les sorties à la campagne, et « souvent », « rarement », « ce n'est pas moi qui m'en occupe » et « je n'ai ni jardin, ni balcon » pour la question relative au jardin. L'annexe 2 présente l'intégralité de ce questionnaire ainsi que la consigne.

Ce questionnaire a fait l'objet d'un prétest auprès de 21 participants (7 tout-venant, 8 viticulteurs et 6 biologistes). En fonction des résultats obtenus et des difficultés des participants à répondre aux questions, nous avons pris contact avec un expert en biologie de la

vigne à l'université de Reims Champagne-Ardenne⁶. Certaines questions ont été modifiées afin d'être moins ambiguës pour les participants.

II.2.2.3 Procédure

Les participants ont répondu au questionnaire en une seule passation individuelle. La passation se déroulait dans une pièce calme au domicile des participants ou directement sur leur lieu de travail et durait entre dix et vingt-cinq minutes. Les participants ne disposaient que de très peu d'informations sur le sujet de l'expérience avant la passation. Les seules informations portées à leur connaissance étaient celles figurant sur la demande de consentement.

L'expérimentateur donnait le questionnaire au participant, et lui demandait de remplir les indications demandées en en-tête : profession, âge, sexe, niveau d'études et lieu d'habitation (ville ou campagne). Ensuite, l'expérimentateur lisait la consigne à haute voix en même temps que le participant :

« Pour chaque question, vous avez 3 propositions. A vous de noter **V** (pour Vraie) les propositions qui vous semblent correctes et **F** (pour Fausses) les propositions qui vous semblent incorrectes. Si vous ne savez pas répondre à une question, veuillez ne rien noter. Chaque proposition peut avoir 0, 1, 2 ou 3 propositions correctes. Le temps est illimité. »

Durant toute la durée de passation, le participant avait accès à la consigne écrite. Avant de laisser le participant commencer, l'expérimentateur s'assurait de la bonne compréhension de la consigne et la relisait si nécessaire. De plus, il ajoutait : « prenez le temps qu'il vous faut ». Si le participant posait une question en cours de passation,

⁶ Pr. Christophe Clément, directeur du laboratoire Stress, Défenses et Reproduction des Plantes (EA 2069) à l'université de Reims Champagne-Ardenne.

l'expérimentateur n'y répondait pas et précisait « si vous n'avez aucune idée veuillez ne rien répondre, sinon mettez V ou F selon ce que vous pensez correct ou incorrect ».

Lorsque le participant avait terminé, il était remercié pour sa participation et s'il le souhaitait, nous lui apportions des informations supplémentaires sur cette étude.

II.2.2.4 Codage

Chacun des 36 énoncés était noté sur 3 points, un point pour chaque proposition :

- 1 point : proposition vraie cochée V, proposition fausse cochée F
- 0 point : proposition fausse cochée V, proposition vraie cochée F, non répondu.

Le participant pouvait donc obtenir au maximum 108 réponses correctes sur l'ensemble du questionnaire (36 énoncés \times 3 points).

Pour la variable Contact avec la nature, nous avons pris deux indices en considération : les deux dernières questions du questionnaire et le lieu d'habitation. Chacune des deux questions destinées à mesurer la fréquence des contacts avec la nature était notée de 0 à 3 en fonction de la réponse fournie à la question « jardinage » et à la question « sorties à la campagne ». Cette attribution de valeurs est présentée dans le tableau 2.

Tableau 2

Valeurs attribuées aux questions « fréquence des contacts avec la nature » en fonction de la réponse des participants. (Question relative aux sorties à la campagne, réponse A : « au moins une fois par an », B : « au moins une fois par semaine », C : « plusieurs fois par an » et D : « très rarement, voir jamais » ; question relative au jardinage, A : « souvent », B : « rarement », C : « ce n'est pas moi qui m'en occupe », D : « je n'ai ni jardin ni balcon »)

Réponse aux questions	Valeurs attribuées
A	3
B	2
C	1
D	0

En additionnant la valeur attribuée aux réponses à ces deux questions, chaque participant obtenait un score allant de 0 à 6. Les individus ayant un score supérieur à 3 étaient considérés comme ayant une expérience avec la nature tandis que ceux ayant un score inférieur ou égal à 3 étaient considérés comme ayant peu d'expérience avec la nature.

De plus, nous avons pris en considération le lieu de vie du participant (ville vs. campagne). Afin que l'individu soit considéré comme habitant à la campagne, nous avons vérifié que son domicile faisait partie d'un village de moins de 5000 habitants et que ce village n'avait pas de frontière directe commune avec une grande ville.

Nous avons considéré que les individus ayant de l'expérience avec la nature (somme des valeurs obtenues aux deux questions supérieure à 3) et/ou habitant à la campagne avaient un fort contact avec la nature. Les participants n'ayant ni expérience avec la nature (somme

des valeurs obtenues aux deux questions inférieure ou égale à 3) et habitant en ville n'avaient pas ou peu de contact avec la nature.

II.2.2.5 Hypothèses opérationnelles

Nous formulons plusieurs prédictions :

- *Prédiction 1* : Effet de la variable Expertise.

Nous devrions observer des différences entre le groupe des tout-venant et les deux groupes d'experts et entre les deux groupes d'experts sur le nombre de réponses correctes obtenues. Les tout-venant devraient donner moins de réponses correctes que les experts, et les viticulteurs devraient donner moins de réponses correctes que les biologistes.

- *Prédiction 2* : Effet de la variable Niveau de difficulté des questions.

Le nombre de réponses correctes devrait varier avec le niveau de difficulté des questions. En effet, les participants devraient donner plus de réponses correctes aux questions « faciles » qu'aux questions de niveau « moyen » et « difficile ». Les questions de niveau « moyen » devraient amener plus de réponses correctes que les questions de niveau « difficile ».

- *Prédiction 3* : Interaction entre les variables Expertise et Niveau de difficulté des questions.

L'écart du nombre de réponses correctes obtenues entre les différents groupes de participants devrait augmenter avec l'augmentation du niveau de difficulté.

- *Prédiction 4* : Effet de la variable Contact avec la nature.

Nous prédisons que les individus ayant un « fort » contact avec la nature donneront plus de réponses correctes que les individus ayant « pas ou peu » de contact avec la nature.

- *Prédiction 5* : Effet de la variable Catégorie.

Pour la variable Catégorie, nous faisons l'hypothèse selon laquelle les catégories « croissance » et « environnement » (catégories perceptives) amèneront plus de réponses correctes que les quatre autres catégories (catégories non perceptives). La catégorie « environnement » devrait amener plus de réponses correctes des participants que la catégorie « croissance ».

II.2.3 Résultats

Tous les traitements statistiques ont été réalisés grâce au logiciel Statistica⁷.

Après avoir vérifié la validité interne du questionnaire à l'aide de l'Alpha de Cronbach (1951), nous avons comparé les connaissances des différents groupes. Afin de réaliser ces analyses, nous avons commencé par un ré-échantillonnage du groupe des tout-venant, qui étaient plus nombreux que les participants des deux autres groupes.

La première partie des résultats concerne l'évaluation de la qualité de notre questionnaire (cohérence interne), le ré-échantillonnage des tout-venant, la vérification de l'absence d'influence de la variable Sexe et la vérification de la variable Niveau de difficulté des questions. La seconde partie des résultats porte sur les effets des variables Expertise, Contact avec la nature et Catégorie sur le nombre de réponses correctes.

En raison du nombre trop peu élevé de femmes et de participants habitant en ville dans le groupe des viticulteurs, les analyses faisant intervenir les variables Sexe et Nature ne prendront en considération que deux niveaux d'expertise : les tout-venant et les biologistes.

⁷ StatSoft France (2005). *STATISTICA (logiciel d'analyse de données)*, version 7.1. www.statsoft.fr

II.2.3.1 Cohérence interne et ré-échantillonnage

Cohérence interne

Nous avons calculé un alpha de Cronbach (1951) avec la totalité des participants auxquels le questionnaire a été administré, soit 179 participants. La valeur de l'alpha sur les 36 questions est de $\alpha = .935$. Il nous indique une bonne cohérence interne du questionnaire.

Ré-échantillonnage des 2 sous-groupes de tout-venant

En raison du nombre plus important de participants dans le groupe de tout-venant (92) par rapport aux deux groupes d'experts (50 viticulteurs et 37 biologistes), le plan des analyses de variance était déséquilibré. Dans le but de rééquilibrer le plan, nous avons procédé à un ré-échantillonnage des tout-venant afin que la taille de ce groupe soit équivalente à celui des biologistes et des viticulteurs. Nous avons donc réduit aléatoirement notre échantillon initial à 41 individus tout-venant.

Afin de nous assurer de l'équivalence des deux sous-groupes de tout-venant, nous les avons comparés à l'aide d'un t de Student. Celui-ci indique une différence non significative, $t(90) = 1.05$, $p = .39$. Afin de nous assurer que cette absence de différence entre les deux échantillons n'était pas liée à un manque de puissance, nous avons calculé la taille de l'effet lié à cette différence ($d = .18$) qui peut être considérée comme faible selon la hiérarchie de Cohen (1988). Ces résultats indiquent que seuls des échantillons de très grande taille (325 participants par groupe) permettraient de mettre en évidence une différence significative. Dès lors, nous considérerons que l'absence d'effet n'est pas liée à un problème de puissance, et considérons le groupe retenu pour la suite des analyses comme étant représentatif de l'ensemble du groupe d'appartenance.

II.2.3.2 Effet du sexe sur le nombre de réponses correctes

Nous avons vérifié l'influence de la variable Sexe sur les résultats au questionnaire. Nous n'avons pris en considération que les groupes de tout-venant et de biologistes puisque les viticulteurs et/ou vigneronns qui ont passé cette étude sont majoritairement des hommes (88%). Un t de Student montre qu'il n'y a pas de différence significative, $t(76) = 1.1$, $p = .27$, entre les hommes et les femmes. Afin de nous assurer que cette absence de différence n'était pas liée à un manque de puissance, nous avons calculé la taille de l'effet lié à cette différence ($d = .17$) qui peut être considérée comme faible selon la hiérarchie de Cohen (1988). Ces résultats indiquent que seuls des échantillons de très grande taille (260 participants par groupe) permettraient de mettre en évidence une différence significative. Dès lors, nous considérerons que l'absence d'effet n'est pas liée à un problème de puissance. Ainsi, les hommes et les femmes ont un nombre équivalent de connaissances relatives à la biologie végétale.

II.2.3.3 Effets de l'expertise et du niveau de difficulté sur le nombre de réponses correctes

Nous nous sommes intéressés à l'influence de l'expertise des participants (*prédiction 1*) et du niveau de difficulté des questions (*prédiction 2*) sur le nombre de réponses correctes au questionnaire. De plus, selon notre *prédiction 3*, nous nous attendions à une interaction entre les facteurs Expertise et Niveau de difficulté. Pour cela, nous avons réalisé une analyse de variance (ANOVA) sur la somme de réponses correctes avec l'Expertise (E_3 , trois niveaux : tout-venant, viticulteurs, biologistes) et le Niveau de difficulté des questions (D_3 , trois niveaux : difficile, moyen, facile). Nous avons considéré le total des réponses correctes au questionnaire selon le niveau de difficulté des questions et selon le groupe d'appartenance

des participants. L'ANOVA a été réalisée par participants selon le plan suivant : $\underline{S} < E_3 > * D_3$.

Nous observons un effet principal de l'expertise, $F(2, 125) = 89.03$, $CME = 58.9$, $\eta^2_P = .58$, $p < .001$. Les comparaisons planifiées orthogonales montrent que les tout-venant ($M = 15.24$, $\sigma = 5.77$) fournissent en moyenne moins de réponses correctes que les deux groupes d'experts, (respectivement $M = 23.31$, $\sigma = 3.83$ et $M = 28.46$, $\sigma = 3.34$ pour les viticulteurs et les biologistes), $F(1, 125) = 159.54$, $p < .001$. Parmi les experts, les viticulteurs donnent en moyenne moins de réponses correctes que les biologistes, $F(1, 125) = 28.76$, $p < .001$.

Le facteur Niveau de difficulté est également significatif, $F(2, 250) = 271.03$, $CME = 10.9$, $\eta^2_P = .68$, $p < .001$. Afin de déterminer les niveaux entre lesquels la différence était significative, nous avons réalisé des comparaisons planifiées orthogonales. La première comparaison montre que les participants donnent en moyenne plus de réponses correctes aux énoncés faciles ($M = 27.71$, $\sigma = 6.35$) que pour les énoncés des niveaux supérieurs (moyen : $M = 20.98$, $\sigma = 7.63$ et difficile : $M = 18.32$, $\sigma = 8.46$), $F(1, 125) = 557.02$, $p < .001$. La deuxième comparaison indique que la moyenne de réponses correctes est plus élevée pour les énoncés de niveau « moyen » que pour ceux de niveau « difficile », $F(1, 125) = 37.18$, $p < .001$.

Enfin, conformément à notre *prédiction 3*, selon laquelle les variables Expertise et Niveau de difficulté interagissent, l'interaction Expertise \times Niveau de difficulté, $F(4, 250) = 24.306$, $CME = 10.9$, $\eta^2_P = .28$, $p < .001$ est significative. Un contraste multinomial linéaire a permis de mettre en évidence que l'écart entre les différents groupes de participants augmente de manière linéaire en fonction de l'augmentation du niveau de difficulté, $F(1, 125) = 28.31$, $p < .001$.

Le tableau 3 présente les moyennes et écart-types des réponses correctes en fonction du niveau de difficulté des questions et de l'expertise des participants.

Tableau 3

Moyennes (écart-types) des réponses correctes au questionnaire en fonction du niveau de difficulté des questions et de l'expertise (TV = tout-venant, VITI = viticulteurs, BIO = biologistes ; score maximum par niveau : 36).

Niveau	Expertise		
	TV	VITI	BIO
Facile	21.63 (6.91)	29.72 (3.35)	31.78 (3.05)
Moyen	12.95 (6.36)	23.58 (4.5)	26.4 (4.47)
Difficile	11.14 (6.39)	16.62 (5.76)	27.19 (4.39)

Les analyses statistiques confirment la pertinence de l'utilisation des trois niveaux de difficulté. Le niveau facile était le mieux réussi par nos trois groupes de participants, et le niveau difficile a suscité plus d'échecs ou de non réponses que le niveau moyen.

De plus, comme le montre l'interaction entre l'expertise et la difficulté des questions, l'écart entre les différents groupes de participants augmente de manière linéaire en fonction de l'augmentation du niveau de difficulté. Les tout-venant ont majoritairement donné plus de réponses correctes aux questions faciles qu'aux questions de difficulté supérieure. Les viticulteurs ont également produit plus de réponses correctes pour cette modalité que pour la modalité « moyen », qui a produit plus de réponses correctes que pour les questions « difficiles ». En outre, les biologistes ont également mieux répondu aux questions dites « faciles » qu'aux questions dites « difficiles ».

II.2.3.4 Effet du contact avec la nature sur le nombre de réponses correctes

Nous avons prédit que le contact avec la nature pourrait avoir une influence sur les connaissances que les individus possèdent. Plus les individus ont de contacts avec la nature dans leur vie quotidienne, plus ils pourraient posséder des connaissances sur le domaine de la biologie végétale (*prédiction 3*). Pour cette analyse, nous n'avons pris en considération que les groupes de tout-venant et de biologistes. En effet, pour les viticulteurs, le contact avec la nature était maximum puisqu'ils travaillaient toute l'année au contact de la vigne et que la majorité d'entre eux (96.5%) vivait à la campagne. De plus, notre choix d'analyse de traitement s'est porté sur une ANOVA car nous voulions vérifier l'influence de la variable Expertise, et que celle-ci ne vienne pas amoindrir l'effet du contact avec la nature. En effet, il était raisonnable de penser qu'au-delà d'un certain niveau d'expertise (pour les biologistes), l'influence du contact avec la nature ne soit plus visible.

Nous avons considéré le total des réponses correctes au questionnaire selon les participants en fonction de leur rapport avec la nature et du groupe d'appartenance. Une ANOVA a été réalisée avec l'expertise des participants (E_2 , deux niveaux : tout-venant vs. biologistes) et la variable Contact avec la nature (N_2 , deux niveaux : fort vs. faible) en facteur intergroupe. L'analyse de variance a été réalisée par participants : $\underline{S} < E_3 * N_2 >$.

Les résultats montrent un effet significatif de l'expertise, $F(1, 74) = 139.47$, $CME = 205.3$, $\eta^2_P = .65$, $p < .001$ (*cf.* figure 5). L'analyse révèle une absence d'effet significatif du facteur Contact avec la nature, $F(1, 74) = 1.9$, $CME = 205.3$, $\eta^2_P = .02$, $p = .17$ (*prédiction 4*). De plus, nous n'observons pas d'interaction, $F(1, 74) = 0.14$, $CME = 205.3$, $\eta^2_P = .001$, $p = .7$, entre les deux variables.

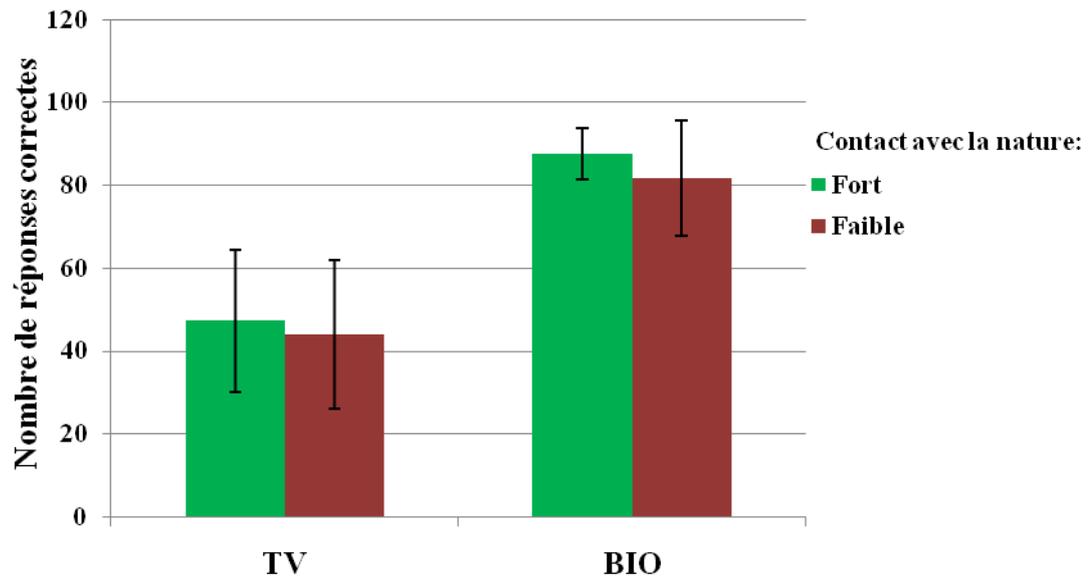


Figure 5. Nombre de réponses correctes (écart-types) au questionnaire de connaissances en fonction des variables Contact avec la nature et Expertise (TV = tout-venant, BIO = biologistes).

En ce qui concerne cette absence d'effet du facteur Contact avec la nature, cela pourrait être lié à un manque de puissance. En effet, la mesure de la taille de l'effet de Cohen ($d = .44$) montre qu'un effet significatif aurait été observé si la taille de l'échantillon était de 93 participants par groupe.

Outre l'effet principal de la variable Expertise sur le nombre de réponses correctes obtenues au questionnaire, les résultats infirment la prédiction 4 selon laquelle les individus ayant un fort contact avec la nature ont plus de connaissances en biologie végétale que les individus ayant peu ou pas de contact avec la nature. Ce résultat est contraire à ceux observés dans les recherches de Tarlowski (2006) et de Medin et ses collaborateurs (Bang, Medin & Atran, 2007 ; Medin & Atran, 1999 ; Ross, Medin, Coley & Atran, 2003 ; Proffitt, Coley & Medin, 2000), alors que nous pensions que l'expérience que les individus avaient avec la nature (jardiner, se balader à la campagne) et leur lieu d'habitation (ville ou campagne) allaient influencer leurs résultats à ce questionnaire. Cependant, ces effets sont non significatifs. Plusieurs raisons peuvent être évoquées pour expliquer cette différence entre nos

résultats et les résultats antérieurs. En effet, les participants de l'étude de Tarlowski (2006) vivaient à la campagne et en ville comme les participants de notre étude. Cependant, le recrutement s'est effectué en Pologne. Nous pouvons nous demander si la campagne polonaise est équivalente à la campagne en France. En effet, en France, beaucoup de personnes habitent en zone rurale afin de bénéficier d'un prix immobilier plus faible qu'en ville et d'une bonne qualité de vie. Beaucoup de ces personnes travaillent et ont des activités en ville. En France beaucoup de villages sont dits *dortoirs*. De plus, dans les expériences de Tarlowski et de Medin, la différence de contact que les individus avaient avec la nature était beaucoup plus contrastée que dans notre expérience (régions différentes, relation avec la nature différente selon les cultures des individus). Ainsi, la non validation d'hypothèse suggère que les modalités de ces deux facteurs ne sont peut-être pas assez contrastées pour permettre de mettre en évidence des différences significatives.

II.2.3.5 Effet de la variable Catégorie du questionnaire et de l'expertise des participants sur le nombre de réponses correctes

Afin de vérifier notre *prédiction 5* selon laquelle toutes les catégories ne sont pas équivalentes et qu'il existe une différence entre les catégories *perceptives* (croissance et environnement) et les catégories *non perceptives* (anatomie, nutrition/respiration, maladie/mort et reproduction), nous avons réalisé une ANOVA avec l'expertise (E_3 , trois niveaux : tout-venant, viticulteurs, biologistes) et les catégories de biologie végétale (C_6 , six niveaux : anatomie, nutrition/respiration, maladie/mort, reproduction, croissance, environnement) selon le plan : $\underline{S} < E_3 > * C_6$. Nous avons pris en considération le nombre de réponses correctes obtenues par les trois groupes de participants pour chaque catégorie.

Nous observons un effet principal du facteur Catégorie, $F(5, 625) = 17.25$, $CME = 4.35$, $\eta^2_p = .12$, $p < .001$. Afin de déterminer s'il existe une distinction entre les catégories

perceptives (croissance et environnement) et les catégories non perceptives, nous avons effectué une comparaison planifiée. Celle-ci a mis en évidence que les catégories « croissance » et « environnement » conduisent à plus de réponses correctes (respectivement $M = 11.02$, $\sigma = 4.26$, $M = 12.68$, $\sigma = 3.39$) que les catégories non observables (anatomie : $M = 10.66$, $\sigma = 4.82$, nutrition/respiration : $M = 11.07$, $\sigma = 3.85$, maladie/mort : $M = 10.99$, $\sigma = 3.62$ et reproduction : $M = 10.57$, $\sigma = 3.39$), $F(1, 125) = 41.11$, $p < .001$. De même, comme nous le stipulions, les participants ont donné plus de réponses correctes dans la catégorie « environnement » que dans la catégorie « croissance », comme nous l'indique le contraste entre ces deux catégories, $F(1, 125) = 41.82$, $p < .001$.

Nous observons un effet principal du facteur Expertise, $F(2, 125) = 89.03$, $CME = 29.44$, $\eta^2_P = .58$, $p < .001$. Afin de déterminer les groupes entre lesquels la différence était significative, nous avons réalisé des comparaisons planifiées orthogonales. Cette analyse a montré que les tout-venant donnent moins de réponses correctes ($M = 7.62$, $\sigma = 17.3$) que les viticulteurs ($M = 11.65$, $\sigma = 11.5$) et que les biologistes ($M = 14.22$, $\sigma = 10.02$), $F(1, 125) = 159.55$, $p < .001$. De leur côté, les viticulteurs donnent moins de réponses correctes que les biologistes, $F(1, 125) = 28.76$, $p < .001$. Cet effet principal va dans le sens de notre *prédiction 1*.

Le tableau 4 présente les moyennes et écart-types des réponses correctes au questionnaire en fonction de la catégorie des questions et de l'expertise des participants.

Tableau 4

Moyennes (écart-types) des réponses correctes au questionnaire en fonction de la catégorie des questions et de l'expertise des participants ((TV = tout-venant, VITI = viticulteurs, BIO = biologistes ; score maximum par catégorie : 18).

Catégorie	Expertise		
	TV	VITI	BIO
Anatomie	6.24 (3.51)	10.5 (3.28)	15.24 (3.16)
Nutrition/Respiration	7.58 (3.25)	10.9 (2.65)	14.73 (1.8)
Maladie/Mort	7.44 (3.35)	11.16 (2.42)	14.38 (2.96)
Reproduction	7.59 (3.06)	11.8 (2.03)	12.32 (3)
Croissance	6.8 (3.66)	12.36 (2.6)	13.92 (2.9)
Environnement	10.07 (3.92)	13.2 (2.55)	14.78 (1.8)

En résumé, ces analyses montrent que le nombre de réponses correctes diffère en fonction du groupe d'appartenance. Plus particulièrement, les biologistes ont plus de connaissances en biologie végétale que les viticulteurs. Par ailleurs, nos résultats confirment les études précédentes (Charness, 1994 ; Chase & Simon, 1973) qui ont montré que les individus novices dans un domaine possèdent moins de connaissances et seront à même de commettre plus d'erreurs que les experts.

En outre, l'analyse des six catégories choisies pour ce questionnaire montre qu'elles ne sont pas équivalentes. Nous avons mis en évidence que le nombre de connaissances dans les catégories perceptives, c'est-à-dire où les informations sont directement observables par l'homme, sont plus nombreuses (Hmelo-Silver, Marathe & Liu, 2007 ; Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004). En effet, il est plus aisé pour les participants de répondre correctement aux questions relatives aux catégories « environnement » et « croissance » car beaucoup d'éléments de cet environnement sont accessibles visuellement pour les participants (le soleil, les insectes, l'homme, les végétaux). Les éléments de la catégorie « environnement » sont non seulement visibles, mais ils sont majoritairement communs avec l'environnement dans lequel

l'homme évolue (gaz, chaleur, animaux...). Le nombre de réponses correctes à la catégorie « environnement » indique que les individus généralisent des connaissances relatives à l'environnement de l'homme à celui de la vigne. Cette similarité entre les deux écosystèmes engendre un nombre plus important de connaissances dans la catégorie « environnement » de la vigne que dans la catégorie « croissance ».

II.2.4 Discussion

Les résultats obtenus à ce QCM ont montré que les trois groupes de participants se différencient par le nombre de réponses correctes selon les catégories et selon les niveaux de difficulté des questions. En accord avec la *prédiction 1*, les individus ayant de l'expertise ont plus de connaissances en mémoire que les participants n'ayant peu ou pas d'expertise. De plus, l'expertise acquise grâce à un apprentissage théorique scientifique (cas des biologistes) semble procurer plus de connaissances statiques que l'expertise acquise par la pratique (cas des viticulteurs). Ce premier résultat confirme ceux des études antérieures (Adelson, 1984 ; Bisseret, 1995 ; Chase & Ericsson, 1982) et valide dès lors, l'existence de différents types d'expertise mise en évidence par une différence quantitative de connaissances entre nos deux groupes d'experts.

Selon les *prédictions 2* et *3*, la difficulté des questions influence le nombre de réponses correctes des participants, de plus, les experts ayant de l'expertise dans le domaine végétal obtiennent plus de réponses correctes aux questions de niveaux « moyen » et « difficile » que les individus sans expertise.

Enfin, contrairement à notre *prédiction 4*, les connaissances des individus ne semblent pas être influencées par le contact qu'ils entretiennent avec la nature dans leur vie quotidienne. Les résultats de Carey (1985), Bang, Medin et Atran (2007) et de Medin, Waxman, Woodring et Washinawatok (2010) nous laissaient suggérer un nombre de connaissances plus important

chez les individus ayant un contact avec la nature plus fréquent. Comme nous en faisons la remarque, la différence entre les individus ayant pas ou peu de contact et ceux ayant un fort contact avec la nature n'est peut-être pas suffisamment contrastée dans notre population.

Nous avons mis en évidence une différence entre les catégories perceptives et les catégories non perceptives (*prédiction 5*). Ainsi, les individus ont plus de connaissances dans les catégories « croissance » et « environnement » que dans les catégories non perceptives pour lesquelles les manifestations et résultats des processus biologiques ne sont pas directement observables. Ainsi, les éléments observables par l'homme sont plus saillants (Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004) et donc mieux retenus par les individus. De plus, le fait que des éléments soient communs avec l'environnement des individus engendre le fait qu'ils soient plus facilement stockés en mémoire, mais aussi qu'ils puissent être généralisés à un environnement similaire.

Pour conclure, cette première expérimentation nous a permis de différencier quantitativement les connaissances de nos participants selon leur expertise. De plus, nous avons confirmé que les informations saillantes sont mieux retenues en mémoire que les informations qui ne sont pas directement observables. Enfin, grâce au nombre de bonnes réponses obtenues dans la catégorie « environnement », nous pouvons faire l'hypothèse que la connaissance de propriétés relatives à l'environnement d'un exemplaire de la catégorie du vivant (ici l'homme), est généralisable pour l'environnement d'un autre exemplaire vivant (la vigne).

II.3 Représentations mentales selon le modèle de la triangulation systémique

II.3.1 Problématique et hypothèses générales

Ce questionnaire va nous permettre de répondre à la problématique suivante : l'expertise des participants a-t-elle une influence sur la compréhension d'un système complexe ? Plus précisément, l'expertise a-t-elle un effet sur la façon dont les participants se représentent les différents pôles de la triangulation systémique ?

Notre objectif est d'étudier comment les participants comprennent le système de la vigne dans son environnement en termes de « structures », de « fonctions » et de « comportements ».

Comme nous l'évoquions dans la partie I.3, peu d'études comparent différents types d'expertises. En effet, beaucoup de recherches supposent une expertise sur la base d'un continuum (de pas à beaucoup d'expertise) (Chase & Simon, 1973 ; Chi, Glaser & Farr, 1988 ; Gentner, 1988 ; Voss & Post, 1988). Cependant, les recherches de Visser et Falzon (1992) et de Dubois, Bourguine et Resche-Rigon (1992) ont mis en évidence différents types d'expertises qui remettraient en cause cette vision initiale de l'expertise. Dans la lignée de ces travaux, nous allons donc dans cette recherche essayer de mettre en évidence des différences qualitatives qui montreraient l'existence de représentations mentales différentes du système de la vigne. Ces différences ne seraient plus en termes de connaissances en mémoire, mais en termes de pôles systémiques (structures, fonctions et comportements) caractérisant les représentations mentales des trois groupes de participants. Deux analyses du discours des participants seront également réalisées afin d'explorer le niveau lexical employé (par exemple, scientifique *vs.* courant, référant à des éléments observables *vs.* éléments non observables) et le champ lexical (ensemble de mots sur un thème) utilisé par chacun des

groupes de participants et proposer des résultats en termes de qualité des représentations (cf. section I.3.2, p. 44). Enfin, nous corrélons les résultats obtenus au questionnaire de connaissances (expérience 1) et le nombre d'éléments systémiques cités par les participants afin de mettre en évidence un lien entre le niveau de connaissances dans le domaine de la biologie végétale et la représentation que l'individu se fait d'un système appartenant à ce domaine.

Nous avons montré dans l'expérience précédente que les individus experts dans un domaine ont plus de connaissances relatives à ce domaine, et ce d'autant plus si l'apprentissage est théorique (cas des biologistes). Ce deuxième questionnaire SFC est destiné à étudier l'organisation des connaissances d'un système en termes de structures, fonctions et comportements du dit système. Nous formulons l'hypothèse qu'en fonction de leur expertise, les individus ne devraient pas avoir les mêmes représentations mentales des trois pôles systémiques de la vigne dans son environnement.

Le modèle SFC de Goel, Gomez de Silva Garza, Grué, Murdock, Recker et Govindaraj (1996) permet un accès aux représentations mentales que les individus ont d'un système complexe. Comme le propose le modèle de la triangulation systémique de Le Moigne (1974, 2006), nous allons observer comment les représentations des trois groupes de participants se répartissent entre les différents pôles de la triangulation. Ainsi, nous formulons l'hypothèse que l'expertise dans un domaine s'accompagne d'un développement *harmonieux* des trois pôles systémiques (Le Moigne, 2006). En d'autres termes, le barycentre de la triangulation systémique devrait être plus équilibré lorsque l'individu est expert.

Comme dans l'expérience précédente, nous avons fait une distinction entre les catégories dont les éléments sont observables, les catégories perceptives (croissance et environnement) et les catégories non perceptives (nutrition/respiration, maladie/mort, et

reproduction) et supposons que ces deux groupes de catégories ne vont pas amener les participants à citer le même nombre d'éléments.

Comme nous n'avons pas observé d'effet de la variable Contact avec la nature dans la précédente expérience (*cf.* p. 91), nous ne formulerons pas d'hypothèse relative à cette variable dans cette expérience.

II.3.2 Méthodologie

II.3.2.1 Participants

Deux cent cinquante neuf adultes, répartis en trois groupes selon leur expertise en biologie, ont passé ce questionnaire. Ces participants étaient différents de ceux de la première expérience, mais ont été recrutés selon les mêmes critères. Le groupe de tout-venant comprenait 190 tout-venant (100 hommes et 90 femmes ; âge moyen : 37 ans ; étendue : de 18 à 88 ans ; écart-type : 14). Ni leurs études, ni leur profession n'étaient en relation avec la biologie. Pour 78 d'entre eux, le diplôme le plus élevé était le baccalauréat ou moins (BEPC, BEP, CAP ou bac général ou professionnel), 112 avaient un niveau d'études compris entre le bac + 1 et le bac + 8 (études universitaires, ou écoles privées, BTS). Le deuxième groupe était composé de 34 viticulteurs et/ou vigneron (25 hommes et 9 femmes ; âge moyen : 44 ans ; étendue : de 20 à 74 ans ; écart-type : 12) dont l'activité principale était en rapport direct avec la vigne. Trente travaillaient à leur propre compte, quatre pour un exploitant. Ils participaient à toutes les étapes relatives à la viticulture (traiter, tailler, palisser ou encore vendanger la vigne). Vingt et un avaient un niveau d'études inférieur au baccalauréat (BEPC, CAPA, BEPA), et treize avaient un niveau supérieur au baccalauréat. Le troisième groupe rassemblait 35 biologistes (19 hommes et 16 femmes ; âge moyen : 32 ans ; étendue : de 22 à 64 ans ; écart-type : 13) qui avaient au minimum réussi leur première année de Master en biologie.

Cinq d'entre eux étaient encore étudiants en Master deuxième année à l'URCA, les 30 autres biologistes travaillaient comme maîtres de conférences ou professeurs en biologie, ingénieurs de recherche pour des entreprises agricoles, chercheurs, ou encore doctorants.

La répartition de l'ensemble des participants selon le groupe, le niveau d'études et l'âge est résumée dans le tableau 5.

Tableau 5

Répartition des participants selon le groupe, le niveau d'études et l'âge (TV = tout-venant, VITI = viticulteurs, BIO = biologistes).

Groupe	Total	Sexe		Niveau d'études		Âge moyen
		Hommes	Femmes	≤ Bac	> Bac	
TV	190	100	90	78	112	37
VITI	34	25	9	21	13	44
BIO	35	19	16	0	35	32

Les participants étaient tous des volontaires contactés par le bouche à oreille ou directement sur leur lieu de travail ou d'études. La majorité des participants étaient de la région Champagne-Ardenne et de ses environs. Dans le respect des règles éthiques du Traité de Helsinki, chaque participant a donné son consentement libre et éclairé.

II.3.2.2 Matériel

Une feuille de consentement libre et éclairé était présentée au participant. Sur ce document étaient rappelées les règles de confidentialité et d'anonymat des données. L'annexe 3 présente la feuille d'introduction et de consentement à l'étude présentée aux participants. Les participants avaient également accès à une adresse mail afin de pouvoir se retirer de l'étude le cas échéant ou pour contacter l'expérimentateur afin d'avoir des informations supplémentaires sur l'étude.

Nous avons construit un questionnaire semi-directif. Ce questionnaire était composé de trois phases (A, B et C), chacune ayant comme support une feuille format A4 où figurait au centre le dessin d'un pied de vigne (*cf.* annexe 4). La phase A était constituée d'une question ouverte générale portant sur les conditions idéales au bon développement de la vigne. La phase B consistait en des questions d'approfondissement. Et enfin, la phase C comportait quinze questions semi-dirigées. Pour ces quinze questions, nous avons croisé les 4 catégories relatives aux processus biologiques (croissance, respiration/nutrition, maladie/mort, reproduction) et la catégorie « environnement » avec les trois pôles systémiques (structure, fonction, comportement). Ainsi, comme dans la méthodologie de Hmelo et Pfeffer (2004) et comme l'indique la figure 6, pour chaque catégorie, nous avons une question relative aux « structures », une question relative aux « fonctions » et une dernière question relative aux « comportements » de la vigne.

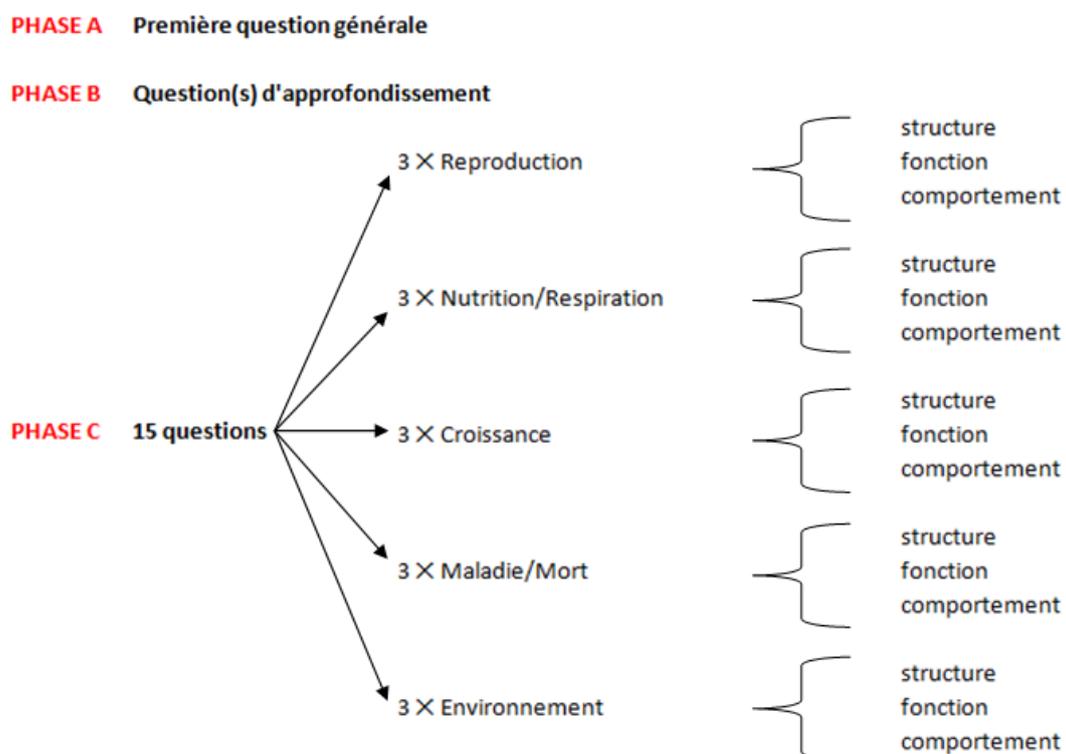


Figure 6. Phases et architecture du questionnaire SFC.

Par exemple, pour les trois questions relatives à la catégorie « environnement » nous avons :

- « Comment l'homme peut-il aider la vigne à être en bonne santé ? » pour la question incitant les participants à citer des structures,
- « A quoi servent les pesticides ? » pour les « fonctions »
- « A quoi voit-on l'action de l'homme ? » pour les « comportements ».

L'ordre des catégories a été contrebalancé, cependant, au sein d'une catégorie les questions étaient toujours présentées dans l'ordre suivant :

STRUCTURE puis FONCTION puis COMPORTEMENT

Ainsi, les notions figurant dans l'énoncé des questions relatives aux comportements ne pouvaient pas influencer les réponses aux questions relatives aux structures et fonctions.

En annexe 5 est présentée l'intégralité de ce questionnaire SFC.

Ce questionnaire a fait l'objet de deux prétests. Pour chacun de ces prétests, nous avons cinq participants de chaque groupe (tout-venant, viticulteurs et biologistes). En fonction des résultats obtenus et des difficultés des participants à répondre aux questions, nous avons pris contact avec un expert en biologie de la vigne à l'INRA de Colmar⁸. Certaines questions ont été modifiées afin d'être moins ambiguës ou afin de correspondre plus spécifiquement à la vigne.

Enfin, le questionnaire de connaissances générales en biologie végétale était identique à celui présenté dans la sous-section II.2.2.2 (p. 79).

⁸ Pr. Charles Greif de l'Unité Mixte de Recherche Santé de la Vigne et Qualité du vin à l'INRA de Colmar.

II.3.2.3 Procédure

L'acceptation et la signature de la feuille de consentement fut obligatoire pour commencer l'expérience. L'expérimentateur s'assurait que chaque participant l'ait lue, comprise et signée avant le début de l'expérience.

Les participants ont répondu aux questionnaires en une seule passation individuelle. La passation se déroulait dans une pièce calme au domicile des participants ou directement sur leur lieu de travail et durait entre quinze et quarante-cinq minutes. Seuls quelques recueils (10.60%) ont eu lieu dans une salle d'expérimentation du laboratoire CLEA à l'Université Reims Champagne-Ardenne. Les participants ne disposaient que de très peu d'informations sur le sujet de l'expérience avant la passation. Les seules informations portées à leur connaissance étaient celles figurant sur la demande de consentement.

Le questionnaire SFC était toujours présenté avant le questionnaire de connaissances sur le monde végétal. En effet, cela évitait que les participants ne retiennent des informations ou des termes mentionnés dans le questionnaire de connaissances et ne les mentionnent par la suite lors des questions semi-dirigées du questionnaire SFC.

Pour le questionnaire SFC, toutes les réponses des participants ont été enregistrées en audio. L'expérimentateur donnait au participant le dessin d'un pied de vigne avant de poser toute question. Il demandait : « qu'est ce qui est représenté au centre de la feuille ? » en montrant du doigt le dessin du pied de vigne. Si le participant ne reconnaissait pas le pied de vigne, l'expérimentateur disait : « C'est un pied de vigne. Vous en avez déjà vu ? ». Cette question devait nous permettre de nous assurer que le participant reconnaissait un pied de vigne (ou une vigne, un cep, ce qui fait du raisin) avant de commencer réellement l'expérience. Les données des participants qui n'avaient pas identifié le pied de vigne devaient être retirées des analyses, cependant, ce critère d'exclusion n'a dû être appliqué à

aucun participant. Ce dessin du pied de vigne était disposé devant le participant pendant toute la durée du questionnaire SFC.

Cette expérience SFC se décomposait en 3 parties, chacune illimitée dans le temps. Dans un premier temps, l'expérimentateur laissait devant le participant l'image du pied de vigne et une boîte de crayons de couleurs afin de l'aider, s'il le souhaitait, à répondre aux questions qui allaient suivre.

Phase A) Consigne : « à l'aide de cette feuille et de ces crayons, pouvez-vous m'expliquer à haute voix : Quelles sont les conditions nécessaires pour que la vigne soit productive ? ».

Phase B) Lorsque que le participant avait fini de répondre à cette question, l'expérimentateur revenait sur le dessin et la réponse du participant et demandait des précisions si cela était nécessaire. Par exemple, si le participant mentionnait « la photosynthèse » ou « une bonne terre » sans dire à quoi cela correspond dans la phase A du questionnaire, nous demandions en phase B « vous avez parlé de la photosynthèse, qu'entendez-vous par photosynthèse ? » ou « qu'entendez-vous par bonne terre ? Vous m'avez parlé d'énergie, qu'entendez-vous par énergie ? ». De plus, Si le participant dessinait des flèches sur le dessin, l'expérimentateur demandait : « que représentent ces flèches ?... »).

Phase C) L'expérimentateur posait ensuite les 15 questions dirigées : « Très bien, maintenant je vais vous poser quelques questions, vous avez tout votre temps pour y répondre, et je vous demanderai d'y répondre à haute voix. » Comme dans les deux phases de tests précédentes, l'expérimentateur écoutait attentivement les réponses du participant, mais n'intervenait jamais pendant que ce dernier parlait. Il pouvait répéter une question si le participant n'avait pas compris ou s'il avait mal entendu, mais en aucun cas il ne pouvait reformuler la question. Si le participant ne comprenait pas une question ou ne savait pas répondre, l'expérimentateur lui disait que ce n'était pas grave et passait à la question suivante. Ensuite, l'expérimentateur

présentait le questionnaire à choix multiples au participant. La procédure était identique à celle de l'expérience 1 (cf. sous-section II.2.2.3, p. 82).

II.3.2.4 Codage

II.3.2.4.1 Analyse SFC

Comme dans l'expérience de Hmelo-Silver et Pfeffer (2004), nous nous sommes intéressés à la présence d'éléments relatifs aux trois pôles systémiques. En premier lieu, le discours de chaque participant était retranscrit mot pour mot grâce à l'enregistrement audio réalisé pendant la passation. Nous avons enlevé du discours tout ce qui n'était pas directement relié à la réponse (« je ne sais pas », « je pense que », « ben »...). Ensuite, trois juges reportaient dans un tableau, pour chaque réponse du participant, le nombre de structures, fonctions et comportements cités. Les **structures** sont les éléments qui composent le système et son environnement. Elles peuvent être de taille diverse (macroscopique ou microscopique), de nature diverse (molécules, organes, gaz, objet vivant) et faire partie soit du système de la vigne (racine, feuilles), soit de son environnement (soleil, insectes). Les **fonctions** sont relatives au(x) rôle(s) joué(s) par les structures ou par un ensemble de structures du système ou de son environnement. Chaque structure du système a une ou des fonctions à remplir. Par exemple, la structure « racine » a pour buts principaux de « capter l'eau » de la terre et de « maintenir » la vigne dans le sol. Enfin, les **comportements** sont relatifs aux mécanismes servant aux structures à atteindre un résultat, ou une fonction. Par exemple, les racines de la vigne ont pour fonction d'absorber les éléments nutritifs du sol afin de « nourrir » la vigne.

L'accord inter-juges calculé à l'aide du coefficient de Kappa de Cohen a mis en évidence un accord à 96.8% pour les éléments structurels, à 89.8% pour les éléments fonctionnels et à 92.3% pour les éléments comportementaux. Ce double codage a été réalisé sur les données de 117 participants, soit 45.17%.

Pour la première analyse, impliquant les phases A et B du questionnaire et pour l'analyse des quinze questions relatives aux cinq catégories et aux trois pôles systémiques, nous avons comptabilisé pour chacune des réponses le nombre de structures, de fonctions et de comportements différents cités par le participant. Pour la phase C (les 15 questions), nous avons comptabilisé le nombre de structures, fonctions et comportements au sein des trois réponses de chacune des catégories (nutrition/respiration, maladie/mort, reproduction, croissance et environnement). Quand des éléments étaient cités lors de plusieurs réponses, nous ne les comptons qu'une seule fois. Par exemple, les trois réponses relatives à une catégorie (maladie/mort) :

Question portant sur les structures (3a : Qu'est ce qui peut faire mourir la vigne ?) : « les champignons, les insectes, les tempêtes et parfois l'homme aussi ».

Question portant sur les fonctions (3b : Comment la vigne peut se défendre contre une bactérie ?) : « c'est les anticorps qui aident la vigne. Ils attaquent la maladie ou les champignons pour que la vigne puisse guérir ».

Question portant sur les comportements (3c : Que se passe-t-il si la vigne est infectée par un champignon ?): « Le champignon ou la bactérie infecte, attaque la vigne, elle peut mourir ou alors il faut que le viticulteur la soigne vite pour qu'elle guérisse. Sinon, ça va pas faire du beau raisin ».

Dans cet exemple, les termes que le participant mentionne lors de sa réponse et qui sont dans la question ne sont pas comptés. En effet, dans ce cas, le participant ne fait que répéter ce terme. Ainsi, pour la réponse à la question 3c, la structure « champignon » n'est pas comptabilisée. Dans les deux autres réponses, le terme champignon est mentionné deux fois par le participant, il ne sera compté qu'une seule fois par les juges. Pour cet exemple de réponse à la catégorie « maladie/mort », nous avons comptabilisé 9 structures (surlignées en jaune), 3 fonctions (surlignées en gris) et 3 comportements (surlignés en vert).

II.3.2.4.2 Analyses du discours

Nous avons utilisé le logiciel ALCESTE (Analyse des Lexèmes Co-occurents dans les Enoncés Simples d'un Texte) développé par Max Reinert (1983, 1993). Ce logiciel opère trois types d'analyses différentes. En premier lieu, il procède à une *analyse lexicale* en segmentant le corpus en UCI (Unité de Contexte Initiale) et en UCE (Unité de Contexte Élémentaire). Dans le corpus, les UCI correspondent au discours de chaque participant, et les UCE sont des segments de phrase définis par le logiciel. Ensuite, il distingue, grâce à un dictionnaire interne, les formes des mots : les mots pleins représentent par exemple les noms, les adjectifs, et les mots outils sont les mots utiles à la syntaxe des phrases (locutions, adverbes...). Enfin, pour terminer cette analyse lexicale, le logiciel fait une distribution des fréquences des Unités de Contexte (UC). Ensuite, dans une *analyse morphosyntaxique*, les formes sont catégorisées par lemmatisation, c'est-à-dire selon l'appartenance à une même famille de mots (par exemple, les mots « défense », « défenses », « défendre » seront réduits à la forme « défen+ »). Pour finir, le logiciel opère une *analyse multidimensionnelle* des données du corpus. Dans une classification hiérarchique descendante (CDH), il repère les co-occurrences de formes importantes, puis il distingue les différentes classes représentatives du corpus. Ces classes de sens sont « constituées par les mots et les phrases les plus significatifs, les classes obtenues représentant les idées et les thèmes dominants du corpus » (Image, p.2). Le logiciel représente par la suite les classes sous la forme d'un dendrogramme (un arbre hiérarchique). Pour l'analyse de ce corpus, nous avons pris en compte toutes les réponses de tous les participants (179 UCI). Les réponses des participants à l'ensemble du questionnaire (phase A, B et C) étaient mises à la suite, sans séparation autre que la ponctuation. Ainsi, les résultats présentés reposeront sur l'ensemble des réponses de chaque participant.

Nous nous intéresserons à trois aspects principaux dans les résultats donnés par le logiciel ALCESTE. Tout d'abord, nous regarderons les mots pleins représentatifs de chaque

classe (ceux qui permettent de distinguer les différentes classes) grâce à la double classification descendante hiérarchique. Puis, nous nous intéresserons aux formes représentatives de chaque classe afin de comprendre le contexte d'apparition de chaque co-occurrence donnée par la classification ascendante hiérarchique sous forme de dendrogramme. Et enfin, nous verrons grâce à l'analyse factorielle des correspondances (Benzécri, 1973) les relations et les différences entre les classes. Cette représentation graphique bidimensionnelle permet de voir l'organisation des mots spécifiques à chacune des classes et de dégager les classes les plus spécifiques du discours.

II.3.2.5 Hypothèses opérationnelles

Nous formulons plusieurs prédictions :

- *Prédiction 1* : Effet de la variable Expertise.
 - a) Nous devrions observer des différences entre le groupe des tout-venant et les deux groupes d'experts sur le nombre d'éléments cités relatifs aux pôles systémiques en réponse à la question générale et aux éventuelles questions de précision (phases A et B). En effet, les tout-venant devraient citer moins d'éléments de pôles que les experts. De même, parmi les experts, les biologistes devraient citer plus d'éléments relatifs aux pôles systémiques que les viticulteurs.
 - b) Nous devrions observer des différences entre le groupe des tout-venant et les deux groupes d'experts sur le nombre d'éléments cités relatifs aux pôles systémiques en réponses aux quinze questions (phase C du questionnaire). En effet, les tout-venant devraient citer moins d'éléments de pôles que les experts. De même, parmi les experts, les biologistes devraient citer plus d'éléments relatifs aux pôles systémiques que les viticulteurs.

- *Prédiction 2* : Effet de la variable Pôle.

Nous devrions observer des différences entre le nombre d'éléments cités relatifs aux pôles systémiques. Les éléments structuraux de la vigne et de son écosystème devraient être plus mentionnés par les participants que ceux relatifs aux pôles « fonction » et « comportement ». De plus, nous nous attendons à ce que les participants citent plus d'éléments relatifs aux « comportements » qu'aux « fonctions ».

- *Prédiction 3* : Interaction entre les variable Expertise et Pôle.

Par rapport aux experts, les tout-venant devraient citer moins d'éléments relatifs aux « fonctions » et aux « comportements » que de « structures ». Les viticulteurs devraient citer plus de comportements que de fonctions tandis que l'inverse devrait être observé pour les biologistes.

- *Prédiction 4* : Effet de la variable Catégorie des questions.

Nous postulons que les catégories « croissance » et « environnement », c'est-à-dire les catégories perceptives, amèneront les participants à mentionner plus d'éléments relatifs aux pôles que les catégories non perceptives (nutrition/respiration, maladie/mort et reproduction). La catégorie « environnement » devrait amener les participants à citer plus d'éléments relatifs aux pôles systémiques que la catégorie « croissance ».

- *Prédiction 5* : Analyses du discours.

a) L'analyse standard exploratoire réalisée à l'aide d'ALCESTE devrait permettre de mettre en évidence les thèmes abordés par les participants lors de leurs réponses. Nous devrions retrouver les thèmes abordés par les cinq catégories du questionnaire (nutrition/respiration, maladie/mort, reproduction, croissance et environnement).

- b) Puis, une analyse en tri-croisé avec la variable Expertise permettra de dégager une ou des classes de mots par groupe de participants. Nous devrions alors observer une différence de vocabulaire entre les trois groupes de participants. On peut s'attendre à ce que les biologistes emploient plus de termes scientifiques que les deux autres groupes de participants. Les viticulteurs devraient principalement parler de travail effectué sur la vigne et de la qualité du raisin, et enfin, les adultes tout-venant devraient citer plus d'éléments observables de la vigne que d'éléments non observables.
- *Prédiction 6* : Nous prédisons un lien entre le nombre de connaissances dans le domaine de la biologie végétale que l'individu a en mémoire et le nombre d'éléments cités relatifs aux pôles « structures », « fonctions » et « comportements ».

II.3.3 Résultats

Les analyses du discours ont été réalisées à l'aide du logiciel ALCESTE. Les résultats des données relatives au traitement du questionnaire (QCM) présenté dans la section II.2.3 ont été strictement répliqués. Le lecteur intéressé pourra trouver le détail de ces analyses en annexe 6.

Comme pour l'expérience précédente, nous avons ré-échantillonné le groupe des tout-venant afin d'obtenir des groupes équilibrés au niveau des effectifs afin de pouvoir réaliser des ANOVA pour des plans équilibrés. Cependant, ce nombre important de tout-venant était souhaité pour pouvoir calculer des corrélations entre le questionnaire de biologie végétale et le questionnaire SFC présenté dans cette partie. En effet, il nous semblait important d'avoir un nombre de tout-venant conséquent car celui-ci présente plus de variabilité interindividuelle que les deux groupes d'experts. Ainsi, pour les deux analyses du discours à l'aide du logiciel

ALCESTE et la corrélation effectuée entre les résultats du premier questionnaire (QCM) et du questionnaire SFC, nous avons conservé la totalité des participants tout-venant.

L'objectif de la première analyse de variance était de déterminer si l'expertise et la nature de l'expertise des participants ont une influence sur le nombre d'éléments cités relatifs aux pôles systémiques (structure, fonction et comportements) suite à une question générale et suite à des questions de précision si l'expérimentateur estime que le participant peut préciser sa première réponse (phase A et B du questionnaire). Puis nous avons regardé l'effet de l'expertise et des catégories du questionnaire sur le nombre d'éléments systémiques cités par les participants. Nous avons réalisé ensuite une ANOVA afin de déterminer l'influence de l'expertise sur le nombre d'éléments cités relatifs aux pôles systémiques (structure, fonction et comportements) suite aux quinze questions ouvertes de la phase C du questionnaire, c'est à dire lorsque la formulation des questions guide les participants à répondre soit en termes de « structures », de « fonctions » ou de « comportements ». Enfin, des corrélations ont été effectuées dans le but de montrer un lien entre le nombre de connaissances que les participants ont en mémoire (QCM) et le nombre de « structures », de « fonctions » et de « comportements » cités lors de leurs réponses à la phase C du questionnaire SFC.

II.3.3.1 Ré-échantillonnage

En raison du nombre plus important de participants dans le groupe de tout-venant (190) par rapport aux deux groupes d'experts (34 viticulteurs et 35 biologistes), le plan des ANOVAs était déséquilibré. Dans le but de rééquilibrer le plan, nous avons procédé à un ré-échantillonnage des adultes tout-venant pour équilibrer la taille de ce groupe avec celui des biologistes et des viticulteurs. Nous avons donc réduit de façon aléatoire notre échantillon initial à 40 individus tout-venant.

Nous nous sommes assuré à l'aide d'un t de Student que les participants conservés étaient équivalents aux participants écartés de la suite des analyses. Cette analyse indique une différence non significative, $t(190) = 1.04$, $p = .29$. Afin de nous assurer que cette absence de différence n'était pas liée à un manque de puissance, nous avons calculé la taille de l'effet lié à cette différence ($d = .17$) qui peut être considérée comme faible selon la hiérarchie de Cohen (1988). Ces résultats indiquent que seuls des échantillons de très grandes tailles (470 participants par groupe) permettraient de mettre une différence significative en évidence. Dès lors, nous considérerons que l'absence d'effet n'est pas liée à un problème de puissance.

II.3.3.2 Effet de l'expertise sur le nombre de « structures », de « fonctions » et de « comportements » cités suite à la question générale (phase A)

Dans un premier temps, nous avons étudié le nombre d'éléments des trois pôles (structure, fonction, comportement) que les trois groupes de participants énumèrent en réponse à une question très générale sur la vigne et son environnement. Nous avons pris en compte les réponses des participants à la question ouverte de la phase A (« Quelles sont les conditions nécessaires pour que la vigne soit productive ? ») et aux éventuelles questions de précision de la phase B. Nous prédisons un effet de l'expertise, un effet de la variable Pôle et une interaction Expertise \times Pôle.

Pour tester ces *prédictions* (1a, 2 et 3), nous avons réalisé une ANOVA par participant sur le nombre d'éléments cités pour la première question (parties A et B du questionnaire) avec l'expertise des participants (E_3 , 3 niveaux : tout-venant, viticulteurs, biologistes) et le facteur Pôle (P_3 , 3 niveaux : structures, fonctions, comportements) selon le plan : $\underline{S} < E_3 > * P_3$.

Cette analyse révèle un effet significatif de l'expertise sur le nombre d'éléments cités, $F(2, 106) = 8.10$, $CME = 18.58$, $\eta^2_P = .13$, $p < .001$. Afin de déterminer les groupes entre

lesquels la différence était significative, nous avons réalisé des comparaisons planifiées orthogonales. Ces analyses montrent que les experts (respectivement $M = 5.12$, $\sigma = 3.16$ et $M = 4.27$, $\sigma = 2.55$ pour les biologistes et les viticulteurs) citent significativement plus d'éléments de pôles que les tout-venant ($M = 2.84$, $\sigma = 1.63$), $F(1, 106) = 14.1$, $p < .001$, et que les viticulteurs citent significativement moins d'éléments que les biologistes, $F(1, 106) = 2$, $p = .015$.

Nous observons également un effet principal du facteur Pôle, $F(2, 212) = 294.3$, $CME = 4.6$, $\eta^2_P = .735$, $p < .001$. Afin de déterminer s'il existe une distinction entre les pôles, nous avons effectué des comparaisons planifiées. La première comparaison a mis en évidence que les participants énumèrent plus de « structures » ($M = 8.16$, $\sigma = 4.45$) que de « fonctions » ($M = 2.01$, $\sigma = 2.61$) et de « comportements » ($M = 1.99$, $\sigma = 2.08$), $F(1,106) = 342.6$, $p < .001$. Par contre, le nombre de « fonctions » et de « comportements » ne diffèrent pas significativement entre eux, $F(1,106) = .425$, $p = .52$.

Enfin, nous observons une interaction entre les facteurs Expertise \times Pôle, $F(4, 212) = 5.48$, $CME = 4.6$, $\eta^2_P = .092$, $p < .001$. Afin de déterminer si l'interaction observée était liée à une différence moins importante entre les différents groupes pour le pôle « fonction » que pour le pôle « comportement », nous avons réalisé une comparaison planifiée contrastant les experts par rapport aux tout-venant pour les pôles « fonctions » et « comportements ». Ces analyses montrent que la différence entre les tout-venant et les experts est équivalente entre les « fonctions » et les « comportements », $F(1,106) = .5$, $p = .48$. Cependant, la différence entre les biologistes et les viticulteurs est moins marquée pour les « comportements » que pour les « fonctions » de la vigne, $F(1,106) = 17.99$, $p < .001$. Les biologistes citent plus d'éléments « fonctions » que de « comportements », le patron inverse est observé pour les viticulteurs.

Le tableau 6 présente les moyennes et écart-types du nombre d'éléments de pôles cités (structures, fonctions et comportements) en fonction de l'expertise.

Tableau 6

Moyennes (écart-types) du nombre d'éléments des pôles cités (structures, fonctions et comportements) en fonction de l'expertise aux deux premières parties (A et B) du questionnaire SFC (TV = tout-venant, VITI = viticulteurs, BIO = biologistes).

Pôle	Expertise		
	TV	VITI	BIO
Structures	5.97 (3.48)	8.82 (4.75)	9.68 (4.33)
Fonctions	1.25 (1.33)	1.67 (2.02)	3.34 (3.6)
Comportements	1.3 (1.48)	2.32 (2.18)	2.34 (2.4)

Nous avons pu observer un effet significatif de l'expertise sur le nombre d'éléments cités. Les adultes tout-venant citent moins d'éléments de pôles que les experts. En effet, ils ne possèdent pas de connaissances pratiques et théoriques spécifiques au domaine de la vigne. Les experts diffèrent également entre eux. Les biologistes citent plus d'éléments de pôles que les viticulteurs, ce qui peut s'expliquer par le fait que les biologistes possèdent des connaissances plus précises. Ils sont capables à la fois de faire référence aux phénomènes et structures non visibles du système, mais aussi aux éléments observables (Hmelo-Silver, Marathe & Liu, 2007 ; Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004).

Comme nous le prédisions, le nombre de « structures » citées est significativement plus grand que le nombre de « fonctions » et de « comportements ». Ces résultats confirment ceux observés par Hmelo-Silver et Pfeffer (2004). Les structures de la vigne et de son écosystème sont nombreuses et sont de l'ordre de l'observable pour certaines (feuilles, soleil, branches...) et de l'inobservable pour les autres (sels minéraux, cellules, sève...). D'autant plus, que, contrairement au système de l'aquarium, système peu ouvert sur l'extérieur, la

vigne est un système totalement ouvert sur son environnement, ce qui rend impossible une quantification exhaustive de ces composants. De plus, comme le mentionnaient Hmelo-Silver et Pfeffer (2004 ; Hmelo-Silver, Marathe & Liu, 2007), les « structures » sont plus saillantes que les « fonctions » et sont plus accessibles au niveau cognitif que les « fonctions » et les « comportements » qui sont moins cités par les participants. Les « fonctions » sont souvent inobservables et nécessitent une production d'inférences de la part des participants. Enfin, l'énumération de « comportements » par les participants suppose que ces derniers ont une vision globale du système et considèrent sa finalité (produire du raisin, survie par exemple).

II.3.3.3 Effet des variables Expertise et Catégorie du questionnaire sur le nombre d'éléments systémiques cités aux quinze questions (phase C)

Nous nous sommes intéressés au nombre d'éléments relevant à la fois des « structures », des « fonctions » et des « comportements » cités par les participants selon les catégories et leur expertise. Le but de cette analyse était de vérifier, comme pour l'expérience précédente (QCM), que les réponses des participants ne se distribuent pas de façon identique quelle que soit la catégorie de la question posée. Selon la nature des catégories, les participants ne devraient pas citer le même nombre d'éléments. Nous nous attendons à ce que les catégories « croissance » et « environnement » amènent les participants à mentionner plus d'éléments systémiques que les autres catégories. De plus, la catégorie « environnement » devrait amener les participants à citer plus d'éléments que la catégorie « croissance ».

Nous avons additionné ici le nombre de « structures », de « fonctions » et de « comportements » différents cités par les participants en réponses aux trois questions de chacune des cinq catégories. Nous avons réalisé une ANOVA avec l'expertise (E_3 , 3 niveaux : tout-venant, viticulteurs, biologistes) et les catégories (C_5 , cinq niveaux : croissance, respiration/nutrition, maladie/mort, reproduction et environnement), sur les réponses issues

des 15 questions de la partie C du questionnaire SFC. L'ANOVA a été réalisée par participant : $\underline{S} < E_3 > * C_5$.

Comme dans l'analyse précédente, nous observons un effet principal du facteur Expertise sur le nombre d'éléments cités, $F(2, 106) = 15.5$, $CME = 206.6$, $\eta^2_P = .22$, $p < .001$. Afin de déterminer les groupes de participants entre lesquels la différence était significative, nous avons réalisé des comparaisons planifiées orthogonales. Les tout-venant citent moins d'éléments ($M = 9.81$, $\sigma = 4.3$) que les experts ($M = 15.31$, $\sigma = 7.23$ et $M = 17.87$, $\sigma = 7.54$ respectivement pour les viticulteurs et les biologistes), $F(1, 106) = 28.1$, $p < .001$, lesquels ne diffèrent pas entre eux, $F(1, 106) = 2.72$, $p = .101$.

Nous observons également un effet principal du facteur Catégorie du questionnaire, $F(4, 424) = 42.03$, $CME = 30.4$, $\eta^2_P = .28$, $p < .001$. Afin de déterminer s'il existe une distinction entre les catégories perceptives (croissance et environnement) et les catégories non perceptives (nutrition/respiration, maladie/mort et reproduction), nous avons effectué une comparaison planifiée. Celle-ci a mis en évidence que les participants citent plus d'éléments dans les catégories perceptives ($M = 15.44$, $\sigma = 7.81$ et $M = 18.18$, $\sigma = 10.55$ respectivement croissance et environnement) que dans les catégories non perceptives (respectivement, respiration/nutrition : $M = 11.02$, $\sigma = 7.52$, maladie/mort : $M = 16.56$, $\sigma = 10.07$, reproduction : $M = 10.43$, $\sigma = 7.44$, $F(1, 106) = 79.37$, $p < .001$. De plus, davantage d'éléments sont cités pour la catégorie « environnement » que pour la catégorie « croissance », $F(1, 106) = 11.51$, $p < .001$.

Le tableau 7 présente les moyennes et écart-types du nombre d'éléments cités pour chaque catégorie en fonction de l'expertise.

Tableau 7

Moyennes (écart-types) du nombre d'éléments cités pour chaque catégorie en fonction de l'expertise aux 15 questions de la partie C du questionnaire (TV = tout-venant, VITI = viticulteurs, BIO = biologistes).

Catégorie	Expertise		
	TV	VITI	BIO
Nutrition/Respiration	7.22 (3.16)	11.14 (7.5)	14.71 (9.09)
Maladie/mort	10.57 (6.76)	17.41 (9.33)	21.71 (10.74)
Reproduction	6.72 (3.84)	11.55 (7.88)	13.02 (8.6)
Croissance	12.02 (5.82)	16.76 (8.59)	17.54 (7.96)
Environnement	12.52 (6.77)	19.67 (12.17)	22.34 (9.9)

En résumé, cette analyse a mis en évidence un effet de l'expertise sur le nombre d'éléments cités par les participants (*prédiction 1*). Les adultes tout-venant citent moins d'éléments que les experts. Les résultats n'indiquent pas de différence qualitative dans les réponses entre les deux groupes d'experts. La *prédiction 4* selon laquelle l'accès direct aux informations relatives aux catégories « croissance » et « environnement » amène les participants à citer plus d'éléments de pôles systémiques, est confirmée. Le fait que ces deux catégories renvoient davantage que les trois autres à des phénomènes et processus observables facilite la production d'un plus grand nombre d'éléments de la part des participants sur ces deux thèmes. De plus, la catégorie « environnement » est la catégorie pour laquelle les participants citent le plus d'éléments. Etant donné que l'environnement de la vigne est similaire à l'environnement de l'homme, il paraît plus aisé pour les participants de mentionner des connaissances relatives aux « structures », aux « fonctions » et aux « comportements » relatifs à cette catégorie.

II.3.3.4 Effet de l'expertise sur le nombre de « structures », de « fonctions » et de « comportements » cités suite aux quinze questions

Afin de tester nos *prédictions 1b, 2 et 3*, selon lesquelles nous devrions observer un effet de l'expertise, un effet de la variable Pôle et une interaction Expertise × Pôle, nous avons étudié le nombre d'éléments cités pour les trois pôles (structures, fonctions et comportements) par les participants en réponse aux quinze questions semi-dirigées de la phase C du questionnaire. Nous avons réalisé une ANOVA avec l'Expertise (E_3 , trois niveaux : tout-venant, viticulteurs, biologistes) et la variable Pôle (P_3 , 3 niveaux : structures, fonctions, comportements). L'analyse de variance a été réalisée par participants : $\underline{S} < E_3 > * P_3$.

Nous observons un effet principal du facteur Expertise sur le nombre d'éléments de chaque pôle systématique cités, $F(2, 106) = 13.04$, $CME = 359.3$, $\eta^2_P = .19$, $p < .001$. Afin de déterminer les groupes entre lesquels la différence était significative, nous avons réalisé des comparaisons planifiées orthogonales. La première comparaison met en évidence que les tout-venant citent moins d'éléments de pôles ($M = 16.46$, $\sigma = 7.11$) que les experts ($M = 25.07$, $\sigma = 12.85$ et $M = 29.04$, $\sigma = 12.45$ respectivement pour les viticulteurs et les biologistes), $F(1, 106) = 23.7$, $p < .001$. Cependant, la différence entre le nombre d'éléments cités par les viticulteurs et par les biologistes est quant à elle non significative, $F(1, 106) = 2.74$, $p = .10$. Afin de nous assurer que cette absence de différence n'est pas liée à un manque de puissance, nous avons calculé la taille de l'effet ($d = .22$) qui peut être considérée comme faible selon la hiérarchie de Cohen (1988). Cependant, ces résultats indiquent que seuls des échantillons de très grandes tailles (170 participants par groupe) permettraient de mettre une différence significative en évidence. Dès lors, nous considérerons que l'absence d'effet n'est pas liée à un problème de puissance.

Nous observons également un effet principal du facteur Pôle, $F(2, 212) = 441.13$, $CME = 52.6$, $\eta^2_p = .83$, $p < .001$. Afin de déterminer s'il existe une différence entre le nombre d'éléments cités au pôle structure et aux deux autres pôles (fonctions et comportements), nous avons effectué une comparaison planifiée. Celle-ci met en évidence que les participants citent plus de « structures » ($M = 40.4$, $\sigma = 16.69$) que de « comportements » ($M = 15.77$, $\sigma = 9.08$) et de « fonctions » ($M = 14.4$, $\sigma = 10.08$), $F(1, 106) = 502.7$, $p < .001$. En outre, la différence entre le nombre d'éléments cités pour les « fonctions » et pour les « comportements » est significative, $F(1, 106) = 7.67$, $p < .01$. Les « comportements » sont plus mentionnés par les participants que les « fonctions ».

De plus, nous observons une interaction entre les facteurs Expertise \times Pôle, $F(4, 212) = 14.66$, $CME = 52.6$, $\eta^2_p = .21$, $p < .001$. Afin de déterminer si l'interaction observée était liée à une différence moins importante entre les différents groupes pour les éléments cités au pôle « fonction » par rapport aux éléments cités au pôle « comportement », nous avons réalisé une comparaison planifiée contrastant les viticulteurs et les biologistes pour le nombre d'éléments cités au pôle « fonction » par rapport aux éléments cités au pôle « comportement ». Cette analyse révèle que les viticulteurs citent davantage de « comportements » que de « fonctions » alors que les biologistes citent significativement plus de « fonctions » que de « comportements », $F(1, 106) = 95.22$, $p < .001$.

Le tableau 8 présente les moyennes et écart-types des éléments de pôles cités (structures, fonctions et comportements) en fonction de l'expertise.

Tableau 8

Moyennes (écart-types) d'éléments de pôles cités (structures, fonctions et comportements) à la partie C du questionnaire en fonction de l'expertise (TV = tout-venant, VITI = viticulteurs, BIO = biologistes).

Pôle	Expertise		
	TV	VITI	BIO
Structures	29.32 (12.05)	42.35 (20.78)	49.54 (20.3)
Fonctions	8.12 (4.86)	13.35 (8.5)	21.74 (11.1)
Comportements	11.95 (5.72)	19.5 (11.99)	15.86 (7.32)

En résumé, cette dernière analyse des réponses des participants aux quinze questions semi-dirigées du questionnaire a mis en évidence l'influence de l'expertise (*prédiction 1b*) entre les tout-venant et les experts, néanmoins, nous n'observons pas de différence entre les deux groupes d'experts. Ils citent le même nombre d'éléments. L'effet principal du facteur Pôle (*prédiction 2*) indique que les participants citent plus de « structures » que de « fonctions » et que de « comportements », et contrairement à l'analyse effectuée à la sous-section II.3.3.2 sur les réponses des participants à une question générale, nous observons une différence entre le nombre de « comportements » cités et le nombre de « fonctions ». Les « structures » étant les composantes du système les plus saillantes (Evans, 1984 ; Hmelo-Silver, Marathe & Liu, 2007 ; Hmelo-Silver & Pfeffer, 2007 ; Johnson-Laird, 1983), les participants les citent plus que les « fonctions » et les « comportements ». De plus, les participants mentionnent plus les aspects comportementaux de la vigne que les aspects fonctionnels. Enfin, l'interaction observée est de même nature que celle observée plus haut (II.3.3.2). Elle confirme le fait que, même si les experts ne se différencient pas sur le nombre total d'éléments cités, la proportion de « structures », de « fonctions » et de « comportements » diffère. Hormis les « structures » de la vigne, les biologistes mentionnent

l'aspect fonctionnel du système, alors que les viticulteurs font davantage référence aux aspects comportementaux.

Les résultats de cette analyse sont similaires aux résultats de la première analyse relative aux phases A et B du questionnaire. Ainsi, même si la phase C du questionnaire (quinze questions) fut construite dans le but d'amener les participants à mentionner à la fois des « structures », des « fonctions » et des « comportements », ils gardent le même profil de réponse que lors d'une réponse ouverte générale. En d'autres termes, ils citent majoritairement des structures et ne développent par pour autant les aspects fonctionnels et comportementaux de la vigne.

II.3.3.5 Analyses du discours

II.3.3.5.1 *Analyse standard*

La double classification descendante hiérarchique, faisant des scissions de corpus pas à pas afin d'en dégager les différentes classes, montre que le logiciel ALCESTE a découpé le corpus en 1901 unités de contexte élémentaires (UCE). Parmi ces 1901 UCE, il en a classé 1539, soit 81%. Afin de décrire les futurs résultats, ALCESTE se base sur ces 81% retenus et fait apparaître 5 classes stables. Le plan de l'analyse standard a été mené en conservant le paramétrage par défaut et est présenté en annexe 7. Les classes 1, 4 et 5 sont les plus caractéristiques, alors que la séparation des classes 2 et 3 suggère un lexique commun comme nous l'indique la figure 7.

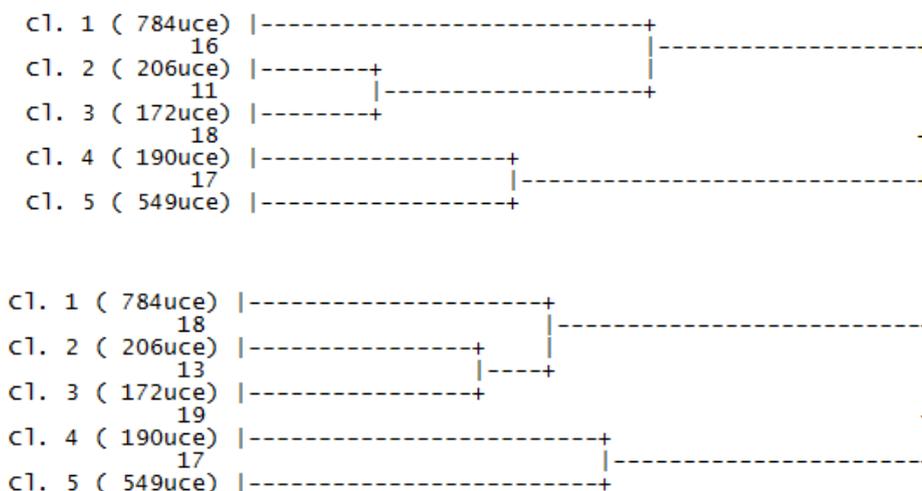


Figure 7. Les arbres des deux classifications descendantes hiérarchiques à l'analyse standard.

Les 5 classes sont toutes de bonnes dimensions (de 9% pour la classe 3 à 41% pour la classe 1), mais leurs tailles sont inégales (nombre d'unités élémentaires). Nous allons les détailler ci-dessous, l'ordre de présentation sera déterminé selon leur distance par rapport aux autres classes (les classes les plus caractéristiques du discours (*cf.* figure 7), seront présentées en premier). Pour chacune des classes, nous présenterons d'abord la liste des mots les plus représentatifs de la classe (sélection réalisée par le logiciel selon un critère de χ^2 , obtenue à la suite d'une classification ascendante hiérarchique au sein de chaque classe), puis nous regarderons le réseau du mot le plus caractéristique de la classe. Ces deux approches permettront à la fois de porter une attention à un niveau global des classes et de pouvoir observer les similitudes et les différences entre elles, mais aussi avoir une vue spécifique au sein de chaque classe.

La classe 1 regroupe 784 unités élémentaires (UE), soit 41% des UE retenues par ALCESTE pour stabiliser les classes, et est constituée majoritairement par le discours des tout-venant. Les termes sont centrés autour des mots tels que « taille », « fils », « régulier », « occuper », « travail », « engrais », « récolte »... La thématique de cette classe concerne ce qui est relatif à l'intervention de l'homme sur la vigne pour aider la croissance du végétal

(l'homme taille la vigne, pose des fils afin de guider la croissance des branches, met de l'engrais...). Le réseau de la forme « tailler » est le plus représentatif de cette classe (cf. figure 8). Il montre la distance entre la forme « tailler » et les autres formes qui lui sont associées selon un critère de χ^2 .

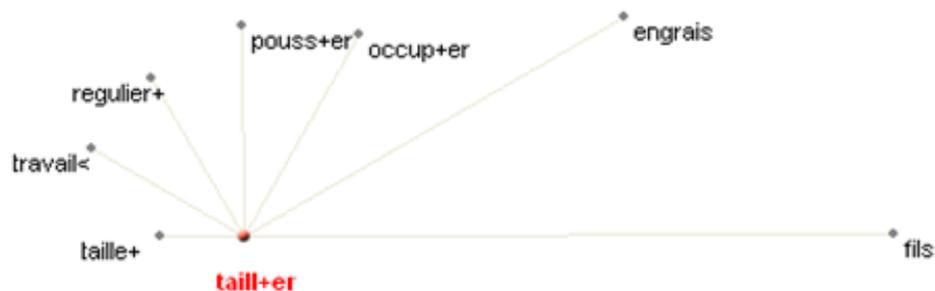


Figure 8. Réseau de la forme « tailler » de la classe 1.

Le dendrogramme de la classe fait cependant apparaître d'autres groupes de mots co-occurents tels que « engrais », « mettre », « intempérie ». Ce groupe de mots est relatif aux actions de l'homme pour favoriser la croissance de la vigne. Le groupe suivant montre que selon les réponses des participants, la croissance de la vigne est tributaire du climat et du lieu où celle-ci se développe (« arroser », « climat », « exposition », « pleuvoir », « pluie », « terrain »). Un autre groupe de mots montre l'importance que les participants accordent au travail de la vigne pour que la vigne produise de bons raisins qui vont permettre de faire du vin et du champagne : « travail », « pousser », « raisin », « vin », « champagne ». Ensuite, un groupe de mots se réfère au temps nécessaire pour obtenir une récolte de raisins. Enfin, les deux derniers groupes de mots représentent le travail fait par l'homme et le matériel qu'il utilise pour que la vigne puisse grandir proprement : « entretenu », « aligner », « branche », « attacher », « coteaux », « ligne » et « fils », « homme », « poteaux », « saison »,

« palissage », « étape ». L'intégralité du dendrogramme de cette classe est présentée en annexe 8.

La classe 4 regroupe 190 UE (10%). Le vocabulaire est axé autour de termes faisant référence à la reproduction du végétal : « fleur », « féconder », « pollen », « grain », « reproduction », « pépin », « graine », comme l'indique la figure 9.



Figure 9. Réseau de la forme « fleur » de la classe 4.

Le dendrogramme de cette classe, présenté en annexe 9, laisse apparaître 3 autres groupes de mots. L'un est axé autour des organes reproducteurs du végétal (« pollen », « ovule », « sexué », « mâle », « femelle », « étamine », « pistil »), les deux autres groupes de mots sont centrés autour du mot « graine » et décrivent les processus nécessaires à la reproduction du végétal. Il faut que la graine, ou le « pépin » se « forme » et « tombe », puis qu'elle soit transportée par le « vent » ou les « abeilles ».

La classe 5 regroupe 549 UE, soit 29%, et est constituée en majorité des discours des biologistes. Elle regroupe les termes faisant référence à la respiration et la nutrition de la

vigne : « racine », « eau », « oxygène », « sels minéraux », « puiser », « absorber », « sol », « carbone », « photosynthèse ».

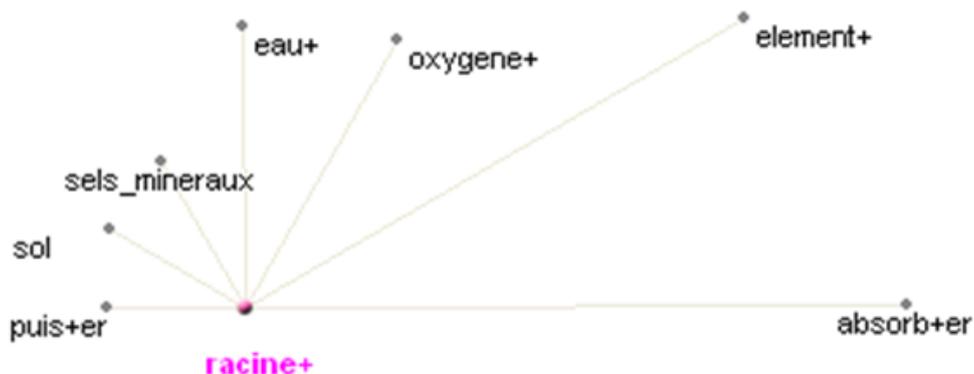


Figure 10. Réseau de la forme « racine » de la classe 5.

Le dendrogramme, présenté en annexe 10, laisse apparaître 7 autres groupes de mots au sein de cette classe. Nous allons exposer les 5 groupes les plus représentatifs de cette classe. Deux groupes de mots sont centrés sur la respiration du végétal (« oxygène », « gaz », « respirer », « rejeter », « dioxyde de carbone » et « carbone », « absorber », « air »), deux autres groupes sur la nutrition de la vigne (« eau », « soleil », « capter », « puiser », « sol », « minéral », et « potasse », « phosphore », « azote », « fertiliser »), un groupe de mots est spécifique à la photosynthèse (« énergie », « feuille », « lumière »).

Et enfin, *les classes 2 et 3* (respectivement avec 206 UE, soit 11% et 172 UE, soit 9%) ont deux thématiques proches : l'action de l'homme face à la maladie de la vigne (« pesticide, fongicide, bactéries, préventif, produits... »), présentée dans la figure 11, et les différentes maladies et leurs conséquences sur la vigne (« mourir », « champignon », « phylloxera », « défendre », « mildiou », « maladie », « grave »).

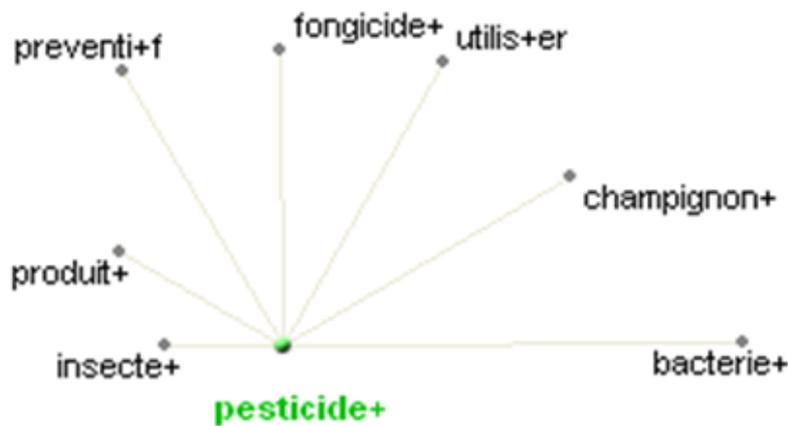


Figure 11. Réseau de la forme « pesticide » de la classe 2.

Les autres groupes de mots de la classe 2 qui apparaissent dans le dendrogramme présenté en annexe 11, sont centrés sur l'intervention extérieure de l'homme afin d'aider la vigne, sur les défenses naturelles de la vigne contre les parasites, la prévention et la surveillance du viticulteur, les bactéries qui attaquent la vigne et les traitements possibles contre celles-ci, et enfin, les différents produits utilisés par le viticulteur (« insecticide », « fongicide », « désherbant »).

La figure 12 représente la forme du réseau « mourir » de la classe 3, le groupe de mots le plus représentatif de cette classe. Les autres groupes de mots s'axent sur les causes possibles de maladie ou de mort de la vigne (« feu », « pollution », « grêle », « froid »), sur les maladies (« phylloxera », « mildiou », « propager », « esca ») et sur les conséquences d'infections (« infecter », « mort », « cellule », « pourriture »). L'intégralité du dendrogramme de cette classe est présentée en annexe 12.



Figure 12. Réseau de la forme « mourir » de la classe 3.

Enfin, l'analyse factorielle des correspondances, présentée en annexe 13, confirme les fortes caractéristiques des classes 4 et 5. La classe 4 qui est liée à la notion de reproduction a très peu de vocabulaire commun aux autres classes, de même pour la classe 5 relative à la respiration et à la nutrition de la vigne.

En somme, cette première analyse du corpus a mis en exergue les différentes catégories du questionnaire. En effet, le lexique de la classe 5 est relatif à la catégorie « nutrition/respiration », la classe 3 à la catégorie « maladie/mort », la classe 4 à la « reproduction ». Les classes 1 et 2 sont quant à elles moins représentatives d'une catégorie, mais de plusieurs catégories. La classe 1 fait à la fois mention de la croissance de la vigne mais avec l'intervention de l'homme pour lui permettre de s'épanouir. Et la classe 2 est relative à l'environnement de la vigne car elle se centre sur l'action du viticulteur qui aide le végétal à combattre la maladie.

II.3.3.5.2 Analyse en tri-croisé avec la variable Expertise

Lorsque sur le même corpus, nous réalisons une analyse en tri-croisé (croisement de la variable Expertise avec le corpus), nous obtenons trois classes, imposées par les modalités de la variable et ainsi chacune de ces classes est spécifique à un groupe de participants. Le plan de l'analyse est présenté en annexe 14. La classification descendante hiérarchique nous

indique que la classe représentant le discours des biologistes est la plus caractéristique car elle constitue au départ une classe à part entière alors que les classes des tout-venant et des viticulteurs sont des subdivisions de la seconde classe comme le montre la figure 13 ci-dessous.

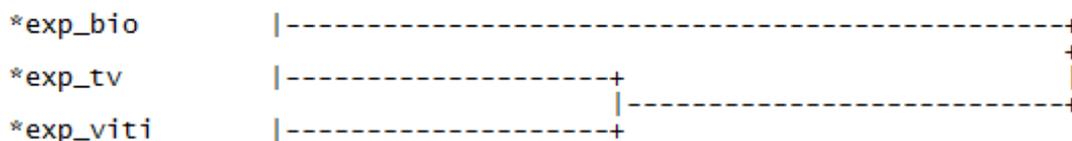


Figure 13. L'arbre de la classification ascendante hiérarchique à l'analyse en tri-croisé.

La classe des biologistes, est la plus caractéristique. Elle se sépare dès la première itération de l'algorithme de la classification. Elle regroupe 22% des UE, soit 518 unités élémentaires. Les termes de cette classe sont très scientifiques et rendent compte d'un apprentissage théorique : « pathogène », « cellule », « respiration », « molécules », « ovules », « énergie », « sels-minéraux », « dioxygène ». L'intégralité du dendrogramme de cette classe est présentée en annexe 15.

La classe des tout-venant représente 1357 UE, soit 68%. Les termes sont, en comparaison avec les biologistes, beaucoup plus centrés sur les éléments qui sont directement observables par l'homme : « terre », « soleil », « pluie », « branches », « raisin ». L'intégralité du dendrogramme de cette classe est présentée en annexe 16.

Et enfin, *la classe des viticulteurs* (483UE, 20%) regroupe des termes techniques et spécifiques au travail de la vigne et aux différents produits apportés par l'homme : « travail », « brin », « potasse », « produits phytosanitaires », « azote ». L'intégralité du dendrogramme de cette classe est présentée en annexe 17.

Les résultats nous indiquent que les différents groupes de participants ne font pas référence au même niveau structurel selon leur expertise. Les tout-venant mentionnent principalement des structures visibles (soleil, abeille, branche) donc saillantes, de la vigne et de son écosystème (Hmelo-Silver, Marathe & Liu, 2007 ; Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004 ; Johnson-Laird, 1983). Les viticulteurs ont quant à eux un vocabulaire faisant directement référence à leur travail et à la finalité économique de la viticulture (traitement, désherber, récolte). Enfin, les biologistes vont employer un vocabulaire faisant à la fois référence à des structures inobservables (molécule, cellule, énergie), mais aussi, et dans une moindre mesure, à des structures observables (tige, sarment).

Outre l'analyse des structures mentionnées par les participants, l'analyse du logiciel nous renseigne sur les verbes employés lors des réponses et permet d'observer les différentes fonctions citées. Les biologistes emploient de nombreux verbes afin d'expliquer le rôle des structures au sein du système de la vigne et de son environnement (capter, fabriquer, former, propager) tandis que les viticulteurs et les tout-venant emploient moins de verbes et principalement afin d'expliquer les fonctions du viticulteur sur la vigne (couper, attacher, tailler) ou pour expliquer des comportements, c'est-à-dire des résultats d'action sur la vigne (faner, mourir, tuer).

II.3.3.6 Relation entre connaissances et représentations systémiques

L'objectif de cette analyse était de mettre en évidence le fait que les participants auraient une triangulation systémique plus harmonieuse, c'est-à-dire lorsque que leurs représentations mentales intègrent à la fois des « structures », des « fonctions » et des « comportements » de la vigne, quand ils ont un nombre important de connaissances. Nous avons corrélé les résultats du premier questionnaire QCM aux résultats du questionnaire SFC. Nous avons effectué des corrélations de Bravais-Pearson (*cf.* tableau 9) entre le total des

réponses correctes obtenues au questionnaire relatif à la biologie végétale et le nombre de « structures », de « fonctions » et de « comportements » cités par les participants lors de l'ensemble du questionnaire SFC.

Tableau 9

Corrélations entre le nombre de réponses correctes au questionnaire QCM et le nombre d'éléments cités relatifs aux pôles systémiques du questionnaire SFC.

	Pôles systémiques		
	Structures	Fonctions	Comportements
QCM	0.42**	0.47**	0.27**

** pour $p < .01$

Conformément à la *prédiction 6*, le nombre de réponses correctes au questionnaire est corrélé positivement avec chacun des trois pôles. Nous remarquons que le nombre de réponses correctes au premier questionnaire a une corrélation forte ($r = .47$) avec le nombre de fonctions citées par les participants. Ce lien explique le fait que ce sont les biologistes qui ont eu le plus de réponses correctes au QCM, et qui ont cité le plus de fonctions lors des réponses aux quinze questions du questionnaire SFC. De plus, le score obtenu au QCM est lié au nombre de structures citées par les participants ($r = .42$) et dans une moindre mesure, au nombre de comportements cités ($r = .27$).

En somme, ces résultats indiquent que les scores obtenus au QCM sont liés au nombre d'éléments cités pour chacun des trois pôles systémiques. Cette relation est d'autant plus forte lorsqu'il s'agit du pôle fonctionnel.

II.4 DISCUSSION DE CETTE PREMIERE PHASE EXPERIMENTALE

Ces premiers résultats ont permis de mettre en évidence une influence de l'expertise des participants (*prédiction 1*) sur le nombre d'éléments cités à chaque pôle et sur le nombre d'éléments systémiques cités au sein des différentes catégories. L'expertise, acquise par la pratique ou par les enseignements, joue un rôle dans la représentation mentale systématique des participants : globalement, tous pôles confondus, les individus novices citent moins d'éléments que les deux groupes d'experts. Le nombre d'éléments de pôles cités ne diffère pas entre les deux groupes d'experts au niveau de leurs réponses aux quinze questions. Tous pôles confondus, les deux groupes d'experts citent autant d'éléments. Conformément à la *prédiction 2*, nous observons un effet du facteur Pôle. Les « structures », éléments saillants du système sont plus mentionnées dans les réponses des participants que les « fonctions » et les « comportements ». Cependant, il n'y a pas de différences significatives entre le nombre de « fonctions » citées et le nombre de « comportements » cités lors de la réponse à la question générale, mais suite aux réponses aux quinze questions (phase C du questionnaire), cette différence est significative (avec $p < .01$). Deux hypothèses sont dès lors possibles. La première est que la construction des quinze questions qui incitait les participants à répondre soit en termes de « structures », soit en termes de « fonctions » ou en termes de « comportements » du système a permis aux participants de mentionner plus les aspects fonctionnels et comportementaux dans des proportions différentes selon leur expertise. La seconde hypothèse porte sur le fait que lors de la réponse générale et des questions de précision (phases A et B), les participants produisaient une réponse relativement courte et très générale et n'expliquaient pas forcément les relations causales au sein du système.

Cependant pour les pôles fonctionnel et comportemental, nous observons des différences en fonction de l'expertise (*prédiction 3*). Comme les résultats de Hmelo-Silver et

Pfeffer (2004) l'indiquaient, les tout-venant n'ont pas une vision holistique du système. Leur compréhension de ce système est principalement basée sur les « structures » observables de la vigne, aspects les plus concrets et saillants du système. Cependant, leur profil de réponses en termes de pôles systémiques est similaire à celui des viticulteurs. Hormis des représentations axées sur l'aspect structurel visible du système, ces deux groupes centrent également leur compréhension sur les aspects comportementaux sans expliquer les causes inhérentes à ces « comportements » tandis que les biologistes ont conscience des différentes « fonctions » qui s'opèrent au sein du système de la vigne. Ils citent des « structures » du système non visibles et en termes scientifiques (molécules, organes) et explicitent les relations causales entre les « fonctions » et les « comportements » du système. Comme nous l'indiquent les deux analyses faites à l'aide du logiciel ALCESTE, les termes employés par les participants ne sont pas les mêmes en fonction de leur expertise et renseignent sur les caractéristiques de leur représentations (Chi, 2006). Les représentations des viticulteurs et des tout-venant semblent être plus concrètes. Ils utilisent un vocabulaire relatif aux « structures » visibles et superficielles (branches, sarment, soleil...) et aux comportements visibles de la vigne (production de raisin, mort) tandis que les biologistes ont des représentations plus abstraites. Ils prennent en considération des « structures » de différents niveaux hiérarchiques (macroscopique et microscopique) et expliquent les « fonctions » de ces structures au sein du système. Ainsi, ces caractéristiques discursives laissent suggérer des différences de profondeur entre les représentations des participants (Chi et al., 1981 ; Medin, Lynch, Coley & Atran, 1997). Les résultats des analyses de discours, en termes de niveau lexical employé et d'éléments systémiques, indiquent que les représentations mentales du système de la vigne seraient plus profondes chez les biologistes, c'est-à-dire qu'elles feraient référence à des aspects internes de la vigne (microstructures, relations causales, fonctions) et permettraient une compréhension globale du système, que chez les deux autres groupes de participants.

Hormis la thématique abordée dans les discours des viticulteurs (travail de l'homme sur la vigne et qualité du raisin) et des tout-venant (besoins de la vigne et travail du viticulteur), le lexique employé par ces deux populations ne nous permet pas de conclure à une différence de profondeur de leurs représentations du système.

Notons que, comme dans l'expérience précédente, nous avons un effet des catégories du questionnaire. Les catégories perceptives (croissance et environnement) amènent les participants à citer plus d'éléments de pôles systémiques que les catégories non perceptives (nutrition/respiration, maladie/mort et reproduction). La saillance des structures (soleil, viticulteurs, branche) et des comportements (augmentation des branches, de la taille) au sein de ces catégories perceptives permettent aux participants de prendre en considération plus d'éléments relatifs à ces catégories pour se représenter la vigne que d'éléments relatifs aux catégories non perceptives.

Nous avons modélisé graphiquement la triangulation systémique selon le codage SFC du discours des trois groupes de participants⁹ (*cf.* figure 14).

⁹ Représentation graphique des barycentres de la triangulation systémique pour chaque groupe de participants obtenus à partir de la moyenne d'éléments relatifs aux structures, aux fonctions et aux comportements cités lors des réponses aux questions pour chacun des groupes.

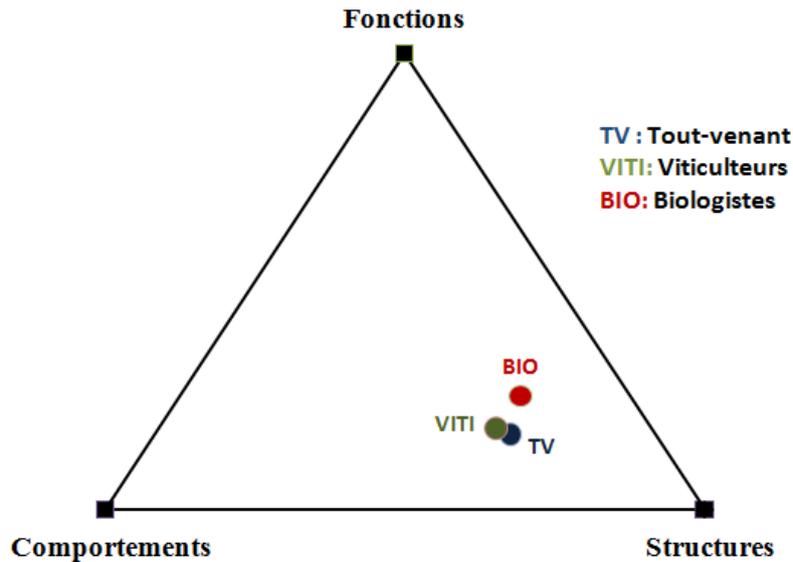


Figure 14. Représentation graphique du nombre moyen d'éléments cités pour chacun des pôles de la phase C du questionnaire pour chaque groupe de participants.

Cette représentation du système de la vigne selon la triangulation systématique de Le Moigne (2006) indique que même si les biologistes citent un nombre d'éléments globalement équivalent à celui cité par les viticulteurs, la répartition qualitative des éléments est différente : les représentations mentales des biologistes intègrent plus de « fonctions » que celles des autres groupes de participants.

Ces résultats expérimentaux nous permettent d'affirmer que l'expertise a une influence sur les représentations mentales des individus. Bien que les viticulteurs citent plus d'éléments relatifs aux pôles que les tout-venant, la répartition des éléments cités dans ces trois pôles est proche de la répartition observée pour les tout-venant. Les différences qualitatives se manifestent essentiellement entre les deux groupes d'experts plutôt qu'entre le groupe des tout-venant et celui des experts viticoles. Ces résultats permettent de supposer que l'expertise acquise à travers un enseignement théorique et donc scientifique a permis des changements conceptuels importants dans le domaine de la biologie végétale. Cependant, pour confirmer

cette interprétation, nous avons mis en place un troisième questionnaire. En effet, les corrélations, effectuées entre les résultats obtenus au premier questionnaire et le nombre d'éléments relatifs aux « structures », aux « fonctions » et aux « comportements » cités, montrent un lien significatif entre le nombre de connaissances en mémoire et la représentation mentale du système de la vigne en termes de triangulation systématique. Cependant, ces résultats pourraient aussi laisser suggérer que les viticulteurs et les tout-venant citent moins de « fonctions » car ils n'ont pas accès aux connaissances scientifiques que les biologistes peuvent avoir. Ainsi, la troisième expérience a pour objectif de montrer que les représentations des biologistes ne dépendent pas uniquement du nombre de connaissances en mémoire, mais sont le résultat de changements conceptuels profonds qui seraient à l'origine de l'organisation spécifique des biologistes.

**CHAPITRE III : TRIANGULATION SYSTEMIQUE ET ACCES
AUX CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES**

III.1 PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES GENERALES

Dans l'expérience précédente, nous avons réussi à contraster les participants (notamment les viticulteurs et les biologistes) à partir de leurs réponses en termes de « fonctions » (physiologie de la vigne) et de « comportements » (processus biologiques, équilibre, mort...). Cependant, nous voudrions savoir si cette différence entre les participants était la conséquence de représentations mentales différentes de la vigne au sein de son écosystème ou si elle pourrait être expliquée par les connaissances scientifiques que possèdent les individus. En effet, le questionnaire de connaissances générales en biologie végétale a montré que les biologistes possèdent plus de connaissances que les viticulteurs et que les deux groupes d'experts possèdent plus de connaissances que les tout-venant. Au vu de ces résultats, l'interprétation des données du questionnaire SFC pourrait se traduire par le fait que le nombre de connaissances scientifiques auxquelles ont accès les individus (en mémoire ou nouvelles connaissances) influencent leurs réponses en termes de triangulation systémique. Cependant, nous postulons que l'augmentation du nombre de connaissances sur un domaine permet des changements conceptuels spécifiques à ce domaine, ce qui engendre une réorganisation des connaissances. Nous voulons ici confirmer que la différence de représentations de la vigne (en termes d'organisation et de profondeur) entre les participants est le résultat d'un changement conceptuel chez les biologistes, et non pas directement la conséquence de l'augmentation de connaissances. Cette expérience a pour but, à la fois de confirmer les résultats du questionnaire SFC, à l'aide de questions ouvertes amenant, non pas des connaissances contextuelles, mais des productions d'inférences portant sur les conséquences face à des problèmes, mais aussi de proposer des informations scientifiques aux participants et d'évaluer l'effet de ces nouvelles informations sur leur profil de réponses. Si la représentation des participants ne dépend pas directement des connaissances acquises par les

individus, mais bien de changements plus profonds dus à cette augmentation de connaissances, alors nous devrions obtenir le même profil de réponses, en termes de « fonctions » et de « comportements » du système de la vigne, que nous avons obtenu au questionnaire SFC. Nous supposons ainsi que l'expertise des participants aura un effet sur les inférences produites relatives aux problèmes posés sur le système de la vigne.

Nous avons vu dans l'expérience précédente la prépondérance des « structures » du système de la vigne et de son environnement dans le discours des participants, et ce, indépendamment de leur expertise. Ce qui différenciait significativement les experts était le nombre d'éléments cités relatifs aux pôles « fonction » et « comportement ». C'est pourquoi dans cette expérience, nous nous sommes spécifiquement intéressés aux pôles fonctionnel et comportemental de la triangulation systémique. Nous pensons que ce qui distingue les représentations mentales des experts ayant reçu un apprentissage théorique de celles des individus des deux autres groupes ne réside pas uniquement dans le nombre de connaissances en mémoire ou d'une plus grande facilité d'accès à ces connaissances, mais bien dans des modifications organisationnelles des structures de connaissances. Par conséquent, nous formulons l'hypothèse selon laquelle le fait de donner accès à des connaissances n'influencera pas la distribution des réponses des participants entre les pôles systémiques (fonctionnel et comportemental). Ainsi, nous devrions retrouver le même type de réponses suite aux questions ouvertes chez nos trois groupes de participants que dans l'expérience SFC, mais aussi dans le choix de classement des propositions liées aux problèmes posés. En effet, nous devrions retrouver une prépondérance des « comportements » dans le choix des viticulteurs et des tout-venant, alors que les biologistes devraient choisir préférentiellement les « fonctions ».

La physiologie est le fonctionnement normal de la vigne, mais aussi la réponse de la vigne aux fluctuations environnementales, une conséquence directe (comment la vigne réagit,

quelles fonctions met-elle en œuvre pour s'adapter à son environnement), le comportement, quant à lui, est le résultat du problème, la conséquence finale (la vigne meurt, la récolte du raisin sera nulle...). Chaque élément de la vigne (feuilles, racines...) a une ou des fonction(s) physiologique(s) précise(s).

Nous avons fait l'hypothèse que les viticulteurs répondront plus en termes de comportements parce qu'ils sont intéressés par la récolte (quantité de raisin, qualité du raisin...). En effet, c'est grâce aux récoltes que les viticulteurs vont pouvoir vivre de la vigne en faisant du champagne. Les biologistes devraient quant à eux s'intéresser davantage à la physiologie puisque leur profession et leur formation les amènent à s'interroger sur les différents mécanismes qui s'opèrent chez le végétal par exemple, comment la vigne va réagir face à la sécheresse pour vivre ou survivre.

A cette fin, une fois les problèmes énoncés, six propositions sont présentées au participant. Trois font référence aux fonctions (ce qui se passe dans la vigne face au problème posé) et trois font référence aux comportements (résultat du problème), et un distracteur (c'est-à-dire, une proposition fautive sans lien avec le problème posé). Excepté pour le distracteur, chaque proposition est vraie et probable suite au problème énoncé. Nous allons nous intéresser à l'ordre d'importance que les participants vont attribuer à chaque proposition. Les biologistes devraient donc choisir préférentiellement les réponses « fonctions » et les viticulteurs les réponses « comportements ». Les tout-venant devraient également plus choisir les réponses « comportement » (et distracteur) car cela fait plus référence à ce qui est de l'ordre de l'observable (aspect général de la vigne, récolte).

III.2 METHODOLOGIE

III.2.1 Participants

Cent seize adultes, répartis en trois groupes selon leur expertise en biologie, ont été soumis à ce questionnaire. Ces participants étaient différents de ceux des deux expériences précédentes, mais ont été recrutés selon les mêmes critères d'inclusion. Le premier groupe comprenait 42 tout-venant (22 hommes et 20 femmes ; âge moyen : 30 ans, étendue : 18 ans à 58 ans, écart-type : 9.9). Ni leurs études, ni leur profession n'étaient en relation avec la biologie. Pour seize d'entre eux, le diplôme le plus élevé était le baccalauréat ou moins (BEPC, BEP, CAP, Baccalauréat), 26 avaient un niveau d'études compris entre le bac + 1 et le bac + 8 (études universitaires, écoles privées ou BTS). Le deuxième groupe était composé de 38 adultes viticulteurs et/ou vignerons (25 hommes et 13 femmes ; âge moyen : 42 ans et 6 mois, étendue : 24 ans à 63 ans, écart-type : 8) dont l'activité principale était en rapport direct avec la vigne. Trente trois travaillaient à leur propre compte, cinq pour un exploitant. Ils participaient à toutes les étapes relatives à la viticulture (traiter, tailler, palisser ou encore vendanger la vigne). Vingt et un avaient un niveau d'études inférieur ou équivalent au baccalauréat (CAPA, BEPA, BEPC...), et 17 avaient un niveau supérieur au baccalauréat (études universitaires, écoles privées ou BTS). Le troisième groupe rassemblait 36 biologistes (19 hommes et 17 femmes ; âge moyen : 35 ans et 6 mois, étendue : 23 ans à 57 ans, écart-type : 9.9) qui avaient au minimum réussi leur première année de Master en biologie. Quatre d'entre eux étaient encore étudiants en deuxième année de Master, les 32 autres biologistes travaillaient comme maître de conférences ou professeurs en biologie, ingénieurs de recherche pour des entreprises agricoles, chercheurs, ou encore doctorants.

La répartition de l'ensemble des participants selon le groupe, le sexe, le niveau d'études et l'âge est résumée dans le tableau 10.

Tableau 10

Répartition des participants selon le groupe, le sexe, le niveau d'études et l'âge (TV = tout-venant, VITI = viticulteurs, BIO = biologistes).

Groupe	Total	Sexe		Niveau d'études		Âge moyen
		Hommes	Femmes	≤ Bac	> Bac	
TV	42	22	20	16	26	30
VITI	38	25	13	21	17	42
BIO	36	19	17	0	36	35

Les participants étaient tous des volontaires contactés par le bouche à oreille ou directement sur leur lieu de travail ou d'étude. La majorité des participants étaient de la région Champagne-Ardenne et de ses environs. Dans le respect des règles éthiques du Traité de Helsinki, chaque participant a donné son consentement libre et éclairé.

III.2.2 Matériel

Une feuille de consentement libre et éclairé, était présentée au participant. Sur ce document étaient rappelées les règles de confidentialité et d'anonymat des données. L'annexe 18 présente la feuille d'introduction et de consentement à l'étude présentée aux participants. Les participants avaient également accès à une adresse mail afin de pouvoir se retirer de l'étude le cas échéant ou pour contacter l'expérimentateur afin d'avoir des informations supplémentaires sur l'étude.

Les quatre problèmes étaient présentés sur papier. Chaque problème était relatif à un événement pouvant intervenir dans l'environnement de la vigne : l'abandon de la parcelle de vigne par le viticulteur, une maladie (le mildiou) qui attaque la vigne, une sécheresse durant l'été qui détériore la terre, et une gelée de printemps. A chaque problème, correspondait une question ouverte et six propositions relatives aux conséquences possibles du problème posé et une proposition dite « distracteur ». La fonction de la proposition « distracteur » était de

différencier les participants sur leur jugement de probabilité d'apparition de la conséquence proposée. Trois propositions faisaient référence à des comportements, trois autres à des fonctions et une proposition était un distracteur. La figure 15 ci-dessous présente l'architecture des quatre problèmes.

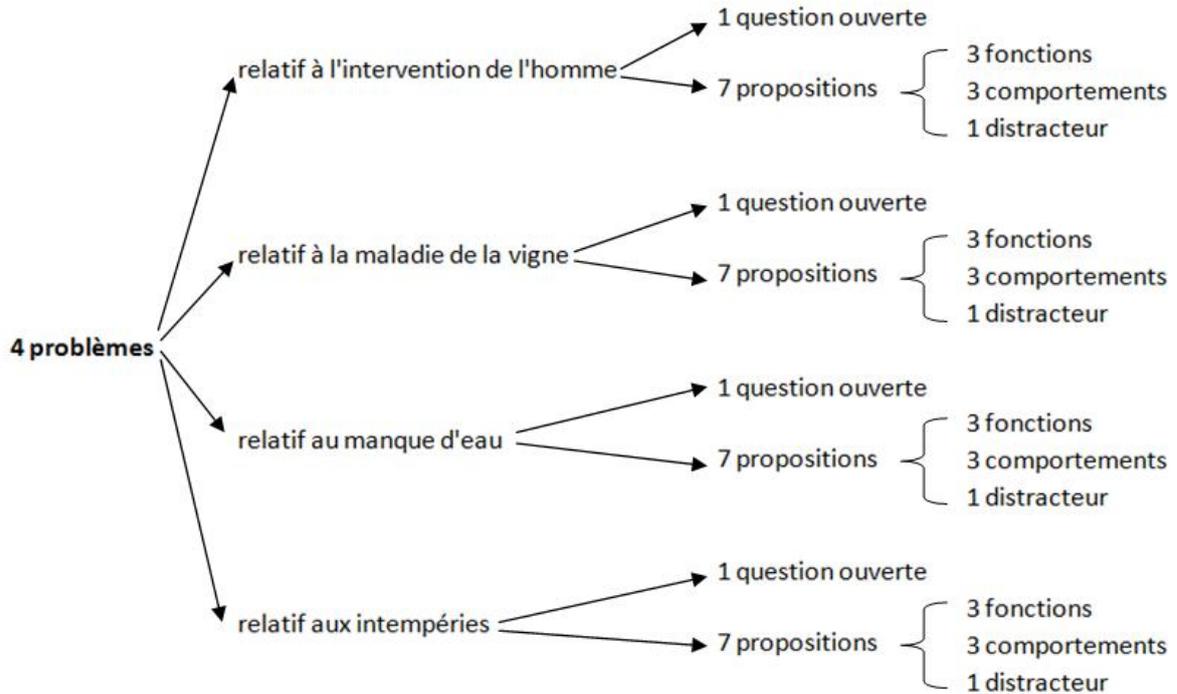


Figure 15. Architecture des quatre résolutions de problèmes.

Par exemple, pour le problème relatif au climat, l'énoncé était le suivant :

« Au début du printemps, après quelques jours de temps chaud et ensoleillé, il se produit des gelées de printemps, les gelées noires. »

La question ouverte était : « Selon vous, après cette gelée, que se passe-t-il au niveau de la parcelle de vigne cultivée sur ces terres ? »

Les trois propositions relatives aux fonctions étaient les suivantes : « les organes de la vigne qui ont gelé noircissent et se flétrissent », « la sève qui montait au sarment (branches) est

stoppée par la gelée », et « après la gelée, la sève remonte dans quelques sarments (branches) qui ont résisté au gel ».

Les trois propositions relatives aux comportements étaient les suivantes : « la vigne produit un raisin de moins bonne qualité », « les jeunes pieds de vigne meurent » et « la vigne qui a gelé donne une seconde génération de sarments (branches) sans fruit ».

Et enfin, le distracteur était : « la vigne va se développer plus vite après la gelée ».

L'annexe 19 présente l'intégralité du matériel et les consignes de ce troisième entretien.

L'ordre de présentation des quatre problèmes et des sept propositions pour chacun d'entre eux était contrebalancé. Les distracteurs représentaient des propositions improbables suite au problème posé, soit faux, soit n'ayant aucune relation de cause à effet.

Ce questionnaire a fait l'objet d'un prétest. Nous avons pris 14 participants (six tout-venant, 5 viticulteurs et 3 biologistes). En fonction des résultats obtenus et des difficultés des participants à répondre aux questions et afin de vérifier les propositions (probables vs. improbables et fonctionnelle vs. comportementale), nous avons pris contact avec deux experts en biologie de la vigne à l'INRA de Colmar¹⁰ et à l'université de Reims Champagne-Ardenne¹¹. Certains énoncés ont été modifiés afin d'être moins ambigus et plus compréhensibles pour les participants.

Enfin, le questionnaire de connaissances générales en biologie végétale (QCM) et le questionnaire SFC étaient identiques à ceux présentés respectivement dans les sections II.2.2 (p. 78) et II.3.2 (p. 100).

¹⁰ Pr. Charles Greif de l'Unité Mixte de Recherche Santé de la Vigne et Qualité du vin à Colmar.

¹¹ Pr. Christophe Clément, directeur du laboratoire Stress, Défenses et Reproduction des Plantes (EA 2069) à l'université de Reims Champagne-Ardenne.

III.2.3 Procédure

Les participants ont répondu aux questionnaires SFC et aux quatre problèmes en une seule passation individuelle. Quelques heures plus tard (entre une heure à vingt quatre heures), l'expérimentateur administrait le QCM. Ce laps de temps entre les deux premiers questionnaires et le QCM permettait au participant de ne pas se lasser, et d'être concentré pour chacun des questionnaires. Les passations se déroulaient dans une pièce calme au domicile des participants ou directement sur leur lieu de travail et durait entre quinze et quarante-cinq minutes pour le questionnaire SFC et les quatre problèmes, et entre dix et vingt-cinq minutes pour le QCM. Les participants ne disposaient que de très peu d'informations sur le sujet de l'expérience avant la passation. Les seules informations portées à sa connaissance étaient celles figurant sur la demande de consentement.

Ensuite, l'expérimentateur leur administrait le questionnaire SFC dont la procédure est décrite dans la sous-section II.3.2.3 (p. 104). Après le questionnaire SFC, l'expérimentateur demandait au participant de résoudre les problèmes. L'expérimentateur lisait la consigne à haute voix au participant: « Je vais vous présenter différents problèmes. Tous concernent la vigne. Nous allons lire le problème ensemble et ensuite je vous poserai une question ». Une fois la question ouverte posée, il laissait le participant répondre. Dans un premier temps, la feuille comportant les propositions était pliée en deux afin d'éviter que le participant ne puisse voir les différentes propositions. L'expérimentateur déplaçait la feuille uniquement lorsque le participant avait répondu à la question ouverte. L'expérimentateur continuait en disant « Très bien, maintenant, je vais vous demander de numéroter les propositions suivantes de 1 à 7. 1 sera pour la proposition qui vous semble la plus probable ou la plus vraie, 7 la proposition la moins probable. Cependant, si une ou des propositions vous semble(nt) fausse(s) ou improbable(s), veuillez ne pas leur attribuer de numéro ». Il fallait au minimum numéroter trois propositions sur les sept. De plus, l'expérimentateur précisait qu'il était interdit

d'attribuer le même numéro à plusieurs propositions. Durant toute la durée de l'expérience, le participant avait accès au problème écrit et à la consigne.

Lorsque le participant avait terminé de répondre aux deux questionnaires, il remplissait, de une à quelques heures plus tard, le questionnaire de connaissances relatif à la biologie végétale dont la procédure est présentée dans la sous-section II.2.2.3 (p. 82).

III.2.4 Codage

III.2.4.1 Les propositions

Un score était attribué pour chaque proposition numérotée par le participant. Ce score variait en fonction de l'ordre de choix et est décrit dans le tableau 11.

Tableau 11

Attribution des valeurs pour chaque proposition.

Choix du participant	Valeurs attribuées
1	7
2	6
3	5
4	4
5	3
6	2
7	1
non choisie	0

Ainsi, à une proposition classée en première position (choix 1 du participant) était attribuée la valeur la plus haute (7) et inversement, à une proposition considérée probable mais placée en septième position par le participant était attribuée la valeur la plus faible (1). Enfin, les propositions non classées par le participant se voyaient attribuer la valeur 0.

III.2.4.2 Les 4 questions ouvertes

Les réponses aux quatre questions ouvertes ont fait l'objet d'un codage SFC comme présenté à la sous-section II.3.2.4.1 (p. 106).

III.2.4.3 Analyses du discours

Comme dans l'expérience précédente, nous allons effectuer deux analyses du discours à partir des réponses des participants aux quatre questions ouvertes. La première analyse sera une analyse standard, c'est-à-dire qui prend en considération tout le corpus sans prendre de variable en considération, et la seconde sera une analyse en tri-croisé où le logiciel ALCESTE croise la variable Expertise avec le corpus.

III.2.5 Hypothèses opérationnelles

Nous formulons plusieurs prédictions en rapport aux résultats de l'expérience précédente :

- *Prédiction 1* : Effet de la variable Expertise.
 - a) Nous devrions observer des différences entre le groupe des tout-venant et les deux groupes d'experts sur le nombre d'éléments cités relatifs aux pôles systémiques en réponses aux quatre questions ouvertes. En effet, les tout-venant devraient citer moins d'éléments de pôles que les experts. De même, parmi les experts, les biologistes devraient citer plus d'éléments relatifs aux pôles systémiques que les viticulteurs.
 - b) Nous devrions observer une différence dans le nombre de propositions classées selon l'expertise des individus. Les tout-venant devraient classer plus de propositions que les deux groupes d'experts. Les viticulteurs devraient classer moins de propositions que les biologistes.

- *Prédiction 2* : Effet de la variable Pôle.

Nous devrions observer des différences entre le nombre d'éléments cités relatifs aux pôles systémiques. Les éléments structuraux de la vigne et de son écosystème devraient être plus mentionnés par les participants que ceux relatifs aux pôles « fonction » et « comportement ». De plus, nous nous attendons à ce que les participants citent plus d'éléments relatifs aux « comportements » qu'aux « fonctions ».

- *Prédiction 3* : Interaction entre les variables Expertise et Pôle.

Par rapport aux experts, les tout-venant devraient citer moins d'éléments relatifs aux « fonctions » et aux « comportements » que de « structures ». Les viticulteurs devraient citer plus de « comportements » que de « fonctions » tandis que l'inverse devrait être observé pour les biologistes.

- *Prédiction 4* : Effet de la variable Proposition.

Nous devrions observer des différences dans le classement des propositions selon leur nature (fonctionnelle, comportementale ou distractive). Les « distracteurs », c'est-à-dire les propositions fausses devraient être moins classées préférentiellement ou pas classées par les participants que les propositions probables (fonctionnelles et comportementales). Les propositions relatives aux « comportements » devraient être classées prioritairement par les participants par rapport aux propositions fonctionnelles.

- *Prédiction 5* : Interaction entre les variables Expertise et Proposition.

Les tout-venant devraient choisir plus de propositions relatives aux « comportements » qu'aux « fonctions », et ils devraient classer plus de « distracteurs » que les deux groupes d'experts. Nous postulons que les viticulteurs devraient classer plus de propositions relatives aux « comportements » que de

propositions relatives aux « fonctions » par rapport aux biologistes chez lesquels l'inverse devrait être observé dans le choix de classement.

- Prédiction 6 : Analyses du discours.
 - a) L'analyse standard exploratoire réalisée à l'aide d'ALCESTE devrait permettre de voir les thèmes abordés par les participants lors de leurs réponses. Nous devrions retrouver les quatre thèmes des problèmes abordés (intervention de l'homme : abandon de la vigne, terre : sécheresse, climat : gelée, maladie : mildiou).
 - b) Une analyse en tri-croisé avec la variable Expertise permettra de dégager une classe par groupe de participants. Nous devrions alors observer une différence de vocabulaire entre les trois groupes de participants. On s'attend à ce que les biologistes emploient plus de termes scientifiques que les deux autres groupes de participants. Les viticulteurs devraient principalement parler de travail effectué sur la vigne et de la qualité du raisin, et enfin, les adultes tout-venant devraient citer plus d'éléments de la vigne observables que d'éléments non observables.
- *Prédiction 7* : Nous prédisons un lien entre le nombre de connaissances que l'individu a en mémoire (scores au QCM) et le choix de classement des propositions fonctionnelles, comportementales et distractives.

III.3 RESULTATS

Tous les traitements statistiques ont été réalisés grâce au logiciel Statistica¹². Les analyses du discours ont été réalisées à l'aide du logiciel ALCESTE. Les résultats des

¹² StatSoft France (2005). *STATISTICA (logiciel d'analyse de données)*, version 7.1. www.statsoft.fr

données relatives au traitement du questionnaire présenté dans la section II.2.3 sont strictement répliqués. Le lecteur intéressé pourra trouver le détail de ces analyses en annexe 20.

L'objectif de la première analyse de variance était de déterminer si l'expertise des participants a une influence sur le nombre d'éléments cités relatifs aux pôles systémiques (structure, fonction et comportement) suite à quatre questions ouvertes, si la nature des pôles systémiques a un effet sur le nombre de fois où ils ont cités puis nous verrons si nous observons une interaction entre l'expertise des participants et les pôles systémiques. Puis nous avons réalisé une seconde ANOVA afin de tester l'effet du facteur Expertise sur le classement des propositions et l'effet de la nature de la proposition (fonction, comportement, distracteur) et afin d'observer s'il y avait une interaction entre l'expertise des participants et le choix de classement des propositions. Nous présenterons ensuite les deux analyses du discours réalisées à l'aide du logiciel ALCESTE sur les réponses aux quatre questions ouvertes. Enfin, des corrélations ont été effectuées dans le but de montrer un lien entre le nombre de connaissances que les participants ont en mémoire (QCM) et le classement des propositions.

III.3.1 Effet des variables Expertise et Pôle et interaction.

Nous avons comparé le nombre d'éléments des trois pôles systémiques (structurel, fonctionnel et comportemental) énumérés par les trois groupes de participants en réponse aux quatre questions ouvertes. Cette analyse devait non seulement nous permettre de confirmer les résultats relatifs à la triangulation systémique lors du questionnaire SFC de la partie expérimentale précédente, mais surtout d'étudier si, lors de productions d'inférences suite à un problème donné, les participants activent le même profil de réponses que lorsqu'il s'agit de répondre à des questions contextuelles faisant intervenir des connaissances.

Pour cette ANOVA, deux facteurs ont été considérés : l'expertise des participants (E_3 , trois niveaux : adultes tout-venant, viticulteurs, biologistes) et le facteur Pôle (P_3 , trois niveaux : structures, fonctions, comportements). L'analyse de variance a été réalisée par participants : $\underline{S} < E_3 > * P_3$.

Nous observons un effet principal du facteur Expertise, $F(2, 113) = 25.13$, $CME = 8.59$, $\eta^2_P = .3$, $p < .001$ (*prédiction 1a*). Afin de déterminer les groupes entre lesquels la différence était significative, nous avons réalisé des comparaisons planifiées orthogonales. La moyenne du nombre d'éléments cités relatifs aux pôles systémiques des tout-venant ($M = 4.5$, $\sigma = 1.58$) montre qu'ils citent moins d'éléments que les experts ($M = 5.1$, $\sigma = 1.17$ et $M = 7.14$, $\sigma = 2.19$, respectivement pour les viticulteurs et les biologistes), $F(1, 113) = 24.37$, $p < .001$. De plus, les viticulteurs ont en moyenne cité significativement moins d'éléments que les biologistes, $F(1, 113) = 26.7$, $p < .001$.

Nous observons un effet principal du facteur Pôle, $F(2, 226) = 34.29$, $CME = 3.82$, $\eta^2_P = .23$, $p < .001$ (*prédiction 2*). Afin de déterminer s'il existe une distinction entre les différents pôles, nous avons effectué des comparaisons planifiées. La première comparaison montre que les participants citent plus de « structures » ($M = 6.71$, $\sigma = 3.43$) que de « fonctions » ($M = 4.59$, $\sigma = 2.96$) et de « comportements » ($M = 5.43$, $\sigma = 2.21$), $F(1, 113) = 60.36$, $p < .001$. De même, la seconde comparaison indique que les « comportements » ont été cités plus souvent par les participants que les « fonctions », $F(1, 113) = 10.27$, $p < .005$.

Enfin, nous observons une interaction entre les facteurs Expertise \times Pôle, $F(4, 226) = 43.37$, $CME = 3.82$, $\eta^2_P = .43$, $p < .001$ (*prédiction 3*). Afin de déterminer si l'interaction observée était liée à une différence moins importante entre les différents groupes pour le pôle « fonction » que pour le pôle « comportement », nous avons réalisé une comparaison planifiée contrastant les experts par rapport aux tout-venant pour les moyennes d'éléments cités aux pôles « fonction » et « comportement ». Cette analyse montre que la différence observée entre

les tout-venant et les experts est moins prononcée pour les « comportements » que pour les « fonctions », $F(1,113) = 37.76, p < .001$. De plus, si les viticulteurs citent plus de « comportements » que de « fonctions », l'inverse est observé chez les biologistes, $F(1, 113) = 98.24, p < .001$.

Le tableau 12 présente les moyennes et écart-types du nombre d'éléments de pôles cités (structures, fonctions et comportements) en fonction de l'expertise.

Tableau 12

Moyennes (écart-types) du nombre d'éléments de pôles cités (structures, fonctions et comportements) en fonction de l'expertise (TV = tout-venant, VITI = viticulteurs, BIO = biologistes).

Pôle	Expertise		
	TV	VITI	BIO
Structures	4.88 (2.59)	5.76 (2.14)	9.5 (3.6)
Fonctions	2.78 (1.5)	3.28 (1.57)	7.72 (2.79)
Comportements	5.85 (2.3)	6.26 (1.4)	4.19 (3.5)

Les résultats de cette analyse confortent ceux de l'expérience précédente qui prenaient en compte les facteurs Expertise et Pôles sur les phases A et B et la phase C du questionnaire SFC vu dans le chapitre précédent. Nous retrouvons dans cette tâche un effet principal du facteur Expertise indiquant que le groupe de tout-venant cite moins d'éléments de pôles que les groupes d'experts, et que les viticulteurs citent significativement moins d'éléments que les biologistes. De façon générale, les réponses des participants sont courtes, moins étayées que celles des réponses au questionnaire SFC. Les participants tout-venant et viticulteurs mentionnent principalement les conséquences du problème sans l'expliquer, contrairement aux réponses des biologistes qui expliquent les processus consécutifs au problème évoqué.

L'analyse des pôles montre que les participants citent plus de « structures » que de « fonctions » et de « comportements ». Cela confirme les résultats de Hmelo-Silver et Pfeffer (2004 ; Hmelo-Silver, Marathe & Liu, 2007). Les « structures » sont plus saillantes que les « fonctions » et les « comportements » au sein d'un système complexe.

Enfin, l'interaction entre les variables Expertise et Pôle montre que les biologistes citent plus de « fonctions » que de « comportements » à l'inverse des viticulteurs. Ce résultat conforte donc les résultats obtenus dans l'expérience précédente. Que les participants activent des connaissances contextuelles (questionnaire SFC) ou qu'ils produisent des inférences sur les conséquences d'un problème, leurs profils de réponses en termes de triangulation systématique sont identiques.

III.3.2 Effet des variables Expertise et Proposition et interaction

Nous voulions tester l'effet d'informations scientifiques mises à disposition des participants sur leurs représentations des « fonctions » et des « comportements » du système complexe de la vigne. Ainsi, nous avons attribué une valeur allant de 7 à 1 pour le classement des propositions (la proposition classée comme la plus probable correspondait à la valeur 7 et la proposition la moins probable correspondait à la valeur 1). Une note de 0 était attribuée pour les propositions non classées. Comme pour chaque problème nous n'avions pas le même nombre de distracteurs que de propositions relatives aux fonctions et aux comportements (1 distracteur, 3 propositions fonctionnelles et 3 propositions comportementales), nous avons fait la moyenne des valeurs attribuées aux propositions fonctionnelles et comportementales pour chaque problème. Ensuite, nous avons additionné les valeurs pour les « distracteurs » et les moyennes pour les propositions relatives aux « fonctions » et aux « comportements » de chaque problème et pour chaque participant. Le tableau 13 présente les moyennes et écarts-types du classement des propositions aux quatre problèmes en fonction de l'expertise.

Nous avons réalisé une ANOVA sur l'ensemble des réponses aux quatre problèmes avec l'expertise des participants (E_3 , trois niveaux : tout-venant, viticulteurs, biologistes) et la variable Proposition (T_3 , 3 niveaux : fonctions, comportements, distracteurs). L'analyse de variance a été réalisée par participants selon le plan : $\underline{S} < E_3 > * T_3$.

Conformément à la *prédiction 1b* selon laquelle le groupe des participants aurait un effet sur le classement des propositions, nous observons un effet principal du facteur Expertise, $F(2, 113) = 30.7$, $CME = 4.94$, $\eta^2_P = .35$, $p < .001$. Afin de déterminer les groupes entre lesquels la différence de classement était significative, nous avons réalisé des comparaisons planifiées orthogonales. La première montre que les tout-venant ($M = 14.53$, $\sigma = 1.38$) classent plus de propositions que les groupes d'experts (viticulteurs : $M = 13.06$, $\sigma = 1.36$, biologistes : 12.3 , $\sigma = 1.05$), $F(1, 113) = 55.58$, $p < .001$. La différence de propositions numérotées entre les viticulteurs et les biologistes est significative. Les biologistes classent moins de propositions que les viticulteurs, $F(1, 113) = 6.41$, $p = .012$.

Nous observons également un effet principal du facteur Proposition, $F(2, 226) = 269.36$, $CME = 16.06$, $\eta^2_P = .70$, $p < .001$ (*prédiction 4*). Dans le but de déterminer s'il existe une distinction entre le classement aux propositions relatives aux « fonctions », aux « comportements » et aux « distracteurs », nous avons effectué des comparaisons planifiées. Les résultats montrent que les participants classent significativement moins de « distracteurs » ($M = 6.57$, $\sigma = 6.34$) que de propositions relatives aux « comportements » ($M = 18.53$, $\sigma = 2.44$) et aux « fonctions » ($M = 14.79$, $\sigma = 3.65$), $F(1, 113) = 338.04$, $p < .001$. De plus, la différence entre la moyenne de propositions relatives aux « fonctions » et aux « comportements » est significative, $F(1, 113) = 90.52$, $p < .001$. Les participants classent plus ou prioritairement de propositions relatives aux « comportements » que de propositions relatives aux « fonctions ».

En outre, nous observons une interaction Expertise \times Proposition, $F(4, 226) = 36.72$, $CME = 16.06$, $\eta^2_P = .39$, $p < .001$ (prédiction 5). Afin de déterminer si l'interaction observée était liée à une différence moins importante entre les viticulteurs et les biologistes pour le classement des propositions fonctionnelles par rapport au classement des propositions comportementales, nous avons réalisé une comparaison planifiée contrastant les deux groupes d'experts sur la moyenne de classement des « fonctions » et des « comportements ». Les résultats indiquent que les viticulteurs classent prioritairement les propositions relatives aux « comportements » par rapport à celles relatives aux « fonctions » tandis que les biologistes présentent un profil de résultats inverse, $F(1, 113) = 68.27$, $p < .001$.

Tableau 13

Moyennes (écart-types) des valeurs du classement des propositions aux quatre problèmes en fonction de l'expertise des participants (TV = tout-venant, VITI = viticulteurs, BIO = biologistes).

Proposition	Expertise		
	TV	VITI	BIO
Fonctions	12.55 (3.2)	13.72 (2.55)	18.11 (2.5)
Comportements	19.35 (1.76)	19.99 (1.73)	16.25 (2.08)
Distracteurs	11.69 (6.28)	5.47 (4.81)	2.55 (3.52)

En résumé, nous avons observé une influence de l'expertise dans le classement des propositions. Sur les sept propositions relatives à chaque problème, une d'entre elles était toujours improbable ou impossible (le distracteur). Le fait que les scores moyens des tout-venant soient plus élevés que ceux des experts indique qu'ils ont classé, de manière générale, plus de propositions, dont les distracteurs. Sans bagage scientifique ni expérience spécifique, ils jugent plus de propositions probables que les experts. De même, entre les deux groupes d'experts, les viticulteurs ont jugé plus de distracteurs comme étant probables que les biologistes.

L'effet de la variable Proposition indique que les individus classent moins de « distracteurs » que de propositions relevant d'une « fonction » ou d'un « comportement ». De plus, les participants classent prioritairement les propositions faisant référence à des « comportements » de la vigne qu'à des « fonctions ». Et enfin, l'interaction nous montre que ce sont les biologistes qui classent prioritairement les « fonctions » par rapport aux viticulteurs qui eux classent prioritairement les « comportements ». Ces résultats répliquent ceux observés dans l'expérience consacrée au questionnaire SFC. Ils confirment ainsi que les réponses des individus sont bien liées aux représentations mentales des individus et pas de façon directe à leurs connaissances en mémoire. En effet, malgré des informations scientifiques à disposition des participants, informations qui devaient donc pallier le manque de connaissances de certains participants (principalement les tout-venant et dans une moindre mesure, les viticulteurs), les trois groupes ont classé les propositions selon les mêmes profils mis en exergue dans l'expérience précédente (questionnaire SFC).

III.3.3 Analyses du discours

Les réponses des participants aux quatre questions ouvertes relatives aux problèmes posés sont courtes. Nous verrons dans ces analyses, comparativement à celles réalisées sur les réponses de l'expérience 2 (questionnaire SFC), que les classes obtenues ne renferment qu'un groupe de mots représentatifs de sa classe respective. En effet, lors de la précédente expérience, les analyses étaient effectuées sur un corpus comprenant les réponses à seize questions.

III.3.3.1 Analyse standard

Afin de voir si des profils de discours se détachent (*prédiction 6a*), nous avons procédé à une analyse standard du corpus à l'aide du logiciel ALCESTE. Le corpus est la totalité des réponses ouvertes des participants retranscrites informatiquement. La double

classification descendante hiérarchique montre que le logiciel ALCESTE a découpé le corpus en 276 unités de contexte élémentaires (UCE) et en a classé 186, soit 67.5%. Afin de décrire les futurs résultats, ALCESTE se base sur ces 67.5% retenus et fait apparaître 7 classes. Les classes 5 et 6 sont les plus caractéristiques (cf. figure 16). Le plan de l'analyse standard a été mené en conservant le paramétrage par défaut et est présenté en annexe 21. Les groupes de mots co-occurents sont relativement petits dans chacune des classes, essentiellement en raison de la concision des réponses fournies par les participants.

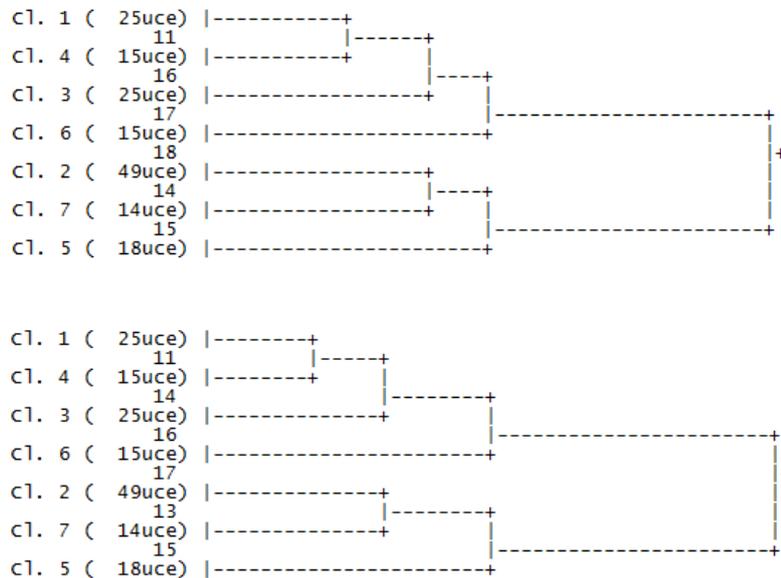


Figure 16. Les arbres des deux classifications descendantes hiérarchiques à l'analyse standard.

Les 7 classes sont toutes de bonnes dimensions (de 9.32% pour la classe 7 à 30.43% pour la classe 2), mais leurs tailles sont inégales (nombre d'unités élémentaires). Nous allons les détailler ci-dessous, l'ordre de présentation sera déterminé par la contribution des groupes de participants pour chacune des classes. En d'autres termes, chaque classe obtenue est représentative d'un groupe, c'est-à-dire qu'elle est majoritairement constituée du discours d'un groupe de participants. Pour chacune des classes, nous présenterons la liste de mots

représentatifs de la classe (sélection réalisée par le logiciel selon un critère de χ^2 , obtenue à la suite d'une classification ascendante hiérarchique au sein de chaque classe).

La classe 5 (11.5% des UCE) regroupe les termes faisant référence au système racinaire de la vigne et sa fonction principale (puiser l'eau dans le sol) comme nous l'indique la figure 17. Cette classe est majoritairement constituée par le discours des biologistes. Son dendrogramme est présenté en annexe 22.

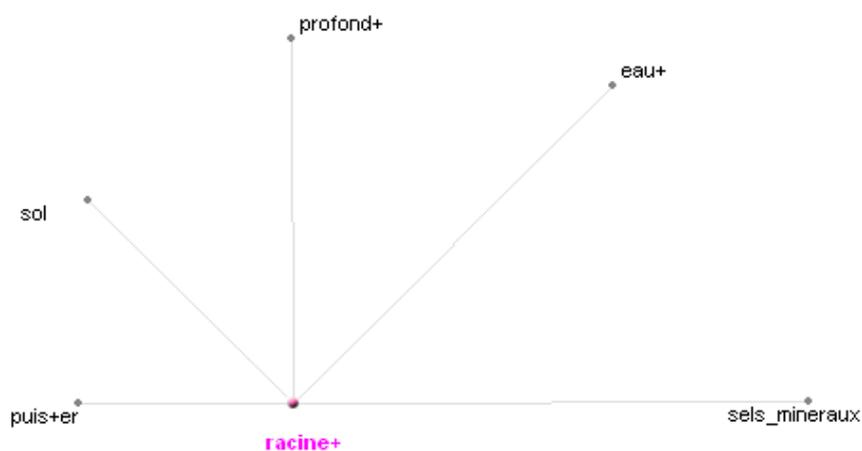


Figure 17. Réseau de la forme « racine » de la classe 5.

Les classes 4 et 2 sont également significatives du discours des biologistes. Elles regroupent respectivement 15% et 30.43% des UCE classées (cf. annexes 23 et 24). La classe 4 est relative au système de défense de la vigne et aux traitements pour combattre les maladies. La classe 2 renvoie aux conséquences du gel sur la vigne (le gel arrête la montée de la sève et stoppe la croissance de la vigne). Les figures 18 et 19 représentent les formes pour chacune de ces classes.

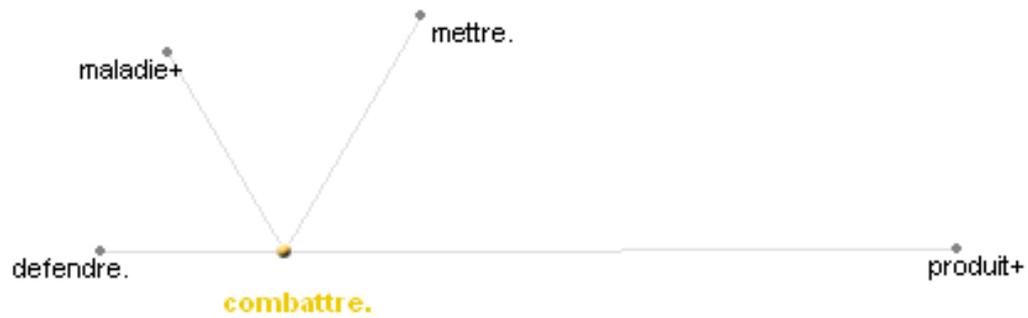


Figure 18. Réseau de la forme « combattre » de la classe 4.

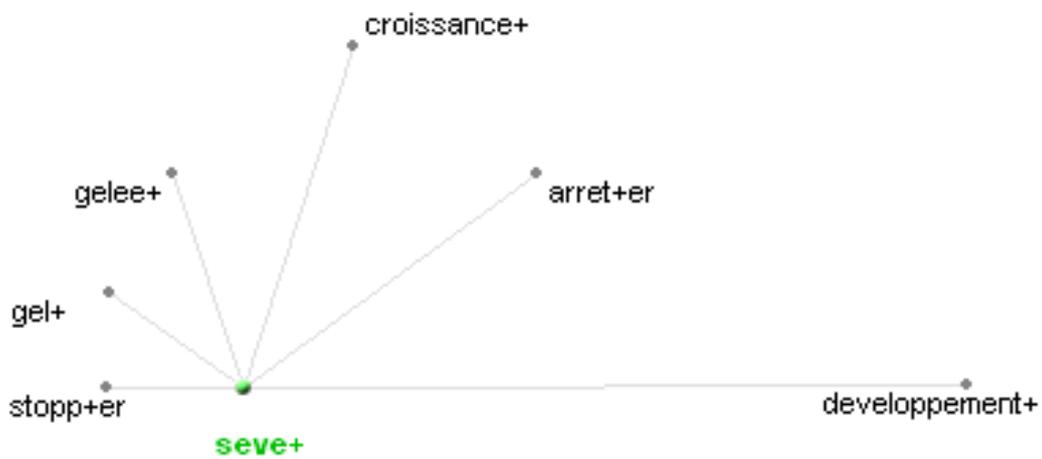


Figure 19. Réseau de la forme « sève » de la classe 2.

La classe 6 est quant à elle caractéristique du discours des viticulteurs. Elle représente 11.5% des UCE du corpus. Elle fait référence aux conséquences sur la vigne et sur la qualité du raisin de la maladie (cf. figure 20).



Figure 20. Réseau de la forme « abime » de la classe 6.

De même, *la classe 7* est majoritairement représentée par les réponses des viticulteurs. Elle représente 9.32% du discours retenu par ALCESTE. Elle regroupe des termes relatifs aux conséquences du gel sur le raisin et sur la récolte. Cette classe ne représentant que 14 UCE, le logiciel ne fournit pas de figure permettant de visualiser les termes co-occurents.

Enfin, les classes typiques du discours des tout-venant sont *les classes 1* et *3*. Elles correspondent chacune à 15.5% des UCE (*cf.* annexes 25 et 26). La première classe fait référence au fait que la vigne ait besoin de l'homme pour assurer sa croissance. La classe 3 se réfère au fait que la maladie puisse attaquer la vigne et la faire mourir (*cf.* figures 21 et 22).



Figure 21. Réseau de la forme « vivre » de la classe 1.

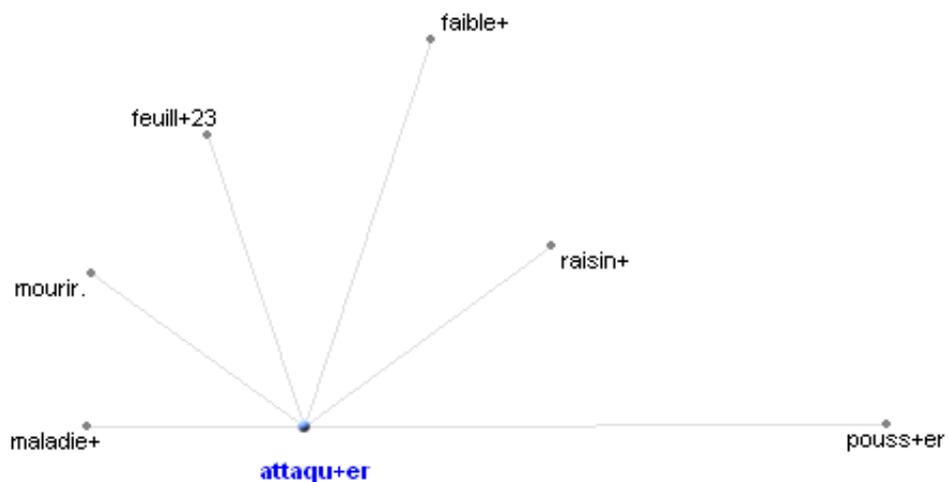


Figure 22. Réseau de la forme « attaquer » de la classe 3.

En somme, les résultats relatifs à la *prédiction 6a* sont ambigus. Nous ne retrouvons pas directement les quatre thèmes abordés par les problèmes posés (action de l’homme, gelée, mildiou et sécheresse). Cependant, il est intéressant de voir comment ces thèmes sont traités à travers les réponses des participants. Le problème de l’abandon de la vigne par le viticulteur ressort dans deux classes : la classe 4 principalement constituée du discours des biologistes

fait référence au système de défense de la vigne sans l'intervention de l'homme et la classe 1 constituée principalement des réponses des viticulteurs où il est fait mention de la nécessité de l'homme pour assurer la croissance de la vigne. Le problème lié à une gelée noire engendre deux classes, l'une majoritairement relative au discours des biologistes (classe 2) traite des conséquences du gel sur les fonctions physiologiques de la vigne, la seconde, représentée principalement par les réponses des tout-venant fait mention des conséquences du gel sur la qualité du raisin et sur la santé de la vigne (classe 6). Les conséquences de la sécheresse ne se retrouvent que dans une classe (5) constituée principalement du discours des biologistes où il est question du système racinaire puisant l'eau dans le sol. Enfin, le dernier problème relatif à la maladie est quant à lui illustré par trois classes : la classe 4 où les participants (une majorité de biologistes) mentionnent les traitements de l'homme sur la vigne face à la maladie, la classe 7 constituée principalement du discours des viticulteurs est relative aux conséquences du gel sur le raisin et enfin la classe 3, principalement constituée des réponses des tout-venant fait référence aux différentes maladies pouvant atteindre la vigne et à leur principale conséquence, la mort de la vigne.

III.3.3.2 Analyse en tri-croisé avec la variable Expertise

Lorsque sur le même corpus, nous réalisons une analyse en tri-croisé (croisement de la variable Expertise avec le corpus), nous obtenons trois classes, chacune spécifique à un groupe de participants. Le plan d'analyse est présenté en annexe 27. La classification descendante hiérarchique nous indique que la classe 1, classe représentant le discours des biologistes, est la plus caractéristique car elle se détache des classes des tout-venant et des viticulteurs comme le montre la figure 23 ci-dessous.

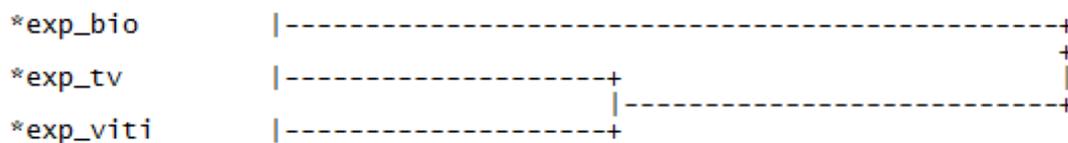


Figure 23. L'arbre de la classification ascendante hiérarchique à l'analyse en tri-croisé.

La *classe des biologistes*, est la plus caractéristique. Son dendrogramme est présenté en annexe 28. Elle se sépare dès la première itération de l'algorithme de la classification. Elle regroupe 36% des unités de contexte élémentaires (UCE), soit 100. Les termes de cette classe sont très scientifiques (« sève », « anticorps ») et rendent compte des différentes fonctions des structures du système (« puiser », « nécroser », « combattre »). Le lexique révèle une connaissance scientifique des conséquences associées aux problèmes posés sur la physiologie de la vigne.

La *classe des tout-venant* (le dendrogramme de cette classe est présenté en annexe 29) regroupe 32% des UCE, soit 88. Les termes sont centrés autour de la conséquence finale et pessimiste du problème : la vigne meurt.

Enfin, la *classe des viticulteurs* regroupe 32% des UCE, soit 88 (cf. annexe 30). Le lexique employé est centré autour de deux grands axes. Le premier fait référence à la productivité et à la qualité du raisin, le second aux aléas inhérents au temps qui peut abîmer ou faire perdre une récolte.

Les résultats montrent qu'en fonction de l'expertise, les thèmes développés par les participants et le lexique employé diffèrent. Nous retiendrons que les biologistes mentionnent beaucoup de structures qui ne sont pas directement observables pour l'homme et les fonctions relatives à ces structures. Ils se basent principalement sur les conséquences des problèmes posés au niveau du fonctionnement physiologique de la vigne. Les tout-venant, quant à eux,

produisent des inférences relatives aux comportements, c'est-à-dire aux résultats des problèmes sur la santé générale de la vigne et enfin, les viticulteurs basent leurs réponses sur les conséquences des problèmes posés au niveau des comportements (qualité du raisin, champagne).

III.3.4 Lien entre connaissances en mémoire et classement des propositions.

L'objectif de cette analyse était de confirmer que le profil de réponse des participants lors de la production d'inférences relatives aux problèmes posés était en lien avec la quantité de connaissances en mémoire. Nous avons corrélé le nombre total de réponses correctes obtenues au premier questionnaire (QCM) avec la valeur moyenne attribuée aux propositions « fonction », « comportement » et « distracteur » en fonction du choix des participants à l'expérience des quatre résolutions de problèmes (*prédiction 7*). Pour une lecture plus aisée des résultats, nous rappelons que les valeurs attribuées en fonction du classement des propositions par les participants étaient inversement proportionnelles (par exemple, une proposition classée en premier obtenait la valeur 7 et une proposition non classée obtenait la valeur de 0). Le tableau 14 représente les corrélations linéaires de Bravais-Pearson.

Tableau 14

Corrélations entre le nombre de réponses correctes au questionnaire QCM et le classement des propositions (fonctions, comportements et distracteurs) aux quatre problèmes.

	Propositions		
	Fonctions	Comportements	Distracteurs
QCM	0.43**	- 0.30**	- 0.52**

** pour $p < .01$

Le nombre de réponses correctes au questionnaire est corrélé avec chaque type de propositions choisies par les participants. Nous remarquons que le nombre de réponses correctes du premier questionnaire entretient une corrélation positive ($r = .43$) avec le classement des propositions qui sont relatives aux « fonctions ». Cela s'explique par le fait que les biologistes choisissaient préférentiellement les propositions « fonction » plutôt que celles relatives aux « comportements » et aux « distracteurs ». Comme les biologistes sont les participants qui ont obtenu en moyenne les meilleurs résultats au questionnaire de connaissances, il n'est pas étonnant de constater la présence de cette forte corrélation positive. La corrélation négative entre le nombre de réponses correctes au questionnaire de connaissances et le choix des propositions du type « comportement » et « distracteurs » montrent que les individus qui n'obtiennent pas les meilleurs scores au questionnaire de connaissances choisissent préférentiellement les propositions du type « comportement » ($r = -.30$) et « distracteur » ($r = -.52$).

Ces corrélations montrent des liens entre le nombre de connaissances en mémoire et le choix préférentiel des propositions face à un problème posé concernant la vigne. Ainsi, les participants qui ont obtenu les scores les plus faibles au QCM sont aussi ceux qui classent le plus de comportements et de distracteurs. Ces résultats mettent en évidence des liens mais ne permettent en aucun cas de parler de relation causale.

III.4 DISCUSSION DE CETTE DEUXIEME PARTIE

EXPERIMENTALE

Conformément à nos attentes, les connaissances scientifiques mises à disposition des participants n'influencent pas leurs réponses en termes de « fonctions » et de « comportements » du système de la vigne et de son environnement. Comme nous le

suppositions, la production d'inférences sur les conséquences possibles suite à un problème posé reflète de la même façon les représentations mentales que l'activation de connaissances contextuelles (questionnaire SFC). Comme l'indique la figure 24¹³, nous retrouvons un profil de réponse de la part des biologistes plus singulier que ceux des viticulteurs et des tout-venant.

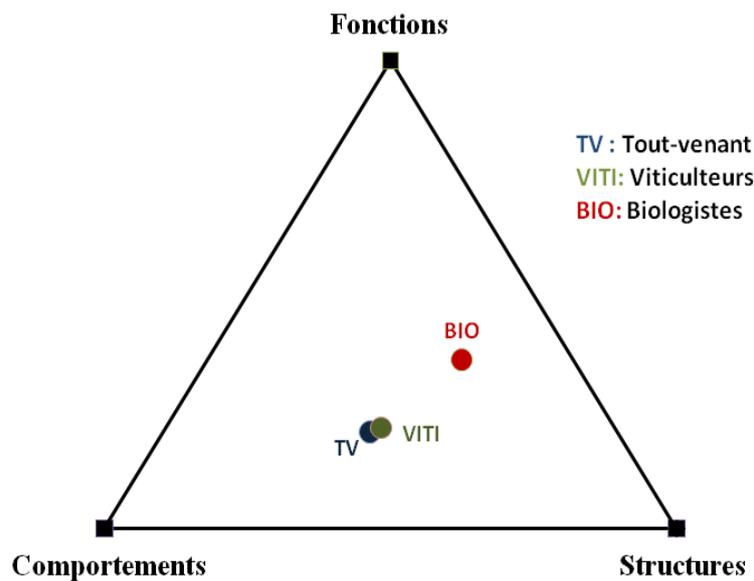


Figure 24. Représentation graphique des barycentres calculés selon le nombre moyen d'éléments cités pour chacun des pôles aux quatre questions ouvertes pour chaque groupe de participants.

La répartition des moyennes d'éléments cités relatifs à chaque pôle systémique sont proches pour les groupes des tout-venant et des viticulteurs. Cependant, comme le suggèrent les résultats sur l'interaction entre le facteur Expertise et le facteur Pôle, nous observons que les « comportements » cités par les biologistes ne représentent que 19,57% de leur discours, contre 43,3% pour les tout-venant et 40,91% pour les viticulteurs. Les « fonctions » représentent 36,06% des éléments cités par les biologistes alors que les « fonctions » citées

¹³ Représentation graphique des barycentres de la triangulation systémique pour chaque groupe de participants obtenus à partir de la moyenne d'éléments relatifs aux structures, aux fonctions et aux comportements cités lors des réponses aux quatre questions ouvertes.

dans le discours des tout-venant et des viticulteurs sont respectivement de l'ordre de 20.58% et 21.44%.

Outre cette confirmation des résultats de l'expérience SFC, le classement des propositions scientifiques par les trois groupes de participants permet d'affirmer que les représentations systématiques ne sont pas dues uniquement au nombre de connaissances en mémoire. En effet, dans cette dernière expérience, les participants, quelle que soit leur expertise, avaient à leur disposition des propositions scientifiques proposant des conséquences face aux problèmes décrits. En d'autres termes, tous les individus avaient accès aux mêmes informations scientifiques. Néanmoins, bien que bénéficiant de ces mêmes informations, l'ordination des choix n'est pas la même en fonction de l'expertise des participants. Les viticulteurs choisissent préférentiellement les « comportements », tandis que les biologistes classent en premier les « fonctions ».

Enfin, l'analyse standard du discours caractérise les différents niveaux lexicaux et les thèmes abordés par les participants en réponse aux problèmes posés. Bien que les problèmes posés soient les mêmes pour tous, les participants ne portent pas leur attention sur les mêmes conséquences qu'entraînent ces problèmes sur la vigne. Par exemple, la classe 2, principalement constituée par le discours des biologistes, fait mention du gel et des conséquences sur les modifications physiologiques (« la sève s'arrête de monter »...) alors que la classe 7, principalement constituée par le discours des viticulteurs, mentionne le gel et ses conséquences sur la récolte. De même, lorsque la maladie est évoquée, la classe 3 indique que les tout-venant placent les conséquences au niveau de la mort du végétal, alors que les viticulteurs (classe 6) mentionnent davantage de conséquences au niveau du raisin. Enfin, la classe 4, constituée principalement du discours des biologistes évoque le fonctionnement du système de défense de la vigne ainsi que les traitements possibles face à la maladie. Les résultats de l'analyse en tri-croisé corroborent la différence entre les participants. Le discours

des biologistes est le plus caractéristique puisqu'il porte principalement sur les « fonctions » des différents organes de la vigne face aux problèmes. Le discours des tout-venant et des viticulteurs se centre davantage sur les conséquences du problème au niveau de la survie ou non du végétal et sur les aspects quantitatifs et qualitatifs du raisin. Enfin, seuls les viticulteurs vont faire référence aux conséquences sur le produit fini (le champagne).

Ces différents résultats observés principalement entre les réponses des biologistes et les réponses des deux autres groupes de participants montrent que les représentations mentales du système de la vigne et de son environnement sont influencées par l'expertise théorique acquise. De plus, la proximité dans la répartition des éléments de pôles cités par les tout-venant et les viticulteurs suggère qu'une expertise acquise par une pratique dans le domaine de la vigne ne change guère les représentations mentales de la vigne par rapport à des adultes n'ayant pas d'expertise ni d'intérêts particuliers pour la biologie végétale.

CHAPITRE IV : DISCUSSION GENERALE

IV.1 Rappel des objectifs de recherche

L'objectif principal de cette thèse était d'examiner l'influence de l'expertise des individus sur leurs représentations mentales du domaine particulier de la vigne. Notre but était d'intégrer à la fois les recherches menées sur les capacités cognitives des experts, les recherches menées sur les théories naïves biologiques et les recherches menées sur les systèmes complexes naturels du monde.

Après avoir rappelé les principaux résultats obtenus en termes de nombre de connaissances, de la nature et de l'organisation de celles-ci, nous examinerons les contributions théoriques de notre recherche. Nous tenterons enfin de dégager les limites principales de notre étude et proposerons de nouvelles perspectives de recherche.

IV.2 Les résultats obtenus et contributions théoriques

Les trois tâches utilisées lors de ces expériences, présentent des résultats diversifiés mais cohérents. Le questionnaire de connaissances en biologie végétale a permis d'évaluer les connaissances statiques en mémoire auprès des trois groupes de participants, qui ont ainsi pu être précisément contrastés selon leur expertise. Pour la deuxième expérience, les études de Goel et al. (1996), reposant sur le modèle de la triangulation systémique de Le Moigne (2006), nous ont fait nous intéresser à une approche méthodologique jusque là peu utilisée dans le domaine de la psychologie cognitive, le modèle de codage SFC. Au vu des résultats obtenus par Hmelo-Silver et Pfeffer (2004 ; Hmelo-Silver, Marathe & Liu, 2007), il nous semblait intéressant de généraliser cette méthodologie à la psychologie cognitive afin d'apporter une nouvelle façon d'étudier les représentations mentales des individus, appréhendées en contexte.

Enfin, la troisième expérience était une résolution de problèmes où les participants devaient classer des propositions scientifiques. Nous voulions vérifier dans cette dernière expérience que les représentations des trois groupes de participants activaient des types de réponses particulières et que celles-ci n'étaient pas seulement dépendantes de connaissances spécifiques telles qu'évaluées à l'aide du premier questionnaire. En outre, nous avons voulu, à l'instar de Hmelo-Silver et Pfeffer (2004), réaliser une analyse qualitative des réponses des participants. Pour cela, nous avons mené une analyse du discours effectuée sur les données des expériences 2 et 3.

L'interaction observée entre les réponses des viticulteurs et celles des biologistes relatives au nombre de « fonctions » et de « comportements » mentionnés lors de leurs réponses aux expériences 2 et 3 sont les résultats les plus importants dans cette recherche. Bien que nous nous attendions à plus de différence entre les tout-venant et les experts, qu'entre les viticulteurs et les biologistes, ces résultats confirment que l'apprentissage théorique entraîne une organisation particulière de connaissances différentes.

Pour chacune des expériences, les critères d'inclusion des trois groupes de participants étaient semblables. Nous avons choisi d'étudier non pas l'expertise mais « des expertises ». En effet, plutôt que de considérer l'expertise sur un continuum, nous avons envisagé des formes différentes d'expertise (Dubois, Bourguin & Resche-Rigon, 1992 ; Gentner 1988 ; Langlois, Dacremont, Peyron, Valentin & Dubois, in press ; Morange, Dubois & Fontaine, 2010 ; Visser & Falzon 1988 ; 1992 ; Voss & Post, 1988). Les biologistes et les viticulteurs avaient de l'expertise dans le domaine de la biologie végétale. Cependant, nous avons fait une distinction selon le mode d'acquisition de l'expertise selon les groupes de participants. Les biologistes ont fait des études longues (minimum 4 ans après le baccalauréat) afin d'acquérir un savoir théorique. Ce savoir était composé de connaissances théoriques, ce sont les connaissances approuvées scientifiquement, c'est-à-dire peu discutables et acceptées par la

société comme étant vraies. Les viticulteurs et/ou vigneronns avaient, quant à eux, reçu un apprentissage basé sur la pratique. Même si certains d'entre eux avaient suivi une formation de deux ans spécialisée dans l'agriculture et ses méthodes, ils ont acquis leurs connaissances par leurs pairs et sur le terrain. Leur vie est basée sur le travail de la vigne et ils sont financièrement tributaires de la production de raisin.

Enfin, le groupe des tout-venant était considéré à de nombreux égards comme novices dans le domaine de la vigne. Ils ne répondaient pas aux critères qui définissent l'expertise. Cependant, bien que nous considérions ce groupe comme « novice », nous avons pris en considération leur possible expérience dans le domaine biologique. En effet, n'ayant reçu aucun enseignement pratique ni théorique, la variabilité au sein de ce groupe était envisagée car chaque individu, même novice pouvait avoir des habitudes de vie différentes. Ainsi, certains d'entre eux aimaient plus que les autres le contact avec la nature (promenade, jardinage). Ces pratiques, mêmes minimales étaient à prendre en compte lors du traitement des données afin de voir si elle avait une influence sur les résultats obtenus. Toutefois, la distinction entre les participants ayant un fort contact avec la nature et ceux ayant pas ou peu de contact ne se retrouve pas dans nos résultats. Nous ne rejetons pas l'absence d'effet de l'expérience quotidienne avec la nature qui est mis en évidence dans d'autres études (Anggoro, Waxman & Medin, 2005 ; Medin & Atran, 1999 ; Proffitt, Coley & Medin, 2004), mais supposons que le contraste entre les deux modalités de cette variable était trop faible.

IV.2.1 Nombre de connaissances

Comme l'indiquaient de nombreuses recherches sur les caractéristiques cognitives des individus experts abordées dans la partie I.3 (Adelson, 1984 ; Bisseret, 1995 ; Chase & Ericsson, 1982), nous avons pu mettre en évidence des différences quantitatives de connaissances entre les trois groupes de participants. Nous avons confirmé le fait que les

individus experts dans un domaine possèdent plus de connaissances dans le domaine d'expertise que les novices. Plus précisément, les apprentissages théoriques, par exemple ceux des biologistes, permettent d'augmenter le nombre de connaissances en mémoire de façon plus importante que ne le permet l'apprentissage pratique, comme celui des viticulteurs. Ce résultat n'est guère étonnant car le QCM comportait précisément des questions relatives à la biologie végétale, il valide *a posteriori* l'outil et montre que la formation académique a permis aux biologistes d'acquérir plus de connaissances dans ce domaine que les non biologistes.

De plus, lors des réponses aux questions ouvertes des expériences 2 et 3, nous notons que les biologistes citent davantage de « structures » que les deux autres groupes de participants, ce qui suggère que les biologistes connaissent plus d'éléments de la vigne et de son écosystème ou du moins, comme l'indiquent les analyses du discours réalisées à l'aide du logiciel ALCESTE, que les biologises ont un vocabulaire plus précis et plus diversifié (par exemple : molécule, organe, cellule) que les viticulteurs et les tout-venant.

Cependant, nous ne pouvons pas, au vu de ces différents résultats, conclure sur le processus mis en jeu engendrant cette augmentation de connaissance. Toutefois, l'interprétation des résultats de Chase et Simon (1973) faite par Garland et Barry (1991) et l'étude de Chi (1978) permettent d'envisager une augmentation de la capacité mémorielle dans le domaine d'expertise, mais aussi une meilleure capacité de regroupements conceptuels permettant de catégoriser les informations de façon mieux organisée en mémoire chez les experts.

IV.2.2 Nature des connaissances

Outre ces différences quantitatives entre les trois groupes de participants, nous avons aussi montré des différences qualitatives. Les résultats obtenus grâce à la méthode de Goel et

al. (1996) permettent un accès aux représentations mentales des participants en termes de « structures », « fonctions » et « comportements » d'un système complexe, tel que l'envisageait Le Moigne (1994) à travers son modèle de triangulation systémique. De façon générale, et conformément aux résultats de Hmelo-Silver et Pfeffer (2004), les participants, et ce, quel que soit leur expertise, mentionnent davantage de structures que de fonctions et de comportements relatifs au système. Les structures visibles (macroscopiques) sont des éléments du système très saillants et qui sont plus facilement intégrés par les individus. De plus, nous avons vu grâce au QCM et à la deuxième expérience que les informations relevant de l'environnement du système étudié, sont bien connues et mémorisées par les individus. En effet, la catégorie « environnement » entraîne plus de réponses correctes de l'ensemble des participants sollicités à mentionner plus de termes relatifs aux pôles systémiques. Comme cette catégorie concerne à la fois l'action de l'homme sur les végétaux mais aussi de nombreux éléments relatifs à l'environnement (gaz, énergie, pluie...), les participants ont plus de connaissances de cette catégorie que des autres catégories. En outre, les experts (viticulteurs et biologistes) se concentrent plus que les novices sur les aspects fonctionnels et comportementaux conformément aux travaux antérieurs (Chi, Feltovich & Glaser, 1981). Enfin, les biologistes se centrent principalement sur l'explication des différentes fonctions au sein du système et les différentes relations causales qu'il entretient contrairement aux viticulteurs qui centrent leur discours sur les aspects comportementaux du système.

IV.2.3 Organisation des connaissances

Notre dernière expérience voulait tester l'hypothèse selon laquelle la compréhension des aspects fonctionnels et des relations causales au sein du système de la vigne ne peut être seulement expliquée par les connaissances scientifiques statiques des individus experts ou non. Nous voulions donc vérifier le fait que les différences observées entre les groupes de

participants de l'expérience 2 étaient liées à des représentations mentales différentes qui s'actualiseraient dans les réponses aux propositions scientifiques de l'expérience 3.

Les résultats de cette dernière expérience sont équivalents à ceux de l'expérience 2 et montrent ainsi qu'ils sont robustes. Ils confirment le fait que les représentations mentales systémiques des participants ne sont pas uniquement dues à un nombre de connaissances dans le domaine étudié, mais bien à une organisation différente des connaissances selon les expertises des individus. Pour inférer des conséquences possibles aux problèmes posés, les tout-venant et les viticulteurs ont choisi préférentiellement des propositions relatives aux « comportements » de la vigne, alors que les biologistes choisissent préférentiellement des explications relatives à l'aspect « fonctionnel ». Ces profils de réponses sont identiques aux analyses faites selon le modèle de codage SFC sur les réponses des participants aux questions ouvertes (expériences 2 et 3).

IV.2.4 Les représentations mentales

Nous avons finalement montré que les représentations mentales des individus sont influencées par l'expertise qu'ils ont acquise dans un domaine particulier, celui de la biologie de la vigne. Contrairement à nos attentes, les différences observées au niveau des connaissances statiques entre les tout-venant et les viticulteurs ne sont que quantitatives. Leur expérience avec le monde végétal, soit au niveau des habitudes de vie, soit au niveau de la pratique de la viticulture peuvent se décliner sur un seul et même continuum. A l'instar de l'expérience acquise, l'expertise des biologistes semble engendrer des différences qualitatives avec les non biologistes, au niveau de l'organisation des connaissances. Cependant, comme le prônent les auteurs partisans d'une restructuration conceptuelle des connaissances initiales, l'augmentation du nombre de connaissances dans un domaine spécifique est une composante essentielle au changement conceptuel, c'est-à-dire à la restructuration du modèle que

l'individu a mémoire (Carey, 1985 ; Gelman, 1988 ; Wellman, 1990). Ainsi, nous pouvons supposer que les différences qualitatives observées entre les biologistes et les deux autres groupes de participants sont le résultat de changements profonds au niveau des théories renfermant les concepts relatifs au domaine de la biologie. Ainsi, nous avons observé chez les experts ayant reçu un apprentissage théorique poussé, une augmentation des connaissances dans le domaine de la biologie, des connaissances de natures différentes et enfin, une organisation de ces connaissances s'exprimant différemment selon le contexte scientifique proposé.

IV.3 Limites de cette recherche et perspectives futures

L'étude des représentations mentales des individus est très diversifiée. Elle est au carrefour de plusieurs disciplines (philosophie, anthropologie, sciences de l'apprentissage, psychologie) et s'alimente de chacune d'entre elles. Nous avons opté dans ce travail de thèse pour une vue cognitiviste tout en s'appuyant sur des aspects développementaux (acquisition des connaissances et changements conceptuels). Nous avons choisi deux méthodes originales afin d'étudier les représentations mentales des individus en fonction de leur expertise : méthode de codage SFC basée sur la triangulation systémique (Le Moigne, 2006) et l'analyse de discours. Cependant, même si les résultats obtenus sont riches et variés, et la littérature étoffée, il reste beaucoup à étudier sur les représentations mentales au vu des nombreux facteurs pouvant influencer leur organisation et leurs caractéristiques.

Il serait intéressant dans l'avenir d'étudier les représentations mentales systémiques des enfants en fonction de leur environnement, et plus précisément en fonction du contexte scientifique relatif à la biologie dans lequel ils évoluent. Comme nous l'avons vu précédemment, Tarlowski (2006) a montré, chez des enfants de quatre ans, que la

transmission culturelle a une influence sur le nombre d'inférences correctes lors d'attributions de traits biologiques à des catégories ontologiques différentes. De même, selon certains auteurs, entres autres Lautrey (2008) et Carey et Spelke (1994), les changements conceptuels sont influencés, en plus des apprentissages, par le contexte scientifique culturel dans lequel l'enfant évolue. Il serait intéressant d'approfondir ce travail de thèse en étudiant l'organisation des connaissances biologiques chez des enfants issus de parents experts en biologie humaine, animale ou encore végétale (chercheur, vétérinaire, docteurs en médecine...) et des enfants issus de parents non experts (les parents seront étalonnés sur leur niveau d'études). Dans le domaine des conceptions biologiques, il y a peu d'études sur les plantes. Or en raison de leur faible représentativité du domaine biologique, nous pourrions considérer que la compréhension du caractère vivant des plantes par les enfants serait le reflet d'une acquisition complète du domaine du vivant. Dans la perspective développementale, les recherches se basent essentiellement sur « quand » les conceptions se mettent en place. Dans cette future étude, nous pourrions nous intéresser au « comment » les enfants vont progressivement, grâce à la production de multiples inférences, construire des modèles mentaux explicatifs cohérents relatifs au concept du vivant et quelles sont les influences possibles sur l'organisation de ces modèles mentaux.

Comme dans le travail de cette thèse, nous prendrions en compte à la fois le nombre de connaissances que les enfants possèdent dans le domaine de la biologie végétale à l'aide d'un questionnaire de connaissances adapté à leurs âges, mais aussi nous étudierons leurs représentations mentales en termes de triangulation systémique. Nous pourrions ainsi observer lors d'une étude longitudinale l'évolution de théories naïves biologiques des végétaux afin d'étudier comment les représentations changent et évoluent vers un savoir scientifique. Nous posons l'hypothèse que les enfants dont les parents sont experts devraient avoir plus de connaissances dans le domaine de la biologie végétale, et les changements conceptuels

(organisation des connaissances ou remplacement des connaissances fausses par des connaissances nouvelles) devraient avoir lieu plus précocement dans le développement de l'enfant issu de parents experts que chez l'enfant issu de parents tout-venant.

CONCLUSION

Dans cette recherche, nous avons pu mettre en évidence que le nombre de connaissances en mémoire dans un domaine particulier est lié à l'expertise des individus. En fonction du type d'expertise, les individus n'ont pas les mêmes représentations mentales d'un système et n'ont pas la même compréhension des relations causales au sein de ce système. Enfin, nous avons montré que l'accès aux connaissances scientifiques dans un domaine ne permet pas aux individus non experts d'adopter un raisonnement plus global d'un système, c'est-à-dire en prenant en considération les aspects structurel, fonctionnel et comportemental d'un système. Cela permet de penser que les effets d'un apprentissage pratique sur les représentations mentales des individus ne sont pas comparables aux effets dus à l'apprentissage théorique, qui ont lieu au niveau conceptuel (organisation des connaissances). Ainsi, nous avons mis en évidence l'importance de considérer des types d'expertise différents dans les recherches expérimentales.

BIBLIOGRAPHIE

- Abernethy, B. (1993). The nature of expertise in sport. In S. Serpa, J. Alves, V. Ferreira & A. Paula-Brito (Eds.), *Sport Psychology: An integrated approach*. Proceedings of the 8th World Congress of Sport Psychology (pp. 18-22). Lisbon, Spain: I.S.S.P.
- Adelson, B. (1984). When novices surpass experts: The difficulty may increase with expertise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *10*, 483-495. doi : 10.1145/63266.63267
- Anggoro, 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.), *Proceedings of the Twenty-seventh Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (pp. 139-144). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Atran, S., Medin, D. L., 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*, 3-42. doi : 10.1163/156853701300063561
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: A cognitive view* (2nd ed.). New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Bang, M., Medin, D. L., & Atran, S. (2007). Cultural Mosaics and Mental Models of Nature. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. *104*(1), 13868-13874.
- Bédard, J., & Chi, M. T. H. (1992). Expertise. *Current Directions in Psychological Science*, *1*(4), 135-139.
- Bedoin, N. & Vulliez, E. (2009). Théories naïves et raisonnements téléologiques sur les animaux et les plantes. *Psychologie Française*, *54*, 55-74. doi : 10.1016/j.psfr.2008.06.002

- Benzécri, J.-P. (1973). *L'Analyse des Données*. Paris : Dunod.
- Berliner, D. C. (1987). In pursuit of the expert pedagogue. *Educational Researcher*, 15, 5-13.
- Bertalanffy, L. V. (1973). *Théorie générale des systèmes*. Paris: Dunod.
- Bisseret, A. (1995). *Représentation et décision experte : psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel*. Toulouse: Octarès Editions.
- Bower, G. H., Black, J. B., & Turner, T. J. (1979). Scripts in memory for text. *Cognitive Psychology*, 11, 177-220. doi: 10.1016/0010-0285(79)90009-4
- Braine, M. D. S. (1978). On the relation between the natural logic of reasoning and standard logic. *Psychological Review*, 85, 1-21.
- Braine, M. D. S. (1990). The "natural logic" approach to reasoning. In W. F. Overton (Ed.), *Reasoning, Necessity and Logic: Developmental perspectives* (pp. 133-157). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Braine, M. D. S., & O'Brien, D. P. (1998). *Mental logic*. Mahway, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bruner, J. S. (1957). Going beyond the information given. In J. S. Bruner (Ed.), *Contemporary approaches to cognition: A symposium held at the University of Colorado* (pp. 41-69). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Caillot, M. (1984). La résolution de problèmes de physique: représentations et stratégies. *Psychologie Française*, 29, 257-262.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in Childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S. (1987). Theory change in childhood. In B. Inhelder, D. Caprona & A. Cornce-Wells (Eds.), *Piaget Today* (pp.141-163). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Carey, S. (1991). Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change? In S. Carey & R. Gelman (Eds.), *The Epigenesis of Mind: Essays in Biology and Cognition* (pp. 257-291). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Carey, S. (2009). The process of conceptual change. In S. Carey (Ed.), *The Origin of Concepts* (pp. 413-445). New York: Oxford University Press.
- Carey, S., & Spelke, E. S. (1994). Domain-specific knowledge and conceptual change. In L. Hirschfeld & S. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 169-200). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Carmichael, C., & Hayes, B. (2001). Prior knowledge and exemplar encoding in children's concept acquisition. *Child Development*, 72, 1071-1090.
- Caverni, J-P. (1988). Psychologie de l'expertise: éléments d'introduction. *Psychologie Française*, 33, 114-125.
- Charness, N. (1992). The impact of chess research on cognitive science. *Psychological Research*, 54, 4-9.
- Chase, W. G., & Ericsson, K. A. (1982). Skill and working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 1-58). New York: Academic Press.
- Chase, W. G., & Simon, H. A. (1973). The mind's eye in chess. In W. G. Chase (Ed.), *Visual information processing* (pp. 215-281). New York: Academic Press.
- Chatard-Pannetier, A., Brauer, M., Chambres, P., & Niedenthal, P. (2002). Représentation, catégorisation et évaluation : Différences entre experts et novices dans le domaine des meubles d'antiquité. *L'Année Psychologique*, 102, 423-448.
- Chi, M. T. H. (1978). Knowledge structures and memory development. In R. Siegler (Ed.), *Children's thinking: What develops?* (pp. 73-96). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In R. Giere (Ed.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (pp. 129-186). Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- Chi, M. T. H. (2006). Laboratory methods for assessing experts' and novices' knowledge. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich & R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge Handbook of expertise and expert performance* (pp. 167-184). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Chi, M. T. H., Glaser, R., & Farr, M. J. (1988). *The nature of expertise*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Chi, M. T. H., Glaser, R., & Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. In R. Sternberg (Ed.), *Advances in the Psychology of Human Intelligence* (pp. 7-76). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chi, M. T. H., Leeuw, N. de., Chiu, M. H., & LaVancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-477.
- Clement, J. (1982). Student's Preconceptions in Introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50 (1), 66-71.
- Clement, J. (1983). A conceptual model discussed by Galileo and used intuitively by physics students. In D. R. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 325-347). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, J. (1988). *Analyse statistique de puissance pour les sciences comportementales* (22nd ed.). Hillsdale, NJ : Erlbaum.

- Coley, J. D. (1994). *Emerging differentiation of folkbiology and folkpsychology: Attribution of biological and psychological properties to nonhuman living things*. Paper presented at the Conference on Human Development, Pittsburgh, PA.
- Collins, A. M., & Quillian, M. R. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8, 240-247.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16 (3), 297-334.
- De Groot, A. D. (1965). *Thought and choice in chess*. The Hague, The Netherlands: Mouton Publishers.
- Descartes, R. (1637). *Discours de la méthode*. Paris: Editions de Cluny. Retrieved from http://www.ac-grenoble.fr/PhiloSophie/file/descartes_methode.pdf
- diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10 (2-3), 105-225.
- diSessa, A. A. (2008). A bird's eye view of "pieces" vs. "coherence" controversy. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp 35-60). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- diSessa, A. A., Gillespie, N. M., & Esterly, J. B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive science*, 28, 843-900.
- Driver, R. (1983). *The pupil as scientist?* London, UK: Open University Press.
- Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Dubois, D., Bourguine, R., & Resche-Rigon, P. (1992). Connaissances et expertises de divers acteurs économiques dans la catégorisation d'un objet perceptive. *Intellectica*, 15, 241-271.

- Duit, R. (1999). Conceptual change approaches in science education. In W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero, (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 263-282). Amsterdam : Pergamon.
- Durand, D. (2009). *La systémique* (11th ed.). Paris : Presses Universitaires de France.
- Ericsson, K. A., & Charness, N. (1994). Expert performance: Its structure and acquisition. *American Psychologist*, 49, 725-745.
- Ericsson, K. A., & Lehmann, A. C. (1996). Expert and exceptional performance. Evidence of maximal adaptation to task constraints. *Annual Review of Psychology*, 47, 273-305.
- Ericsson, K. A. & Smith, J. (1991). Prospects and limits of the empirical study of expertise: An introduction. In K. A. Ericsson & J. Smith (Eds.), *Toward a general theory of expertise: Prospects and limits* (pp. 1-38). Cambridge: Cambridge University Press.
- Ericson, K. A. & Smith, J. (1994). *Toward a general theory of expertise*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Evans, J. St B. T. (1984). Heuristic and analytic processes in reasoning. *British Journal of Psychology*, 75, 451-468.
- Evans, J. St B. T. (1989). *Bias in Human Reasoning: Causes and Consequences*. Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates.
- Evans, J. St B. T. (1996). Deciding before you think: relevance and reasoning in the selection task. *British Journal of Psychology*, 87, 223-240.
- Evans, J. St. B. T. (1998). Matching bias in conditional reasoning: Do we understand it after 25 years? *Think. Reason.* 4, 45-82.
- Evans, J. St B. T., Newstead, S. E., & Byrne, R. M. J. (1993). *Human reasoning. The psychology of deduction*. Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates.

- Feltovich, J. P., Spiro, R., & Coulson, R. (1997). Issues of expert flexibility in contexts characterized by complexity and change. In P. J. Feltovich, K. M. Ford & R. R. Hoffman (Eds.), *Expertise in context: Human and machine* (pp. 125-146). Menlo Park: MIT Press.
- Forrester, J. W. (1975). *Collected Papers of Jay W. Forrester*. Portland, OR: Productivity Press.
- Forrester, J. W. (1984). *Principes des Systèmes* (3th ed.). Presses Universitaires de Lyon.
- Fredette, N. H., & Clement, J. (1981). Student Misconceptions of an Electric Circuit: What do they mean? *Journal of College Science Teaching*, 10 (5), 280-285.
- Garland, D. J., & Barry, J. R. (1991). Cognitive advantage in sport: The nature of perceptual structures. *American Journal of Psychology*, 104, 211-228.
- Gelman, S. A. (1988). The development of induction within natural kind and artifact categories. *Cognitive Psychology*, 20, 65-95.
- Gelman, S. A. (2003). *The essential child: Origins of essentialism in everyday thought*. New York: Oxford University Press.
- Gelman, S. A., Coley, J. D., Gottfried, G. (1994). Essentialist beliefs in children: the acquisition of concepts and theories. In L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the Mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 341-365). New York: Cambridge University Press.
- Gentner, D. R. (1988). Expertise in typewriting. In M. T. H. Chi, R. Glaser & M. J. Farr (Eds.), *The nature of expertise* (pp. 1-21). Hillsdale, N.J.: Laurence Erlbaum Associates.
- Giordan, A. (1989). Vers un modèle didactique d'apprentissage allostérique. In N. Bednarz & C. Garnier (Eds.), *Construction des savoirs : obstacles et conflits* (pp. 240-257). Montréal: Agence d'ARC.

- Glaser, R. (1986). On the nature of expertise. In F. Klix & H. Hagendorf (Eds.), *Human memory and cognitive capabilities* (pp. 915-928). Amsterdam: North-Holland.
- Glaser, R. (1987). Thoughts on expertise. In C. Schooler & W. Schaie (Eds.), *Cognitive functioning and social structure over the life course* (pp. 81-94). Norwood, NJ: Ablex.
- Glaser, R., & Chi, M. T. H. (1988). Overview. In M. T. H. Chi, R. Glaser & M. J. Farr (Eds.), *The nature of expertise* (pp. xv-xxviii). Hillsdale, N.J.: Laurence Erlbaum Associates.
- Goel, A. K., Gomez de Silva Garza, A., Grué, N., Murdock, J. W., Recker, M. M., & Govindaraj, T. (1996). Towards designing learning environments I: Exploring how devices work. In C. Fraisson, G. Gauthier & A. Lesgold (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems: Lecture notes in computer science*. NY: Springer.
- Goel, A. K., Vattam, S., Rugaber, S., Joyner, D., Hmelo-Silver, C.E., Jordan, R., ...Sinha, S. (2010, August). *Functional and Causal Abstractions of Complex Systems*. Paper presented at the 32nd Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Portland, Oregon. Abstract retrieved from <http://dilab.gatech.edu/publications/CogSci2010 -ACT-Final.pdf>
- Goldberg, R. F., & Thompson-Schill, S. L. (2009). Developmental 'roots' in mature biological knowledge. *Psychological Science*, 20 (4):480-487.
- Grotzer, T. A., & Basca, B. B. (2003). Helping students to grasp the underlying causal structures when learning about ecosystems: How does it impact understanding? *Journal of Biological Education*, 38(1,)16-29.
- Halldén, O. (1999). Conceptual change and contextualization. In W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (Eds.), *New perspectives in conceptual change* (pp. 12-48). Amsterdam: Pergamon.
- Hatano, G., & Inagaki, K. (1997). Qualitative changes in intuitive biology. *European Journal of Psychology of Education*, 12 (2), 111-130.

- Hewson, P. W. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3 (4), 383-96.
- Hmelo-Silver, C. E., & Pfeffer, M. G. (2004). Comparing expert and novice understanding of a complex system from the perspective of structures, behaviors, and functions. *Cognitive Science*, 28, 127-138.
- Hmelo-Silver, C. E., Marathe, S., & Liu, L. (2007). Fish swim, rocks sit, and lungs breathe: Expert-novice understanding of complex systems. *Journal of the Learning Sciences*, 16, 307-331.
- Hoc, J. M. (1983). Une méthode de classification préalable des problèmes d'un domaine pour l'analyse des stratégies de résolution: La programmation informatique chez des professionnels. *Le Travail Humain*, 46, 205-217.
- Hoffman, R. R., Coffey, J. W., Ford, K. M., & Novak, J. D. (2006). A method for eliciting, preserving, and sharing the knowledge of expert forecasters. *Weather and Forecasting*, 21, 416-428.
- Hoffman, R. R., Trafton, G., & Roebber, P. (2006). *Minding the weather: How expert forecasters think*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Holyoak, K. (1991). Symbolic connectionism: toward third-generation theories of expertise. In K. A. Ericsson & J. Smith (Eds.), *Toward a general theory of expertise: Prospects and limits* (pp. 301-336). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Honeck, R. P., Firment, M., & Case, T. J. S. (1987). Expertise and categorization. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 25, 431-434.
- Housner, L. D., Gomez, R., & Griffey, D. C. (1993). Pedagogical knowledge structures in prospective teachers: Relationships to performance in a teaching methodology course. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 64 (2), 167-177.

- Image. Alceste, un logiciel de statistique textuelle. Retrieved from <http://www.iimage-zafar.com>
- Inagaki, K. (1990). The effects of raising animals on children's biological knowledge. *British Journal of Developmental Psychology*, 8, 119-129.
- Inagaki, K., & Hatano, G. (1987). Young children's spontaneous personification as analogy. *Child Development*, 58, 1013-1020.
- Inagaki, K., & Hatano, G. (1993). Young children's understanding of the mind-body distinction. *Child development*, 64 (5), 1534-1549.
- 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 thinking about the biological world*. New York: Psychology Press.
- Inagaki, K., & Sugiyama, K. (1988). Attributing human characteristics : developmental changes in over and under attribution. *Cognitive development*, 3, 55-70.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P. N. (1999). Deductive reasoning. *Annual Review of Psychology*, 50, 109-135.
- Johnson-Laird, P. N. (2001). Mental models and deductive reasoning. *Trends in Cognitive Science*, 5, 434-442.
- Johnson-Laird, P. N., & Byrne, R. M. J. (1991). *Deduction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kahneman, D., Slovic, P., & Tversky, A. (1982). *Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases*. New York: Cambridge University Press.

- Keil, F. C. (1989). *Concepts, kinds, and cognitive development*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Keil, F. C. (1994). The birth and nurturance of concepts by domains: The origins of concepts of living things. 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.
- Keil, F. C., & Batterman, N. (1984). A characteristic-to-defining shift in the development of word meaning. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 23, 221-236.
- Kolodner, J. L. (1983). Towards an understanding of the role of experience in the evolution from novice to expert. *International Journal of Man-Machine Studies*, 19, 497-518.
- Krascum, R., & Andrews, S. (1998). The effects of theories on children's acquisition of family-resemblance categories. *Child Development*, 69, 333-346.
- Kuhn, T. S. (1983). The structure of scientific revolutions. In L. Meyer (Ed. & Trans.), *La structure des révolutions scientifiques*. Paris: Flammarion (Original work published in 1962).
- Labrell, F., & Charlieux, B. (2009). Conceptions naïves de la mort des végétaux entre six et dix ans. *Psychologie Française*, 54, 75-91.
- Lakatos, I. (1970). Falsifications and the methodology of scientific research programs. In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge* (pp. 91-196). Cambridge: Cambridge University Press.
- Langlois, J., Dacremont, C., Peyron, D., Valentin, D., & Dubois, D. (in press). Lexicon and types of discourse in wine expertise: The case of vin de garde. *Food Quality and Preference*. doi:10.1016/j.foodqual.2010.10.00
- Larkin, J. H., McDermott, J., Simon, D. P., & Simon, H. A. (1980). Expert and novice performance in solving physics problems. *Science*, 208, 1335-1342.

- Lautrey, J. (2008). Les connaissances naïves chez l'enfant. In J. Lautrey, S. Rémi-Giraud, E. Sander & A. Tiberghien (Eds.), *Les connaissances naïves*. Paris: Armand Colin. Retrieved from http://jacques.lautrey.com/docs/pdf35_Th_naives_Chap_1.pdf
- Lécuyer, R. (1989). *Bébés astronomes, bébés psychologues*. Liège : Pierre Mardaga.
- Lécuyer, R., Pêcheux, M. G., & Streri, A. (1994). *Le développement cognitif du nourrisson* (Vol. 1). Paris : Nathan.
- Lécuyer, R., Streri A., & Pêcheux, M. G. (1996). *Le développement cognitif du nourrisson* (Vol. 2). Paris: Nathan.
- Leddon, E.M., Waxman, S.R., Medin, D. L. (in press). What does it mean to 'live' and 'die'? A cross-linguistic analysis of parent-child conversations in English and Indonesian. *British Journal of Developmental Psychology*. doi: 10.1348/026151010X490858
- Le Moigne, J. L. (1974). *Les systèmes de décision dans les organisations*. Paris: Presses universitaires de France.
- Le Moigne, J. L. (2006). *La théorie du système général, théorie de la modélisation* (4th ed.). Paris: Presses Universitaires de France. Retrieved from <http://www.mcxapc.org/inserts/ouvrages/0609tsgtm.pdf>
- Likert, R. (1932). A technique for measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 44-53.
- Massey, C. M., & Gelman, R. (1988). Preschooler's ability to decide whether a photographed unfamiliar object can move itself. *Developmental Psychology*, 24, 307–317.
- Mayrat, A., Rollin, P., & Kahn, A. (1990). *Croissance (biologie)*. Article de l'Encyclopaedia Universalis. Retrieved from <http://www.universalis.fr/encyclopedie/croissance-biologie/>
- Medin, D. L., & Atran, S. (1999). *Folkbiology*. Cambridge , MA : Bradford.

- Medin, D. L., & Atran, S. (2004). The native mind: Biological categorization and reasoning in development and across cultures. *Psychological Review*, *111*, 960-983.
- Medin, D. L., Waxman, S., Woodring, J., & Washinawatok, K. (2010). Human-centeredness is not a universal feature of young children's reasoning: Culture and experience matter when reasoning about biological entities. *Cognitive Development*, *25*, 197-207.
- Meunier, B., & Cordier, F. (2004). La catégorie des plantes. étude développementale de son organisation. *Enfance*, *2*, 163-185.
- Morange, S., Dubois, D., & Fontaine, J-M. (2010). Perception of recorded singing voice quality and expertise: Cognitive linguistics and acoustic approaches. *Journal of Voice*, *24* (4), 450-457.
- Murphy, G. L. (2002). *The big book of concepts*. Cambridge, MA: MIT.
- Murphy, G. L., & Medin, D. L. (1985). The role of theories in conceptual coherence. *Psychological Review*, *92*, 289-316.
- Murphy, G. L., & Wright, J. C. (1984). Changes in conceptual structure with expertise: Differences between real-world experts and novices. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *10*, 144-155.
- Nguyen, S. P., & Gelman, S. A. (2002). Four and six-year olds' biological concept of death: the case of plants. *British Journal of Developmental Psychology*, *20*, 495-513.
- Noveck, I. A. (2002). *La logique mentale*. Encyclopedia des Science Cognitives. Paris: Larousse.
- Parrott, L. (2009, September-October). *Understanding and managing the landscape as a complex system: What can bottom-up modeling approaches contribute?* Proceedings of the place and purpose symposium, Spatial Sciences Institute Biennial International Conference. Adelaide Convention Centre, Adelaide, Australia. Retrieved from <http://www.spatial.adelaide.edu.au/SSC2009/papers/Parrott.pdf>

- Piaget, J. (1926). *La représentation du monde chez l'enfant*. Paris, Alcan.
- Piaget, J. (1929). *The Child's conception of the world*. New York: Harcourt, Brace.
- Piaget, J. (1968). *Le structuralisme*. Paris : Presse Universitaire de France.
- Piaget, J. (1976). *La représentation du monde chez l'enfant* (5th ed.). Paris: Presse Universitaire de France.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1959). *La genèse des structures logiques élémentaires, classifications et sériations*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Posner, G. J., 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.
- Poulin-Dubois, D. (1999). Infants' distinction between animate and inanimate objects: The origins of naive psychology. In P. Rochat (Ed.), *Early Social Cognition* (pp. 257-280). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Proffitt, J. B., Coley, J. D., & Medin, D. L. (2000). Expertise and category-based induction. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 26(4), 811-828.
- Quinn, P. C. (1987). The categorical representation of visual pattern information by young infants, *Cognition*, 27, 145-179.
- Reinert, M. (1983). Une méthode de classification descendante hiérarchique : Application à l'analyse lexicale par contexte. *Les cahiers de l'analyse des données*, 8 (2), 187-198.
- Reinert, M. (1993). Les mondes lexicaux et leur logique à travers l'analyse statistique d'un corpus de récits de cauchemars. *Langage et Société*, 64, 5-39.
- Richards, D. D., & Siegler, R. S. (1986). Children's understandings of the attributes of life. *Journal of Experimental Child Psychology*, 42, 1-22.

- Rips, L. J. (1983). Cognitive processes in propositional reasoning. *Psychological Review*, 90 (1), 38-71.
- Rips, L. J. (1994). *The psychology of proof: Deduction in human thinking*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Rosch, E. (1976). Classification d'objets du monde réel : origine et représentations dans la cognition. In S. Ehrlich & E. Tulving, (Eds.), *La mémoire sémantique* (pp. 242-250). Bulletin de Psychologie.
- Rosnay, J. de. (1975). *Le macroscopie: vers une vision globale*. Paris: Seuil.
- Ross, N., Medin, D. L., Coley, J. D., & Atran, S. (2003). Cultural and experimental differences in the development of folkbiological induction. *Cognitive Development*, 18, 25-47.
- Saaty, T. L. (1984). *Décider face à la complexité. Une approche analytique multi-critère d'aide à la décision*. Paris: Entreprise Moderne d'Édition.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1963). *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois: University of Illinois Press.
- Simon, H. A. (1962). The architecture of complexity. In H.A. Simon (Ed.), 1969, *The sciences of the artificial* (pp. 192-229). Cambridge, MA: MIT Press
- Simon, H. A. (1964). On the concept of organizational goals. *Administrative Science Quarterly*, 9, 1-22.
- Spelke, E. S. (1994). Initial knowledge: Six suggestions. *Cognition*, 50, 431–455.
- Sperber D., Cara F., & Girotto V. (1995). Relevance theory explains the selection task. *Cognition*, 57, 31-95.

- Streri, A., & Lécuyer, R. (1999). Paradigmes expérimentaux et méthodes d'étude du nourrisson. In A. Streri & R. Lécuyer (Eds.), *Les méthodes de recherches en psychologie* (pp. 73-131). Paris: Dunod.
- Tarlowski, A. (2006). If it's an animal it has axons: Experience and culture in preschool children's reasoning about animates. *Cognitive Development* 21, 249-265.
- 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.
- Toulmin, S. (1972). *Human understanding*. Oxford: Clarendon Press.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1 (2), 205-221.
- Visser, W. (2006, Octobre). L'analyse de l'expertise du point de vue de l'ergonomie cognitive. Papier présenté à la 4^{ème} Journée d'étude organisée par Le Sensolier, Les expertises sensorielles : Nature et acquisition, Paris. Abstract retrieved from <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0710/0710.4999.pdf>
- Visser, W., & Falzon, P. (1988). Recueil et analyse de l'expertise dans une activité de conception : question de méthode. *Psychologie Française*, 33 (3), 133-138.
- Visser, W., & Falzon, P. (1992). Catégorisation et types d'expertise : Une étude empirique dans le domaine de la conception industrielle. *Intellectica*, 15, 27-53.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Vosniadou, S. (2002). Mental models in conceptual development. In L. Magnani & N. Nersessian (Eds.), *Model-Based Reasoning: Science, Technology* (pp. 353-368). Values, New York: Kluwer Academic Press.

- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Voss, J. F., & Post, T. A. (1988). On the solving of ill-structured problems. In M. T. H. Chi, R. Glaser & M. J. Farr (Eds.), *The nature of expertise* (pp. 261-285). Hillsdale, N.J.: Laurence Erlbaum Associates.
- Wason, P. C. (1968). Reasoning about a rule. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 20, 273-281.
- Wason, P. C., & Evans, J. St. B. T. (1975). Dual processes in reasoning? *Cognition*, 3, 141-154.
- Waxman, S., Medin, D. L., & Ross, N. (2007). Folkbiological reasoning from a cross-cultural developmental perspective: Early essentialist notions are shaped by cultural beliefs. *Developmental Psychology*, 43, 294-308.
- Wellman, H. M. (1990). *The child's theory of mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Wellman, H. M., & Gelman, S. A. (1998). Knowledge acquisition in foundational domains. In D. Kuhn & R. S. Siegler (Eds.), *Handbook of Child Psychology*, (5th ed., Vol. 3, pp. 523-573). New York: Wiley.
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine*. Paris: Hermann and Cie.
- Wolpert, L. (1999). *Biologie du développement. Les grands principes*. Paris : Dunod.

ANNEXES

Annexe 1 : Présentation de l'étude et consentement libre et éclairé (Expérience 1)**Note d'information**

Nous réalisons, dans le cadre de recherches menées au sein de l'équipe CLEA du Centre de Recherches en Psychologie de l'Université de Reims Champagne-Ardenne, une étude sur les connaissances biologiques des adultes. Cette recherche s'inscrit dans un projet antérieur financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR). Elle repose sur la passation d'un questionnaire centré sur les connaissances des adultes en matière de biologie végétale en fonction de leur expertise. Pour cela, nous allons interroger un grand nombre de participants: des viticulteurs, des biologistes et des personnes n'ayant pas de métier en relation avec la biologie.

Consentement de participation : Questionnaire

M (Nom, Prénom)

Adresse.....

.....

Ma participation à cette étude consistera à remplir le questionnaire portant sur les connaissances du domaine de la biologie végétale. Ce questionnaire fait partie de la recherche de thèse intitulée « Conceptualisation des végétaux à l'âge adulte : le cas de la vigne ». Cette étude est menée par Laurianne Brulé sous la direction du Professeur Florence Labrell (Equipe CLEA de Psychologie, Université de Reims Champagne-Ardenne).

J'ai été informé(e) que les données seront strictement confidentielles. Seules les personnes impliquées dans cette étude auront accès aux résultats.

J'ai pris connaissance de mon droit à me retirer de l'étude à tout moment en contactant Laurianne Brulé par mail. Egalement, je peux poser des questions sur l'étude (déroulement, résultats...). laurianne.brule@etudiant.univ-reims.fr

Fait à

Signature du volontaire

Le.....

Annexe 2 : Intégralité du Questionnaire à choix multiple (Expérience 1)

Niveau d'étude :
 Age :
 Sexe :

Profession :
 Lieu d'habitation (campagne ou ville) :

CONSIGNE : Les résultats sont anonymes. Pour chaque question, vous avez 3 propositions. A vous de noter V (pour Vraie) les propositions qui vous semblent correctes et F (pour Fausse) les propositions qui vous semblent incorrectes. Si vous ne savez pas répondre à une question, veuillez ne rien noter. Chaque question peut avoir 1, 2 ou 3 propositions correctes. Le temps est illimité.

Les plantes sans fleur ni graine sont

- des phanérogames,
- des cryptogames,
- des cornophytes.

L'application du génie génétique aux plantes cultivées a permis d'obtenir

- des plantes résistantes à certaines maladies,
- des plantes toxiques pour les insectes,
- des plantes assimilant directement l'azote atmosphérique.

La croissance du bois, au cours des années successives, est marquée par

- des cerne annuels de plus en plus épais, de l'intérieur vers l'extérieur,
- une alternance de zones poreuses formées au printemps et de zones compactes formées en été,
- une alternance de zones riches en vaisseaux formées au printemps et de zones riches en fibres formées en été.

La photosynthèse

- compense, comme réaction fondamentale, la fixation du CO₂ atmosphérique sur le ribulose-1,5-bisphosphate,
- produit principalement de l'amidon,
- produit principalement des glucides solubles.

En viticulture, le marcottage provoqué de la vigne s'appelle

- le vignicottage,
- le provicepage,
- le provignage.

Les plantes peuvent se protéger contre les herbivores

- en développant des structures épineuses,
- en diversifiant leur métabolisme secondaire,
- en dégageant des parfums.

Les végétaux parasites

- vivent aux dépens d'un autre être vivant,
- vivent uniquement aux dépens d'autres végétaux,
- se rencontrent uniquement chez les Bactéries et les Champignons.

La fécondation d'une plante aboutit à

- une feuille,
- une graine,
- une nouvelle plante.

Pour corriger un excès d'humidité, on procède

- à un assèchement du sol,
- à un drainage du sol,
- à la suppression des haies.

Le puceron qui a détruit beaucoup de vignes dans le monde (sauf au Chili) au siècle dernier est

- le fixoléra,
- le phalloxéra,
- le phylloxéra.

Les fleurs possèdent

- des protéines,
- des lipides,
- des glucides.

Les besoins d'une plante chlorophyllienne sont

- eau, hélium, et gaz carbonique,
- hélium et sels minéraux,
- sels minéraux, gaz carbonique et eau.

La croissance des plantes dure

- six ans,
- dix ans,
- jusqu'à leur mort.

Le pigment essentiel à la photosynthèse est

- la chlorophylle,
- le caroténoïde,
- la vitamine D.

La vigne est une plante du groupe des

- angiospermes,
- gymnospermes,
- chlamydolespermes.

Les plantes peuvent réagir et s'adapter

- aux conditions du sol,
- au climat,
- aux autres végétaux qui l'entourent.

Les ions métalliques sont pour les plantes

- indispensables,
- utiles,
- toxiques.

L'intensité de la photosynthèse

- se mesure par la quantité d'O₂ rejetée en un temps donné par une masse donnée d'organe chlorophyllien ou de plante entière,
- est rapportée à un gramme de masse fraîche,
- est rapportée à un gramme de masse sèche.

Les feuilles caduques

- tombent après leur mort,
- tombent au bout de deux ans,
- montrent une adaptation à l'environnement.

L'action du froid sur la germination des graines

- favorise la germination de nombreuses graines en levant une inhibition tégumentaire,
- favorise la germination de nombreuses graines en levant une dormance embryonnaire,
- inhibe la germination de nombreuses graines en induisant une dormance secondaire.

Le pied de la vigne s'appelle

- le cèpe,
- le cep,
- le scep.

- Les élicitines sont des molécules
- qui favorisent la pénétration d'organismes toxiques,
 - qui augmentent la résistance de la plante stressée,
 - qui présentent une grande toxicité à l'égard de la cellule agressée.
- Les chaînes alimentaires
- sont des exemples de relations d'interdépendance entre les éléments d'un écosystème,
 - constituent des réseaux trophiques,
 - sont déterminantes pour l'équilibre d'un écosystème.
- L'identification d'un agent pathogène se fait par
- une méthode de tests physiologiques et biochimiques,
 - une technique d'identification sérologique,
 - une technique portant sur la génomique.
- La dormance des semences est
- un phénomène très général,
 - due à leur importante déshydratation,
 - accompagnée d'un changement de l'équilibre hormonal au sein de l'embryon.
- Lorsque la grappe de raisin passe du vert au rose puis au rouge, cela s'appelle
- la rougeaison,
 - la coloration,
 - la véraison.
- Les mutations génétiques
- sont aléatoires,
 - sont irréversibles,
 - affectent le matériel génétique de la plante.
- La croissance des racines est le résultat
- du développement de la coiffe,
 - de l'activité du méristème,
 - de la réduction de la zone pilifère.
- Les racines
- sont toujours souterraines,
 - se ramifient de façon tout à fait anarchique,
 - peuvent apparaître sur les tiges.
- Le bouturage se fait à partir
- de graines ou de bulbes,
 - d'un fragment de tige,
 - d'une feuille ou d'un bourgeon.
- Un écosystème est défini par
- les colocataires du milieu,
 - les paramètres physiques et chimiques du milieu,
 - les échanges trophiques et énergétiques.
- Les feuilles permettent essentiellement
- d'embellir la plante,
 - de protéger la plante,
 - de nourrir la plante.
- Les conditions nécessaires à la germination des semences sont (entre autres)
- l'humidité du sol,
 - une bonne oxygénation du sol,
 - la présence d'éléments nutritifs en quantité suffisante dans le sol.

Le mildiou est

- un parasite,
- une maladie,
- une sorte de céréale.

La croissance primaire se fait

- en longueur,
- en épaisseur,
- en largeur.

Cocher la réponse qui vous correspond le plus

Vous faites des sorties à la campagne

- au moins une fois par semaine,
- au moins une fois par mois,
- plusieurs fois par an,
- très rarement, voire jamais.

Le processus consistant à supprimer certaines pousses indésirables s'appelle

- La taille,
- l'ébourgeonnage,
- le palissage.

Vous vous occupez de votre jardin (ou balcon)

- souvent,
- rarement,
- ce n'est pas moi qui m'en occupe,
- je n'ai ni jardin ni balcon.

Annexe 3 : Présentation de l'étude et consentement libre et éclairé (Expérience 2)**Note d'information**

Nous réalisons, dans le cadre de recherches menées au sein de l'équipe CLEA du Centre de Recherches en Psychologie de l'Université de Reims Champagne-Ardenne, une étude sur les connaissances biologiques des adultes. Cette recherche s'inscrit dans un projet antérieur financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR). Elle repose sur la passation de deux questionnaires centrés sur les connaissances des adultes en matière de biologie végétale en fonction de leur expertise. Pour cela, nous allons interroger un grand nombre de participants : des viticulteurs, des biologistes et des personnes n'ayant pas de métier en relation avec la biologie.

Consentement de participation : Questionnaire

M (Nom, Prénom)

Adresse.....

.....

Ma participation à cette étude consistera à répondre aux questionnaires portant sur les connaissances du domaine de la biologie végétale. Ces questionnaires font partie de la recherche de thèse intitulée « Conceptualisation des végétaux à l'âge adulte : le cas de la vigne ». Cette étude est menée par Laurianne Brulé sous la direction du Professeur Florence Labrell (Equipe CLEA de Psychologie, Université de Reims Champagne-Ardenne).

J'ai été informé(e) que les données seront strictement confidentielles. Seules les personnes impliquées dans cette étude auront accès aux résultats.

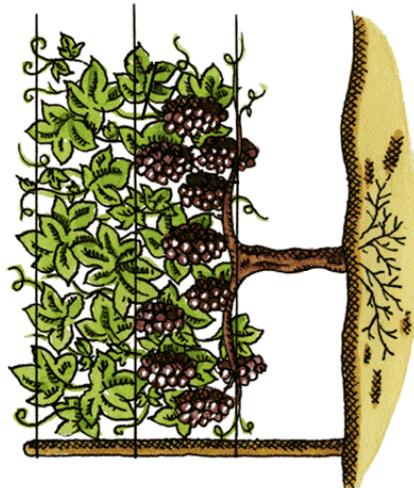
J'ai pris connaissance de mon droit à me retirer de l'étude à tout moment en contactant Laurianne Brulé par mail. Egalement, je peux poser des questions sur l'étude (déroulement, résultats...). laurianne.brule@etudiant.univ-reims.fr

Fait à

Signature du volontaire

Le.....

Annexe 4 : Dessin d'un pied de vigne (Expérience 2)



Annexe 5 : Intégralité du Questionnaire SFC (Expérience 2)**Grille d'observation**

Expérimentateur :	Temps :
Participant numéro :	Date :
Sexe :	Age :
Niveau d'étude :	métier :

« Tout d'abord, pouvez-vous me dire ce que représente le dessin au milieu de la feuille ?... »

Le participant a reconnu le pied de vigne : OUI / NON

Première partie :

Question 1 : « A l'aide de cette feuille et de ces crayons, pouvez-vous m'expliquer à haute voix : **Quelles sont les conditions nécessaires pour que la vigne soit productive ?** »

Réponse :

Deuxième partie :

Etape relative au dessin 1 : ?

Réponse.....

Etape relative au dessin 2 : ?

Réponse :

Etape relative au dessin 3 : ?

Réponse :

Troisième partie :

« Très bien, maintenant je vais vous poser quelques questions, vous avez tout votre temps pour y répondre, et je vous demanderai d'y répondre à haute voix. »

Question 1A : De quoi la vigne a-t-elle besoin pour grandir ?

Réponse 1A:.....

Question 1B : A quoi sert la croissance de la vigne ?

Réponse 1B :.....

Question 1C : Comment s'aperçoit-on que la vigne grandit ?

Réponse 1C :

Question 2A : Quels gaz la vigne respire-t-elle ?

Réponse 2A :

Question 2B : Quel est le rôle des racines ?

Réponse 2B :

Question 2C : Comment les sels minéraux sont absorbés par la vigne ?

Réponse 2C :

Question 3A : Qu'est-ce qui peut faire mourir la vigne ?

Réponse 3A :

Question 3B : Comment la vigne peut se défendre contre une bactérie ?

Réponse 3B :

Question 3C : Que se passe-t-il si la vigne est infectée par un champignon ?

Réponse 3C :

Question 4A : Qu'est-ce qui constitue le système reproductif de la vigne ?

Réponse 4A :

Question 4B : Quel est le rôle de la fleur de vigne ?

Réponse 4B :

Question 4C : Quel est le résultat d'une fécondation ?

Réponse 4C :

Question 5A : Comment l'homme peut-il aider la vigne à être en bonne santé ?

Réponse 5A :

Question 5B : A quoi servent les pesticides ?

Réponse 5B :

Question 5C : A quoi voit-on l'action de l'homme ?

Réponse 5C :

Annexe 6 : Résultats des traitements statistiques réalisés sur les données du questionnaire de connaissances générales en biologie lors de la deuxième expérimentation.

A) Cohérence interne avec tous les participants

Nous avons calculé un alpha de Cronbach (1951) avec la totalité des participants auxquels le questionnaire a été administré soit 259 participants. La valeur de l'alpha sur les 36 questions est de $\alpha = .90$. Il nous indique une bonne cohérence interne du questionnaire.

B) Effet du niveau de difficulté des questions et de l'expertise sur le nombre de réponses correctes.

	moyenne		moyenne
Tout-venant	48.02	Facile	25.78
Viticulteurs	58.88	Moyen	18.32
Biologistes	75.29	Difficile	16.06

Taille des effets

Plan d'expérience : $\underline{S} < E_3 > * D_3$, E = expertise, D = difficulté

	SC	dl	MC	f	p	état carré
1	4651.1	2	2325.6	31.962	0.000000	0.376193
erreur	7712.5	106	72.8			
2	5654.2	2	2827.1	209.410	0.000000	0.663929
1 * 2	797.3	4	199.3	14.764	0.000000	0.217871
erreur	2862.1	212	13.5			

1 = variable « expertise », 2 = variable « niveaux de difficulté »

Synthèse de tous les effets
 Tout-venant *versus* experts
 (viticulteurs et biologistes)

	SC	dl	MC	f	p
M1	3065.700	1	3065.700	42.13447	0.000000
erreur	7712.549	106	72.760		

Synthèse de tous les effets
 Viticulteurs *versus* biologistes

	SC	dl	MC	f	p
M1	1546.829	1	1546.829	21.25936	0.000011
erreur	7712.549	106	72.760		

Synthèse de tous les effets
 Facile *versus* moyen et difficile

	SC	dl	MC	f	p
M1	5351.683	1	5351.683	414.0741	0.00
erreur	1369.992	106	12.924		

Synthèse de tous les effets
 Moyen *versus* difficile

	SC	dl	MC	f	p
M1	302.551	1	302.5510	21.49355	0.000010
erreur	1492.095	106	14.0764		

C) Sexe

Nous avons vérifié l'influence de la variable Sexe sur les résultats des participants à ce questionnaire. Nous n'avons pris en considération que les groupes de tout-venants et de biologistes. Les viticulteurs et/ou vignerons qui ont passé cette étude sont majoritairement des hommes (%). Un *t* de Student réalisé sur les groupes d'adultes

tout-venant et sur les biologistes nous montre qu'il n'y a pas de différence significative ($t(73) = -.032$; $p = .75$) entre les hommes et les femmes.

D) Influence du contact avec la nature sur le nombre de connaissances et expertise

E) Influence des catégories du questionnaire QCM et de l'expertise sur le nombre des réponses correctes

	moyenne		moyenne
Tout-venant	48.02	Anatomie	9.16
Viticulteurs	58.88	Respiration/Nutrition	9.71
Biologistes	75.29	Maladie/Mort	9.85
		Reproduction	9.4
		Croissance	9.85
		Environnement	12.25

Taille des effets

Plan d'expérience : $\underline{S} < E_3 > * C_6$, E = expertise, C = catégorie

	SC	dl	MC	f	p	état carré
1	2325.56	2	1162.78	31.962	0.000000	0.376193
erreur	3856.27	106	36.38			
2	665.84	5	133.17	30.147	0.000000	0.221429
1 * 2	502.70	10	50.27	11.380	0.000000	0.176766
erreur	2341.15	530	4.42			

1 = variable « expertise », 2 = variable « catégorie »

Synthèse de tous les effets
 Tout-venant versus experts
 (viticulteurs et biologistes)

	SC	dl	MC	f	p
M1	1532.850	1	1532.850	42.13447	0.000000
erreur	3856.275	106	36.380		

Synthèse de tous les effets
 Viticulteurs *versus* biologistes

	SC	dl	MC	f	p
M1	773.415	1	773.4145	21.25936	0.000011
erreur	3856.275	106	36.3799		

Synthèse de tous les effets

Croissance et environnement *versus* anatomie, respiration/nutrition, maladie/mort, reproduction

	SC	dl	MC	f	p
M1	351.2286	1	351.2286	77.64160	0.000000
erreur	479.5140	106	4.5237		

Synthèse de tous les effets
 Environnement *versus* croissance

	SC	dl	MC	f	p
M1	284.5815	1	284.5815	55.29131	0.000000
erreur	545.5766	106	5.1469		

Annexe 7 : Plan de l'analyse standard (expert A) (Expérience 2)

ET 1 1 1 1
 A 1 1 1
 B 1 1 1
 C 1 1 1
 D 1 1 1 0 0
 A1 1 0 0
 A2 3 0
 A3 1 1 0
 B1 0 4 0 1 1 0 1 1 0
 B2 2 2 0 0 0 0 0 0
 B3 10 4 1 1 0 0 0 0 0 0
 C1 0 121
 C2 0 2
 C3 0 0 1 1 1 2
 D1 0 2 2
 D2 0
 D3 5 a 2
 D4 1 -2 1
 D5 0 0

A1: Lecture du corpus

A2: Calcul du dictionnaire (99158 occurrences, 4824 formes distinctes)

A3 : Liste des clés et valeurs d'analyse

A34 : Fréquence maximale d'un mot analysé : 3000

B1: Sélection des uce et calcul des données

B16: Nombre d'occurrences par U.C.E. : 29 ; nombre d'u.c.e : 2358

B2: Calcul de DONN.1

B2: Calcul de DONN.2

B3: Classification descendante hiérarchique de DONN.1

Nombre d'unités de contexte : 1864 ; nombre d'items analysables : 854

B3: Classification descendante hiérarchique de DONN.2

Nombre d'unités de contexte : 1656 ; nombre d'items analysables : 852

C1: intersection des classes

Nombre minimum d'uce par classe : 118 ; 1901 u.c.e classées sur 2358 soit 80.62 %

Tableau croisant les deux partitions :

classe *	1	2	3	4	5
poids *	867	326	278	210	624
1 889 *	784	45	28	8	24
2 313 *	30	206	65	3	9
3 272 *	13	64	172	1	22
4 232 *	14	3	5	190	20
5 599 *	26	8	8	8	549

Tableau des chi2 (signés) :

classe *	1	2	3	4	5
poids *	867	326	278	210	624
1 889 *	1577	-98	-108	-117	-435
2 313 *	-121	796	25	-29	-107
3 272 *	-141	22	761	-28	-56
4 232 *	-109	-35	-23	1650	-44
5 599 *	-381	-109	-87	-59	1709

C2: profil des classes

Chi2 minimum pour la sélection d'un mot : 6.34

C2: Reclassement des uce et uci

C3: A.F.C. du tableau C2_DICB.121

```
*****
* Num. * Valeur Propre * Pourcentage * Cumul *
*****
* 1 * .28211450 * 34.15443 * 34.154 *
* 2 * .24702010 * 29.90570 * 64.060 *
* 3 * .17227920 * 20.85713 * 84.917 *
* 4 * .12458280 * 15.08273 * 100.000 *
*****
```

D1: Sélection de quelques mots par classe

D1: Sélection des mots et des uce par classe

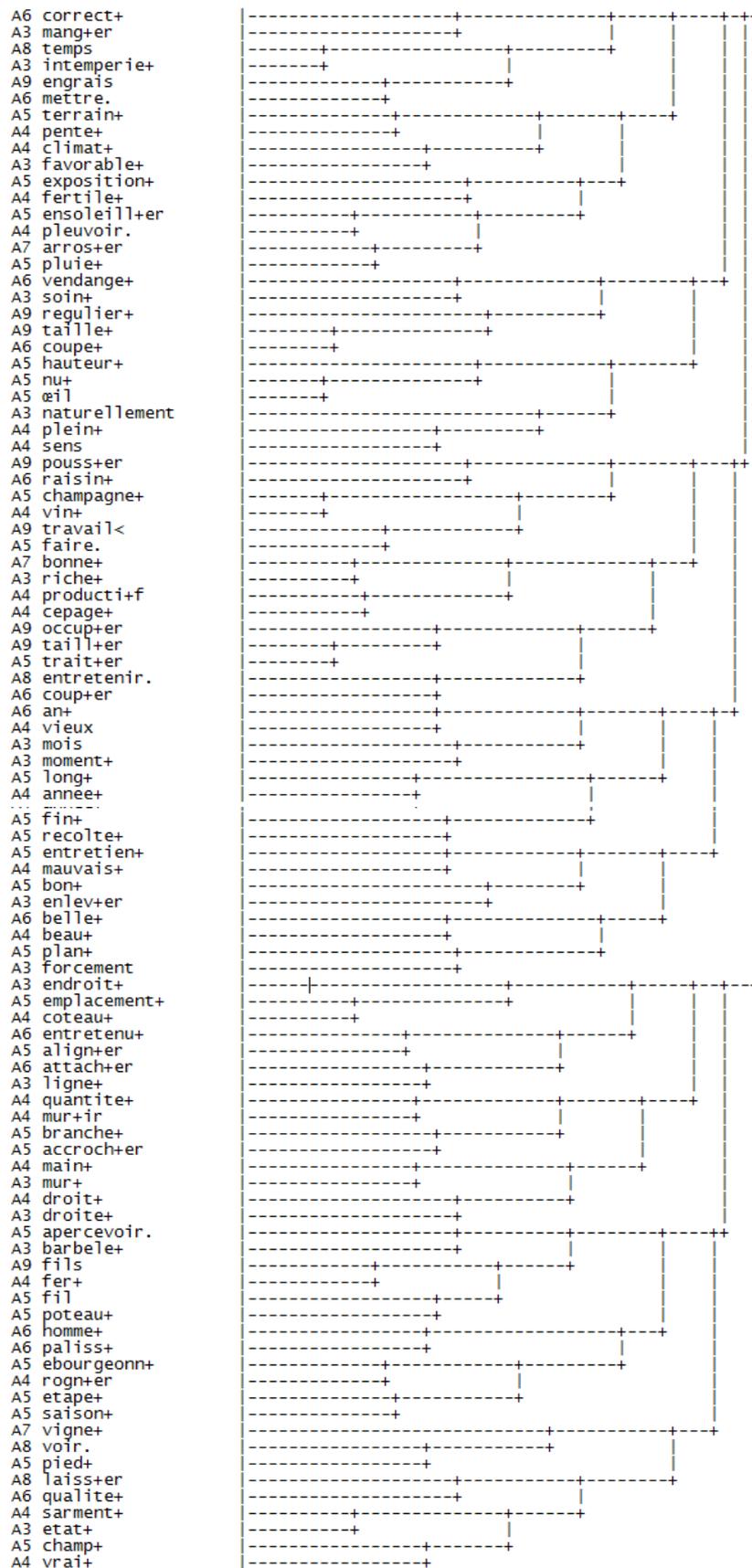
D1: Tri des uce par classe

D2: Calcul des "segments répétés"

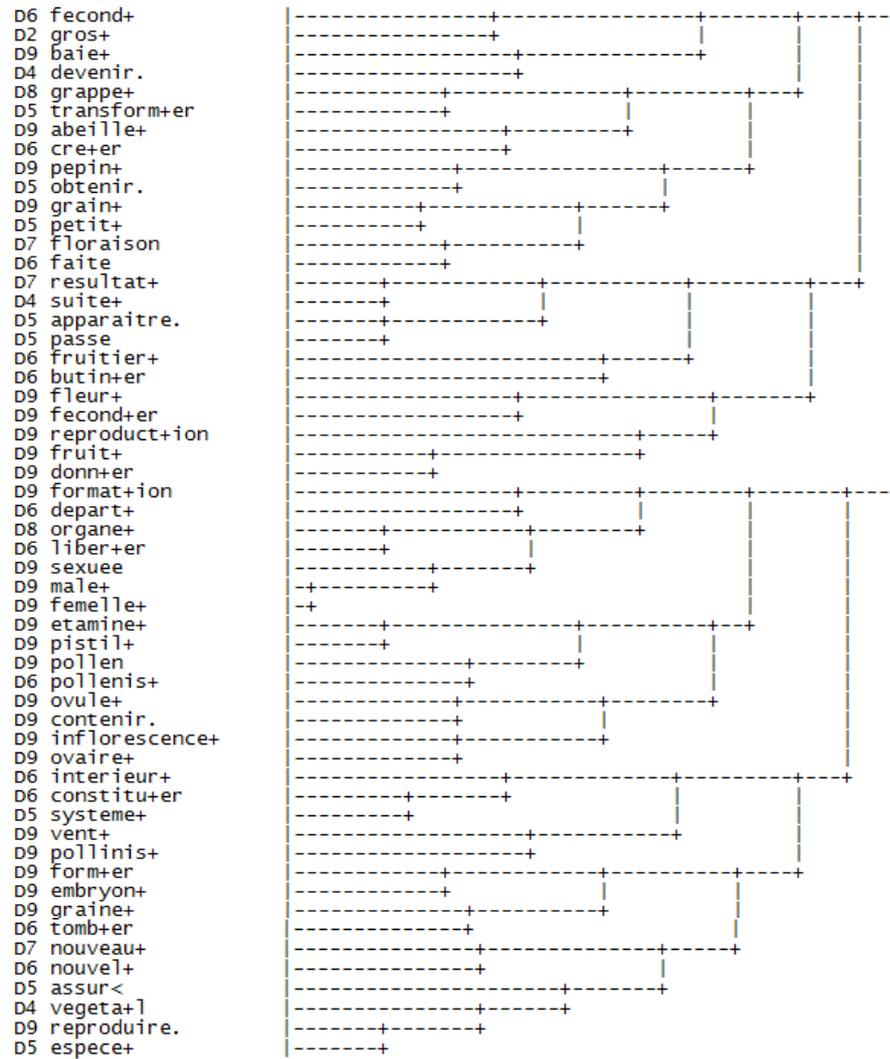
D2: Calcul des "segments répétés" par classe

D3: C.A.H. des mots par classe

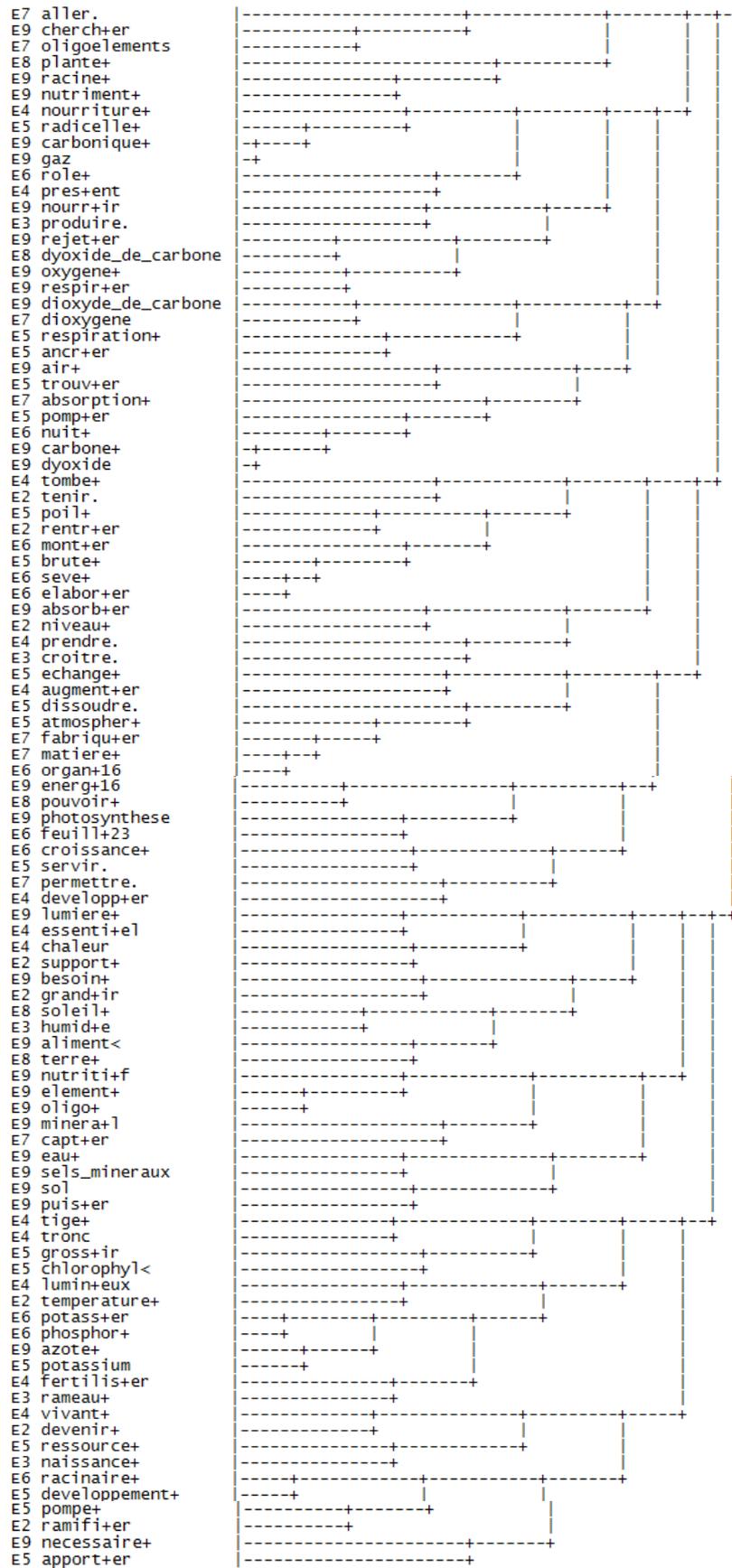
Annexe 8 : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe 1 (Expérience 2)



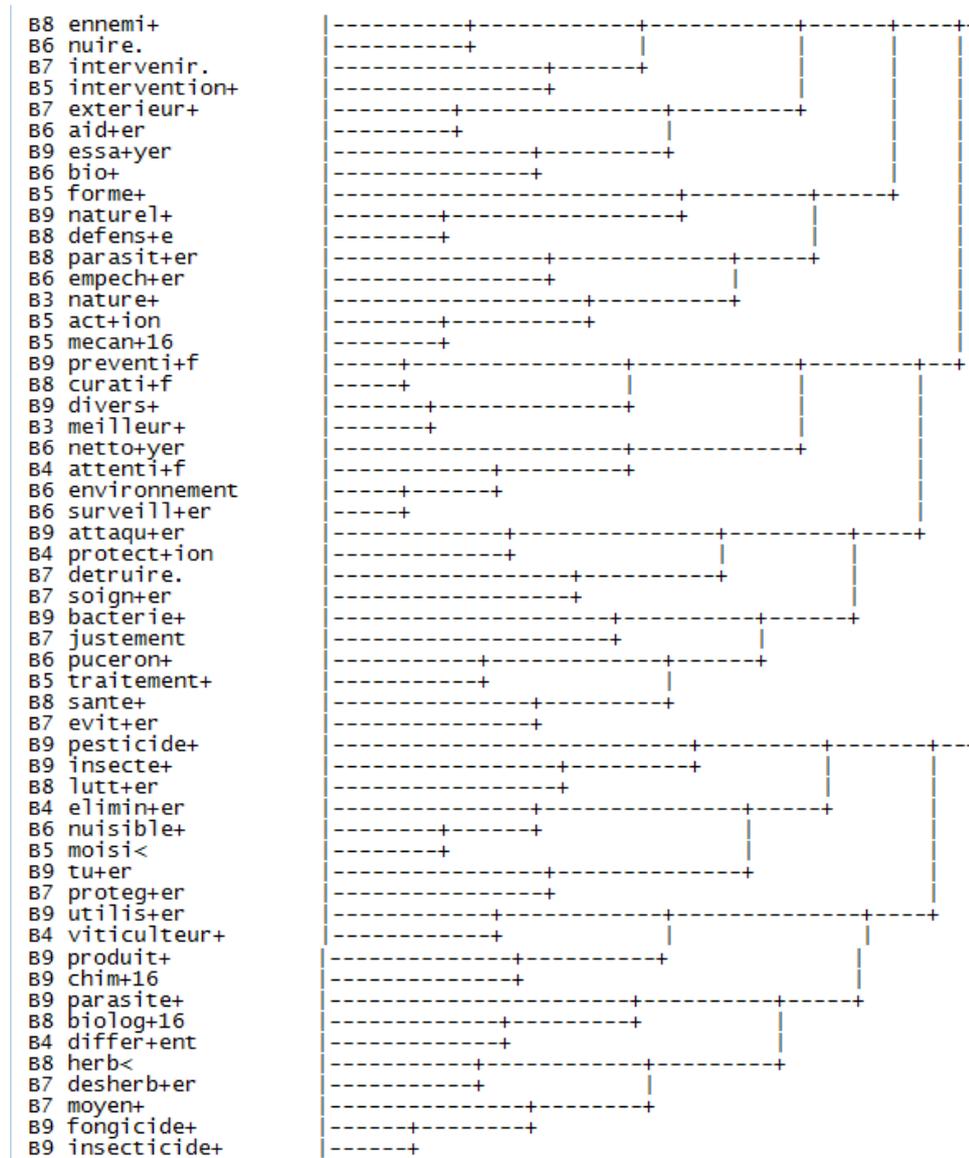
Annexe 9 : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe 4 (Expérience 2)



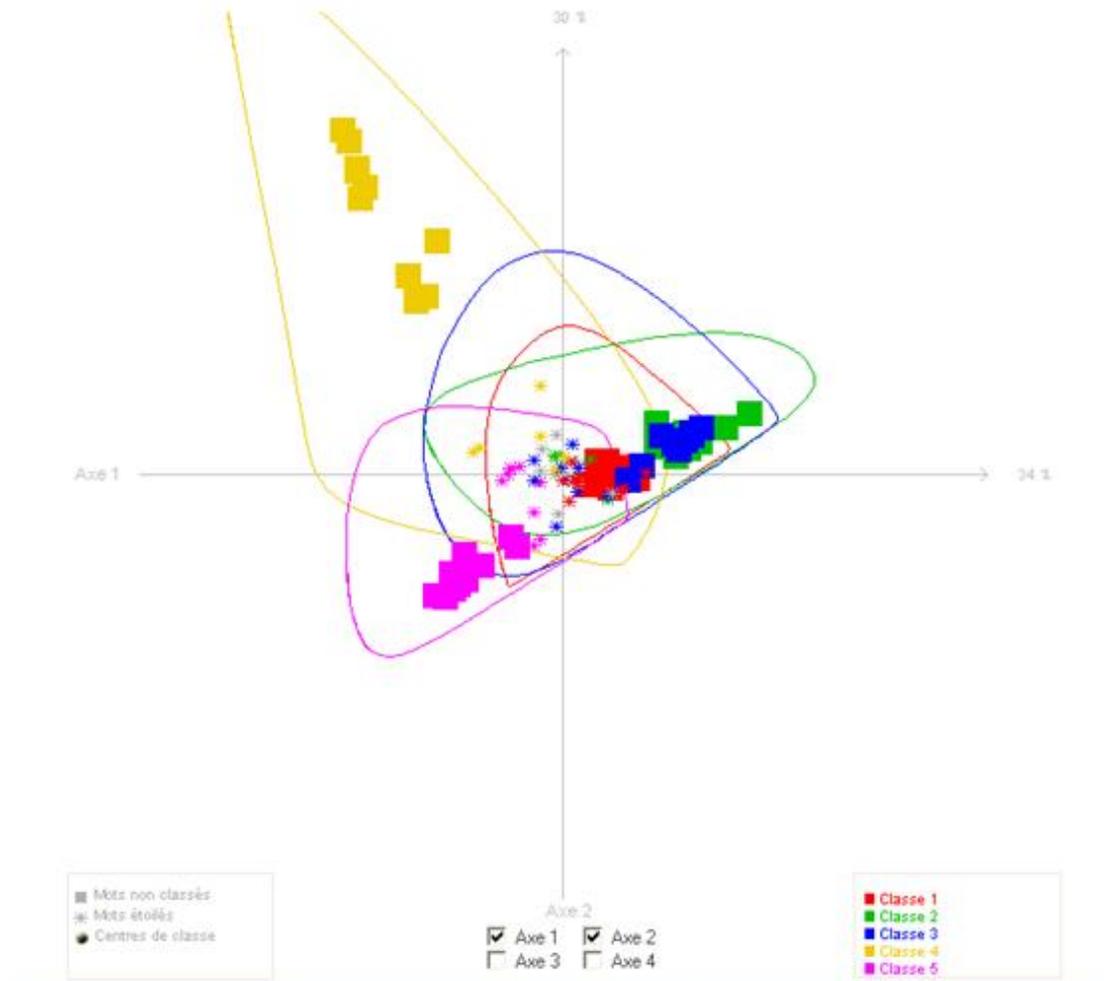
Annexe 10 : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe 5 (Expérience 2)



Annexe 11 : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe 2 (Expérience 2)



Annexe 13 : Analyse factorielle des correspondances en coordonnées pour l'analyse du discours en plan standard (Expérience 2)



Annexe 14 : Plan de l'analyse en tri-croisé (variable Expertise) (Expérience 2)

```

ET  0 0 1 1
A   1 1 1
B   1 1 1
C   1 1 0
D   1 1 1 0 0
A1  1 0 0
A2  3 0
A3  1 1 0
B1  0 4 0 1 1 0 1 1 0
B2  2 2 0 0 0 0 0 0
B3  10 4 1 1 0 0 0 0 0 0
C1  1 $expertise_
C2  0 2
C3  0 0 1 1 1 2
D1  0 2 2
D2  0
D3  5 a 2
D4  1 -2 1
D5  0 0

```

C1: Calcul des spécificités

La partition sera définie par *expertise_

Nombre d'u.c. minimum par classe analysée : 1

Nombre de mots (formes réduites) : 1307

Nombre de mots analysés : 1043

Nombre de mots "hors-corpus" : 59

Nombre de classes retenues : 3

1 Classe A *expertise_bio : 518 uce soit 21.97%

2 Classe B *expertise_tv : 1357 uce soit 57.55%

3 Classe C *expertise_viti : 483 uce soit 20.48%

Nombre d'u.c.e. classées : 2358 soit 100%

C2: profil des classes

Chi2 minimum pour la sélection d'un mot : 2.70

Nombre de mots (formes réduites) : 1307

Nombre de mots analysés : 1043

Nombre de mots "hors-corpus" : 59

Nombre de classes : 3

2358 u.c.e. classées soit 100%

C2: Reclassement des uce et uci

D1: Sélection de quelques mots par classe

D1: Sélection des mots et des uce par classe

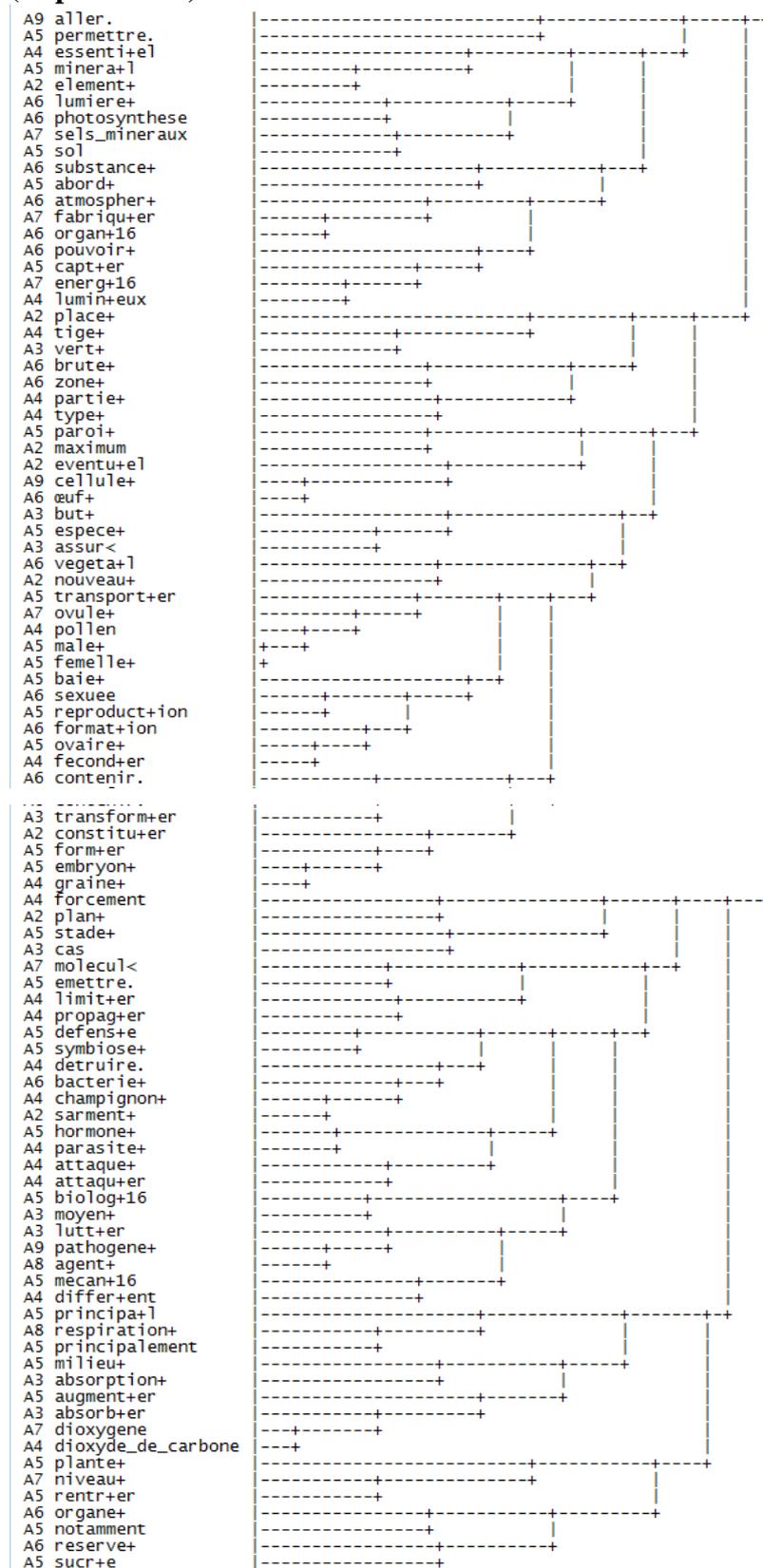
D1: Tri des uce par classe

D2: Calcul des "segments répétés"

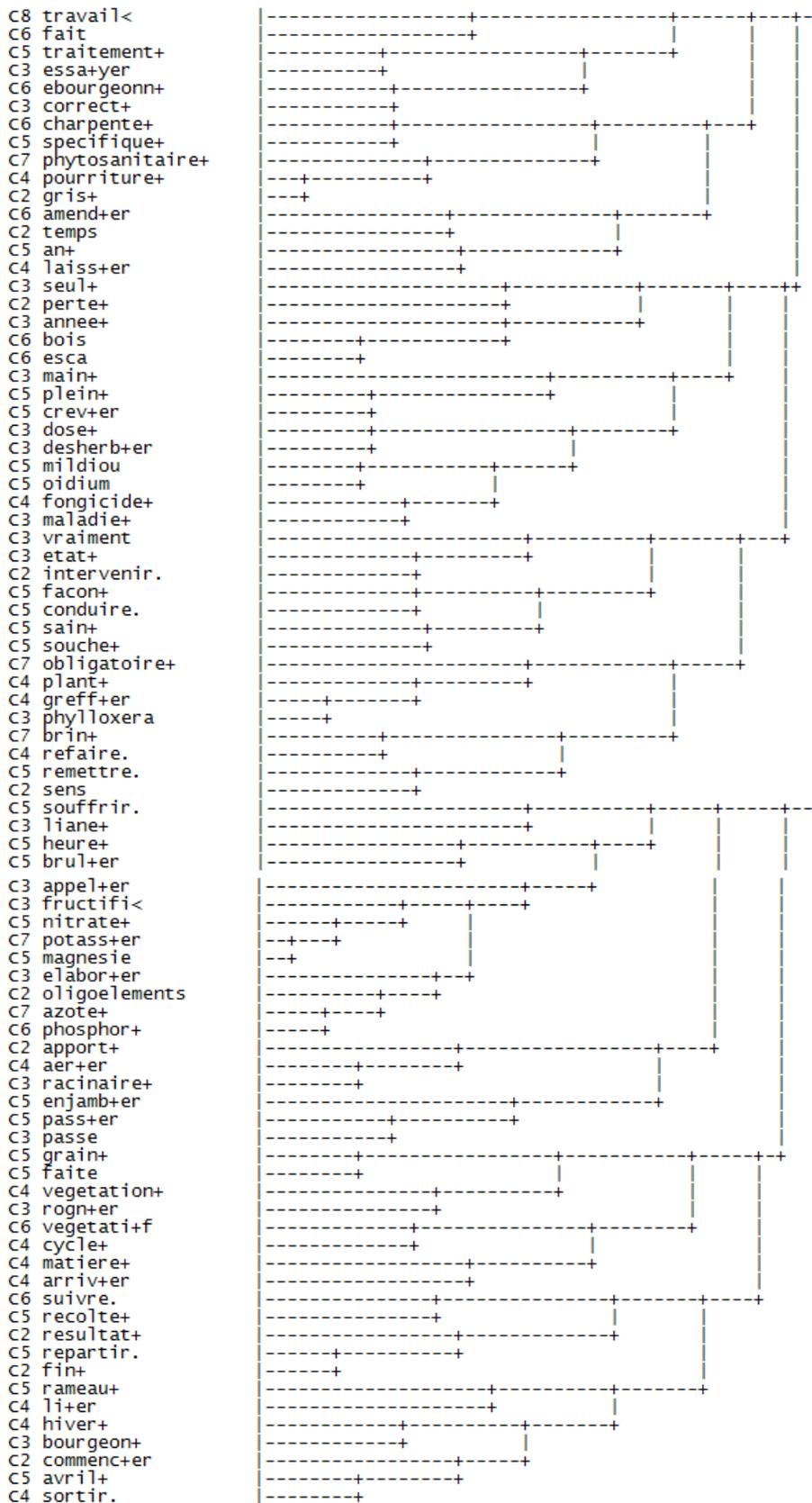
D2: Calcul des "segments répétés" par classe

D3: C.A.H. des mots par classe

Annexe 15 : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe des biologistes (Expérience 2)



Annexe 17 : Dendrogramme des groupes de mots significatifs de la classe des viticulteurs (Expérience 2)



Annexe 18 : Présentation de l'étude et consentement libre et éclairé (Expérience 3)**Note d'information**

Nous réalisons, dans le cadre de recherches menées au sein de l'équipe CLEA du Centre de Recherches en Psychologie de l'Université de Reims Champagne-Ardenne, une étude sur les connaissances biologiques des adultes. Cette recherche s'inscrit dans un projet antérieur financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR). Elle repose sur la passation de trois questionnaires centrés sur les connaissances des adultes en matière de biologie végétale en fonction de leur expertise. Pour cela, nous allons interroger un grand nombre de participants: des viticulteurs, des biologistes et des personnes n'ayant pas de métier en relation avec la biologie.

Consentement de participation : Questionnaire

M (Nom, Prénom)

Adresse.....

.....

Ma participation à cette étude consistera à répondre aux questionnaires portant sur les connaissances du domaine de la biologie végétale. Ces questionnaires font partie de la recherche de thèse intitulée « Conceptualisation des végétaux à l'âge adulte : le cas de la vigne ». Cette étude est menée par Laurianne Brulé sous la direction du Professeur Florence Labrell (Equipe CLEA de Psychologie, Université de Reims Champagne-Ardenne).

J'ai été informé(e) que les données seront strictement confidentielles. Seules les personnes impliquées dans cette étude auront accès aux résultats.

J'ai pris connaissance de mon droit à me retirer de l'étude à tout moment en contactant Laurianne Brulé par mail. Egalement, je peux poser des questions sur l'étude (déroulement, résultats...) à laurianne.brule@etudiant.univ-reims.fr

Fait à

Le.....

Signature du volontaire

Annexe 19 : Intégralité des 4 résolutions de problèmes (Expérience 3)

Une parcelle de vigne est entretenue depuis quinze ans par un viticulteur pour sa production de raisin. Après le déménagement de ce viticulteur, cette parcelle de vigne n'est plus entretenue par l'Homme.

Selon vous, un an après cet abandon, que se passe-t-il au niveau de cette parcelle de vigne ?

- La parcelle de vigne devient une friche envahie de mauvaises herbes.
- La vigne a plus de mal à se défendre des attaques extérieures (maladie...).
- Les pieds de vigne se multiplient.
- La parcelle de vigne produit du raisin de plus mauvaise qualité qu'auparavant.
- N'ayant pas subi de taille, la vigne continue sa croissance au détriment de la production de fruits.
- Les bois de vigne qui ne sont pas attachés plient et traînent au sol sous le poids des grappes.
- La parcelle de vigne ne produit plus de raisin, ou en moindre quantité.

Du début juillet jusqu'à la fin août, les terres sont sèches et craquellent à cause d'un manque d'eau.

Selon vous, que se passe-t-il au niveau de la parcelle de vigne cultivée sur ces terres ?

- Les jeunes pieds de vigne meurent.
- Les racines doivent se développer plus en profondeur pour trouver l'eau.
- La parcelle de vigne se déshydrate.
- Les feuilles de la vigne ne se développent pas suffisamment.
- La récolte sera limitée.
- Les grains de raisin seront petits mais fort sucrés.
- La vigne sera moins vulnérable aux maladies

Au début du printemps, après quelques jours de temps chaud et ensoleillé, il se produit des gelées de printemps, les gelées noires.

Selon vous, après cette gelée, que se passe-t-il au niveau de la parcelle de vigne cultivée sur ces terres ?

- La vigne va se développer plus vite après la gelée.
- Les organes de la vigne qui ont gelé noircissent et se flétrissent.
- La vigne qui a gelé donne une seconde génération de sarments (branches) sans fruit.
- Les jeunes pieds de vigne meurent.
- Après la gelée, la sève remonte dans quelques sarments (branches) qui ont résisté au gel.
- La vigne produit un raisin de moins bonne qualité.
- La sève qui montait au sarment (branches) est stoppée par la gelée.

Après des pluies successives, une parcelle de vigne est atteinte d'une maladie, le mildiou.

Selon vous, que se passe-t-il au niveau de la parcelle de vigne atteinte de Mildiou ?

- Les ceps s'affaiblissent.
- Les grains de raisins atteints se dessèchent.
- La nécrose des feuilles limite la photosynthèse.
- La récolte sera de mauvaise qualité.
- La vigne devient plus résistante aux maladies.
- Les feuilles ont des tâches jaunâtres, puis brunes.
- Le raisin sera impropre à la vinification

- **Annexe 20 : Résultats des traitements statistiques réalisés sur les données du questionnaire de connaissances générales en biologie lors de la troisième expérimentation**

A) *Cohérence interne avec tous les participants*

Nous avons calculé un alpha de Cronbach (1951) avec la totalité des participants auxquels le questionnaire a été administré soit participants. La valeur de l'alpha sur les 36 questions est de $\alpha = .926$. Il nous indique une bonne cohérence interne du questionnaire.

B) *Effet du niveau de difficulté des questions et de l'expertise sur le nombre de réponses correctes.*

	moyenne		moyenne
Tout-venant	40.86	Facile	25.31
Viticulteurs	63.34	Moyen	17.65
Biologistes	75.53	Difficile	16.03

Taille des effets

Plan d'expérience : $\underline{S} < E_3 > * D_3$, E = expertise, D = difficulté

	SC	dl	MC	f	p	état carré
1	4066.12	2	2033.06	67.211	0.00	0.543290
erreur	3418.13	113	30.25			
2	37504.39	2	18752.19	1422.733	0.00	0.926419
1 * 2	1636.84	4	409.21	31.047	0.00	0.354631
erreur	2978.77	226	13.18			

1 = variable « expertise », 2 = variable « niveaux de difficulté »

Synthèse de tous les effets
Tout-venant *versus* experts (viticulteurs et biologistes)

	SC	dl	MC	f	p
M1	3918.144	1	3918.144	129.5300	0.00
erreur	3418.130	113	30.249		

Synthèse de tous les effets
Viticulteurs *versus* biologistes

	SC	dl	MC	f	p
M1	173.745	1	173.7451	5.743842	0.018188
erreur	3418.130	113	30.2489		

Synthèse de tous les effets
Facile *versus* moyen et difficile

	SC	dl	MC	f	p
M1	18609.46	1	18609.46	1435.737	0.00
erreur	1464.66	113	12.96		

Synthèse de tous les effets
Moyen *versus* difficile

	SC	dl	MC	f	p
M1	18894.93	1	18894.93	1410.153	0.00
erreur	1514.11	113	13.40		

C) Sexe

Nous avons vérifié l'influence de la variable Sexe sur les résultats des participants à ce questionnaire. Nous n'avons pris en considération que les groupes de tout-venants et de biologistes. Les viticulteurs et/ou vignerons qui ont passé cette étude sont majoritairement des hommes (65.8%). Un *t* de Student réalisé sur les groupes

d'adultes tout-venant et sur les biologistes nous montre qu'il n'y a pas de différence significative ($t(76) = -.19; p = .85$) entre les hommes et les femmes.

D) Influence du contact avec la nature sur le nombre de connaissances et expertise

E) Influence des catégories du questionnaire QCM et de l'expertise sur le nombre des réponses correctes

	Moyenne		moyenne
Tout-venant	40.86	Anatomie	9.18
Viticulteurs	63.34	Respiration/Nutrition	9.88
Biologistes	75.53	Maladie/Mort	10.02
		Reproduction	9.34
		Croissance	9.86
		Environnement	11.85

Taille des effets

Plan d'expérience : $\underline{S} < E_3 > * C_6$, E = expertise, C = catégorie

	SC	dl	MC	f	p	état carré
1	4442.19	2	2221.09	73.444	0.000000	0.565199
erreur	3417.32	113	30.24			
2	522.70	5	104.54	19.300	0.000000	0.145884
1 * 2	236.92	10	23.69	4.374	0.000006	0.071856
erreur	3060.27	565	5.42			

Synthèse de tous les effets
 Tout-venant versus experts (viticulteurs et biologistes)

	SC	dl	MC	f	p
M1	3952.326	1	3952.326	130.6908	0.00
erreur	3417.323	113	30.242		

Synthèse de tous les effets
 Viticulteurs *versus* biologistes

	SC	dl	MC	f	p
M1	536.039	1	536.0392	17.72511	0.000051
erreur	3417.323	113	30.2418		

Synthèse de tous les effets

Croissance et environnement *versus* anatomie, respiration/nutrition, maladie/mort, reproduction

	SC	dl	MC	f	p
M1	240.8177	1	240.8177	57.89540	0.000000
erreur	470.0270	113	4.1595		

Synthèse de tous les effets
 Environnement *versus* croissance

	SC	dl	MC	f	p
M1	223.3047	1	223.3047	29.28816	0.000000
erreur	861.5576	113	7.6244		

Annexe 21 : Plan de l'analyse standard (expert A) (Expérience 3)

ET 1 1 1 1
 A 1 1 1
 B 1 1 1
 C 1 1 1
 D 1 1 1 0 0
 A1 1 0 0
 A2 3 0
 A3 1 1 0
 B1 0 4 0 1 1 0 1 1 0
 B2 2 2 0 0 0 0 0 0
 B3 10 4 1 1 0 0 0 0 0 0
 C1 0 121
 C2 0 2
 C3 0 0 1 1 1 2
 D1 0 2 2
 D2 0
 D3 5 a 2
 D4 1 -2 1
 D5 0 0

A1: Lecture du corpus

A2: Calcul du dictionnaire (8137 occurrences, 787 formes distinctes)

A3 : Liste des clés et valeurs d'analyse

A34 : Fréquence maximale d'un mot analysé : 3000

B1: Sélection des uce et calcul des données

B16: Nombre d'occurrences par U.C.E. : 25, nombre d'u.c.e. : 276

B2: Calcul de DONN.1

B2: Calcul de DONN.2

B3: Classification descendante hiérarchique de DONN.1

Nombre d'unités de contexte : 222 ; nombre d'items analysables : 121

B3: Classification descendante hiérarchique de DONN.2

Nombre d'unités de contexte : 196 ; nombre d'items analysables : 121

C1: intersection des classes

Nombre minimum d'uce par classe : 14 ; 161 u.c.e classées sur 276 soit 58.33 %

Tableau croisant les deux partitions :

classe	*	1	2	3	4	5	6	7
poids	*	33	54	39	27	21	17	14
1	34 *	25	2	3	4	0	0	0
2	62 *	2	49	7	1	2	1	0
3	32 *	1	0	25	5	1	0	0
4	22 *	2	3	1	15	0	1	0
5	20 *	2	0	0	0	18	0	0
6	20 *	0	0	3	2	0	15	0
7	15 *	1	0	0	0	0	0	14

Tableau des chi2 (signés) :

classe	*	1	2	3	4	5	6	7
poids	*	33	54	39	27	21	17	14
1	34 *	99	-8	-2	0	-4	-3	-2
2	62 *	-10	127	-3	-10	-4	-5	-6
3	32 *	-4	-13	85	0	-2	-3	-2
4	22 *	0	-2	-3	65	-2	0	-1
5	20 *	0	-7	-5	-3	153	-2	-1
6	20 *	-4	-7	0	0	-2	129	-1
7	15 *	-1	-5	-3	-2	-1	-1	190

C2: profil des classes

Chi2 minimum pour la sélection d'un mot : 2.00

C2: Reclassement des uce et uci

C3: A.F.C. du tableau C2_DICB.121

* Num.* Valeur Propre * Pourcentage * Cumul *

* 1 * .34237670 * 26.60087 * 26.601 *

* 2 * .26163820 * 20.32791 * 46.929 *

* 3 * .22606000 * 17.56367 * 64.492 *

* 4 * .19026940 * 14.78293 * 79.275 *

* 5 * .14497870 * 11.26408 * 90.539 *

* 6 * .12176550 * 9.46054 * 100.000 *

D1: Sélection de quelques mots par classe

D1: Sélection des mots et des uce par classe

D1: Tri des uce par classe

D2: Calcul des "segments répétés"

D2: Calcul des "segments répétés" par classe

D3: C.A.H. des mots par classe

Valeur de clé minimum pour la sélection : 0

Annexe 27 : Plan de l'analyse en tri-croisé (variable Expertise) (Expérience 3)

```

ET  0 0 1 1
A   1 1 1
B   1 1 1
C   1 1 0
D   1 1 1 0 0
A1  1 0 0
A2  3 0
A3  1 1 0
B1  0 4 0 1 1 0 1 1 0
B2  2 2 0 0 0 0 0 0
B3  10 4 1 1 0 0 0 0 0 0
C1  1 $expertise_
C2  0 2
C3  0 0 1 1 1 2
D1  0 2 2
D2  0
D3  5 a 2
D4  1 -2 1
D5  0 0

```

C1: Calcul des spécificités

La partition sera définie par *expertise_
 Nombre d'u.c. minimum par classe analysée : 1
 Nombre de mots (formes réduites) : 242
 Nombre de mots analysés : 147
 Nombre de mots "hors-corpus" : 40
 Nombre de classes retenues : 3
 1 Classe A *pop_bio : 100 uce soit 36.23%
 2 Classe B *pop_tv : 88 uce soit 31.88%
 3 Classe C *pop_viti : 88 uce soit 31.88%
 Nombre d'u.c.e. classées : 276 soit 100 %

C2: profil des classes

Chi2 minimum pour la sélection d'un mot : 2.70
 Nombre de mots (formes réduites) : 242
 Nombre de mots analysés : 147
 Nombre de mots "hors-corpus" : 40
 Nombre de classes : 3
 276 u.c.e. classées soit 100%

C2: Reclassement des uce et uci

D1: Sélection de quelques mots par classe

D1: Sélection des mots et des uce par classe

D1: Tri des uce par classe

D2: Calcul des "segments répétés"

D2: Calcul des "segments répétés" par classe

D3: C.A.H. des mots par classe

INDEX DES AUTEURS

—A—

Abernethy, B. **45**
Adelson, B. **47, 73, 96, 172**
Andrews, S. **8**
Anggoro, F. K. **62, 172**
Atran, S. **1, 62, 76, 92, 96, 133, 172**
Ausubel, D. P. **17**

—B—

Bang, M. **1, 76, 92, 96**
Barry, J. R. **46, 173**
Basca, B. B. **68**
Batterman, N. **59**
Bédard, J. **47**
Bedoin, N. **8, 65, 67, 73**
Benzécri, J.-P. **109**
Berliner, D. C. **70**
Bertalanffy, L. V. **29, 31, 33, 35**
Bisseret, A. **46, 48, 96, 172**
Black, J. B. **47**
Bourgine, R. **50, 69, 98, 171**
Bower, G. H. **47**
Braine, M. D. S. **5, 9, 10,**
Brauer, M. **47**
Brewer, W. F. **14, 18, 22**

Brulé, L. **53**
Bruner, J. S. **7**
Byrne, R. M. J. **10, 12, 73**

—C—

Caillies, S. **53**
Caillot, M. **43, 47**
Cara, F. **12**
Carey, S. **1, 5, 8, 14, 15, 20, 23, 25, 26, 53, 59, 60, 61, 62, 64, 67, 73, 74, 96, 176, 177**
Carmichael, C. **8**
Case, T. J. S. **47**
Caverni, J.-P. **44**
Chambres, P. **47**
Charlieux, B. **54**
Charness, N. **46, 76, 95**
Chase, W. G. **45, 46, 47, 49, 70, 76, 95, 96, 98, 172, 173**
Chatard-Pannetier, A. **47**
Chi, M. T. H. **1, 14, 17, 43, 44, 47, 48, 49, 66, 67, 68, 70, 73, 98, 133, 173, 174**
Chiu, M. H. **14**
Clement, J. **17**
Coffey, J. W. **47**
Cohen, J. **87, 88, 92, 106, 113, 119**
Coley, J. D. **8, 61, 62, 76, 92, 133, 172**
Collins, A. M. **7**

Cordier, F. **7, 54**

Coulson, R. **48**

Cronbach, L. J. **86, 87**

—D—

Dacremont, C. **50, 171**

De Groot, A. D. **45, 46, 76**

Descartes, R. **35, 36, 37**

diSessa, A. A. **5, 6, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 24, 25, 26**

Driver, R. **17, 68**

Dubois, D. **50, 69, 98, 171**

Duit, R. **24, 25**

Durand, D. **30, 31, 53, 74**

—E—

Easley, J. **17, 68**

Ericsson, K. A. **44, 45, 46, 47, 76, 96, 172**

Esterly, J. B. **14, 18**

Evans, J. St B. T. **5, 9, 10, 11, 12, 13, 121**

—F—

Falzon, P. **49, 69, 98, 171**

Farr, M. J. **49, 98**

Feltovich, P. J. **1, 43, 47, 48, 67, 70, 73, 174**

Firment, M. **47**

Fontaine, J.-M. **50, 171**

Ford, K. M. **47**

Forrester, J. W. **29, 33**

Fouquet, N. **53**

Fredette, N. H. **17**

—G—

Garland, D. J. **46, 173**

Gelaes, S. **7**

Gelman, R. **59**

Gelman, S. A. **7, 8, 15, 52, 53, 176**

Gentner, D. R. **98, 171**

Gertzog, W. A. **5, 6, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 24, 26, 67**

Gillespie, N. M. **14, 18**

Giordan, A. **21**

Giroto, V. **12**

Glaser, R. **1, 43, 44, 47, 48, 49, 67, 70, 73, 98, 174**

Goel, A. K. **68, 70, 74, 99, 170, 173**

Goldberg, R. F. **64, 67, 73**

Gomez, R. L. **48**

Gomez de Silva Garza, A. **68, 70, 74, 99, 170, 173**

Gottfried, G. **8**

Govinderaj, T. **68, 70, 74, 99, 170, 173**

Gray, S. **68**

Griffey, D. C. **48**

Grotzer, T. A. **68**

Grué, N. **68, 70, 74, 99, 170, 173**

—H—

Halldén, O. **24**

Hanesian, H. **17**

Hatano, G. **23, 61, 62**

Hayes, B. **8**

Hewson, P. W. **5, 6, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 23, 24, 26, 67**

Hmelo-Silver, C. E. **2, 68, 95, 97, 102, 106, 115, 116, 121, 130, 132, 152, 170, 174**

Hoc, J. M. **43, 47**

Hoffman, R. R. **47**

Holyoak, K. **44**

Honeck, R. P. **47**

Honwad, S. **68**

Housner, L. D. **48**

—I—

Inagaki, K. **23, 61, 62**

Inhelder, B. **6**

—J—

Johnson-Laird, P. N. **5, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 23, 25, 26, 67, 73, 121, 130**

Jordan, R. **68**

Joyner, D. **68**

—K—

Kahn, A. **55**

Kahneman, D. **11**

Keil, F. C. **8, 52, 53, 59, 61**

Kolodner, J. L. **44**

Krascum, R. **8**

Kuhn, T. S. **15, 16, 21**

—L—

Labrell, F. **53, 54**

Lakatos, I. **16, 21**

Langlois, J. **50, 171**

Larkin, J. H. **47, 48, 70**

Lautrey, J. **177**

LaVancher, C. **14**

Lécuyer, R. **6**

Leddon, E. M. **63**

Leeuw, N. de. **14**

Lehmann, A. C. **44, 45**

Le Moigne, J. L. **2, 29, 31, 34, 37, 38, 39, 57, 68, 73, 74, 99, 135, 170, 174, 176**

Likert, R. **81**

Liu, L. **68, 95, 115, 116, 121, 130, 153, 170**

Lynch, E. **62, 133**

—M—

Marathe, S. **68, 95, 115, 116, 121, 130, 153, 170**

Massey, C. M. **59**

Mayrat, A. **55**

McDermott, J. **47, 48, 70**

Medin, D. L. **1, 7, 8, 50, 62, 63, 76, 92, 93, 96, 133, 172**

Megalakaki, O. **53**

Meunier, B. **7, 54**

Morange, S. **50, 171**

Murdock, J. W. **68, 70, 74, 99, 170, 173**

Murphy, G. L. **7, 8, 47, 48**

—N—

Newstead, S. E. **10**

Nguyen, S. P. **53**

Niedenthal, P. **47**

Novak, J. D. **17, 47**

Noveck, I. A. **10**

—O—

O'Brien, D. P. **10**

—P—

Parrott, L. **31**

Pêcheux, M. G. **6**

Peyron, D. **50, 171**

Pfeffer, M. G. **2, 68, 95, 97, 102, 106, 115, 116, 121, 130, 133, 152, 170, 171, 174**

Piaget, J. **5, 6, 9, 10, 15, 17, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 37, 58, 59, 60, 67, 73, 74**

Posner, G. J. **5, 6, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 24, 25, 26, 67**

Post, T. A. **49, 98, 171**

Poulin-Dubois, D. **59**

Proffitt, J. B. **62, 76, 92, 172**

—Q—

Quillian, M. R. **7**

Quinn, P.C. **6**

—R—

Recker, M. M. **68, 70, 74, 99, 170, 173**

Rees, E. **48**

Reinert, M. **108**

Resche-Rigon, P. **50, 69**

Richards, D. D. **59**

Rips, L. J. **10**

Roebber, P. **47**

Rollin, P. **59**

Rosch, E. **54**

Rosnay, J. de. **29, 30, 36**

Ross, N. **62, 76, 92**

Rugaber, S. **68**

—S—

Saaty, T. L. **33**

Shannon, C. E. **29**

Siegler, R. S. **59**

Simon, D. P. **47, 48, 70**

Simon, H. A. **30, 37, 45, 47, 48, 49, 70, 74, 95, 98, 173**

Sinha, S. **68**

Slovic, P. **11**

Smith, J. **44, 47**

Sousa, P. **62**

Spelke, E. S. **61, 177**

Sperber, D. **12**

Spiro, R. **48**

Streri, A. **6**

Strike, K. A. **5, 6, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 24, 26, 67**

Sugiyama, K. **61**

—T—

Tarlowski, A. **62, 63, 76, 92, 93, 176**

Thibaut, J.-P. **7**

Thompson-Schill, S. L. **64, 67, 73**

Toulmin, S. **16, 21**

Trafton, G. **47**

Turner, T. J. **47**

Tversky, A. **11**

—U—

Ucan Ek', E. **62**

—V—

Valentin, D. **50, 171**

Vapnarsky, V. **62**

Vattam, S. **68**

Viennot, L. **17**

Vosniadou, S. **1, 5, 6, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 24, 25, 26**

Visser, W. **43, 49, 69, 98, 171**

Voss, J. F. **49, 98, 171**

Vulliez, E. **8, 65, 67, 73**

—W—

Washinawatok, K. **62, 96**

Wason, P. C. **11, 12**

Waxman, S. R. **62, 63, 96, 172**

Weaver, W. **29**

Wellman, H. M. **7, 52, 176**

Wiener, N. **29**

Wolpert, L. **54**

Woodring, J. **62, 96**

Wright, J. C. **47, 48**

—X Y Z—

RESUME en français

Cette recherche s'intéresse aux représentations mentales d'adultes ayant des expertises différentes en biologie végétale.

Comme l'indiquent les nombreuses études faites dans ce domaine, l'expertise a des conséquences sur le système cognitif : augmentation et profondeur des connaissances et organisation différente de ces connaissances. Nous nous intéressons à différents types d'expertise en considérant des tout-venant, des viticulteurs et des biologistes. Le premier test consiste à mesurer les connaissances des participants sur la biologie végétale. Puis, à l'aide de deux outils, le modèle de codage SFC de Goel et al. (1996) et l'analyse du discours, nous avons recueilli les connaissances contextuelles (test 2) et des productions d'inférences (test 3) des participants afin d'observer les différentes représentations mentales selon le modèle de la triangulation systémique (Le Moigne, 2006) et les caractéristiques des connaissances. Le nombre de connaissances et leurs caractéristiques observées sont compatibles avec nos hypothèses, toutefois, nous ne constatons pas de différence entre les représentations des tout-venant et des viticulteurs en termes de pôles systémiques (structure, fonction, comportement).

L'ensemble des résultats confirme l'intérêt porté aux types d'expertise dans un même domaine. Nous proposons dans une recherche future d'explorer l'effet de la transmission culturelle chez le jeune enfant en fonction de l'expertise des parents.

TITRE ET RESUME en anglais

Influence of expertise on adults' biological representations: the case of the vine.

This research looks into the mental representations of adults who have different levels of expertise in vegetal biology.

As many studies in this field indicate, expertise has consequences on the cognitive system: increase and depth of knowledge, and different organization of this knowledge. We focus on different types of expertise by considering all-comers, wine-growers and biologists. The first test is meant to measure participants' knowledge in vegetal biology. Then using the SBF coding model of Goel et al. (1996) and analysis of discourse, we gathered participants' contextual knowledge (test 2) and productions of inferences (test 3) in order to observe the different mental representations according to the systemic triangulation model (Le Moigne, 2006) and the characteristics of knowledge. The amount and characteristics of knowledge we observed are in accordance with our hypothesis; however, we do not observe any difference between all-comers' and wine-growers' representations in terms of systemic poles (structure, function, behavior).

The results as a whole confirm the interest in types of expertise within one field. In a future research, we suggest the study of the effect of cultural transmission on young children according to their parents' level of expertise.

DISCIPLINE : psychologie cognitive

MOTS-CLES : représentation mentale, triangulation systémique, expertise, connaissances, systèmes complexes, domaine biologique, vigne.

LABORATOIRE DE RATTACHEMENT :

Laboratoire CLEA (EA 4296) Cognition, Langage, Emotion, Acquisitions

Directeur : F. Labrell

57, rue Pierre Taittinger

51096 Reims