HAL
open science

Système informatique de capitalisation de connaissances et d'innovation pour la conception et le pilotage de systèmes de culture durables

Vincent Soulignac

To cite this version:

Vincent Soulignac. Système informatique de capitalisation de connaissances et d'innovation pour la conception et le pilotage de systèmes de culture durables. Sciences de l'environnement. Doctorat Informatique, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand II, 2012. Français. NNT : . tel-02597515

HAL Id: tel-02597515

https://hal.inrae.fr/tel-02597515

Submitted on 15 May 2020

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

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

N° d'ordre : 2277
EDSPIC : 576

Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II

École Doctorale
Sciences Pour l'Ingénieur de Clermont-Ferrand

THÈSE

Présentée par

Vincent SOULIGNAC

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR D'UNIVERSITÉ

Spécialité : INFORMATIQUE

Système informatique de capitalisation de connaissances et d'innovation pour la conception et le pilotage de systèmes de culture durables

---

Soutenue publiquement le jeudi 11 octobre 2012 devant le jury composé de

Aldanondo Michel	Professeur Ecole des Mines Albi	Président du jury
Geneste Laurent	Professeur ENIT Tarbes	Rapporteur
Le Cardinal Julie	Professeur Ecole Centrale de Paris	Rapporteur
Chanet Jean-Pierre	Ingénieur de Recherche Irstea Aubière	Examinateur
Devise Olivier	Maître de conférences IFMA Clermont-Ferrand	Examinateur
Meynard Jean-Marc	Directeur de Recherche INRA Versailles-Grignon	Examinateur
Ermine Jean-Louis	Professeur Telecom Ecole de Management Evry	Directeur de thèse
Paris Jean-Luc	Professeur IFMA Clermont-Ferrand	Directeur de thèse

TABLE DES MATIERES

Liste des figures 7
Liste des tableaux 8
Glossaire 9
Résumé 14

INTRODUCTION GENERALE 15

CHAPITRE I : QUELS SYSTEMES D'INFORMATION POUR QUELLE AGRICULTURE ? 18

I-1 QUEL AVENIR POUR L'AGRICULTURE ? 19

I-1-1 Rappel historique sur l'agriculture française 19
I-1-2 Approche de l'agriculture 20
A Spécificités de l'entreprise agricole 20
B Les principaux types d'institution en agriculture 22
I-1-3 Les limites de l'agriculture intensive 24
A Le défi environnemental 25
A.1 Son impact environnemental 25
A.2 Les régulations du système 26
Régulation réglementaire 26
Régulation économique 26
Régulation contractuelle 27
Autorégulation 27
B Les autres défis de l'agriculture 27
C Vers une agriculture durable ? 28
I-1-4 Un autre type d'agriculture est-il possible ? 28
A Les autres types d'agriculture 29
B Les perspectives offertes à l'agriculture à l'horizon 2025 32
C Quelles évolutions possibles de l'agriculture ? 33
D Quels types d'agriculture durable retenir ? 34
I-1-5 Conclusion sur l'évolution de l'agriculture 38

I-2 REFLEXIONS SUR UN SYSTEME D'INFORMATION POUR UNE AGRICULTURE DURABLE 39

I-2-1 Premiers pas dans les systèmes d'information 39
A Définition de l'information 40
A.1 Processus linéaire 40
A.2 Processus systémique 40
B La circulation de l'information 41
C Les trois composants du système d'information 43
C.1 Composante technologique et composante organisationnelle 44
C.2 Composante technologique et composante informationnelle 44
C.3 Composante organisationnelle et composante informationnelle 45
D Les modèles associant les systèmes d'information à l'organisation 45
D.1 L'approche systémique 45
D.2 Le modèle du patrimoine de connaissances 46
E Informatisation des SI 47
E.1 Système d'information et type d'application informatique 47
E.2 Lien entre type d'application informatique et type d'information 48

E.3 Mise en cohérence d'un système d'information 48
I-2-2 Système d'information et environnement 50
I-2-3 Généralités sur les systèmes d'information en agriculture 52
A Spécificités des systèmes d'information en agriculture 52
A.1 Composante technologique 52
A.2 Composante organisationnelle 52
A.3 Composante informationnelle 53
B Types d'applications informatiques en agriculture 54
I-2-4 Système d'information et durabilité en agriculture 57
I-2-5 Conclusion sur les systèmes d'information en agriculture 58

I-3 EXPRESSION DU SUJET DE THESE 59

I-3-1 Caractérisation de la demande sociale 59
I-3-2 Construction de la problématique 59
I-3-3 Construction du modèle d'analyse 60

CHAPITRE II : ETAT DE L'ART SUR LA GESTION DES CONNAISSANCES 63

II-1 GÉNÉRALITÉS SUR LES CONNAISSANCES 64

II-1-1 Les connaissances : nouveau paradigme de l'entreprise 64
II-1-2 Typologie des connaissances 65
II-1-3 Cycles de gestion des connaissances 67
A Le cycle de gestion des connaissances de Grunstein 67
B L'approche japonaise de la gestion des connaissances 68
C Le modèle de la marguerite de Jean-Louis Ermine 69
II-1-4 Dimension humaine ou technologique de la gestion des connaissances 70

II-2 LA GESTION PATRIMONIALE DES CONNAISSANCES 71

II-2-1 Taxinomie d'une stratégie de management des connaissances 72
II-2-2 Les méthodes pour gérer les connaissances 73
A La cartographie des connaissances 73
A.1 Définition de la criticité d'une connaissance 73
A.2 Modes de cartographie des connaissances 74
B Plan d'action pour réduire les risques d'une mauvaise gestion des connaissances par la gestion des compétences 75
C Plan d'actions pour réduire la criticité des savoirs par leurs transferts 76
D Méthodes et outils pour diminuer la criticité des savoirs : transfert direct 77
E Méthodes et outils pour diminuer la criticité des savoirs : transfert indirect 78
E.1 Du tacite à l'explicite : l'explicitation 78
E.2 De l'explicite à l'explicite : le partage 79
Système expert 79
Système de raisonnement à partir de cas 80
Web sémantique 80
F Synthèse sur les outils et les méthodes 81
II-2-3 Conclusion sur la gestion patrimoniale des connaissances 82

II-3 LA GESTION DES CONNAISSANCES POUR LA CONCEPTION INNOVANTE 83

II-3-1 Connaissance, invention et innovation 83
II-3-2 Les méthodes de découverte 84

A La méthode Triz 85
B L'analyse de la valeur 87
C Vers une organisation orientée conception : la théorie C-K 88
II-3-3 Conclusion sur la gestion des connaissances pour la conception innovante 91

II-4 L'ORGANISATION POUR METTRE EN ŒUVRE LA GESTION DES CONNAISSANCES ET L'INNOVATION 91

II-4-1 Problématique d'un outil de gestion collaborative des connaissances : exemple du wiki 92
II-4-2 Les communautés professionnelles 94
II-4-3 Gestion ascendante ou descendante des connaissances ? 95

II-5 LES FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS POUR LA GESTION DES CONNAISSANCES 96

II-6 CONCLUSION SUR LA GESTION DES CONNAISSANCES DANS LE MONDE INDUSTRIEL 97

II-7 LA GESTION DES CONNAISSANCES EN AGRICULTURE 98

II-7-1 Le développement agricole 98
A Les grandes étapes du développement agricole 98
B Les enjeux contemporains du développement agricole 100
B.1 Les enjeux pour les agriculteurs 100
B.2 Les enjeux pour les acteurs du développement agricole 101
C De la formation initiale à la formation continue 102
C.1 Les groupements d'agriculteurs 102
C.2 Les conseillers agricoles 103
II-7-2 Quelle spécificité pour la gestion des connaissances en agriculture durable ? 104
II-7-3 Connaissances académiques en agriculture durable 106
A Production de connaissances académiques 107
B Relations entre connaissances académiques et connaissances opérationnelles 108
II-7-4 Historique de l'informatisation de la gestion de la connaissance en agriculture 110
II-7-5 Conclusion sur la gestion des connaissances en agriculture 112

II-8 CONCLUSION SUR LA GESTION DES CONNAISSANCES 113

CHAPITRE III : APPROCHE ET SOLUTIONS PROPOSEES 115

III-1 LA COMPOSANTE ORGANISATIONNELLE : ANALYSE DETAILLEE ET SOLUTIONS PROPOSEES 116

III-1-1 Enquête sur les acteurs associés à la protection des cultures 116
A La protection des cultures en agriculture intensive 117
A.1 Méthodologie de recherche 117
A.2 Résultats sur l'organisation des acteurs en protection des cultures en agriculture intensive 119
B La protection des cultures en agriculture biologique et intégrée 121
B.1 Méthodologie de recherche 121
B.2 Résultats sur l'organisation des acteurs en protection des cultures en agriculture durable 122

III-1-2 Dynamique d'échanges entre les acteurs du "système de connaissance agricole" en agriculture durable 124
III-1-3 Discussion sur les différences organisationnelles en agriculture intensive versus agriculture durable 127
III-1-4 Conclusion sur l'aspect organisationnel de la gestion des connaissances en agriculture durable 130

III-2 LA COMPOSANTE INFORMATIONNELLE : ANALYSE DETAILLEE ET SOLUTIONS PROPOSEES 135

III-2-1 Le patrimoine des connaissances "métier" 136
A Modalité de construction du patrimoine de connaissances 137
B Présentation du modèle OIDC "Grandes cultures biologiques" 137
III-2-2 Identification des connaissances critiques 140
A Identification des savoirs critiques par l'analyse des processus 140
B Identification des savoirs critiques selon une approche conceptuelle 143
C Quelle approche retenir pour identifier les connaissances critiques en agriculture ? 146
III-2-3 L'essentiel du contenu de l'outil de gestion des connaissances ... 147
III-2-4 Formalisation du contenu 149
A Présentation de méthodes et de modèles possibles 150
A.1 Le projet GIEA "Gestion des Informations de l'Exploitation Agricole" 150
A.2 Une méthode et des modèles agricoles issus de la modélisation industrielle 151
A.3 Méthode d'explicitation en ingénierie des connaissances 153
A.4 Quel cadre méthodologique retenir pour la représentation des connaissances en agriculture biologique grandes cultures ? 153
B Les modèles Mask appliqués à l'agriculture biologique grande culture 155
B.1 Les modèles pour gérer la connaissance "thématique" 155
B.2 Les modèles pour représenter des cas types de systèmes de culture innovants 159
III-2-5 Conclusion sur la composante informationnelle de la gestion des connaissances en agriculture biologique grandes cultures 162

III-3 LA COMPOSANTE TECHNOLOGIQUE : ANALYSE DETAILLEE ET SOLUTIONS PROPOSEES 164

III-3-1 Spécifications générales de KOFIS 164
A Méthodologie de construction des spécifications 164
B Quelles sont les contraintes fortes appliquées à KOFIS ? 165
C Les réponses apportées 166
C.1 La dimension capitalisation et innovation 166
C.2 Les réponses apportées sur la structuration des connaissances 168
D Explicitation des cinq groupes d'utilisateurs et de leurs principaux besoins fonctionnels 171
D.1 Les besoins fonctionnels des acteurs du <système de connaissance agricole> et de <l'environnement institutionnel> 171
D.2 Les cas d'utilisation associés aux cinq types d'acteur 173
E Les sept propriétés de l'outil KOFIS 175
III-3-2 Architecture informatique de KOFIS 175
A Exploration de différents types d'outils possibles 175
B L'espace [I] d'innovation : choix d'un outil informatique 178
C L'espace [K] des connaissances : choix d'un outil informatique 178
C.1 Annotation de la connaissance 180

C.2 Requêtes sémantiques 180
D La gestion des utilisateurs 180
E La dimension sémantique de KOFIS 181
E.1 Le vocabulaire sémantique 181
E.2 Le modèle sémantique de l'espace d'innovation 182
E.3 Le modèle sémantique de l'espace de connaissance 183
E.4 Mise en place des requêtes sémantiques depuis [I] vers [K] 185
E.5 Processus d'appariement entre les deux modèles sémantiques de [I] et de [K] et proposition innovante 186
A l'initialisation de KOFIS 186
A l'usage de l'outil KOFIS 187
III-3-3 Conclusion sur la composante technologique 188

CHAPITRE IV : CONCLUSION GENERALE 191

IV-1 SUR LES ACTEURS 192

IV-2 SUR LE CONTENU 193

IV-3 SUR L'ARCHITECTURE INFORMATIQUE 195

IV-4 LES METHODES DE GESTION DES CONNAISSANCES UTILISEES DANS LE MONDE INDUSTRIEL ONT-ELLES ETE PERTINENTES POUR CONSTRUIRE KOFIS ? 196

IV-5 VERS UN OUTIL PROFESSIONNEL AGRICOLE ? 196

IV-6 DE NOUVEAUX RESEAUX SOCIAUX ? 198

IV-7 ELARGIR KOFIS A D'AUTRES ENVIRONNEMENTS PROFESSIONNELS ? 199

CHAPITRE V : ANNEXE 201

V-1 ANNEXE 1 - LA METHODE MASK 202

V-2 ANNEXE 2 : RESULTAT DES ENQUETES AUPRES DES ACTEURS POUR CONSTRUIRE LE MODELE OIDC 206

V-3 ANNEXE 3 : INVENTAIRE DES CAS D'UTILISATION ASSOCIES A KOFIS 211

V-4 ANNEXE 4 : DESCRIPTION D'UNE PROPOSITION INNOVANTE D'APPARIEMENT 223

V-4-1 Technique d'appariement du Similarity Flooding 223
V-4-2 Notre proposition innovante 224
A Les étapes de l'appariement 224
B Mode de construction du graphe de connexion des paires 226

BIBLIOGRAPHIE 230

Liste des figures

Figure I-1 : l'environnement de l'exploitation agricole 23
Figure I-2 : donnée - information - connaissance - compétence : processus linéaire 40
Figure I-3 : donnée - information - connaissance : processus systémique 41
Figure I-4 : diagramme schématique d'un système général de communication 42
Figure I-5 : représentation des critères de qualité de l'information 43
Figure I-6 : exemples d'ontologies 45
Figure I-7 : schéma systémique de l'entreprise 46
Figure I-8 : modèle du patrimoine de connaissances 47
Figure I-9 : mise en cohérence d'un système d'information 50
Figure I-10 : structuration des connaissances dans le domaine de l'environnement 51
Figure I-11 : modèle d'analyse 61
Figure II-1 : cycle de capitalisation des connaissances 67
Figure II-2 : spirale de conversion de connaissances ou modèle SECI 68
Figure II-3 : le modèle de la marguerite 70
Figure II-4 : les trois approches connaissances/compétences/processus 75
Figure II-5 : le cercle vertueux des connaissances 77
Figure II-6 : le principe de l'entonnoir de la théorie TRIZ 86
Figure II-7 : résoudre un problème par Triz 86
Figure II-8 : espace des concepts et des connaissances 90
Figure II-9 : type de lutte contre les bioagresseurs 105
Figure II-10 : agronomie et agriculture durable 109
Figure III-1 : principaux acteurs de la protection des cultures en agriculture intensive 120
Figure III-2 : cadre d'analyse 122
Figure III-3 : principaux acteurs de la protection des cultures en agriculture biologique 123
Figure III-4 : mode de transformation des connaissances en agriculture 130
Figure III-5 : rôle des acteurs dans l'outil de gestion des connaissances KOFIS ... 134
Figure III-6 : le modèle OIDC appliqué à l'agriculture biologique grandes cultures 138
Figure III-7 : herse étrille 141
Figure III-8 : processus critique dans la conduite du blé biologique 142
Figure III-9 : le domaine de connaissance sur une exploitation agricole en agriculture biologique grandes cultures 144
Figure III-10 : criticité des connaissances par domaine 145
Figure III-11 : Donnée - Information - Référence - Connaissance 148
Figure III-12 : exemple d'un diagramme de classe issu du projet GIEA 151
Figure III-13 : proposition de représentation pour le système d'information de l'entreprise agricole 152
Figure III-14 : le cadre de modélisation CEMAgriM 153
Figure III-15 : modèle de concept adapté au machinisme agricole 156
Figure III-16 : modèle de tâche de lutte contre les adventices 157
Figure III-17 : modèle d'activité pour la conduite du blé biologique 157
Figure III-18 : extrait d'un modèle de tâche pour raisonner une rotation 158
Figure III-19 : modèle du phénomène de l'agriculture biologique en grande culture 160
Figure III-20 : description d'une succession culturale 161
Figure III-21 : règle de décision pour le choix d'une semence 161
Figure III-22 : contenu de l'outil de connaissance KOFIS en agriculture biologique grandes cultures 163

Figure III-23 : exemple de la lutte contre le chardon illustrant les deux espaces [I]/[K] 167
Figure III-24 : le "mille-feuilles" du web sémantique 169
Figure III-25 : comparatif des modèles "hypertexte" et "web sémantique"..... 170
Figure III-26 : principales activités sur KOFIS pour un acteur du système de connaissance agricole 172
Figure III-27 : principaux cas d'utilisation de KOFIS 173
Figure III-28 : extrait du Thésaurus [I]..... 182
Figure III-29 : modèle sémantique des agriculteurs dans [K]..... 184
Figure III-30 : modèle sémantique des adventices dans [K] 185
Figure III-31 : architecture de KOFIS..... 188
Figure III-32 : requête ASK dans l'espace [I] 190
Figure IV-1 : les trois dimensions de KOFIS..... 195
Figure V-1 : le macroscope de la connaissance 202
Figure V-2 : le modèle de concept..... 203
Figure V-3 : le modèle de tâche..... 204
Figure V-4 : le modèle de phénomène 204
Figure V-5 : le modèle d'activité 205
Figure V-6 : exemple illustrant l'algorithme d'appariement de Similarity Flooding .. 223
Figure V-7 : algorithme d'appariement entre les termes de [I] et les catégories de [K] 225
Figure V-8 : construction du graphe de connectivité par paire..... 227
Figure V-9 : épuration du graphe de connectivité par paire 229

Liste des tableaux

Tableau I-1 : exemples d'objectifs pour les dimensions de la durabilité 32
Tableau I-2 : les scénarios par type d'agriculture 34
Tableau I-3 : les niveaux de rupture étudiés..... 35
Tableau I-4 : comparaison en 2010 des surfaces par filière agriculture biologique versus agriculture intensive 38
Tableau I-5 : de la circulation au système d'information 44
Tableau I-6 : contenu en données informations connaissances des types d'applications informatiques de gestion..... 48
Tableau I-7 : finalité des types d'applications informatiques par domaine environnemental..... 51
Tableau I-8 : principales caractéristiques des systèmes d'information en agriculture54
Tableau I-9 : exemples d'applications informatiques de l'exploitation agricole en France en 2010 56
Tableau I-10 : exemples d'application des SI en agriculture par domaine environnemental..... 57
Tableau II-1 : typologie des connaissances..... 66
Tableau II-2 : présentation des écoles de stratégies de management de connaissances..... 72
Tableau II-3 : cartographie et école stratégique technocratique 75
Tableau II-4 : mode de gestion des connaissances..... 82
Tableau II-5 : tendance de fond du développement agricole 113
Tableau III-1 : types d'interactions à renforcer entre acteurs en agriculture durable 127
Tableau III-2 : hiérarchie des connaissances critiques en agriculture biologique ... 146
Tableau III-3 : les trois types de langage de représentation 149
Tableau III-4 : comparatif des trois types de représentation 154

Tableau III-5 : comparatif de solution pour la formalisation de connaissances..... 155
Tableau III-6 : comparatif des deux projets..... 165
Tableau III-7 : association Acteur/Opérateur 172
Tableau III-8 : répartition des cas d'utilisation dans l'espace [I] et [K]..... 174
Tableau III-9 : les propriétés de KOFIS 175
Tableau III-10 : comparatif des solutions techniques en 2012..... 176
Tableau III-11 : comparatif de wikis sémantiques..... 179
Tableau IV-1 : mode de construction de réseaux sociaux numériques 199
Tableau V-1 : les cas d'utilisation sur KOFIS des cinq types d'utilisateurs 211

Glossaire[1]

Termes [g] informatiques et sémantiques	
Annotation	Une annotation est l'acte d'utiliser une métadonnée [g]. Elle a un sens plus spécifique dans l'espace [K] [g].
CMS	Content Management System (système de gestion de contenu) ; le CMS est utilisé pour l'espace [I] [g]. Il contient plusieurs types de contenu. Pour l'espace [I] [g], le CMS sélectionné est Drupal [g] et son type de contenu retenu est le billet de blog [g].
Folksonomie	Ensemble de termes [g] « personnels », n'ayant pas de lien entre eux, servant de système de classification. Ce système de classification est construit en collaboration avec d'autres utilisateurs « non-spécialistes». Une folksonomie est un langage libre non-contrôlé.
Inférence	Capacité d'un outil à raisonner à partir d'une ontologie [g].
KOFIS	KOFIS est le nom de l'outil développé dans le cadre de cette thèse. Il comprend deux espaces : l'espace [K] [g] et l'espace [I] [g]. KOFIS est accessible sur le site suivant : http://kofis.clermont.cemagref.fr/mediawiki/index.php/Accueil
Métadonnée	Terme [g] servant à décrire une donnée quel que soit son support. Une métadonnée permet à un usager de retrouver facilement cette donnée. Dans l'espace [K] [g], une métadonnée s'appelle une annotation [g], dans l'espace [I] [g], un tag [g].
Ontologie	Autour d'un domaine de connaissance, une ontologie modélise un ensemble de classes [g] et de propriétés [g]. Un langage comme OWL [g] est capable de décrire une ontologie.
OWL (Web Ontology Language)	OWL est un langage de représentation des connaissances. SMW [g] est capable d'exporter son ontologie [g] au format OWL.
Plugin	Brique de code qui apporte une fonctionnalité supplémentaire à un outil. Pour SMW [g], le terme [g] utilisé est "extension [g]". Pour Drupal [g], le terme [g] utilisé est "module [g] ".

[1] Terme [g] : renvoie à une définition du terme dans le glossaire

Service Web	Programme informatique permettant la communication et l'échange de données entre systèmes hétérogènes. Ce programme informatique est donc exposé sur internet ou en intranet. Il ne nécessite aucune intervention humaine pour fonctionner en temps réel.
Taxonomie	Ensemble de termes [g] qui structurent un contenu. Les termes [g] sont reliés entre eux par des liens hiérarchiques (parents, enfant, frère). Une taxonomie est un langage contrôlé par des spécialistes du secteur par opposition à une folksonomie [g].
Terme	Un terme est associé à tous types de vocabulaire. Associé à un domaine de connaissance, un ensemble de termes forme une folksonomie [g], une taxonomie [g], un thésaurus [g], voire une ontologie [g].
Thésaurus	Liste de termes [g] sur un domaine de connaissances, reliés éventuellement entre eux par des relations synonymiques, hiérarchiques ou associatives. Un thésaurus est un langage contrôlé mis à jour, par exemple, par des documentalistes. Un exemple de thésaurus est Agrovoc [g].
Wiki	Un wiki est un site Web constitué de pages [g]. Certains usagers peuvent modifier ces pages [g] selon une logique collaborative. Ils écrivent ou apportent des illustrations sur ces pages [g]. Le système wiki gère l'historique de ces contributions sur chaque page [g]. Un usager peut ainsi revenir à un état antérieur d'une page [g]. Le wiki est utilisé pour l'espace [K] [g]. Le wiki sélectionné est Semantic MediaWiki [g].
Termes [g] associés à l'espace [K] [g]	
Vocabulaire wiki [g] (SMW [g])	
Espace [K]	L'espace [K] est l'espace de capitalisation de connaissance. Dans l'outil KOFIS [g], SMW [g] construit cet espace. L'espace [K] comprend des pages [g].
Extension	Plugin [g] qui peut s'ajouter à Mediawiki [g]. Il lui apporte une fonctionnalité supplémentaire.
Page	Une page contient un article. Dans l'outil KOFIS [g], il y a plusieurs types de contenu associés à chaque page : connaissance thématique, savoir contextuel, mais aussi un contenu sémantique du type catégorie [g] ou propriété [g]. Une page peut aussi décrire un utilisateur.
Vocabulaire sémantique associé à SMW [g]	
Annotation	Une annotation est le fait d'associer une catégorie [g] ou une propriété [g] à une page [g].

Catégorie, Classe	"Catégorie" et "Classe" sont des mots proches. "Classe" est utilisée dans le langage OWL [g]. Une catégorie regroupe des instances [g]. Par son caractère virtuel, la catégorie s'oppose à instance [g]. Exemple, la page [g] « AgriculteurX » est une instance [g]. Elle appartient à la catégorie « Agriculteur ». Une catégorie peut être reliée à une autre catégorie par une propriété [g].
Instance	Une instance est un individu ayant une existence réelle. Il appartient à une catégorie [g]. Exemple, AgriculteurA, AgriculteurB, AgriculteurC sont autant d'instances de la catégorie [g] « Agriculteur ».
MediaWiki	MédiaWiki est un logiciel libre. Il est le moteur d'applications informatiques fondées sur la technologie wiki [g]. Wikipédia en est l'exemple le plus populaire.
Propriété	Une propriété enrichit une catégorie [g] en lui associant une valeur [g]. Cette valeur [g] peut être une autre catégorie [g] ou un champ numérique. La propriété d'une catégorie [g] devient automatiquement une propriété des instances [g] qui composent cette catégorie [g]. Exemple : Le blé « a pour bioagresseur [g] » le puceron. « A pour bioagresseur [g] » est une propriété de la catégorie [g] "blé".
SMW ou Semantic MediaWiki	Extension [g] de MediaWiki [g] apportant la dimension sémantique au site wiki [g].
Valeur	Une valeur est une catégorie [g] ou un champ numérique. On parle d'une valeur lorsqu'on relie une propriété [g] soit à une catégorie [g] (exemple un "Bioagresseur [g] " "A pour auxiliaire" "Auxiliaire" ; dans ce cas, "Auxiliaire" est une catégorie [g] reliée à la propriété [g] "A pour auxiliaire") soit à un champ numérique (l'agriculteur "A pour âge" "Age" ; alors, "Age" est un champ numérique relié à la propriété [g] 'A pour âge").
Termes [g] associés à l'espace [I] [g]	
Vocabulaire CMS [g] (Drupal [g])	
Arborescence	« Sommaire » du livre [g]. Un livre [g] est constitué d'une arborescence de billets de blog [g]. L'ouverture de nouvelles solutions ou leur fermeture constituent progressivement l'arborescence.
Billet, Blog, Billet de blog	Contenu rédigé par un utilisateur sur lequel les autres utilisateurs peuvent faire des commentaires [g]. Un billet de blog est composé d'un titre et d'une zone de texte libre pour la rédaction.
Commentaire	Echange ou discussion à propos d'un billet de blog [g].
Drupal	Logiciel libre de gestion de contenu permettant de créer un site web simple et facilement modulable. Il propose un système de gestion par « livre [g] ».

Espace [I]	Cet espace [I] comprend des livres[g]. Un livre[g] est un sujet innovant[g] sans page[g] associée dans l'espace [K][g] ou un sujet de discussion[g] autour d'une page[g] présente dans l'espace [K][g]. L'outil KOFIS[g] comprend un ensemble de sujets innovants[g] et de sujets de discussion[g] liés à des pages[g] de l'espace [K][g].
Livre	Un livre est soit un sujet innovant[g], soit un sujet de discussion[g]. Il se caractérise par un ensemble de billets[g] liés entre eux par des liens hiérarchiques (parent, enfant, frère). Le livre a un sommaire qui est son arborescence[g].
Module	Plugin[g] qui peut s'ajouter à Drupal[g]. Il lui apporte une fonctionnalité supplémentaire.
Page enfant	A partir d'un billet[g], il est possible de créer une « page enfant ». La page enfant devient elle-même un billet[g]. Elle produit directement un « sous-chapitre » dans l'arborescence[g] du livre[g].
Sujet de discussion	Un sujet de discussion est un livre[g]. Il est ouvert pour permettre un échange autour d'une page[g] présente dans l'espace [K][g]. Le titre du sujet peut reprendre le titre de la page[g]. Si une connaissance est validée, elle va alimenter la page[g].
Sujet innovant	Un sujet innovant est un livre[g]. L'énoncé du sujet innovant est le titre du livre[g]. Lorsque l'on ne connaît pas de manière de traiter un problème, on cherche des solutions. Le sujet innovant regroupe l'énoncé du problème et les différentes solutions associées. En effet, chaque utilisateur peut proposer d'abandonner une solution qui lui apparaît comme non pertinente. Il ferme un billet[g]. Il peut à tout moment proposer d'ouvrir une nouvelle solution. Il ouvre alors un billet[g]. Si une connaissance est validée, elle va alimenter l'espace [K][g].
Titre du livre	Il est placé à la racine de l'arborescence[g]. Ce titre peut être l'intitulé d'un sujet innovant[g] ou bien le nom de la page[g] associée dans l'espace [K][g] à un sujet de discussion[g].
Vocabulaire sémantique associé au CMS[g] (Drupal[g])	
Agrovoc	Thésaurus[g] agricole multilingue de la FAO. Dans l'outil KOFIS[g], il est possible de tagger l'espace [I][g] avec Agrovoc, grâce à un service web[g].
Tag	Le tag est une métadonnée[g]. C'est un marqueur lexical que l'on associe à un livre[g].

Remerciements

A Christine, Loïc et Raphaël
A Eugénie,
A Chantal et Lucien,

Selon une formule célèbre, quand on réalise un projet, on affronte trois catégories de personnes : celles qui s'y opposent, celles qui font la même chose et surtout celles qui ne font rien. Depuis 30 ans, j'ai pu constater la véracité de ce principe, la légitimité tout compte fait des deux premières catégories d'individus (cela serait trop facile, pas drôle, voire dangereux sinon!) et confirmer l'attitude retorse et parfois efficace de ceux qui font beaucoup pour empêcher les autres de travailler tout en habillant de phrases habiles leur coupable paresse. Je pensais donc retrouver ce même « tryptique » dans la réalisation de la thèse. Il n'en a rien été ! Personne ne m'a empêché ni de la réaliser, ni de la conduire à son terme. Comme dirait l'autre, serions-nous dans un paradigme différent ? Une thèse n'est donc pas un projet, ou au moins, pas un projet comme un autre. Je remercie donc l'ensemble des acteurs de feu le Cemagref puis de l'actuel Irstea de m'avoir permis de mener à bien ce travail.

A un moment de blues, phase propre à toute thèse qui se respecte, j'avais envisagé de citer la phrase « Arracher des mots au silence et des idées à la nuit » d'Honoré de Balzac, excusez du peu ! Pourtant, le recul me fait dire qu'une thèse n'est pas une œuvre solitaire et que comme un système de culture qui épouse son environnement, elle est co-construite à travers les échanges et la participation active de nombreuses autres personnes. Mais, je n'aurai pas le courage de hiérarchiser la contribution des uns et des autres. Personne, je pense, ne m'en voudra et je remercie donc :

mes deux directeurs de thèse *soit par ordre d'apparition dans cette aventure : Jean Luc Paris (IFMA) puis Jean-Louis Ermine (TELECOMParisTech) ;*
les deux rapporteurs de cette thèse *: Julie Le Cardinal (Ecole centrale de Paris), Laurent Geneste (ENIT) ;*
ses deux examinateurs *: Michel Aldanondo (Ecole des Mines d'Albi), Jean-Marc Meynard (AgroParisTech) ;*
les membres des trois comités de thèse *successifs de 2008, 2009, 2011 : Jean-Pierre Chanet (Irstea), Marianne Cerf (INRA AgroParisTech), Guillaume Deffuant (Irstea), Olivier Devise (IFMA), Natacha Gondrand (Ecole des Mines de St Etienne), Marie-Angélina Magne (INRA), Marie-Sophie Petit (RMT Systèmes de culture innovants), Catherine Roussey (Irstea) ;*
les stagiaires *: Yolande Chilin Charles et Denis Lucas en 2008, Emmanuel Bonnet en 2009, Pierre-Yves Muneret et Eva Randrianasolo en 2010, Vanna Chhuo en 2011 ;*
le Groupe de travail du RMT SdCi *: Rémy Ballot, Laurence Guichard, Julien Halska, Sébastien Minette en particulier pour leur contribution à la rédaction des cas d'utilisation ;*
mes trois collègues de l'équipe Copain*, Eva Lambert, pour sa compétence et son sérieux bien illustrés dans la réalisation informatique du prototype KOFIS ainsi que Stéphan Bernard pour son appui efficace dans cette réalisation ; Christiane Albaret pour sa relecture attentive du manuscrit ;*

Thierry, mon camarade de laboratoire, pour son amicale présence et son humour ;
la SNCF qui m'a permis, y compris dans ses retards, que je fasse une bibliographie aussi complète que possible ;

et enfin un mot pour ma chère et tendre : non Christine, je ne te remercierai pas parce que tu me supportes au quotidien, c'est réciproque non mais ! Mais je te le promets, on va partir en vacances, bientôt et ailleurs, même si cela me coûte..., qu'en Auvergne.

Résumé : L'agriculture doit évoluer vers une activité plus respectueuse de l'environnement tout en étant économiquement viable. Ce type d'agriculture, dite durable, requiert de nouveaux savoirs et savoir-faire. Or, nous montrons que la gestion des connaissances n'est pas suffisante en agriculture durable. Pour y remédier, nous proposons de développer un système informatisé de gestion des connaissances en agriculture. Nous l'appelons KOFIS. Nous faisons l'hypothèse que les méthodes de gestion de connaissances dans le monde industriel sont transposables en agriculture pour construire KOFIS. Notre travail parcourt les étapes qui suivent. Nous faisons un état de l'art sur la gestion des connaissances et sur son lien avec l'innovation. Nous discutons des acteurs potentiels de KOFIS et de leurs rôles respectifs. Puis, nous travaillons sur le patrimoine des connaissances en agriculture durable, sur la sélection des connaissances critiques ainsi que sur leur représentation dans l'outil. Les principales caractéristiques de l'architecture informatique de KOFIS sont décrites. In fine, le contenu de KOFIS est dynamique. Il capitalise de la connaissance et propose une démarche pour innover. KOFIS est un système socio-technique intégrant de nombreux acteurs, reposant sur un corpus de connaissances en partie codifié et sur des échanges informels organisés. Il permet une évolution partagée des connaissances du domaine.

Abstract : Agriculture must evolve into a more environmentally-friendly approach, while remaining economically viable and socially interesting, which is necessary so that the process can be pursued in the long term, i.e that the process is sustainable. This type of agriculture is said to be sustainable. Sustainable agriculture has a systemic logic and therefore requires new types of knowledge and know-how. We show that knowledge is insufficiently managed in sustainable agriculture. We thus propose implement a knowledge management computing tool, which we called KOFIS. We make the assumption that the methods of management of knowledge in the industrial world are applied in agriculture to construct KOFIS. Our work followed the stages which follow. We make a state of the art on knowledge management and its bond with the innovating designs. After having presented some general information on knowledge, its typology and its cycle of management, we will move on its patrimonial management, then we will finish on the knowledge management for the innovative design. We discuss the potential actors of KOFIS and their possible implications. We deal with its contents, selection and form. At last, the main computing features of KOFIS are shown. The contents of KOFIS are dynamic. It capitalizes knowledge and also proposes a step to innovate. KOFIS is a socio-technical system integrating numerous actors, based on a partially codified knowledge corpus and organized informal exchanges, generating a shared evolution of the domain knowledge.

INTRODUCTION GENERALE

Ulrich Beck, sociologue allemand, montre que nos sociétés ont été traversées par deux phases de modernisation (Beck 1986) :

- **Une première phase industrielle** où les principaux risques avaient encore une origine externe à l'homme ; le danger vient d'ailleurs : la nature est l'un de ses fondements.
- **Une seconde phase de modernisation dite « réflexive »** où le danger n'est plus à l'extérieur mais à l'intérieur de nos sociétés du fait même des avancées scientifiques. La génétique et le nucléaire contrôlent le cœur de la matière. La nature n'est plus un phénomène externe mais interne à nos sociétés. Le développement de compétences de plus en plus spécialisées rend les relations de cause à effet difficilement identifiables. Telle molécule mise sur le marché est testée et évaluée. Mais cette molécule peut se combiner à d'autres molécules industrielles et il est impossible d'en voir toutes les conséquences pour tous les environnements imaginables.

Hans Jonas, philosophe allemand du XXe siècle, affirme que "l'homme contrôle la nature par le moyen d'une technique qu'il ne contrôle pas" (Sève 1990). La société est rentrée dans l'ère du doute : Ulrich Beck la qualifie de société du risque. A cette nouvelle problématique environnementale, le développement durable et le principe de précaution sont des réponses possibles.

Gro Harlem Brundtland (Brundtland 1987), femme politique norvégienne, a proposé la notion de développement durable, notion popularisée également par le sommet de la terre à Rio en juin 1992. Le développement durable a pour objectif de redonner du sens au processus de développement. Il met en perspective les risques évoqués ci-dessus. Le développement durable repose sur trois fondements valables immédiatement et sur le temps long des générations à venir :

- **Social** : la satisfaction des besoins de tous entraîne une solidarité au sein des générations et entre elles,
- **Environnemental** : pour que notre environnement réponde à ces besoins sociaux, l'usage des techniques implique son respect et sa gestion parcimonieuse,
- **Economique** : pour que l'environnement réponde aux besoins sociaux, l'économie doit être efficace.

La démarche du « tout économique » s'affronte à la pensée environnementaliste. A une croissance sans limite, certains auteurs opposent le respect d'une nature quasi déifiée et intouchable. Le recentrage sur les problématiques sociales permet de sortir de cet affrontement. La croissance doit avoir un sens : satisfaire le droit humain à une vie digne. Cet affrontement entre les trois piliers conduit à une typologie des développements durables.

Ainsi, dans son essai d'une typologie des développements durables, (Boutaud 2002) met en évidence trois modes de perception du développement durable :

- **une durabilité faible** qui est l'expression d'un choix politique libéral et d'une primauté donnée à l'économique : l'environnement et le social ne peuvent exister sans une économie efficace ;
- **une durabilité forte** qui est l'expression d'un choix politique écologiste et d'une primauté donnée à l'environnement : l'économie et le social ne peuvent pas exister sans une prise en compte des capacités du milieu naturel ;
- **une approche consensuelle.**

La prise en compte de ces trois piliers à chaque niveau décisionnel va conduire à une nouvelle mobilisation des connaissances.

Le principe de précaution a été introduit pour la première fois par le sommet de la terre de Rio en juin 1992. Il s'applique lorsque persiste un doute scientifique sur les conséquences graves ou irréversibles d'une action humaine sur l'environnement ou sur la santé humaine. Le danger est non quantifiable, il ne peut être réduit à des lois statistiques. La formule populaire 'le pire n'est jamais sûr' résume assez bien cette idée de l'incertitude. Le principe de précaution invite à se prévenir de dangers dont il n'est pas sûr qu'ils surviennent. En 2004, la charte de l'environnement insère le principe de précaution dans la constitution française. De façon concrète, cela signifie que le politique, et donc à travers lui le citoyen, se réapproprie la recherche scientifique et ses développements industriels (Latour 2004). (Beck 1986) rappelle que l'homme au nom de son intérêt supérieur doit être attentif aux conséquences de ses actes surtout quand il ne les mesure pas. Pour Jonas, la peur peut faire prendre conscience des dangers potentiels. Ceux-ci doivent conduire à de nouvelles responsabilités, à l'obligation de développer de nouveaux savoirs (Sève 1990). Face à ces nouveaux dangers, l'expérience personnelle est de peu de recours. La prospective, les connaissances nouvelles sont déterminantes (Beck 1986). Nous sommes dépendants face aux savoirs et, dans un même temps, nous devons être critiques à leur égard (Beck 1986).

L'agriculture n'échappe pas à cet examen. Dès les années 60, l'agriculture française a pleinement réussi l'ambition de l'autosuffisance alimentaire. Mais depuis de nombreuses années déjà, son impact environnemental négatif, associé à la qualité sanitaire supposée nocive de certains biens alimentaires ternissent son image. La question de la légitimité d'une aide financière aux agriculteurs se pose. Or les aides directes concourent pour plus de la moitié de leur revenu, y compris celui des plus performants (Pisani 2004). C'est ce qui fait crise. Les agriculteurs doivent construire un nouveau pacte avec la société civile. De nouveaux projets pour une agriculture durable émergent (Ministère de l'agriculture de l'alimentation de la pêche et des affaires rurales, CNASEA et al. 2006). La manière dont le monde agricole va se saisir de la question environnementale est au cœur de cette évolution. Mais d'autres moteurs d'évolution sont identifiés (Meynard 2008) comme la compétition croissante dans un marché mondialisé, les demandes exigeantes des consommateurs (typicité des produits, qualité sanitaire…) ainsi que de nouveaux enjeux territoriaux. Pour y faire face, des types d'agriculture durables émergent. Dans ce cadre, les systèmes de culture durables[2] conçoivent des parcours agronomiques capables de répondre aux actuels défis. Cependant, l'une des caractéristiques majeures des agricultures durables est de s'opposer à l'agriculture intensive par la gestion des interactions du vivant. Elles mobilisent des dispositifs de régulations naturelles. Alors que l'agriculture intensive repose sur le principe qu'à un problème donné répond une solution,

[2] Un système de culture regroupe une succession de cultures sur un même ensemble de parcelles selon certains itinéraires techniques.

les agricultures durables vont s'appuyer sur un autre principe, à savoir qu'à un problème donné répondent des solutions interactives. Devant cette nouvelle complexité, nous postulons que la production de connaissances issues du monde agricole au sens large (recherche, organisme professionnel agricole, agriculteurs) et leur gestion sont stratégiques pour conduire à bien ces types d'agriculture. Notre hypothèse principale de recherche est que les méthodes de gestion des connaissances issues du monde industriel (Soulignac, Chanet et al. 2009) devraient aider cette administration des connaissances en agriculture durable. Notre travail ne porte pas sur la construction d'un système expert dont les limites résident principalement dans la formalisation trop rigide des savoirs. Il a pour objectif de développer un outil dynamique de gestion et de production de connaissances. Cette thèse traite donc du sujet de recherche suivant :

Système informatique de capitalisation de connaissances et d'innovation pour la conception et le pilotage de systèmes de culture durables

La première partie décrit le contexte de l'agriculture, la spécificité des systèmes d'information qui lui sont appliqués. Elle introduit le sujet de thèse. La seconde partie fait un état de l'art sur la gestion des connaissances. La troisième partie aborde le cadre théorique de l'outil construit dans sa dimension organisationnelle, dans son contenu ainsi que dans sa dimension technologique.

CHAPITRE I : QUELS SYSTEMES D'INFORMATION POUR QUELLE AGRICULTURE ?

I-1 QUEL AVENIR POUR L'AGRICULTURE ?

Dans cette partie, nous brossons un état de l'agriculture française. Après un rappel historique sur l'agriculture française, nous abordons dans le paragraphe I-1-2 les spécificités de l'entreprise agricole ainsi que les principales institutions en agriculture. Le paragraphe I-1-3 montre les limites de l'agriculture contemporaine. Nous nous posons donc la question des avenirs possibles de l'agriculture dans le paragraphe I-1-4.

I-1-1 Rappel historique sur l'agriculture française

Michel Serres, philosophe français, constate la rupture moderne associée à la fin de la civilisation rurale. Il compare notre époque aux grands bouleversements issus de la révolution néolithique, de l'émergence du christianisme ou de la renaissance. La révolution néolithique a conduit l'homme du statut de cueilleur chasseur à celui d'agriculteur éleveur. De nomade, il devient sédentaire. Jusqu'au XIXe siècle, la très grande majorité du monde est occupée par des agriculteurs. Ils maîtrisent la nature pour produire des biens alimentaires. Mais ils constituent aussi la société et produisent sa culture.

En France, le XIXe siècle compose le siècle d'or de cette civilisation (Neveu 1991). Jusqu'en 1870, le nombre d'exploitations agricoles augmente. La famine diminue. Le développement des chemins de fer, l'ouverture des frontières sur l'Angleterre et les Etats-Unis conduisent à une spécialisation des régions. De 1880 à 1895, une crise s'installe associée à une première surproduction agricole. La baisse des prix est généralisée (Vidal 2001). La sortie de crise conduit la France à s'enfermer dans une tour d'ivoire jusqu'en 1945 (Neveu 1991). Les mesures protectionnistes sont prises. Une organisation plus efficace se met lentement en place avec notamment la création de l'office du blé en 1936. A partir de cette année, le prix du blé a été garanti (Soltner 2005) jusqu'à une époque récente.

A la sortie de la seconde guerre mondiale, l'agriculture de France ne répond pas à la demande alimentaire. Les gouvernements successifs lui commandent sa modernisation. Les pouvoirs publics français engagent une politique des structures afin d'obtenir des tailles concurrentielles des exploitations agricoles où la diffusion des nouvelles techniques devienne possible (Neveu 1991). La jeunesse agricole (Le Guen 2006) s'associe à cette "révolution silencieuse" à travers ses mouvements CNJA (Centre National des Jeunes Agriculteurs) et JAC (Jeunesse Agricole Chrétienne). En 1957, le traité de Rome initie la Politique Agricole Commune (PAC). De 1962 à 1992, la PAC garantit les prix des produits agricoles pour l'essentiel (Ministère de l'écologie et du développement durable 2005). En ce début du XXIe siècle, la France est le second exportateur mondial et le premier exportateur européen de produits agricoles. Elle a réussi pleinement son pari du développement quantitatif de l'agriculture. Elle passe ainsi d'une économie agricole autarcique à une économie exportatrice (Bazin 2002). Mais Edgar Pisani constate qu'il aura été moins difficile de créer l'abondance que de la gérer (Pisani 2004).

En effet dès 1974, une crise s'installe. A la suite du premier choc pétrolier puis d'une période inflationniste, les revenus des agriculteurs chutent (Neveu 1991). La surproduction fait exploser les budgets agricoles de l'Europe. En 1984, une première réforme introduit la politique des quotas. Aux yeux de l'opinion publique, l'agriculture apparaît comme étant de plus en plus nuisible à l'environnement. Sur le plan extérieur,

les négociations conduites dans le cadre du GATT[3] puis à partir de 1994 de l'OMC[4] exercent également une pression sur l'Europe afin de moins subventionner l'agriculture. En 1992 puis en 1999, une réforme majeure de la PAC applicable jusqu'en 2005 est engagée. D'un soutien exclusif par les prix, le système complète le dispositif par une aide à l'hectare (Ministère de l'agriculture de l'alimentation de la pêche et des affaires rurales, CNASEA et al. 2006). Ces réformes ont stabilisé le marché et réduit les excédents.

A partir de 2005, l'accord de Luxembourg conduit à un découplage presque complet des aides vis-à-vis de la production. Le principe d'un Droit à Paiement Unique (DPU) à l'exploitation est établi. Les prix des produits agricoles s'alignent sur celui des cours mondiaux. Les aides sont par ailleurs conditionnées au respect des réglementations par les agriculteurs.

Le monde agricole a prodigieusement évolué. L'agriculture paysanne où l'autoconsommation est majoritaire est encore présente jusqu'au milieu du XXe siècle. Dès le XIXe siècle, l'agriculture s'est ouverte au monde, ce qui a conduit à sa spécialisation et à sa modernisation. La diminution considérable du nombre d'exploitations agricoles associée à des gains de productivité sans précédent[5] ont conduit en 2005 à la parité économique entre les agriculteurs et les autres professions (Ministère de l'agriculture de l'alimentation de la pêche et des affaires rurales, CNASEA et al. 2006). Elle est devenue une entreprise, mais avec des finalités renouvelées. L'exploitation agricole continue de produire des biens alimentaires vitaux à l'être humain. **De par cette dimension stratégique, elle reste donc une entreprise originale dont l'avenir ne peut rendre indifférent les pouvoirs publics. Mais Michel Serres nous rappelle que la société exhorte les agriculteurs à produire de la nature. Ils doivent donc à la fois la maîtriser pour produire des biens alimentaires mais aussi la créer ou pour le moins la respecter.**

Nous posons le postulat que l'agriculture doit changer. Nous allons expliciter dans les trois paragraphes à venir quelques caractéristiques de l'agriculture contemporaine, les raisons justifiant son changement et enfin les nouveaux projets agricoles qui émergent.

I-1-2 Approche de l'agriculture

Quels que soient les changements qui l'affectent, l'agriculture porte en elle des invariants qui spécifient le cadre de son évolution. Dans un premier temps, nous allons les présenter. Puis, nous décrivons les types d'acteurs associés au monde agricole.

A Spécificités de l'entreprise agricole

Si l'entreprise agricole s'affirme comme une entreprise de production de biens et de services (Abt 2008), elle n'est pas une entreprise comme les autres (Ministère de l'agriculture et de la pêche 2009). Elle présente des caractéristiques structurelles originales :

[3] GATT : General Agreement on Tariffs and Trade
[4] OMC : Organisation Mondiale du Commerce
[5] Un quintal de blé demandait 10 heures de travail dans les années 50, cinquante ans après moins d'une minute. Colson, F. (2006). L'Etat et les conseillers agricoles Des Etats généraux du développement aux CTE : les enjeux politiques de l'encadrement technique de l'agriculture. Conseiller en agriculture. Paris, INRA, Educagri éditions Pages 59-69.

- **Elle se positionne dans le secteur primaire.** Elle exploite des ressources naturelles sur des surfaces très importantes qu'elle façonne. L'agriculture couvre en France plus de 50 % du territoire national. En 2010, le Ministère de l'Agriculture a évalué le nombre d'exploitations agricoles à 490 000 dont 312 000 sont moyennes ou grandes[6].
- **Elle est une très petite entreprise.** Elle a encore très souvent une dimension familiale. Par elle-même, ses compétences et ses capacités d'organisation sont limitées. Son histoire l'a conduite à s'insérer au sein d'organisations professionnelles agricoles. De plus, l'Etat lui fournit un appui économique, ainsi qu'un soutien en recherche et en formation. Des "ordres socio-économiques" articulent et régulent les nombreux acteurs privés, coopératifs et publics du monde agricole (Aggeri et Hatchuel 2003). Son environnement organisationnel est donc très structuré mais non figé, aussi bien en amont qu'en aval de ses activités, comme le montre ci-dessous la Figure I-1 : l'environnement de l'exploitation agricole.
- **Elle s'inscrit dans des processus biologiques et climatiques**. La part d'imprévision y est grande.
    - Les processus de production agricole ne sont pas standardisés et automatisables contrairement aux processus industriels.
    - Les biens agricoles ne peuvent jamais répondre exactement aux demandes des clients mais ils peuvent s'en approcher (Abt 2008).
- **Sa croissance est limitée.** L'augmentation de la production est réduite par la rareté des ressources naturelles (sol, eau) déjà exploitées par ses pairs. La croissance par le développement de nouveaux produits est limitée par les contraintes environnementales associées au climat. Enfin, les ressources agricoles sont atypiques d'un point de vue économique. Si la demande excède l'offre, les prix vont augmenter de façon vertigineuse selon la loi de King, statisticien anglais du début du XVIIIe siècle (Bazile, Besson et al. 2009). Les produits alimentaires sont à la fois indispensables et inutiles s'ils sont produits en trop grande quantité (Pisani 2004). Pour cette raison, certaines productions sont contingentées par les pouvoirs publics. L'ambition entrepreneuriale des agriculteurs peut s'exprimer dans les organismes agricoles coopératifs ou consulaires. Cette dernière notion introduit l'idée d'entreprise agricole étendue.
- **Sa production est considérée comme stratégique par l'Etat.** Le niveau des aides publiques est permanent et élevé. Il le restera probablement comme le montrent les scénarios prospectifs les plus libéraux (Ministère de l'agriculture de l'alimentation de la pêche et des affaires rurales, CNASEA et al. 2006). La légitimité de ces aides est à reconstruire vis-à-vis de l'opinion publique.
- **Toute société a un regard particulier vis-à-vis des biens agricoles,** c'est-à-dire vis-à-vis de sa nourriture. Ce type de bien est universel et indispensable. Il a une dimension culturelle. Mais, alors même que l'encadrement sanitaire des productions agricoles n'a jamais été aussi exigeant et efficace, les crises sanitaires

[6] Source : http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/ "Les surfaces agricoles et les cheptels sont valorisés selon des coefficients permettant le calcul de la production brute standard (PBS). Ces coefficients résultent des valeurs moyennes calculées sur la période 2005 à 2009. La PBS décrit un potentiel de production des exploitations et permet de classer les exploitations selon leur dimension économique en « moyennes et grandes exploitations », quand elle est supérieure ou égale à 25 000 euros, en « grandes exploitations » quand elle est supérieure ou égale à 100 000 euros. La contribution de chaque surface ou cheptel à la production brute standard permet également de classer les exploitations selon leur spécialisation (orientation technico-économique)."

récentes ont induit une suspicion sur les pratiques agricoles et par conséquence sur les produits alimentaires.

B Les principaux types d'institution en agriculture

La Figure I-1 a pour ambition d'identifier les principales institutions qui interagissent avec l'exploitation agricole. Tous les acteurs sont en situation d'échanger entre eux des informations ou de l'argent. Ces types d'échanges ne sont donc pas discriminants. Par contre, certaines relations comprennent des flux physiques. Ces flux sont associés à des fournitures de produits matériels comme des terres, des outils, des intrants ou à des ventes de produits agricoles aux consommateurs. La figure distingue ces deux flux. Les principaux acteurs sont repris dans la Figure I-1. Chaque acteur est décrit infra :

- **La réglementation**
  L'Union Européenne (UE) adopte des directives (environnement, sécurité sanitaire…) transposées dans le droit national de chaque pays. Les *Etats* ont en charge cette transposition. A travers ses services déconcentrés sur chaque département, la puissance publique française fait appliquer les lois.
- **L'encadrement du marché**
  Le marché des produits agricoles est encadré[7]. *L'Union Européenne* finance en partie l'agriculture à travers sa Politique Agricole Commune. *L'Agence de Services et de Paiement* (ASP) centralise les versements des aides financières de la PAC aux exploitations agricoles françaises. L'UE intervient également sur les mécanismes de marché. En France, un office d'intervention agricole unique joue ce rôle de régulateur des principaux marchés en agriculture.
  L'Etat gère la santé publique, vétérinaire sur l'ensemble de la filière agro-alimentaire. Par l'intermédiaire de *l'Agence Nationale de SEcurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail* (ANSES), il évalue et expertise la sécurité sanitaire dans le domaine de l'alimentation (Ministère de la santé et des sports 2010).
- **L'encadrement de l'exploitation et des ressources naturelles**
  L'Etat contrôle l'accès à la terre grâce à l'intervention de sociétés anonymes, sans but lucratif, avec des missions d'intérêt général : les SAFER. Elles sont réparties sur tout le territoire. Il contrôle également l'accès à l'eau à travers des procédures de déclaration et d'autorisation prévues dans le cadre de la loi sur l'eau. Pour leur part, les agences de l'eau réduisent les pollutions quantitatives et qualitatives de l'eau par un jeu de primes et de redevances.

[7] Source : site internet du ministère en charge de l'agriculture http://agriculture.gouv.fr

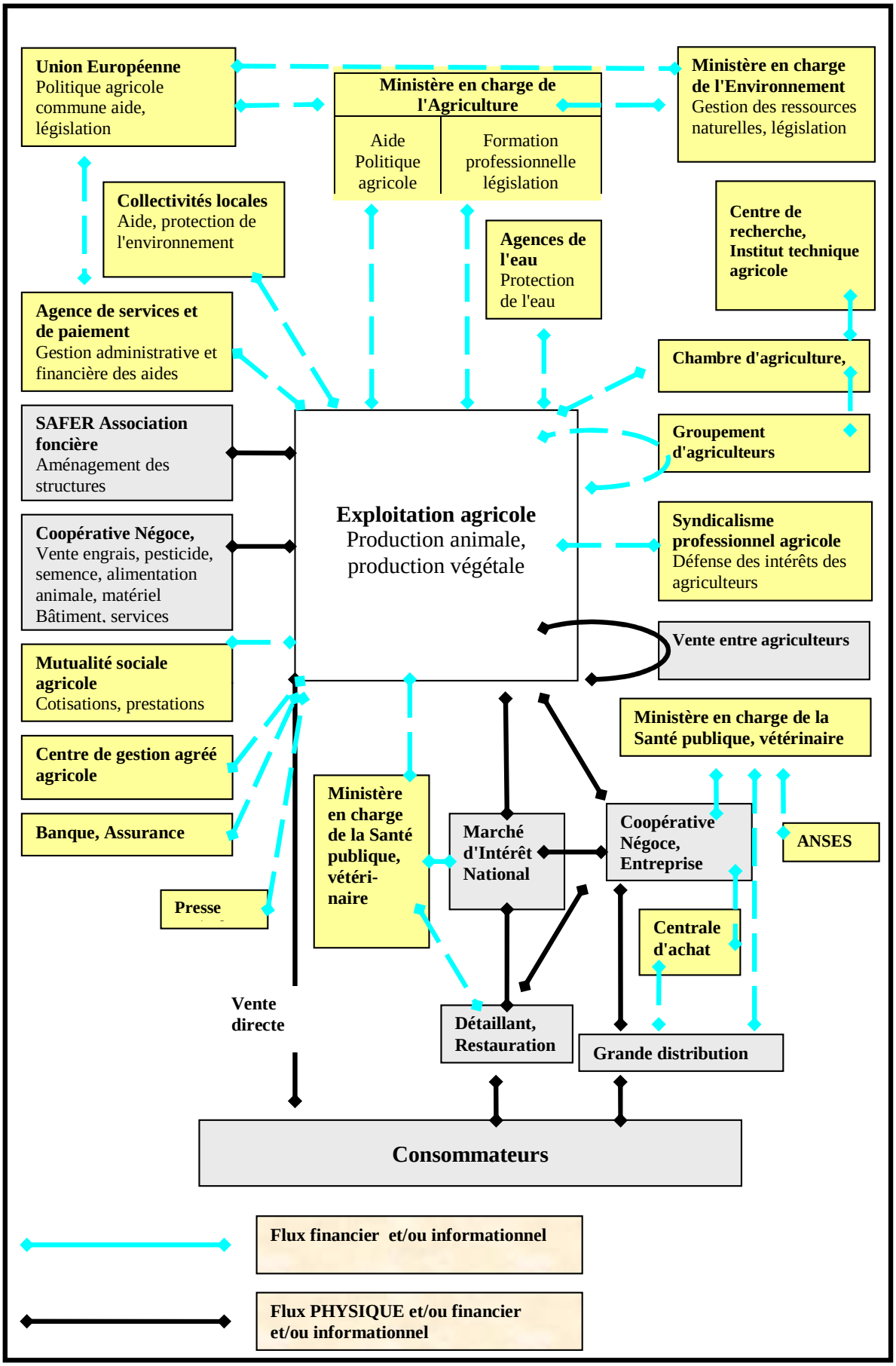


Figure I-1 : l'environnement de l'exploitation agricole

- **Le développement agricole**
  L'enseignement agricole, la recherche agronomique et vétérinaire, les instituts techniques[8] *agricoles, les chambres d'agriculture* participent au développement agricole. Le Code rural (version consolidée au 9 mai 2012) donne la définition suivante du développement agricole : "Le développement agricole a pour mission de contribuer à l'adaptation permanente de l'agriculture et du secteur de la transformation des produits agricoles aux évolutions scientifiques, technologiques, économiques et sociales dans le cadre des objectifs de développement durable, de qualité des produits, de protection de l'environnement, d'aménagement du territoire et de maintien de l'emploi en milieu rural". Les coopératives ainsi que des négoces y participent en produisant des références locales. Des agriculteurs se regroupent également pour partager des expériences et des savoirs. *Le syndicalisme professionnel agricole* représente les agriculteurs auprès des différentes instances publiques et privées pour défendre leurs intérêts.
- **Le commerce en amont**
  Des entreprises privées et des sociétés coopératives agricoles offrent des biens. Les coopératives jouent un rôle important en vendant des intrants nécessaires à la production agricole et en achetant les récoltes (voir ci-dessous). Les CUMA (Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole) et les ETA (Entreprise de Travaux Agricoles) apportent des ressources en matériel et en compétence aux exploitations agricoles. Mais le volume de travail qu'elles génèrent est cependant faible même si de nombreuses exploitations y font appel[9]. Les banques et les assurances proposent des services. Les centres de gestion agréés agricoles ont un statut associatif. Ils aident les agriculteurs en matière de fiscalité et de comptabilité. Ils accompagnent également les agriculteurs dans leur analyse sur la pertinence de certains investissements.
- **Le commerce en aval**
  La vente des produits agricoles aux consommateurs chemine selon trois modalités principales : des circuits courts[10] se développent directement du consommateur au producteur comme les ventes à la ferme. Le développement des *AMAP* (Associations pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne) témoigne de ces circuits courts même si le volume ainsi commercialisé de produits agricoles reste faible. *Des entreprises agroalimentaires et des sociétés coopératives agricoles* alimentent des circuits plus longs, structurés autour des *marchés d'intérêt nationaux* et des *centrales d'achat*. Les marchés d'intérêt nationaux fournissent pour partie la *restauration* ainsi que *les petits commerces*. Les centrales d'achats référencent des produits achetés par la *grande distribution* (Bernard de Raymond 2003).

I-1-3 Les limites de l'agriculture intensive

L'image de l'agriculture contemporaine a d'importants défis à relever. Son image est dégradée dans l'opinion publique en particulier par rapport à l'environnement

[8] Les instituts techniques agricoles font de la recherche appliquée.
[9] Source : http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/
[10] En 2010, près d'une exploitation agricole sur 5 commercialise en circuit court. *Source : ibid*.

A Le défi environnemental

A.1 Son impact environnemental

En 2010, la surface agricole utilisée (SAU) occupe en France près de 27 millions d'hectares[11], soit près de la moitié du territoire. Les dommages environnementaux de l'agriculture atteignent les espaces en détruisant certains paysages et en y réduisant la biodiversité. Les activités agricoles impactent également les ressources naturelles comme le sol, l'eau et l'air (Ministère de l'écologie et du développement durable 2005). Nous présentons quelques exemples de ces impacts :

- **Le sol** : 1,5 millions d'hectares de sols viticoles se chargent progressivement en cuivre du fait du traitement par la bouillie bordelaise.
- **L'eau** : l'excès d'apport de nitrates conduit aux phénomènes de marée verte en Bretagne ; la présence massive d'algues dans les eaux de baignade est défavorable au tourisme.
- **L'air** : l'agriculture dans son ensemble contribue à 20 % des gaz à effet de serre, en grande partie par l'utilisation d'engrais (N2O) et par les déjections animales (CH4).

Les pollutions y sont ponctuelles ou diffuses :

- **Ponctuelle** comme dans le cas d'une irrigation excessive. L'irrigation prélève en effet 80 % des eaux consommées tous usages confondus pendant la période estivale (Ministère de l'écologie et du développement durable 2005).
- **Diffuse** avec par exemple l'utilisation intensive de produits phytosanitaires : en 2004, la France était le troisième acheteur mondial et le premier européen de pesticides (insecticides, herbicides, fongicides). Ces produits se retrouvent dorénavant dans tous les compartiments environnementaux aussi bien dans les sols, dans l'eau que dans l'air. Ainsi, en Bretagne entre 1996 et 2000 (Ministère de l'écologie et du développement durable 2005), le niveau d'Atrazine[12] a été mesuré dans l'eau de pluie à des niveaux supérieurs à ceux autorisés dans l'eau potable.

Les dommages environnementaux ont plusieurs types d'effets négatifs possibles :

- *Nuisances immédiates* : l'installation de porcheries industrielles est contestée à cause de problèmes olfactifs.
- *Impacts sanitaires* : la contamination des eaux par les pesticides est préoccupante pour l'alimentation en eau potable. En 2002, 46 % des points surveillés en rivière relèvent des classes médiocres à mauvaises (Ministère de l'écologie et du développement durable 2005) dépassant ainsi le seuil officiel de potabilité. L'inhalation de l'air amène aussi l'absorption significative de pesticides. Les produits alimentaires sont eux-mêmes contaminés.
- *Non préservation de ressources à long terme* : l'agriculture est une grande consommatrice de ressources naturelles telles que le sol, l'eau, l'air ou la biodiversité. L'économie agricole serait donc la première à être pénalisée par un mauvais usage ou une altération des biens environnementaux.

[11] Source : http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/
[12] L'atrazine est un herbicide de synthèse. Il est interdit depuis 2003.

Cependant, l'agriculture possède également des externalités positives pour l'environnement comme la séquestration de carbone associée notamment à la pratique du non-labour (Robert et Saugier 2003).

La société est demandeuse d'un environnement agréable et de produits sains. L'économie agricole est fondée sur l'exploitation de biens environnementaux. Les deux autres piliers du développement durable, le pilier social et le pilier économique, sont donc affectés par ces impacts environnementaux.

A.2 Les régulations du système

La société exerce une pression sur l'agriculture pour limiter ses effets négatifs qui sont principalement environnementaux. Les régulations sont de diverses natures (Gondran 2001) : l'Etat applique de façon autoritaire les leviers réglementaires. Il joue également sur des règles économiques qui sont intégrées par le fonctionnement du marché. Les contrats relèvent d'une adhésion de l'agriculteur. Enfin, l'agriculteur intègre de lui-même des comportements respectueux de l'environnement.

Régulation réglementaire

La réglementation est bien adaptée aux situations dangereuses qu'il convient d'éviter ainsi qu'aux cas de pressions environnementales aux effets mal connus (Ministère de l'écologie et du développement durable 2005). Elle s'applique à plusieurs niveaux :

- **à l'échelle de la structure des entreprises,** avec la réglementation des installations classées,
- **sur la conduite des exploitations**, éventuellement dans le cadre d'une politique de zonage comme l'application de la directive nitrate sur les zones vulnérables,
- **par la normalisation ou l'homologation** des produits utilisés.

En revanche, la complexité de la réglementation ainsi que la difficulté d'une mise en œuvre efficace des contrôles la rendent parfois inopérante. Le faible nombre d'inspecteurs des installations classées encourage les asymétries d'information avec les agriculteurs et leurs comportements d'opportunisme comme dans les cas des petites et moyennes entreprises (Gondran 2001).

Régulation économique

Lorsque la pression environnementale est connue dans ses conséquences, l'instrumentation économique augmente les portées des politiques environnementales (Ministère de l'écologie et du développement durable 2005). De nombreux outils sont disponibles depuis les taxes, redevances et subventions jusqu'au récent système d'échange de quotas. Si l'Etat décide de ce dernier type de régulation, les lois du marché le mettent en application.

Depuis 1992, la politique agricole commune de l'Europe prévoit des mesures agroenvironnementales[13]. Par ailleurs, le principe de conditionnalité des aides subordonne leur versement au respect par les agriculteurs de la réglementation. L'aide

[13] Les Mesures AgroEnvironnementales (MAE) incitent les agriculteurs à avoir des pratiques plus respectueuses de l'environnement.
Source : http://agriculture.gouv.fr/les-aides-aux-exploitations

financière importante accordée aux agriculteurs dans le cadre de la PAC assimile dorénavant mieux les contraintes environnementales.

Régulation contractuelle

La filière agro-alimentaire mais aussi les pouvoirs publics interviennent dans les modes de productions agricoles sur la base du volontariat. Les démarches contractuelles ont souvent des ambitions sanitaires et gustatives ainsi que des objectifs environnementaux. Elles s'appliquent :

- sur les entreprises agricoles par la mise en place d'un **système de management environnemental,** type agriculture raisonnée,
- directement sur les produits par la mise en place de **signes officiels de qualité** type AOP/AOC[14] et de marques distributeurs (Ministère de l'écologie et du développement durable 2005).

Autorégulation

La prise de conscience par certains agriculteurs de leurs images dégradées les conduit à modifier leurs systèmes de valeurs. D'eux-mêmes, ils produisent du changement. Des agriculteurs s'organisent en réseau autour du respect de ces valeurs et par le partage d'expérience. Les réseaux peuvent générer de l'innovation (Gondran 2001). Les changements de comportement peuvent ainsi être favorisés et validés par le contact des pairs. Certains d'entre eux adhérent à ces réseaux par opportunisme, mais collectivement la démarche répond bien à une demande sociétale.

Ces quatre modes de régulations sont insuffisants aux yeux de l'opinion publique. Elles ne créent pas une rupture avec les pratiques décriées à un niveau suffisamment significatif.

B Les autres défis de l'agriculture

Au-delà du défi environnemental bien identifié, trois autres défis tout aussi importants sont présents :

- **Le défi économique** : Depuis 2008, la question de la surproduction a disparu. Nous sommes rentrés probablement dans un nouveau cycle. L'agriculture devrait fournir en quantité suffisante des produits alimentaires de qualité mais aussi des produits qui viennent se substituer à des matières premières de plus en plus rares comme le pétrole. Elle le fait dans le cadre d'un marché davantage mondialisé où les atouts locaux vont devenir importants. La compétitivité de l'agriculture est à construire en permanence tout en assurant un revenu décent aux agriculteurs. Certaines exploitations agricoles ne sont pas viables d'un point de vue économique. Elles n'ont d'ailleurs pas de repreneurs. L'augmentation de la taille des exploitations va conduire à une nouvelle organisation du travail (Meynard 2008).

[14] "L'AOP Appellation d'Origine Protégée désigne la dénomination d'un produit dont la production, la transformation et l'élaboration doivent avoir lieu dans une aire géographique déterminée avec un savoir-faire reconnu et constaté. Il s'agit de la déclinaison au niveau communautaire de l'AOC." Source Ministère de l'Agriculture

- **Le défi agronomique** : Par ailleurs, l'utilisation massive des produits phytosanitaires a entraîné des résistances chez certains bioagresseurs. Des produits sont progressivement interdits pour des raisons sanitaires. Cette évolution conduit à des impasses techniques.
- **Le défi social** : Pour leur part, les consommateurs ont des exigences contradictoires. Ils souhaitent des produits à la fois économiques, d'une qualité sanitaire de haut niveau, mais aussi avec de la typicité et du goût (Meynard 2008). L'agriculteur est également attendu comme aménageur du territoire (Ministère de l'agriculture 2011). Enfin, (Pisani 2004) va plus loin en parlant d'une agriculture 'ménagère de nos territoires, d'une part significative de nos civilisations et de nos sociétés, de nos équilibres durables'.

C Vers une agriculture durable ?

Alors même que les agriculteurs se sont modernisés à marche forcée en diminuant leur population active, leur réussite pour répondre aux besoins alimentaires n'est pas reconnue. A partir de la fin du XXe siècle et au début de ce XXIe siècle, la sécurité alimentaire semble en effet acquise dans les pays développés. De plus, l'entreprise agricole est remise en cause par le syllogisme qui suit :

- la sécurité alimentaire est garantie,
- nos agriculteurs nuisent à la nature pour produire les biens alimentaires,
- ces biens alimentaires sont suspectés d'être nocifs pour la santé,
- nos agriculteurs reçoivent des subventions importantes qui grèvent le budget européen,
- ces subventions provoquent des dégâts sanitaires et environnementaux,
- les subventions sont donc illégitimes.

Pourtant, l'Ifen, Institut français de l'environnement, a montré une stabilisation de l'impact environnemental des activités agricoles (Institut français de l'environnement 2006). L'agriculture même à "fort impact" (terres labourées et cultures permanentes) provoque des impacts limités sur les milieux aquatiques (Wasson, Villeneuve et al. 2006). L'objectif de la directive cadre européenne sur l'eau donne comme objectif central le bon état écologique des écosystèmes aquatiques atteint en 2015. Même dans les zones de grandes cultures, cet objectif semble atteignable (Wasson, Villeneuve et al. 2006). Le grand public ne perçoit pas ces efforts.

Le productivisme a banalisé la fonction agricole. Ses dimensions stratégiques et culturelles ont perdu leur légitimité sociale. Pour une majorité de la population, l'agriculture est devenue un secteur marchand comme un autre. Ses externalités négatives vis-à-vis de l'environnement sont perçues comme fortes. La question de la légitimité d'une aide financière aux agriculteurs se pose. Or les aides directes concourent pour plus de la moitié de leur revenu, y compris celui des plus performants (Pisani 2004). **Une part importante de l'agriculture française est donc remise en cause dans son existence même. C'est ce qui fait crise. Les agriculteurs doivent construire un nouveau pacte avec la société civile pour une agriculture durable. Notre postulat de recherche est que l'agriculture doit devenir durable.**

I-1-4 Un autre type d'agriculture est-il possible ?

Certains économistes estiment que le système agricole est verrouillé (Aubertot, Barbier et al. 2005). Il pourrait ainsi ne pas s'adapter aux nouvelles contraintes environnementales :

- **La logique productiviste** conduit à dissocier la production de son environnement. L'agriculture assigne une production maximale à ses terres. Cette logique est confortée par le niveau élevé atteint par les prix actuels des produits agricoles. L'utilisation de produits phytosanitaires corrige l'apparition éventuelle de maladies ou d'insectes. Au point que (Meynard 2008) observe que les pesticides sont "devenus les pivots des systèmes de production".
- **Des freins socioculturels** sont très prégnants comme la culture du champ propre sans adventices[15] ou bien le choix préférentiel des consommateurs sur l'aspect esthétique des fruits et des légumes.
- Enfin, **l'environnement technico-économique** n'est pas favorable. Souvent, ceux-là mêmes qui apportent aux agriculteurs un conseil d'utilisation des intrants agricoles, les leur vendent.

La mauvaise réputation des agriculteurs que la société leur renvoie reste un puissant facteur de changement.

A Les autres types d'agriculture

L'agriculture intensive est l'agriculture la plus diffusée. Elle repose sur l'augmentation de la productivité par travailleur et par unité de surface ou de cheptel, souvent dans le cadre d'une mobilisation accrue du capital (Roger 2001). De fait, la production agricole a considérablement augmenté. L'artificialisation des conditions de production a par contre généré des atteintes environnementales. L'agriculture intensive n'est probablement pas durable. Quels autres types d'agriculture sont proposés ? (Roger 2001) présente une classification des types d'agriculture alternatifs à l'agriculture intensive :

- **L'agriculture biologique** a une approche globale du système de production. L'agriculture biologique répond à un cahier des charges qui proscrit l'utilisation de produits chimiques de synthèse. Elle utilise les régulations naturelles pour lutter contre les bioagresseurs ou enrichir le sol. Un de ses objectifs est le respect des écosystèmes naturels. Depuis 1981, l'agriculture biologique est reconnue par les pouvoirs publics. Elle est définie dans le cadre d'un cahier des charges. Les produits issus de l'agriculture biologique sont labellisés. En 2010, elle était pratiquée sur 3 % de la surface agricole utile française[16].
- **L'agriculture intégrée**[17] utilise aussi les régulations naturelles. Elle a également une approche globale de l'exploitation (Viaux 1999). Elle a pour objectif de diminuer l'utilisation des intrants (pesticides, engrais…) sans les interdire complètement. Ces derniers ne sont mobilisés qu'en dernier recours. L'organisation internationale de lutte biologique[18], société savante internationale créée en 1956 et basée en Suisse, garantit le respect de ces principes. En France, en absence d'un cahier des charges officiel, sa pratique est difficile à mesurer. En

[15] Adventice : mauvaise herbe
[16] Source : http://www.agencebio.org/
[17] Ce type d'agriculture n'est pas encore identifié par un vocabulaire stabilisé. L'agriculture intégrée est également connue sous les vocables suivants : "agriculture de conservation", "agro-écologie", "agriculture écologiquement intensive et à haute valeur environnementale". Le terme de "révolution doublement verte" reprend l'ensemble de ces concepts. Bazile, D., I. Besson et J.-C. Bureau (2009). Nourrir les hommes, un dictionnaire, Editions Atlande. et Meynard, J.-M. (2008). Produire autrement : réinventer les systèmes de culture. Systèmes de culture innovants et durables. Paris, Educagri éditions Pages 11-27.
[18] Voir également site internet http://www.iobc.ch/

2000, la surface couverte était estimée à 0,4 % de la SAU française (Aubertot, Barbier et al. 2005). Dans d'autres pays européens comme la Suisse, l'Autriche ou le Danemark, l'agriculture intégrée y est au contraire bien développée (Viaux 1999; Aubertot, Barbier et al. 2005).

- **L'agriculture multifonctionnelle** légitime les autres fonctions de l'agriculture au-delà de la seule fonction alimentaire. Le maintien d'une société rurale et le respect de l'environnement sont deux des fonctions qui justifieraient une aide financière à l'agriculture. La loi d'orientation agricole (Journal Officiel 9 juillet 1999) officialise ce concept. Il précise dans son article 1er que "la politique agricole prend en compte les fonctions économiques, environnementales et sociales de l'agriculture et participe à l'aménagement du territoire, en vue d'un développement durable".
- **L'agriculture paysanne** n'est pas intégrée aux entreprises localisées en amont et en aval des productions agricoles. Elle se réfère à un mode de vie non capitalistique. Elle est peu présente en France et en général dans les agricultures européennes. L'agriculture paysanne a aussi une traduction d'une autre nature, plus syndicale, qui n'est pas abordée ici.
- **L'agriculture de précision** repose sur l'utilisation d'outils comme le GPS (Global Positioning System) ou le SIG (Système d'Information Géographique). La connaissance fine des besoins des cultures en fonction du type de sol est obtenue à l'échelle de quelques m². Ce type d'agriculture est fondé sur le concept de la bonne dose au bon endroit. Il assurerait une meilleure intégration environnementale par une gestion optimisée des intrants (pesticide, irrigation, engrais). L'agriculture de précision est peu développée en France.
- **L'agriculture raisonnée** répond aux trois piliers du développement durable : viabilité économique et satisfaction des besoins sociétaux par la production de produits alimentaires sains, selon des modes de production respectueux de l'environnement. Le label d'agriculture raisonnée qualifie un mode de production certifié. Il impose le respect d'un référentiel comprenant une centaine de bonnes pratiques. L'agriculteur enregistre toutes ces pratiques pour en assurer la traçabilité. Elle n'a pas pour objectif la diminution de la pression des bioagresseurs. En effet, l'agriculture raisonnée est fondée en grande partie sur l'efficience des intrants par une intervention raisonnée. Ainsi, à l'intérieur d'une campagne culturale, l'agriculteur raisonné n'introduit un traitement phytosanitaire que lorsque le niveau du bioagresseur a atteint un certain seuil. Le traitement phytosanitaire n'est pas pratiqué si le risque de perte de rendement est faible ou nul contrairement aux pratiques de l'agriculture intensive qui systématise les traitements chimiques préventifs. L'intervention se faisant à partir de l'évaluation d'un seuil de présence du bioagresseur, le sens de l'observation est donc essentiel dans cette prise de décision. Des outils d'aide à la décision et des règles de décision aident également l'agriculteur à faire son choix. Ces outils complètent les observations par des simulations calculées tant sur l'état des cultures que sur l'impact des techniques éventuellement mises en œuvre. Bien que l'agriculture raisonnée soit reconnue depuis 2002 (Journal Officiel 25 avril 2002), et qu'elle ait été présentée comme le futur « standard agricole » français, elle est encore peu développée. En 2009, moins de 3000 exploitations étaient certifiées[19]. En revanche, ses principes sont bien diffusés chez les agriculteurs.

[19] Source : FARRE, 2011, site web, http://www.farre.org/fileadmin/medias/pdf/baro_15_farre.pdf

L'agriculture intensive et les agricultures alternatives décrites ci-dessus constituent sept types d'agriculture. Ils sont reconstruits selon les constats suivants :

- En Europe, l'agriculture paysanne est peu présente.
- L'agriculture de précision est une variante technique de l'agriculture intensive. Elle est très axée sur l'utilisation d'outils. L'agriculture raisonnée, l'agriculture biologique et l'agriculture intégrée ont des principes de fonctionnement. Les outils nouveaux de l'agriculture de précision, s'ils ne sont pas en contradiction avec ceux-ci, s'intègrent dans ces trois types d'agriculture.
- Le concept de l'agriculture multifonctionnelle s'applique également aux agricultures biologique, intégrée et raisonnée.

Les typologies d'agriculture opposent donc l'agriculture intensive à trois autres types d'agriculture : l'agriculture biologique, l'agriculture intégrée et l'agriculture raisonnée. Cette typologie recoupe celle proposée par Philippe Viaux, agronome ayant largement diffusé les principes de l'agriculture intégrée en France (Viaux 1999). Dans son ouvrage, il définit également l'agriculture conventionnelle comme étant l'agriculture la plus pratiquée dans une région. En règle générale, l'agriculture conventionnelle est une agriculture intermédiaire entre l'agriculture intensive et l'agriculture raisonnée. (Viaux 1999) considère cependant que ce terme d'agriculture conventionnelle doit être évitée car il est trop flou. Par la suite, nous utilisons le terme d'agriculture intensive lorsque nous parlons de l'agriculture contemporaine majoritaire.

Ces trois types d'agriculture (biologique, intégrée et raisonnée) se réfèrent tous à des cahiers des charges précis. Cependant, des exploitations intensives s'appuient sur ces référentiels pour certaines de leurs activités. Les limites sont donc délicates à définir. Les trois types alternatifs à l'agriculture intensive se réclament tous d'une agriculture durable respectant les trois piliers économiques, environnementaux et sociaux du développement durable. (Bockstaller, Galan et al. 2008) proposent des exemples d'objectifs de durabilité pour les trois dimensions en fonction de l'échelle d'observation. Ces objectifs repris dans le Tableau I-1 ci-dessous sont effectivement compatibles avec ces trois types d'agriculture.

Certaines pratiques, comme l'usage des outils d'aide à la décision ou l'utilisation de règles de décision, se retrouvent dans les trois agricultures durables. Mais l'agriculture raisonnée se distingue pourtant de l'agriculture biologique ou intégrée. Elle n'a pas pour objectif la diminution de la pression des bioagresseurs. Les bonnes pratiques de son référentiel sont présentes pour partie dans l'agriculture intégrée ou l'agriculture biologique. Elles y sont nécessaires pour la plupart, mais pas suffisantes. Car le raisonnement des intrants y est pris un par un. Cette démarche a donc ses limites, puisqu'une juxtaposition de bonnes pratiques agricoles ne répond pas toujours à la réduction d'intrants. Ces bonnes pratiques s'approprient peu les interactions entre techniques souvent décisives vis-à-vis des effets environnementaux des systèmes de culture (Aubertot, Barbier et al. 2005). Elles ne remettent pas en cause la conduite globale des cultures (Viaux 1999) par une approche système. L'utilisation des régulations naturelles n'est pas au cœur de la conception de l'agriculture raisonnée. Nous avons dans l'introduction générale repris la distinction apportée par (Boutaud 2002) sur les différents types de développement durable. Selon ces définitions, nous proposons d'une part de classer l'agriculture raisonnée comme appartenant à un type de développement durable faible, d'autre part d'associer l'agriculture biologique et intégrée à un type de développement durable fort.

Echelles				
Dimension de la durabilité	**Parcelle/exploitation**	**Filière de production**	**Territoire**	**Planète**
Environnementale	Réductions des émissions polluantes Maintien de la fertilité et protection des sols Réduction de la consommation de ressources non renouvelables Maintien du développement de la biodiversité sauvage et domestique	Idem parcelle/exploitation Réduction des impacts environnementaux sur l'ensemble du processus de production (dont transport des intrants)	Maintien de la qualité de l'eau Réduction de coulées boueuses Conservation des paysages et de la biodiversité Gestion des déchets organiques produits Production d'énergie renouvelable	Limitation de l'effet de serre Préservation des ressources non renouvelables (énergie, phosphore etc.) Conservation de la biodiversité mondiale Réduction de l'impact de l'activité agricole sur la déforestation
Economique	Maintien/augmentation du revenu de l'exploitation Diversification des productions Amélioration de l'autonomie	Rentabilité de la filière Répartition équitable des richesses produites sur l'ensemble des acteurs de la filière	Création d'emplois Répartition des richesses au niveau du territoire Diversification des productions et des débouchés	Production alimentaire Répartition des richesses au niveau de la planète
Sociale	Amélioration des conditions de travail et qualité de vie Diversification des activités Maintien et développement de l'emploi salarié Formation	Amélioration des conditions de travail et qualité de vie pour les acteurs de la filière Maintien/développement de l'emploi salarié dans la filière	Maintien/développement de l'emploi salarié au niveau des filières Développement de l'emploi dans le territoire Alimentation des priorités des habitants du territoire	Renforcement de la solidarité entre générations Répartition des pôles d'activité, des bassins d'emploi dans le monde Equité Nord Sud Gestion des compétitions d'usage des produits et terres agricoles (alimentaire/non alimentaire)

Tableau I-1 : exemples d'objectifs pour les dimensions de la durabilité d'après (Bockstaller, Galan et al. 2008)

B Les perspectives offertes à l'agriculture à l'horizon 2025

La manière dont le monde agricole va s'adapter à la question environnementale est au cœur de son évolution future. Le ministère de l'Agriculture a travaillé sur cet avenir à l'horizon 2025. (Ministère de l'agriculture de l'alimentation de la pêche et des affaires rurales, CNASEA et al. 2006). Quatre scénarios prospectifs explorent des processus évolutifs. Ils sont en partie basés sur l'évolution respective des aides directes PAC à l'agriculteur dites du 1er pilier[20] associées à la politique du prix et des marchés et des aides du 2nd pilier[21] associées au développement rural. Ils s'inscrivent chacun dans des espaces nationaux bien identifiés. Le résultat de ces quatre processus est le suivant :

[20] A partir de 2010, les aides du 1er pilier sont surtout basées sur les Droits à Paiement Unique (DPU) fondés sur des références historiques de production. Ces aides ne sont plus liées au volume de production.
[21] Pour l'essentiel, les aides du 2nd pilier sont les Indemnités Compensatrices de Handicap Naturel (ICHN) perçues dans les zones défavorisées, la Prime Herbagère Agro-Environnementale (PHAE) et diverses mesures agro-environnementales.

- **La France des filières, l'environnement agro-efficace**
  Ce scénario fait disparaître toutes les aides du premier pilier. Les aides du second pilier sont maintenues mais fortement réduites. Les produits européens sont directement soumis à la concurrence internationale. Les prix sont ceux du marché mondial. Des règles sanitaires leur permettent de se positionner. Le système agro-alimentaire est performant. Des performances environnementales minimales sont exigées. Les intrants sont taxés. La France des filières génère un environnement médiocre sur 90 % du territoire, là où l'agriculture raisonnée se développe. Sur le reste du territoire, quelques zones remarquables sont préservées.
- **L'agriculture duale, une partition environnementale**
  Si les aides directes de la PAC ont également disparu dans ce second scénario, les aides du second pilier demeurent à un niveau élevé. Les prix sont ceux du marché mondial. L'aménagement du territoire reste une priorité. Deux types d'agriculture cohabitent : pour 30 % du territoire, une agriculture compétitive et raisonnée et ailleurs une agriculture respectueuse de l'environnement. Le territoire national est donc partagé en deux : certaines régions comme les bassins parisien et aquitain portent l'agriculture compétitive, d'autres régions comme le Massif Central constituent une zone douce aux externalités environnementales positives. Sur ce second territoire, les aides sont essentielles pour la constitution du revenu des agriculteurs. Ce scénario de l'agriculture duale préserve mieux l'environnement grâce aux zones douces.
- **L'Europe des régions, un patchwork aux résultats environnementaux contrastés**
  Ce scénario prévoit également l'abandon des aides du premier pilier mais pas celles du second pilier. Les prix sont supérieurs à ceux du marché mondial, du fait d'un protectionnisme sanitaire de l'Europe. Toutes les aides sont gérées par les régions qui négocient et contractualisent directement avec les agriculteurs selon une logique de projet. L'agriculture raisonnée et les agricultures biologiques et intégrées cohabitent donc au sein même de chaque région. En matière d'environnement, le meilleur côtoie le moins bon.
- **Une agriculture haute performance environnementale**
  Les aides du premier pilier ne sont pas supprimées. En effet, dans ce scénario, le surcoût des produits est pris en charge par les subventions. Elles sont justifiées par des performances sociales et environnementales fortes. Les prix sont donc supérieurs aux prix mondiaux. Les prix sont élevés pour inciter à la production malgré les contraintes environnementales importantes. La recherche et l'innovation sont très développées.

Dans les quatre scénarios proposés, les agricultures retenues sont durables, qu'elles soient raisonnées, intégrées ou biologiques. Il n'y est jamais question de maintenir le statu quo. L'agriculture est impliquée dans un vaste mouvement sociétal qui lui impose le cadre et les valeurs associés au développement durable. En ce sens, ces scénarios sont cohérents avec les attentes sociétales (Ikerd 1993).

C Quelles évolutions possibles de l'agriculture ?

L'analyse prospective conduite par (Ministère de l'agriculture de l'alimentation de la pêche et des affaires rurales, CNASEA et al. 2006) met en évidence quatre scénarios. Nous proposons de les croiser avec la typologie des trois agricultures durables ainsi qu'avec la typologie de durabilité proposée par (Boutaud 2002). Le Tableau I-2 illustre ainsi le type de développement durable associé à chaque scénario.

Scénario	Type d'agriculture	Type durabilité
La France des filières, l'environnement agro-efficace	Agriculture raisonnée	Durabilité faible
L'agriculture duale, une partition environnementale	Agriculture raisonnée dans les zones productives Agriculture biologique ou intégrée dans les zones douces	Approche consensuelle
L'Europe des régions, un patchwork aux résultats environnementaux contrastés	Agriculture raisonnée, biologique et intégrée réparties sur tout le territoire	
Une agriculture haute performance environnementale	Agriculture biologique ou intégrée	Durabilité forte

Tableau I-2 : les scénarios par type d'agriculture

L'agriculture contemporaine a atteint ses limites d'un point de vue environnemental. De nouvelles règles économiques la contraignent également. Les régulations traditionnelles s'avèrent insuffisantes. L'agriculture contemporaine doit donc impérativement évoluer vers des agricultures durables qui satisfassent à des contraintes à la fois économiques, environnementales et sociales. L'approche récente du Ministère de l'agriculture conforte ces scénarios et propose un nouveau modèle agricole français (Ministère de l'agriculture et de la pêche 2009). Les importances accordées respectivement à l'économie (cas d'une durabilité faible) ou à l'environnement (cas d'une durabilité forte) sont cependant variables d'un scénario à l'autre.

D Quels types d'agriculture durable retenir ?

Nous avons identifié dans le paragraphe ci-dessus trois types d'agriculture durable : l'agriculture raisonnée, l'agriculture intégrée ainsi que l'agriculture biologique. Nous avons vu que pour respecter son impact sur l'environnement, l'agriculture durable doit notamment réduire de façon significative ses intrants. Ainsi, dans un cadre d'action communautaire (Parlement européen et Conseil de l'Union Européenne 2002), le plan Ecophyto 2018 programme une réduction de 50 % de la consommation des produits phytosanitaires d'ici 2018. Cinq niveaux de rupture avec la situation actuelle, i.e. des modes de conduite alternatifs des cultures ont été étudiés par (Butault, Dedryver et al. 2010) dans le cadre de l'expertise Ecophyto R&D. Ils sont présentés dans le Tableau I-3.

Selon (Butault, Dedryver et al. 2010) pour réussir cette mutation, l'agriculture française devrait devenir pour plus de 80 % du type intégré (niveau N2a et N2c) et pour le reste biologique[22]. En grandes cultures[23], l'action repose en effet en grande partie sur la mise

[22] Cette mutation reste difficile. Un effort important de recherche est nécessaire. Par ailleurs, d'une part les agriculteurs auront à s'approprier les nouvelles pratiques culturales, d'autre part les filières agro-alimentaires devront s'ajuster aux nouvelles productions issues de l'allongement des rotations et de leur diversification. Ces changements affecteraient aussi les volumes nationaux de production (en valeur prix 2006, de l'ordre de - 15 %), et les revenus des agriculteurs (sur la base des prix 2006, de l'ordre de - 10 %). Ces derniers résultats sont très sensibles au cours annuel des produits. Pour que cette mutation réussisse, le système sociotechnique constitué par les agriculteurs et les filières agroalimentaires est contraint de bouger dans son ensemble Butault, J. P., C. A. Dedryver, C. Gary, L. Guichard, F. Jacquet, J. M. Meynard, P. Nicot, M. Pitrat, R. Reau, B. Sauphanor, I. Savini et T. Volay (2010). Ecophyto R&D Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides. Paris, INRA 90 pages.

[23] Céréales, Oléagineux, Protéagineux (COP)

en œuvre de successions culturales efficaces, c'est-à-dire basées sur une rotation[24] longue de 5 à 10 ans. Celle-ci rompt le cycle biologique des bioagresseurs. Elle est le fondement des deux agricultures biologique et intégrée. La démultiplication des cultures due à l'allongement des rotations n'est pas contradictoire avec une approche économique. En effet, selon le prudent adage populaire "Il ne faut pas mettre tous ses œufs dans le même panier", cette diversité répartit les risques agronomiques mais aussi financiers.

Abréviation	Niveau d'utilisation des pesticides dans l'exploitation agricole	Type agriculture
NA	Situation actuelle	Niveau actuel moyen
N0	Pas de limitation du recours aux pesticides	Agriculture intensive
N1	Limitation du recours aux pesticides par le raisonnement des traitements en fonction des seuils d'intervention	Agriculture raisonnée
N2a	N1 + mise en œuvre de méthodes prophylactiques et alternatives à l'échelle (annuelle) de l'itinéraire technique d'une culture de la rotation	Protection intégrée
N2c	N1 + mise en œuvre de méthodes prophylactiques et alternatives à l'échelle (pluriannuelle) de la succession de cultures	Agriculture intégrée
N3	Mise en œuvre du cahier des charges de l'Agriculture biologique (suppression de tout traitement avec des pesticides de synthèse)	Agriculture biologique

Tableau I-3 : les niveaux de rupture étudiés d'après (Butault, Dedryver et al. 2010)

L'insuffisante prise en compte de la rotation dans l'agriculture raisonnée ne la rend pas assez efficace vis-à-vis des contraintes environnementales. Le contenu de l'outil de gestion des connaissances est donc strictement dédié à l'agriculture intégrée et à l'agriculture biologique. Nous allons décrire l'une et l'autre.

Les agricultures intégrée et biologique ont de nombreux points communs. Elles ont une approche globale de l'exploitation. Elles valorisent au mieux les mécanismes biologiques. Elles combinent des techniques, i.e. un ensemble de méthodes prophylactiques et alternatives, d'une manière originale (Viaux 1999; Enita de Bordeaux 2003). Par rapport à l'agriculture intensive, elles ne se limitent pas à des changements de techniques de culture annuelles mais elles abordent de nouvelles stratégies de gestion pluriannuelles (RMT Systèmes de Culture Innovants 2008). Sur ce plan stratégique, les deux plus importantes méthodes sont l'allongement de la rotation des cultures ainsi que la cohabitation des productions animales avec des productions végétales. Pour les cultures

Oléagineux : Plante cultivée pour ses graines ou ses fruits riches en lipide, dont on tire des huiles alimentaires ou industrielles (tournesol, arachide, lin, olivier, soja). Mazoyer, M. (2002). Larousse agricole, Larousse.

Protéagineux : Plante cultivée essentiellement pour sa production de protéines (soja, féverole, pois, etc.). *Mazoyer Ibid*.

[24] Rotation : Succession des différentes cultures sur une même parcelle

pérennes[25], par définition, d'autres techniques de lutte que la rotation des cultures sont mobilisables. Par ailleurs, la cohabitation entre culture et élevage n'est pas toujours possible[26]. Les variétés résistantes, les techniques culturales simplifiées, la lutte biologique contre les insectes sont d'autres techniques possibles. La fertilisation exploite aussi au mieux les ressources naturelles. Soit la fertilisation animale est privilégiée, si elle est disponible. Soit le système de culture comprend des légumineuses capables de capter l'azote de l'air. Mais l'agriculture intégrée a une spécificité importante. En dernier recours, si l'une ou l'autre de ces deux ressources ou leur combinaison ne suffisent pas, une fertilisation minérale est autorisée. Toutes ces techniques sont possibles parce que ces deux types d'agriculture recherchent un objectif d'un rendement moyen[27] inférieur au potentiel de rendement associé aux conditions pédoclimatiques[28] d'une petite région agricole donnée.

L'agriculture intégrée : Malgré sa place stratégique tant au sein de la politique européenne (Parlement européen et du conseil 21 octobre 2009) que dans la recherche française (avec notamment le RMT SdCi[29]), l'agriculture intégrée est encore peu présente en France[30] (Aubertot, Barbier et al. 2005). Quelques milliers d'agriculteurs français seulement adhèrent à cette pratique essentiellement en arboriculture (Aubertot, Barbier et al. 2005) mais également en viticulture, en horticulture et accessoirement en production de grandes cultures. Par contre, l'agriculture intégrée s'est bien diffusée dans certains pays européens. (Viaux 1999) a étudié l'agriculture intégrée en synthétisant de nombreuses études françaises et européennes avec ses propres travaux conduits à la ferme expérimentale de l'Institut du végétal Arvalis de Boigneville dans le département de l'Essonne. Dans ce type d'agriculture, des économies importantes sont obtenues sur les engrais et les fongicides, plus difficilement sur les insecticides et les herbicides. Ces économies et l'obtention d'un rendement proche des systèmes conventionnels font que le coût[31] de production des systèmes intégrés est proche de celui des systèmes conventionnels (Viaux 1999).

---

[25] Culture pérenne : Culture en place sur une même parcelle pendant au moins 5 années (vignes, vergers…). Source : http://ec.europa.eu/agriculture/envir/report/fr/lex_fr/report.htm

[26] En 2008, en agriculture biologique, seulement 37 % des exploitations pratiquaient l'élevage.
Source : http://www.agencebio.org/
Dans le cadre de macro-systèmes "polyculture-élevage" à l'échelle de petits territoires, les grandes cultures peuvent aussi cohabiter avec les productions animales. David, C., P. Viaux et J.-M. Meynard (2004). "Les enjeux de la production du blé tendre biologique en France." Le Courrier de l'environnement de l'INRA n°51 pages 43-51.

[27] Par définition, le rendement moyen est accessible une année sur deux.

[28] Le sol et le climat permettent un rendement maximal autrement dénommé "potentiel pédoclimatique".

[29] RMT SdCi : Réseau Mixte Technologique Système de Culture innovant
Le RMT ne travaille pas uniquement sur la réduction des intrants, il travaille sur d'autres thématiques comme par exemple des systèmes de culture plus économes en énergie ou qui émettent moins de gaz à effet de serre.

[30] La loi permet à des exploitations agricoles répondant au plus haut niveau d'exigence de se prévaloir d'une mention "exploitation de haute valeur environnementale". Journal Officiel (12 juillet 2010). Loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 - art. 109 portant engagement national pour l'environnement. Le décret et l'arrêté parus le 21 juin 2011 précisent cette mention. Cette démarche est celle qui se rapproche le plus d'une agriculture écologiquement intensive. Elle fait cependant débat au sein de la profession.

[31] Ce coût d'une production est particulièrement intéressant, car il est indépendant des aides et du prix de marché de cette production. Il regroupe l'ensemble des coûts en € ramené au quintal produit. Il exprime donc le niveau de compétitivité du producteur. Le comparatif entre agriculture intensive et agriculture intégrée est par contre dépendant du coût des intrants.

L'agriculture biologique : L'agriculture biologique a une histoire plus ancienne. Elle prend ses racines en Allemagne, en Autriche ainsi qu'en Suisse au début du XXe siècle (Enita de Bordeaux 2003). En France, elle est reconnue officiellement depuis le début des années 80. Des aides publiques favorisent son développement et répondent ainsi à la demande croissante des consommateurs. Des institutions spécifiques lui sont dédiées comme l'ITAB[32] ou bien le réseau d'enseignement Formabio[33]. Contrairement à l'agriculture intégrée, l'agriculture biologique est identifiable et certifiée dans ses modes de production. Son cahier des charges a été renouvelé le 1er janvier 2009. Ce label public est dorénavant unique à l'échelle de l'Union Européenne. Il favorise les échanges communautaires. Cependant, un partenariat entre acteurs privés français a amené un nouveau cahier des charges "Biocohérence" plus exigeant[34]. De nombreux autres cahiers des charges privés existent également[35]. L'une des conditions préalables à l'obtention de ces labels privés[36] est le plus souvent le respect des règles européennes. Dans la suite du travail, nous retenons comme définition de l'exploitation agricole biologique, celle qui suit le cahier des charges européen. C'est le cas de la plupart des agriculteurs engagés dans des certifications privées.

Après une stagnation au cœur des années 2000, l'agriculture biologique poursuit sa croissance. Les surfaces en conversion[37] augmentent de façon spectaculaire en 2008 (+ 36 % par rapport aux valeurs de 2007) et en 2009 (+ 256 % par rapport aux valeurs de 2007). En 2010[38], l'agriculture biologique regroupait plus de 20 600 exploitations pour une surface de près de 3 % de la surface agricole utile française. Les 845 000 ha engagés en mode biologique sont diversement répartis sur le territoire. Le sud et la région Rhône-Alpes sont très présents avec certains départements à plus de 6 % de la surface agricole utile déclarée en agriculture biologique. A l'inverse, les régions du bassin parisien et du nord, spécialisées en grandes cultures, sont peu enclines à s'engager dans cette voie. Dans le Tableau I-4 ci-dessous, les surfaces biologiques par filière sont comparées aux surfaces de ces mêmes filières cultivées d'une manière intensive en 2010. Les surfaces certifiées biologiques et en conversion sont majoritairement tournées vers les surfaces toujours en herbe et les cultures fourragères. En proportion par rapport aux filières équivalentes dans l'agriculture intensive, les fruits, la vigne ainsi que les PPAM (Plantes à Parfum Aromatiques et Médicinales) sont mieux représentés en agriculture biologique. Les productions animales biologiques sont dans les mêmes proportions de l'ordre de 2 à 5 % par rapport à celles de l'agriculture intensive.

[32] ITAB : Institut Technique de l'Agriculture Biologique

[33] Formabio : Formation à l'agriculture biologique ; le Ministère de l'agriculture a mis en place un ensemble de formations pour l'agriculture biologique structurées dans le réseau Formabio.

[34] Il respecte le cahier des charges européen et reprend en partie l'ancienne réglementation française sur l'agriculture biologique.

[35] Demeter (certifie l'agriculture biodynamique), Nature & Progrès ; Bio Equitable, Equitable Ecocert.

[36] Sauf pour le label Nature & Progrès : certains agriculteurs respectent ce cahier des charges privé sans rechercher la certification du cahier des charges européen.

[37] Lorsqu'une parcelle porte des cultures annuelles conduites d'une manière conventionnelle, sa durée de conversion est de deux ans. Elle est de trois ans pour une parcelle impliquant des cultures pérennes.

[38] Sources : http://www.agencebio.org/ et http://agreste.agriculture.gouv.fr/

Filière[39]	Surface Bio (Bio + Conversion) en milliers d'ha	Surface totale France en milliers d'ha	% Bio / Total national
Grandes cultures	174	11 912	1.5 %
Fourrages	516	12 774	4.0 %
Légumes	13	381	3.3 %
Fruits	19	195	9.6 %
Vigne	50	825	6.1 %
PPAM	5	38	13.1 %
Autres	68	1 260	5.4 %
Total	845	27 386	3.1 %

Tableau I-4 : comparaison en 2010 des surfaces par filière agriculture biologique versus agriculture intensive
Source : http://www.agencebio.org

Dans certains secteurs comme les productions céréalières, (David, Viaux et al. 2004) observent parfois une processus d'intensification autour des productions rémunératrices avec une raccourcissement de la rotation. Dans chaque exploitation agriculture biologique, on observe effectivement une tension entre une politique de conservation des ressources naturelles et un esprit d'entreprise plus propice au commerce (Seppänen 2000). Relativement à d'autres pays européens comme l'Autriche ou l'Italie, le poids de l'agriculture biologique reste faible (Lamine, Viaux et al. 2009) même si l'agriculture biologique connait une réelle croissance en France. L'ambition affichée des pouvoirs publics d'atteindre 20 % de la surface agricole utile en 2020 (Journal Officiel 3 août 2009) est donc forte.

(Viaux 1999) signale que l'un des inconvénients de l'agriculture biologique est la limitation des rendements de ses produits. En France, l'avenir serait plus orienté vers une agriculture majoritairement intégrée associée à une part minoritaire des productions de l'agriculture biologique (Butault, Dedryver et al. 2010). Ces deux types d'agriculture demandent beaucoup de technicité (pour l'agriculture biologique, voir (David, Viaux et al. 2004)) ainsi qu'un certain temps d'observation. Chaque agriculteur durable prodigue des ressources cognitives importantes pour s'approprier ces nouvelles méthodes. (Viaux 1999) illustre cette réalité à partir de l'exemple de développement de l'agriculture intégrée dans le département de l'Indre-et-Loire dans les années 90. Un groupe d'agriculteurs a ainsi suivi un programme de formation de 40 jours pendant quatre années. La transition des pratiques conventionnelles vers des pratiques intégrées et biologiques n'est pas immédiate et s'étale par conséquent sur plusieurs campagnes culturales.

I-1-5 Conclusion sur l'évolution de l'agriculture

L'agriculture intensive, si elle a répondu à la demande quantitative qui lui était assignée, a atteint certaines limites notamment environnementales. Sa construction d'un nouveau pacte avec les autres acteurs sociétaux passe par son évolution vers une agriculture dite durable. (Butault, Dedryver et al. 2010) ont mis en évidence que seules l'agriculture intégrée, dite aussi écologiquement intensive, et l'agriculture biologique peuvent répondre à ce défi de durabilité. Dans la suite du document, nous identifierons donc l'agriculture

[39] Les grandes cultures regroupent les céréales, les oléagineux ainsi que les protéagineux ; les fourrages comprennent les surfaces toujours en herbe et les autres fourrages ; les légumes intègrent les légumes secs et frais.

durable à l'agriculture intégrée ou à l'agriculture biologique. Cette évolution est une révolution car ces deux types d'agriculture ont des fondements très différents de l'agriculture intensive. Cette dernière a une logique analytique du type : à un problème donné répond une solution. Les deux agricultures intégrée et biologique mobilisent davantage une logique qui met en jeu face à un problème des solutions qui interagissent. Leur approche est systémique (Ikerd 1993). La mise en œuvre de ces systèmes de culture durables change le modèle de production agricole. Les nouveaux concepts mobilisés, à savoir l'introduction du temps long de la rotation, la mémoire du sol ainsi que la diversité des points de vue à travailler, créent de la complexité. Celle-ci impose une démarche de partage des informations et la création d'un véritable corpus de connaissances (Ikerd 1993). Nous allons nous intéresser dans les paragraphes suivants aux systèmes d'information en agriculture.

I-2 REFLEXIONS SUR UN SYSTEME D'INFORMATION POUR UNE AGRICULTURE DURABLE

Le paragraphe I-1 a mis en évidence la nécessaire évolution de l'agriculture intensive vers l'agriculture intégrée et l'agriculture biologique. Une nouvelle révolution est en marche mais elle ne peut pas être "silencieuse". La production d'informations pertinentes et leur diffusion conditionnent cette révolution. Nous allons donc essayer de mieux appréhender les relations entre système d'information et agriculture. Dans ce paragraphe, nous abordons l'agriculture de façon large puisqu'il nous faut autant appréhender l'agriculture intensive que l'agriculture durable, la première devant évoluer vers les deux autres types d'agriculture. Dans un premier temps, nous apportons un éclairage général sur les systèmes d'information. La prise en compte de l'environnement étant au cœur de l'évolution de l'agriculture, nous abordons dans un second temps les particularités de l'information environnementale. Le paragraphe suivant traite des spécificités des systèmes d'information en agriculture. Puis, l'appropriation par les systèmes d'information en agriculture des trois piliers du développement durable est développée.

I-2-1 Premiers pas dans les systèmes d'information

Les informations circulent entre les individus, ainsi qu'au sein et entre organisations. Il est question alors des échanges d'information ou plus largement de systèmes d'information. Le premier paragraphe définit l'information. Nous traitons ensuite de la circulation de l'information entre deux individus puis plus largement des systèmes d'information au sein des organisations. Nous décrivons la structure des systèmes d'information avec leurs trois composants. Nous voyons ensuite les approches théoriques sur les liens entre système d'information et organisation. Enfin, nous terminons sur les processus d'informatisation des organisations.

A Définition de l'information

L'information a un caractère polysémique. (Robert 2001) en propose six sens différents. Dans sa définition 'courante', le dictionnaire indique qu'une information est 'un renseignement ou un événement qu'on porte à la connaissance d'une personne, d'un public'. L'information a une dimension également générique dans la mesure où elle englobe d'autres termes qui lui sont proches. L'information est ainsi confondue avec la donnée ou la connaissance. Nous allons mieux définir respectivement ces trois termes.

A.1 Processus linéaire

(Rasovska 2006) classe dans la Figure I-2 ci-dessous les entités successives de la donnée, de l'information, de la connaissance puis de la compétence selon un niveau croissant d'abstraction et de complexité. La donnée est recueillie par un opérateur avec ses instruments. Le premier comme les seconds ont une capacité à se tromper. Cependant une fois acquise et validée, la donnée devient fondatrice. L'information exprime la donnée recueillie dans son environnement. En langage informatique, l'information est présentée comme une métadonnée[40]. La connaissance est une information interprétée et ayant du sens. La compétence introduit une dimension supplémentaire. Elle représente la capacité d'une personne à exploiter des connaissances.

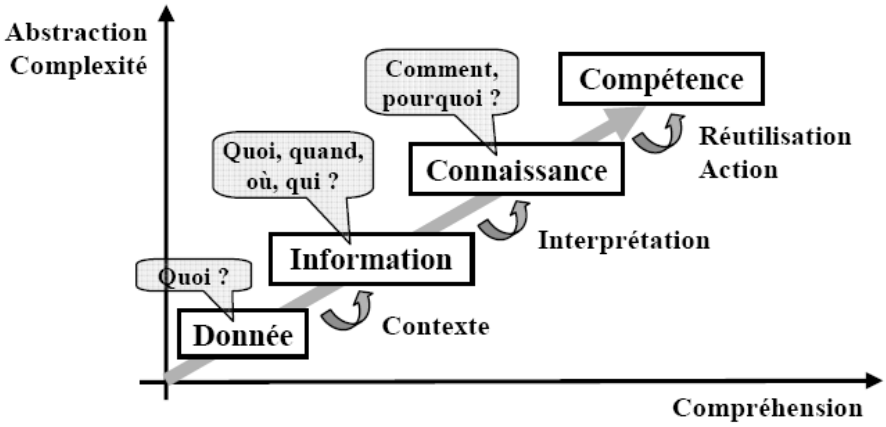


Figure I-2 : donnée - information - connaissance - compétence : processus linéaire (Rasovska 2006)

Cette classification explicite les modalités de passage d'un niveau de concept à un autre niveau. Cependant, comme nous le verrons plus tard, l'une des principales caractéristiques de la connaissance est son caractère cyclique.

A.2 Processus systémique

Dans une définition proposée par (Reix 2004) et formalisée dans la Figure I-3, une donnée interprétée par une connaissance produit de l'information. Cette définition

[40] Une métadonnée est une donnée sur une donnée. Elle précise la donnée recueillie. Elle indique les conditions de son obtention. Elle identifie son producteur. Elle spécifie sa qualité.

"dynamique" renvoie à l'étymologie latine du verbe informer 'informare' « façonner, former » (Robert 2001). Mais si une information a besoin de la connaissance pour se révéler, certaines informations produisent elles-mêmes des connaissances. L'information et la connaissance font système avec la donnée. (Epingard 2007; Le Boterf 2008) précisent que la connaissance a la capacité de produire de nouvelles connaissances comme nous le verrons dans les modèles de gestion de connaissances décrits au paragraphe II-1-3, contrairement à l'information qui ne peut pas produire de nouvelles informations.

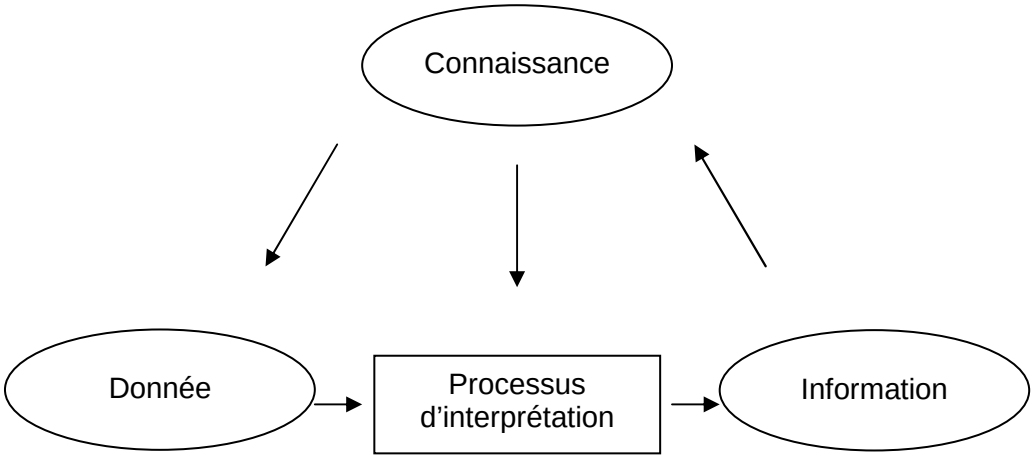


Figure I-3 : donnée - information - connaissance : processus systémique d'après (Reix 2004)

Selon (Reix 2004), l'information est donc le résultat d'un processus cognitif. Elle est vérifiable et elle est même contestable si l'informé remet en cause le système d'interprétation ou les données qui lui servent de support. Ce schéma omet le concept de compétence. Elle est pourtant présente d'une part pour que le porteur de connaissances les applique correctement pour interpréter les données, mais aussi pour utiliser les informations en vue d'agir. Dans les deux paragraphes qui suivent, le terme d'information est confondu le plus souvent avec son sens générique. Il englobe les données et les connaissances.

B La circulation de l'information

Une information se superpose à une réalité. Elle la rend visible, communicable et elle permet son traitement. Une information circule ainsi entre des acteurs pour permettre leur coordination (Guyot 2002). L'information circule entre des individus, mais aussi entre des individus et des machines, voire entre des machines. (Shannon 1949) développe un diagramme schématique de la circulation numérique présenté dans la Figure I-4. Le signal reçu n'y est pas identique au signal adressé du fait du parasitage.

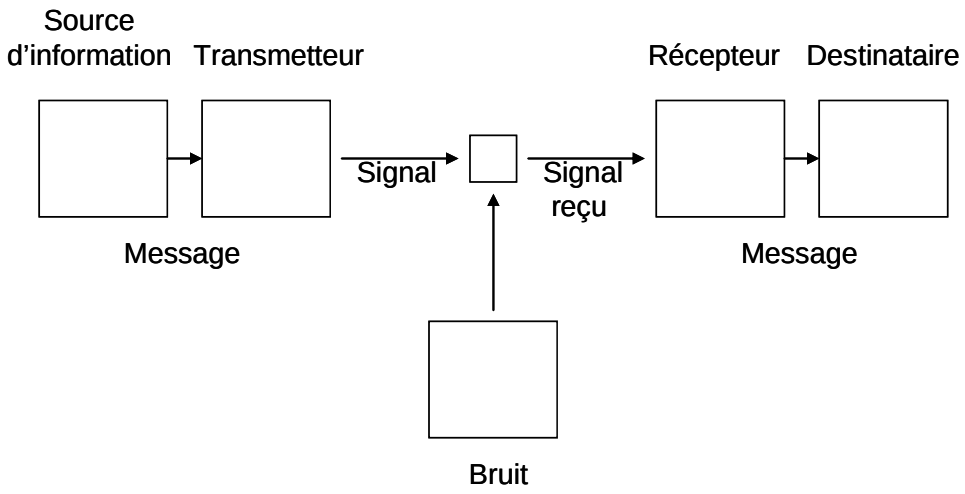


Figure I-4 : diagramme schématique d'un système général de communication d'après (Shannon 1949)

L'information ayant été définie comme le résultat d'un travail cognitif, nous nous intéressons plus particulièrement dans ce paragraphe à son échange entre les êtres humains.

Pour (Gondran 2001), un message est constitué de trois composants :

- **l'échange** dans ses conséquences stratégiques, tactiques ou opérationnelles pour chaque opérateur mais aussi dans sa dimension technique,
- **les interlocuteurs** i. e. respectivement l'émetteur et le récepteur du message,
- **l'information** qu'il véhicule.

(Magne 2007) dissocie également trois catégories ; le Support, l'Origine, et le Contenu (SOC) qui composent l'information accessible aux agriculteurs :

- **son support** avec ses quatre attributs : l'écrit, l'oral, la mémoire ainsi que le visuel,
- **son origine** interne ou externe,
- **son contenu** qui est un indicateur ou une procédure.

La caractérisation technique de ces deux définitions est large. Elle ne réduit pas la circulation de l'information à des échanges numériques. Pour (Magne 2007), la double origine externe et interne ainsi que le support de la mémoire ou du visuel illustrent la circulation de l'information centrée sur chaque individu. La définition de (Gondran 2001) distingue les deux interlocuteurs. Dans le cas d'une origine interne, l'émetteur et le récepteur se confondent. Les conséquences stratégiques, tactiques et opérationnelles de (Gondran 2001) indiquent que l'information n'est pas neutre dans le processus de prise de décision. L'information a une ou plusieurs finalités.

Chacun des composants du message a un impact sur la qualité de l'information. Dans la figure ci-dessous, (Gondran 2001) propose une synthèse bibliographique des différents paramètres constitutifs des critères de qualité en privilégiant le point de vue de l'utilisateur de l'information. Elle dissocie successivement les paramètres de la source, du message et du récepteur.

SOURCE	MESSAGE		RECEPTEUR
	FORME	CONTENU	
Identification de l'auteur et son institution Fiabilité et crédibilité de la source Objectivité Validité	Lisibilité / Intelligibilité Aspects financiers Stabilité Indication d'une date de "péremption"	Originalité Exactitude ⇔ Réalisme Complétude⇔ interprétation Cohérence⇔ dialectique	Opportunité ⇔ projection Ciblage ⇔égalité vis à vis de l'information Accessibilité

Figure I-5 : représentation des critères de qualité de l'information d'après (Gondran 2001)

Dans les critères importants de qualité, il y a la source. Elle doit être identifiée et fiable. Le message, par la qualité de sa forme, doit être en mesure d'atteindre son récepteur. Son contenu doit être à la fois réaliste et complet. Plus le contenu est difficile à interpréter, plus le message devient ambigu. La dialectique développe cette notion d'ambiguïté en renvoyant éventuellement vers des sources d'information complémentaires. Enfin, les paramètres associés au récepteur posent la question de l'adaptation du message à son interlocuteur i.e. à celui qui est en mesure de l'utiliser. L'opportunité détermine la capacité du système de diffuser l'information au moment où la réceptivité de l'interlocuteur est bonne. Par opposition à l'opportunité, la projection s'exprime comme la capacité de l'interlocuteur à mobiliser les informations quand il le souhaite. A l'échelle d'un ensemble d'acteurs, le ciblage établit la possibilité d'atteindre son auditoire. A l'inverse, l'égalité des acteurs pour accéder au message exprime la facilité d'un accès collectif au message. L'accessibilité précise si le message est disponible à tout instant.

C Les trois composants du système d'information

Un système d'information cadre une circulation de l'information entre plusieurs acteurs. Le système d'information est un objet multidimensionnel riche de trois éléments (Reix 2004) :

- **technologique** : l'information est saisie, stockée, traitée selon des modes technologiques variés,
- **organisationnel** : le système d'information structure l'organisation et est structuré par elle,
- **informationnel** : l'information repose sur la construction de représentations du réel.

A leur échelle, (Magne 2007) et (Gondran 2001) sont proches de cette définition. Cependant, (Magne 2007) se place d'avantage du côté du récepteur. (Gondran 2001) décrit la circulation de l'information entre deux individus. Nous proposons de rapprocher le modèle de (Gondran 2001) de la circulation de l'information vu au paragraphe précèdent à celui du système d'information dans le Tableau I-5.

Composants de la circulation de l'information (Gondran 2001)	Eléments du système d'information (Reix 2004)
Echange	Technologique
Emetteur-Récepteur	Organisationnel
Information	Informationnel

Tableau I-5 : de la circulation au système d'information

L'élément organisationnel change la dimension de la circulation de l'information qui se limite à deux acteurs. Au sein d'un système d'information, l'information circule entre les acteurs d'une même organisation. (Guyot 2002) définit l'information comme une ressource mais également comme un "liant social et organisationnel". Plus largement, le système d'information englobe tous les échanges d'information possibles entre humains et machines associés à cette organisation. Nous nous proposons de poursuivre la définition du système d'information par la confrontation deux à deux de ces trois composantes technologique, organisationnelle et informationnelle.

C.1 Composante technologique et composante organisationnelle

Le sociologue canadien Marshall McLuhan ainsi que l'écrivain Régis Debray mettent en avant le rôle majeur constitué par les technologies de la transmission d'information sur la structuration même des sociétés. Successivement l'apparition des premiers livres reliés, l'invention de l'imprimerie à la Renaissance auraient transformé l'ordre social. A la suite de ces deux ruptures technologiques, l'informatique serait d'une même nature révolutionnaire.

Dans une échelle de temps et de lieu plus restreinte, (Reix 2004) présente deux visions des relations entre technologie de l'information et organisation :

- une **vision mécaniste** où la technologie induit la structure de l'organisation,
- une **vision interactionniste** où ces deux composantes interagissent. Ainsi, dans cette dernière approche, la technologie et l'organisation ont respectivement une importance qui leur est propre.

C.2 Composante technologique et composante informationnelle

Les informations sont transmises selon des moyens qui ne se réduisent pas à des outils informatiques. Par exemple, une même information est transmissible avec un imprimé papier ou par un scénario d'échange propre à la communication entre ordinateurs. Cependant, la numérisation des données se développe. La théorie de la richesse des médias (Reix 2004) relate de la capacité des canaux médiatiques à développer nos compétences sur des sujets donnés. Dans cette analyse, il ressort qu'un face à face est plus efficace qu'un imprimé standard car l'échange entre l'apprenant et l'informateur est plus riche grâce à une contextualisation de l'information.

C.3 Composante organisationnelle et composante informationnelle

L'information participe du lien social qui structure une organisation. Elle est l'une des conditions de son existence. A l'inverse, un système d'information peut aller au-delà des organisations sur des "phénomènes d'actions collectives non réductibles à celles-ci" (Pornon 1998). (Guyot 2002) présente l'information comme un des facteurs de compétitivité de l'entreprise. Les organisations fonctionnent selon des logiques paradoxales comportant des forces contradictoires et complémentaires : une logique de différenciation portée par chaque "département" constitutif de l'organisation et une logique de coordination qui est poussée par la "direction générale" et la "technostructure" de cette même organisation (Pornon 1998). Les entreprises les plus performantes sont celles qui seraient à la fois les plus différenciées et les plus intégrées. L'intégration d'un système d'information au sein d'une organisation unique pose des problèmes techniques mais aussi des problèmes culturels propres à chaque entreprise (Guyot 2002). Par analogie avec l'approche présentée par (Pornon 1998) ci-dessus sur la logique interne des organisations, un système d'information performant devrait à la fois autoriser une balkanisation de ses sous-systèmes d'information et leur intégration. Cette réflexion démontre l'importance d'un vocabulaire commun. Il se définit dans le cadre de l'ontologie du domaine de l'organisation. Pour un métier, l'ontologie modélise les principaux concepts et leurs relations. L'exemple que nous proposons ci-dessous dans la Figure I-6 explicite un même terme ayant deux sens différents. L'expression de leurs relations les distingue. L'ontologie participe à la démarche d'échanges de données à l'intérieur d'une organisation ainsi qu'entre cette organisation avec son monde extérieur. Nous illustrons cette question de l'intégration dans le paragraphe I-2-1E.3 sur la Mise en cohérence d'un système d'information.

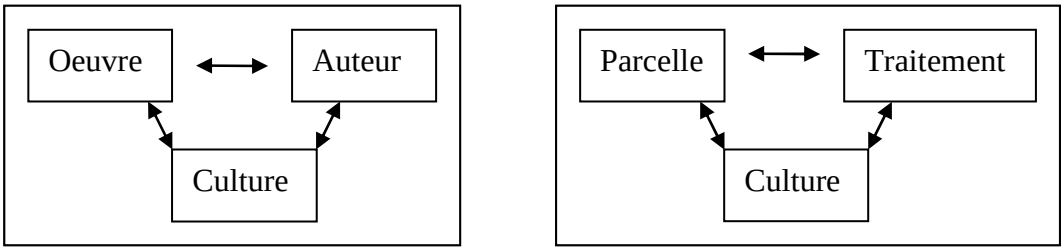


Figure I-6 : exemples d'ontologies

D Les modèles associant les systèmes d'information à l'organisation

La prise en compte des deux composantes non technologiques des systèmes d'information, soit la composante organisationnelle ainsi que le contenu informationnel, rend possible le management de l'information (Guyot 2002). Nous allons présenter deux modèles positionnant le système d'information au sein d'une organisation : l'approche systémique et un modèle intégrant les connaissances.

D.1 L'approche systémique

Dans la figure ci-dessous, l'approche systémique proposée par Jean-Louis Lemoigne dans (Le Moigne 1977; Le Moigne 1999) cité par (Collongues, Hugues et al. 1986) témoigne de cette intégration dans l'entreprise du système d'information entre le système de pilotage et le système opérant. Le système d'information est au cœur du

fonctionnement de l'entreprise. Il s'inscrit dans les ambitions et les projets d'une personnalité morale.

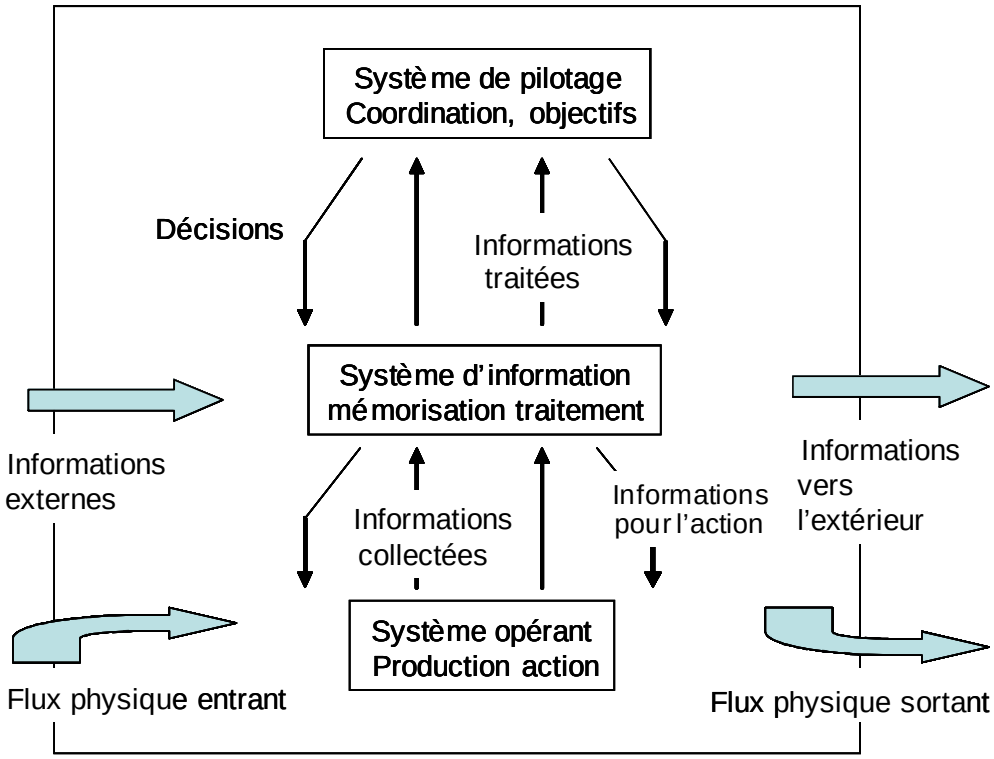


Figure I-7 : schéma systémique de l'entreprise d'après (Le Moigne 1977)

L'organisation introduit une frontière. Celle-ci distingue les informations entrantes, les informations internes et les informations sortantes.

Au paragraphe I-2-1B ci-dessus, nous avons vu la dimension stratégique, tactique ou opérationnelle associée à la circulation de l'information. Il en est de même à l'échelle d'un système d'information. Cependant cette typologie s'applique davantage aux décisions prises qu'aux informations. Chaque prise de décision est nourrie d'une à plusieurs informations. Selon les contextes, une même information alimente une décision stratégique, tactique ou opérationnelle.

D.2 Le modèle du patrimoine de connaissances

Ce modèle est également appelé modèle OIDC[41]. Dans la figure ci-dessous, Jean-Louis Ermine enrichit le modèle systémique en y introduisant le patrimoine de connaissances (Ermine 1996, 2e édition 2000). Les connaissances y sont produites et transmises. L'identification du patrimoine de connaissances n'est pas une démarche intuitive. Le cadre dans lequel ce patrimoine s'inscrit n'est pas celui de l'organisation. Il la déborde. Ainsi, l'organisation va bien entendu gérer et mobiliser son savoir-faire interne mais aussi des connaissances externes pour maîtriser et enrichir son activité.

[41] OIDC : Organisation Information Décision Connaissance

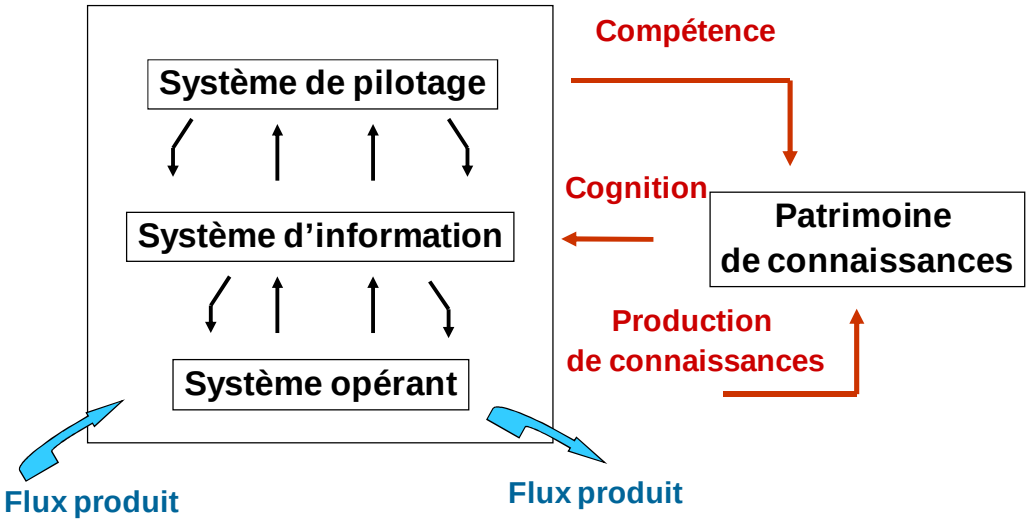


Figure I-8 : modèle du patrimoine de connaissances d'après (Ermine 1996, 2e édition 2000)

E Informatisation des SI

Un système d'information ne se réduit pas à un système informatique. Une bibliothèque au sein d'un centre de recherche, des revues spécialisées, l'organisation de réunions participent à la vie des systèmes d'information. (Guyot 2002) rappelle cependant que l'information n'est pas une fin en soi et qu'elle accompagne une activité. Sa prolifération au sein même d'une organisation la rend de plus en plus difficile d'accès. L'informatisation est une réponse à cette difficulté. (Reix 2004) constate également que la notion de système d'information s'est développée à partir de l'apparition des premiers ordinateurs dans les entreprises.

E.1 Système d'information et type d'application informatique

Dans les applications informatiques de gestion, (Reix 2004) distingue la typologie qui suit :

- **Les applications fonctionnelles**
  Elles répondent aux traitements des tâches répétitives et facilement numérisées. Les outils comptables ont été les premières applications à se développer dans les entreprises. Ils ont été suivis par des outils pour la pratique commerciale et la production.
- **Les applications d'aide à la décision**
  Lorsque plusieurs options sont possibles, ces applications aident à la prise de décision. Un outil aide à la décision si cet outil est en mesure de traiter l'ensemble des données et éventuellement des connaissances qui participent à la prise de décision. Ces outils ont plusieurs niveaux de complexité. Un simple tableau de bord aux données ciblées, rédigé dans une feuille de calcul du type d'Excel, sert de support aux prises de décisions. Plus usuellement, dans certaines communautés, un outil d'aide à la décision comprend un objectif, une règle d'action et une évaluation. L'action est déclenchée à partir d'une valeur seuil d'un indicateur. Ce formalisme peut être intégré dans un outil informatique. Un autre outil, réservé à des spécialistes, "l'entrepôt de données" autrement nommé datawarehouse ou

infocentre stocke des volumes de données importants. Une fois ces données traitées, les dirigeants s'en servent pour orienter leurs décisions.

- **Les applications d'aide à la communication**
  La communication est de nature interne ou externe à l'organisation. L'aide au travail en groupe par des outils comme la visioconférence, l'échange des données numérisées, des sites internet sont des outils d'aide à la communication interne ou externe. La communication interne participe à la coordination entre les acteurs d'une même organisation. En cohérence avec les objectifs de l'organisation, la communication diffuse de l'information vers un public ciblé.
- **Les applications d'aide à la gestion de connaissances**
  Ces applications aident à créer, stocker, diffuser et mettre à jour les connaissances. Le CHAPITRE II : ETAT DE L'ART SUR LA GESTION DES CONNAISSANCES explicite le fonctionnement de ces types d'outil.

Ces différents types d'applications peuvent cohabiter dans une même organisation. Ils construisent une partie de son système d'information.

E.2 Lien entre type d'application informatique et type d'information

Nous proposons de croiser cette typologie des applications informatiques de gestion avec la trilogie des données, informations et connaissances dans le Tableau I-6. Le résultat produit exprime le type de contenu qui est traité majoritairement par l'application.

Ce croisement est discriminant. Nous pourrions cependant discuter du besoin éventuel de données ou d'informations pour les outils d'aide à la gestion des connaissances. Le travail bibliographique réalisé au paragraphe II-2 sur LA GESTION PATRIMONIALE DES CONNAISSANCES montre qu'ils mobilisent des connaissances pour l'essentiel. De même, des connaissances se retrouvent encapsulées dans des applications fonctionnelles. Le calcul repose en effet sur des algorithmes et des règles qui incorporent de la connaissance. Cependant le logiciel fonctionnel ne manipule pas directement ces connaissances pendant ce calcul. Les applications qui seraient alimentées soit par le couple données-informations soit par le couple informations-connaissances n'apparaissent pas. Dans le tableau ci-dessous, les informations alimentent uniquement les outils de communication.

Type de contenu / **Types d'applications informatiques**	**Donnée**	**Information**	**Connaissance**
Fonctionnel	Oui	-	-
Aide à la décision	Oui	-	Oui
Aide à la communication	Oui	Oui	Oui
Aide à la gestion des connaissances	-	-	Oui

Tableau I-6 : contenu en données informations connaissances des types d'applications informatiques de gestion

E.3 Mise en cohérence d'un système d'information

Dans le paragraphe I-2-1C.3 , la confrontation de la composante organisationnelle et de la composante informationnelle a mis en évidence que la multiplication des applications

informatiques était un mal nécessaire au sein d'une organisation. Pour être productive, la contrepartie de cette diversité est à rechercher dans sa mise en cohérence. L'urbanisation d'un système d'information est une solution pour construire cette cohérence. Elle part de l'existant sans tout recasser (Reix 2004). Dans un grand ensemble fonctionnel, l'urbanisation définit des sous-ensembles où les applications sont fortement reliées entre elles. Des applications distinctes exploitent souvent les mêmes objets. Les objets identiques sont à identifier comme tels d'une application à l'autre. De plus, afin de garantir un minimum d'efficience, ces mêmes objets ne devraient être saisis qu'une seule fois. Les deux principes d'identification des objets et de standardisation des échanges participent à cette intégration d'applications.

- **Identification des objets** : le premier principe est de faire référence à des objets dont les identifiants sont reconnus par l'ensemble des acteurs. Ces objets portent des informations variables selon les applications. Mais grâce à leurs identifiants communs, il est possible de les mettre en correspondance. Ces objets sont stockés dans des bases de références.
- **Standardisation des échanges** : le second principe est d'échanger des données à partir d'un langage standard reconnu également par tous les acteurs. Ce standard définit des objets et leurs liens. Les objets utilisent bien entendu les identifiants partagés vus au paragraphe précédent. L'ontologie[42] du domaine participe à la construction de ce standard. Celui-ci est le langage des scénarios d'échange entre deux applications informatiques. Pour mesurer l'impact de cette méthode, nous comparons avec l'anglais. L'anglais est la langue de partage entre les scientifiques. Il facilite leurs échanges sans qu'ils renoncent pour autant à leur propre langue maternelle. Le choix d'une langue commune leur évite d'avoir à apprendre plusieurs langues. La dynamique de ces échanges repose sur le choix partagé d'un langage commun, ici l'anglais. De même, la création d'un scénario d'échange basée sur une ontologie partagée facilite les échanges de données entre ordinateurs (exemple du Sandre)[43]. Le standard n'a pas pour autant vocation à se substituer aux sémantiques variées exploitées dans chaque logiciel.

Nous proposons de reprendre ces concepts dans la Figure I-9. La base de données d'un type d'objets de référence alimente les applications grâce à l'identifiant commun. Les scénarios échangent un ensemble d'objets dont certains sont identifiés dans la base de données de référence.

[42] Une ontologie du domaine a pour ambition de modéliser un ensemble de connaissances dans ce domaine. Il regroupe une collection structurée de concepts de ce domaine. Il comprend un graphe qui organise les relations entre ces concepts.

[43] Le Sandre est le site de référence pour la standardisation des données sur l'eau (http://www.sandre.eaufrance.fr/). Le Sandre a travaillé sur la standardisation des épandages de matières fertilisantes en agriculture.

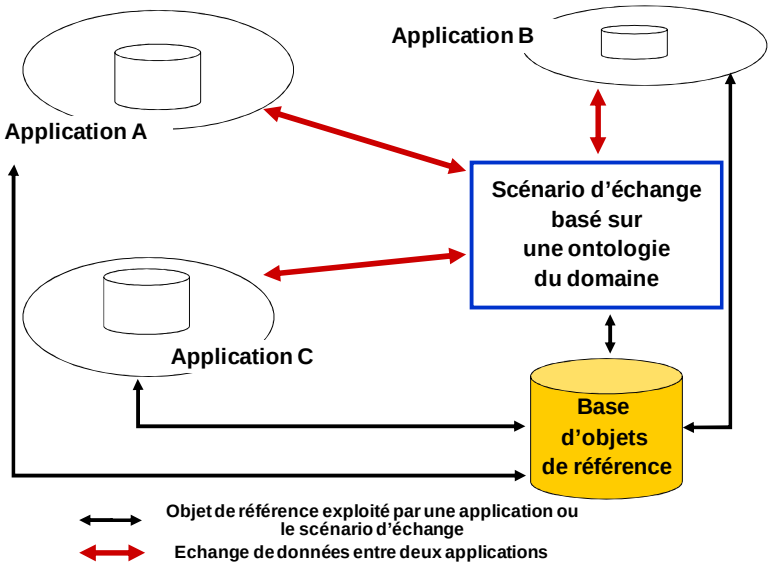


Figure I-9 : mise en cohérence d'un système d'information

I-2-2 Système d'information et environnement

La convention d'Aarhus, signée le 25 juin 1998 par 39 états de la zone Europe, institutionnalise l'accès au grand public des données environnementales fondamentales (Journal Officiel 12 septembre 2002). En France, la Constitution de la cinquième république renvoie explicitement à la charte de l'environnement (Journal Officiel 1er mars 2005) votée par le congrès en 2004. Ce texte rajoute dans ses articles 6 et 7 le concept de développement durable, l'accès à l'information et la participation du citoyen aux décisions publiques traitant de l'environnement. Cependant, l'accès à l'information sur l'environnement pose des questions d'ordre conceptuel comme le décalage entre les connaissances "de terrain" des acteurs locaux et les connaissances réelles (Caquard 2000). La diffusion des données environnementales repose donc sur une double volonté. D'une part, les pouvoirs publics mais aussi l'ensemble des acteurs publics et privés diffusent les données. D'autre part, les citoyens et les professionnels se donnent les moyens y compris intellectuels d'accéder à cette information. Ainsi, l'information environnementale n'est ni simple à produire, ni simple à assimiler.

(Gondran 2001) a étudié les spécificités de l'information environnementale. Elle y discerne cinq facteurs déterminants :

- **la complexité** ; Blaise Pascal, mathématicien français du XVIIe siècle, l'a définie dans cette formule : «*Je tiens impossible de connaître les parties sans connaître le tout, non plus de connaître le tout sans connaître les parties…*». La "partie" environnementale se relie au "tout" par des enchevêtrements dont les dimensions ne cessent de s'accroître. Une connaissance pertinente est pourtant celle qui est capable de se situer dans l'ensemble où elle s'inscrit (Morin 2003) ;
- **l'incertitude** sur l'état exact du réel et des connaissances ;
- **l'ambiguïté** liée aux variétés d'informations qui génèrent des contradictions (Roche 2000) ;
- **la difficulté de mesurer le bénéfice** de l'information environnementale ;
- **l'importance des pouvoirs publics** dans l'organisation de sa production et dans sa diffusion.

A un autre niveau, le service de l'observation et des statistiques[44] (SOeS) au ministère de l'environnement est en charge de la production et de la diffusion de connaissances synthétiques sur l'environnement en France. Ses connaissances sont structurées en quatre domaines figurés ci-dessous.

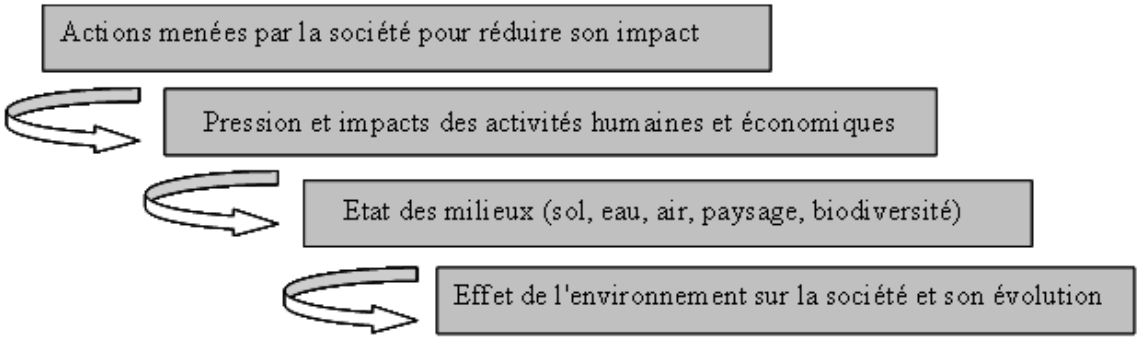


Figure I-10 : structuration des connaissances dans le domaine de l'environnement (source Ifen)

Nous proposons de croiser ces quatre domaines avec la typologie déjà présentée des systèmes d'information au paragraphe I-2-1E . Nous faisons émerger des outils d'information spécifiques à la gestion environnementale repris dans le Tableau I-7. Les systèmes d'information sont liés. Ainsi, dans le cas du cycle Pression-Etat-Réponse préconisé par l'OCDE[45], un état insatisfaisant d'un milieu naturel appelle une action qui elle-même génère une nouvelle mesure de pression puis la mise à jour des indicateurs. Le suivi permanent de ce cycle (schématisé par les flèches dans le Tableau I-7 ci-dessous) mesure l'efficacité des décisions prises.

<table>
<tr><th>Type d'application des SI : Domaines environnementaux</th><th>Fonctionnel</th><th>Aide à la décision</th><th>Aide à la communication</th><th>Aide à la gestion des connaissances</th></tr>
<tr><td>Actions menées par la société pour réduire son impact</td><td colspan="2">Choix de technologies propres, Optimisation des processus de production d'un point de vue environnemental</td><td rowspan="4">Diffusion grand public, diffusion professionnelle</td><td>Accès aux productions technologiques (Innovation, méthodologie…)</td></tr>
<tr><td>Pression et impacts des activités humaines et économiques</td><td>Calcul des pressions</td><td>-</td><td rowspan="3">Accès aux productions scientifiques</td></tr>
<tr><td>Etat des milieux (sol, eau, air, paysage, biodiversité)</td><td>Calcul des indicateurs</td><td></td></tr>
<tr><td>Effet de l'environnement sur la société et son évolution</td><td>Calcul des effets</td><td>-</td></tr>
</table>

Tableau I-7 : finalité des types d'applications informatiques par domaine environnemental

[44] Jusqu'en 2008, l'Ifen, Institut français de l'environnement, a joué le rôle du SOeS.
[45] OCDE : Organisme de Coopération et de Développement Economique

I-2-3 Généralités sur les systèmes d'information en agriculture

A Spécificités des systèmes d'information en agriculture

En agriculture, comme dans toutes les entreprises, l'information s'affirme comme étant très importante. De plus en plus, elle transparaît comme étant indispensable à la maîtrise économique, sanitaire et environnementale de la production des biens agricoles. Les spécificités des systèmes d'information agricoles sont présentées selon les trois composantes technologique, organisationnelle et informationnelle décrites au paragraphe I-2-1C .

A.1 Composante technologique

L'entrepreneur agricole relève ses pratiques dans un nombre important de documents papier et d'outils informatisés. Il répond ainsi soit à des besoins internes à l'exploitation, soit à des demandes d'organismes extérieurs. Ses logiques de saisie et d'exploitation des données s'inscrivent dans des buts commerciaux, réglementaires, administratifs et technico-économiques (Martin 2002). Ainsi, l'agriculteur inscrit ses pratiques culturales au jour le jour dans un carnet de plaine. Il garde la mémoire de ses pratiques pour les renouveler si elles ont été pertinentes ou les amender dans les cas contraires. Le niveau d'équipement en logiciels à des fins professionnelles des exploitations agricoles reste encore faible. Il était de l'ordre de 15 % en 2008 (source : éditeur de logiciels agricoles So'neo solution globale informatique Evreux). Au contraire, accessible depuis 1994, l'utilisation d'internet se diffuse rapidement auprès de la profession agricole. En 2007, près d'un agriculteur sur deux utilise internet pour ses besoins professionnels (source ministère de l'Agriculture). Pour les agriculteurs informatisés, l'absence d'intégration des outils dans sa gestion globale conduit l'agriculteur à juxtaposer les outils informatiques avec les documents papier (Abt 2008). Cependant, une grande majorité de ses saisies a vocation à s'appuyer sur des outils informatiques.

A.2 Composante organisationnelle

L'exploitation agricole est une très petite entreprise. De par son histoire, elle a tissé de nombreux liens avec d'autres acteurs comme le montre la Figure I-1. Ainsi, par exemple, cette entreprise partage des connaissances et des savoir-faire avec d'autres exploitations agricoles dans le cadre de réseaux. Elle a également des relations fortes avec les organismes professionnels agricoles, ainsi qu'avec les entreprises et les coopératives en amont et en aval de la production. Pour leurs clients agriculteurs, certaines coopératives offrent une prestation de saisie informatique de leurs pratiques agricoles. Ces coopératives[46] centralisent et analysent les données des agriculteurs intéressés afin de leur apporter un avis agronomique approprié. L'Etat est également très présent dans la filière agricole. La dimension du système d'information en agriculture ne se réduit pas aux seules exploitations agricoles.

[46] Ainsi InVivo, 1er groupe coopératif français propose la plateforme Osmose à ses coopératives. Osmose comprend une série d'outils d'aide à la décision. Ils permettent le suivi de 2 millions d'hectares de culture.

A.3 Composante informationnelle

De fait, les applications informatiques en agriculture sont nombreuses. Elles sont à regrouper selon qu'elles traitent majoritairement des données générales de l'exploitation, des productions végétales ou animales (Martin 2002). Le paragraphe I-2-1E.3 a relaté des méthodes utilisées pour créer de la cohérence au sein d'un système d'information. Les deux méthodes d'identification et de standardisation des échanges sont déclinées ci-dessous pour l'agriculture :

- **Identification des données** : le répertoire SIRENE de l'INSEE[47] immatricule méthodiquement l'entreprise et ses établissements en créant le SIREN (la personne morale associée à l'entreprise) et ses SIRET (les établissements qui dépendent de cette personne morale). Plus de neuf agriculteurs sur dix sont maintenant "sirénisés". Sous l'impulsion des pouvoirs publics, les données systématiquement enregistrées sur les exploitations agricoles se généralisent. Ainsi le registre parcellaire graphique et l'identification pérenne généralisée recensent respectivement le parcellaire agricole et l'ensemble des bovins de France. Des démarches de partage de ces informations se développent (Lethève 2003).
- **Standardisation des échanges** : la multiplication des outils et des données saisies a conduit les pouvoirs publics associés aux professionnels agricoles à proposer une standardisation sémantique des informations de l'exploitation agricole (Dufy, Abt et al. 2006). Les travaux sur la standardisation en cours contribueront à une meilleure circulation de l'information vis-à-vis de l'extérieur, mais également en interne entre les différents outils de l'exploitant agricole. L'association Agro-Edi Europe[48] fédère les différents acteurs du monde agricole autour de messages commerciaux tels que la dématérialisation de la facture ou bien avec sa fiche parcellaire « eDAPLOS » pour la traçabilité des productions végétales.

En agriculture, de nombreuses applications informatiques renvoient au parcellaire agricole. Son identification par des références textuelles cadastrales a ses limites. En effet, le registre parcellaire graphique qui regroupe plusieurs cultures utilise tout ou partie d'une ou plusieurs parcelles cadastrales. Or, le cadastre est en constante modification. L'utilisation du Système d'Information Géographique (SIG) résout la question d'une représentation stabilisée du parcellaire agricole comme dans le cas de la construction du registre parcellaire graphique évoqué ci-dessus pour la gestion des aides de la politique agricole commune. La surface réellement cultivée s'affiche à l'écran. Elle est identifiée de façon unique par ses coordonnées géographiques dans un système de projection donné. Ces objets spatiaux sont particuliers. Ils nécessitent des techniques spécifiques de stockage comme les cartouches spatiales portées par certains systèmes de gestion de bases de données relationnelles (SGBDR).

Nous proposons de résumer les caractéristiques principales du système d'information en agriculture dans le Tableau I-8. Elles sont décrites selon les trois composantes précédemment identifiées du système d'information.

[47] INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
[48] http://www.agroedieurope.fr/

Composantes des systèmes d'information (Reix 2004)	Composante technologique	Composante organisationnelle	Composante informationnelle
Caractéristiques principales	Cohabitation de documents papier et d'applications informatiques Développement d'outils de système d'information à référence spatiale Outils multiacteurs partagés sur internet	Très petite entreprise élargie aux organismes privés et publics présents en amont et en aval de l'agriculture Présence de l'Etat	Données faisant référence entre tous les acteurs Travaux sur la standardisation des données en cours Dimension spatiale

Tableau I-8 : principales caractéristiques des systèmes d'information en agriculture

La gestion des connaissances peut se faire traditionnellement par les livres, les revues ou grâce aux échanges humains. Mais l'explosion des connaissances à gérer dans l'agriculture durable nécessite de nouveaux modes de mobilisation. Le développement des outils informatiques pourrait être une réponse à cette demande. Nous allons donc faire le point sur l'utilisation spécifique des outils informatiques dans l'agriculture.

B Types d'applications informatiques en agriculture

La classification décrite au paragraphe I-2-1E Système d'information et type d'application informatique distingue quatre types d'application. Nous déclinons ces quatre types d'applications selon la thématique agricole :

- **L'application fonctionnelle**
  Elle automatise des tâches de traitement. La production de biens agricoles repose sur des processus naturels comme la photosynthèse par exemple. Contrairement aux chaînes de production industrielle, les processus de production sont donc peu automatisables en agriculture. Comme dans les autres entreprises par contre, les premiers outils fonctionnels agricoles ont été comptables (Steffe 1994). D'autres outils, comme les logiciels de gestion parcellaire en grandes cultures ou les outils de gestion de troupeau, traitent des données de gestion des productions agricoles (temps de travaux, inventaire, etc.).
- **L'outil d'aide à la décision**
  Cet outil contribue au pilotage technico-économique des exploitations. Il fournit des informations qui peuvent être économiques, environnementales ou sociales. Plus les informations sont complètes, plus elles sont susceptibles d'aider l'agriculteur à prendre une décision appropriée. Par exemple, selon les cultures retenues dans l'assolement[49] de l'agriculteur, un tableur calcule ses matrices de gain. Ainsi simulé, le revenu annuel est un élément clé du choix des cultures et de leur étendue. Le tableur sauvegarde également les cultures des années précédentes. La connaissance des précédents culturaux donne à l'agriculteur des éléments agronomiques. Ils lui permettent de choisir ses rotations en prenant en considération des contraintes économiques et agronomiques. Ainsi un outil simple, le tableur, joue le rôle de tableau de bord.

[49] Assolement : répartition annuelle des surfaces des différentes cultures

Si, comme nous l'avons vu, les processus de production sont peu automatisables en agriculture, en revanche, des applications automatisent des calculs en amont des activités opérationnelles. De cette façon, des outils d'aide à la décision optimisent le calcul des intrants (fertilisants, produits phytosanitaires, eau (INRA 2006)) pour des raisons économiques mais également pour diminuer les impacts environnementaux. En s'adaptant aux réalités de chaque parcelle, ces outils ont permis de sortir d'une approche trop normative. Ils sont directement exploités par les agriculteurs ou bien alimentés par des conseillers de coopérative en vue de fournir un conseil aux agriculteurs (voir note de bas de page[46]). Des portails internet mettent à disposition des agriculteurs des informations qui les aident également dans leurs choix. Les données de prévisions météorologiques conditionnent leurs interventions culturales. Un autre exemple est l'exploitation du prix du blé qui évolue en temps réel comme le cours d'une action. Sa transmission en direct par internet conduit l'agriculteur à prendre sa décision de vente au moment qu'il estime le plus opportun. Ces deux exemples appuient l'agriculteur dans ses choix opérationnels et tactiques. Cependant, ce ne sont pas des tableaux de bord utiles pour avoir une vue d'ensemble propre à aider le décideur. Internet offre en effet de nombreuses ressources malheureusement non structurées. Pour cette raison sans doute, les agriculteurs utilisent peu internet. Ils considèrent que son usage est consommateur de temps. Par contre, les agriculteurs utilisent les forums et les mails pour échanger des informations. Ces échanges sur des thèmes professionnels très variés les aident à prendre des décisions. Par ailleurs, les applications du type entrepôt de données sont complètement absentes chez l'exploitant agricole.

- **L'outil de communication**

  L'agriculteur est souvent seul sur son exploitation. Le conjoint, un salarié participent parfois à l'entreprise. La communication interne de l'agriculteur est pour beaucoup centrée sur lui-même. Pour ce qui est de la communication externe, les attentes sociétales sont fortes tant sur les conséquences sanitaires qu'environnementales des biens produits. Deux types de démarche se sont développés : les outils de traçabilité à finalité réglementaire et les outils de traçabilité à finalité contractuelle (Martin 2002). Les outils de traçabilité à finalité réglementaire suivent les intrants pour des raisons environnementales ainsi que les animaux pour des raisons sanitaires. Le règlement[50] (CE) n°178/2002 (Parlement européen et Conseil de l'Union Européenne 2002) impose depuis 2005 la traçabilité des denrées alimentaires, des aliments pour animaux et des animaux producteurs de denrées alimentaires. Ce règlement répond à une demande sociale de qualité sanitaire. La plupart des outils de traçabilité sont mis en place par l'Etat ainsi que par les Organismes Stockeurs[51]. Ils sont papier mais ils sont également informatisés à travers des portails internet. Cependant, les logiciels de traçabilité sont peu nombreux hormis pour les bovins (Renard 2005). D'autres processus communicants existent à la demande d'acteurs publics ou privés (Martin 2002). Ils reposent sur des logiques de partenariat contractuel autour de la recherche de signe officiel de qualité (label Rouge, AOC…) ou bien de la recherche d'une meilleure gestion environnementale (mesures agroenvironnementales, opération

[50] Le règlement est une "loi communautaire" qui est directement applicable dans un état membre de l'Union Européenne.

[51] OS : Organisme Stockeur Coopérative, industrie agro-alimentaire, négoce. L'OS est un organisme qui collecte les produits. Il se distingue ou parfois se confond avec les organismes qui transforment les produits.

Irrimieux). Ils peuvent être associés à des outils de traçabilité à finalité contractuelle.

- **L'outil de gestion des connaissances**
  Même s'il fait partie de la typologie des applications informatiques, l'aide à la gestion des connaissances est un type d'outil trop récent, en 2010 en France[52], pour être cité dans le monde des entreprises agricoles, y compris en Europe (Lethève 2003; Fortino 2008) même si quelques initiatives émergent[53] (Ministère de l'écologie de l'énergie du développement durable et de la mer et Ministère de l'alimentation de l'agriculture et de la pêche 2009). Ainsi, si les agriculteurs échangent des connaissances dans un forum ou dans les réseaux sociaux émergents, celles-ci n'y sont ni validées, ni structurées. De plus, si les portails d'information internet peuvent aider l'agriculteur à accéder aux connaissances, ceux-ci n'apparaissent pas pour l'heure suffisamment structurés et interactifs (voir notamment CHAPITRE II : ETAT DE L'ART SUR LA GESTION DES CONNAISSANCES) pour représenter de véritables outils d'aide à la gestion des connaissances.

Les frontières entre les outils sont cependant floues. Ainsi le carnet de plaine sous forme papier est un outil souvent utilisé par l'agriculteur. Il y enregistre ses pratiques agricoles. Cet outil, une fois informatisé, peut être vu comme un outil qui facilite les calculs (application fonctionnelle), un outil d'aide à la décision (en associant aux enregistrements un tableau de bord), un outil de communication par la traçabilité des produits, voire un outil propre à faire émerger des connaissances issues de pratiques répétées sur le terrain. Cependant, les autres acteurs du monde agricole n'y ont pas accès. Historiquement, les applications fonctionnelles à finalité technico-économique et les logiciels d'aide à la décision ont d'abord été développés par les sociétés privées d'informatique agricole (Martin 2002) ainsi que par les centres de recherche. De nouveaux produits exploitent les potentialités de l'internet. Ils sont plus tournés vers des applications d'aide à la communication. En nous reposant sur l'inventaire de (Lethève 2003), nous proposons le Tableau I-9 ci-dessous qui classe les applications informatiques agricoles courantes.

Type d'application des SI :	**Application fonctionnelle**	**Application d'aide à la décision**	**Application d'aide à la communication**	**Application d'aide à la gestion des connaissances**
Type d'application informatique au sein d'une entreprise agricole	Logiciel de comptabilité/gestion Logiciel de gestion parcellaire en grandes cultures, gestion troupeau	Outils d'aide à la gestion des intrants (pesticide, produits fertilisants, irrigation) Tableur pour optimiser les choix des cultures dans un assolement, Portail d'information internet	Outils de traçabilité réglementaire ou contractuelle, Courriel	Pas d'application

Tableau I-9 : exemples d'applications informatiques de l'exploitation agricole en France en 2010

[52] On notera malgré tout que dans le domaine de l'agriculture biologique le site http://itab.free.fr/ItabNet/Pages/FichesTechniques.php a entamé une démarche intéressante dans ce sens

[53] Notamment le FIBL qui regroupe les trois instituts de recherche suisse, allemand et autrichien en agriculture biologique a développé un site pour diffuser des recommandations pratiques.

De nombreux auteurs ont souligné les insuffisances des outils informatiques appliqués aux exploitations agricoles. Ainsi, (Abt 2010) met en exergue successivement les points suivants "insuffisante adaptation à tous les besoins de gestion", "insuffisante adaptation à l'organisation du travail et des décisions", "mauvaise intégration des solutions informatiques", "insuffisante intégration des outils d'acquisition automatique", et enfin "mauvaise ergonomie des solutions informatiques". A ce constat sévère, nous rajoutons l'absence d'une application informatique d'aide à la gestion des connaissances.

I-2-4 Système d'information et durabilité en agriculture

Un système d'information sur l'agriculture durable informe l'agriculteur sur l'impact de ses activités sur les trois composantes de la durabilité : l'environnement mais aussi le social et l'économie.

Type d'application des SI :		**Fonctionnel**	**Aide à la décision**	**Aide à la communication**	**Aide à la gestion des connaissances**
Domaine environne-mental	**Acteurs et territoires impactés**				
Actions menées par la société pour réduire son impact	**Agriculteur** **Exploitation agricole**	Logiciel de gestion parcellaire en grandes cultures, gestion troupeau **Agriculteur**	Tableur pour optimiser les choix des cultures dans un assolement Outils d'aide à la gestion des intrants (pesticide, engrais, irrigation) **Agriculteur**	Outil de traçabilité à visée réglementaire ou contractuelle Courriel **Agriculteur**	Pas d'application **Agriculteur**
Pression et impacts des activités agricoles	**Acteurs de la Sphère agricole élargie** **Bassin versant** **Petite région agricole[54]** **Territoire national**	Indicateur de pression Diagnostics environnementaux **Association environnementale Chambre d'agriculture Institut technique**	Outil d'évaluation de la durabilité Outil de simulation pour la mise en place de mesures agroenvironnementales Outils d'aide à la gestion des intrants (pesticide, engrais, irrigation) **Centre de recherche Coopérative Institut technique**	Outil de traçabilité à visée réglementaire ou contractuelle **Coopérative, Entreprise Agro-alimentaire, Etat**	Base documentaire, annuaire **Centre de recherche, Chambre d'agriculture Coopérative Institut technique**
Etat des milieux (sol, eau, air, paysage, biodiversité)		Calcul des indicateurs **Centre de recherche**	-	Indicateur pesticides (sol, air, eau) Indicateur nitrate (eau) **Agence de l'eau SOeS**	Base documentaire, annuaire **Centre de recherche Chambre d'agriculture**
Effet des activités agricoles sur la société et son évolution		Calcul des effets environnementaux **Centre de recherche**	-	Risques environnemen-taux notamment sur la santé publique **Média**	Base documentaire, annuaire **Centre de recherche**

Tableau I-10 : exemples d'application des SI en agriculture par domaine environnemental

[54] En 1946, à la demande du commissariat général au plan, les petites régions agricoles ont été définies pour mettre en évidence des zones agricoles homogènes. La spécialisation des activités agricoles et les évolutions technologiques rendent ce découpage de moins en moins pertinent.
Source : http://agreste.agriculture.gouv.fr/definitions/zonages/

Une première approche du monde agricole et de ses spécificités a montré l'étendue des acteurs qui interagissent sur la question même des relations entre nourriture et environnement. Nous proposons par le Tableau I-10 ci-dessus d'illustrer la diversité des protagonistes développant des systèmes d'information sur ces sujets. Nous sommes repartis du Tableau I-7 : finalité des types d'applications informatiques par domaine environnemental. Le Tableau I-10 recoupe ainsi les types d'application des systèmes d'information pour les domaines environnementaux intéressant l'agriculture. Il témoigne de l'intérêt des acteurs pour les impacts environnementaux des agriculteurs.

Ces applications informatiques agricoles ont également des dimensions sociales (exemple du calcul du temps de travail) et économiques. Mais quel que soit le domaine abordé, il manque des outils de gestion de connaissances à l'échelle de l'agriculteur.

I-2-5 Conclusion sur les systèmes d'information en agriculture

Les difficultés d'accès et d'intégration des données environnementales et sociales sont de deux ordres en agriculture.

1. L'entrepreneur agricole est seul comme l'ensemble des responsables des très petites entreprises face à une masse grandissante d'informations (Gondran 2001). La pression sociétale pousse aussi l'agriculteur à mettre de plus en plus par écrit ses propres interventions. Herbert Simon, prix Nobel américain d'économie, a montré les limites de l'individu à traiter l'ensemble des informations accessibles pour prendre la bonne décision. Selon sa théorie de la "rationalité limitée", l'individu ne choisit pas la meilleure solution mais la solution la plus satisfaisante. De plus, la logique d'agriculture durable inclut dans le processus décisionnel à la fois des paramètres économiques, sociaux et environnementaux. Or pour ne prendre que l'information environnementale, le paragraphe I-2-2 Système d'information et environnement rappelle que celle-ci est déjà complexe, incertaine et génère des ambiguïtés. On comprend mieux la difficulté de l'entrepreneur agricole à faire des choix.
2. La prise de conscience des pollutions est difficile à intégrer sur une seule exploitation agricole. Seule une vision globale, à l'échelle d'un bassin versant par exemple, y mesure les impacts. Les changements de comportement sont à généraliser pour être utiles. La recherche et l'exploitation d'informations environnementales sont perçues comme efficaces par l'agriculteur si elles s'intègrent dans un processus plus large.

L'agriculture durable s'oppose à une agriculture intensive par la gestion des interactions du vivant. La production et l'acquisition de connaissances par les agriculteurs (Roger 2001) sont l'une des conditions stratégiques pour développer ce type d'agriculture respectueux de l'environnement mais productif. Si les connaissances pour améliorer les performances sont mobilisables, les connaissances répondant à des objectifs à la fois environnementaux, d'aménagement de territoire et de viabilité économique restent à développer (Laurent, Labarthe et al. 2006). Une meilleure gestion des connaissances facilite la maîtrise d'une masse grandissante d'informations. Mais en 2010, alors que de nombreux logiciels professionnels sont accessibles aux agriculteurs, aucun outil informatique structuré, interactif et métier de gestion des connaissances ne leur est proposé. Les outils de gestion des connaissances ne charpentent pas encore le système d'information de l'agriculteur.

I-3 EXPRESSION DU SUJET DE THESE

Dans la première partie I-1 QUEL AVENIR POUR L'AGRICULTURE , nous avons posé notre premier postulat : **le monde agricole va évoluer vers un mode de production durable.** Cette évolution mobilise des connaissances. La seconde partie REFLEXIONS SUR UN SYSTEME D'INFORMATION POUR UNE AGRICULTURE DURABLE a mis en évidence la complexité des relations entre systèmes d'information et monde agricole. Malgré tout, la force et la chance de l'agriculture est qu'elle implique de nombreux opérateurs publics et privés bien structurés. L'entreprise agricole élargie par exemple à des réseaux d'agriculteurs ou à des structures de coopératives agricoles prend ici tout son sens, et c'est bien elle collectivement qui s'approprie cette question d'agriculture durable. Des systèmes de gestion des connaissances sont indispensables au développement des agricultures durables. Ils sont peu développés en agriculture**. Pour la conception d'un système efficace de gestion de connaissances, notre second postulat repose sur le choix de sa construction à l'échelle de l'entreprise agricole étendue**. Cet outil implique donc des agriculteurs ainsi que des opérateurs publics ou privés produisant des connaissances sur les systèmes de culture durables.

Ce premier chapitre nous conduit à préciser le sujet de thèse.

I-3-1 Caractérisation de la demande sociale

Notre principal postulat de recherche est que l'agriculture intensive est confrontée à divers enjeux qui questionnent sa durabilité et imposent sa remise en cause et son évolution. La manière dont le monde agricole va s'adapter à la question environnementale est au cœur de cette évolution future. D'autres moteurs d'évolution sont identifiés (Meynard 2008) comme la compétition économique dans un marché mondialisé, la demande exigeante des consommateurs (typicité des produits, qualité sanitaire…) ainsi que de nouveaux enjeux territoriaux. De nouveaux projets pour l'agriculture émergent (Ministère de l'agriculture de l'alimentation de la pêche et des affaires rurales, CNASEA et al. 2006). Deux types d'agriculture dite durables sont les plus pertinents : l'agriculture intégrée et l'agriculture biologique. L'une des caractéristiques majeures de ces deux types d'agriculture durable est de s'opposer à une agriculture intensive par la prise en compte des trois piliers du développement durable : l'économie, le social et l'environnement. Les connaissances sont ici stratégiques pour développer ce type d'agriculture (Röling 1988; Roger 2001). Mais la diversité des partenaires, la difficulté de réaliser des expériences compte tenu de la longueur des cycles de production sont autant d'obstacles pour capitaliser les connaissances. Il manque, de plus, un ou des outils pour produire des connaissances en agriculture. Une de nos préoccupations fortes à propos de notre recherche porte sur la détermination des méthodes pertinentes pour produire des connaissances afin de favoriser une agriculture durable.

I-3-2 Construction de la problématique

Toute problématique de recherche s'articule autour d'un objet de recherche concret et d'une perspective théorique (Quivy et Campenhoudt Mai 2002). (Hatchuel, Le Masson et al. 2002) ont mis en évidence l'intérêt de centrer la gestion des connaissances sur les processus de conception. Or la déclinaison de l'agriculture durable, au niveau de l'exploitation agricole, est fondée sur les systèmes de culture durable. Notre objet de

recherche est l'information permettant la conception de systèmes de culture durables. Les premières lectures ont identifié des méthodologies déjà bien éprouvées (Boughzala et Ermine 2007) pour produire des connaissances au sein des organisations en général. Notre perspective théorique est la gestion des connaissances.

Notre problématique de recherche porte donc sur un système informatique de capitalisation de connaissances et d'innovation pour la conception et le pilotage de systèmes de culture durables

L'objectif de la thèse est d'élaborer une méthodologie de réalisation de systèmes d'information d'aide à la capitalisation des connaissances permettant de formaliser et de partager des connaissances autour de la conception des systèmes de culture durables. Dans le monde industriel, les méthodes développées de gestion de connaissance sont nombreuses. Les spécificités du monde agricole par rapport au domaine industriel vont définir ses champs de contraintes et de possibilités. **L'hypothèse de recherche de cette thèse est que la transposition au contexte de production agricole des méthodes de création et de mise à jour des connaissances développées dans le monde industriel est possible.**

I-3-3 Construction du modèle d'analyse

De nombreuses approches disciplinaires balayent la gestion des connaissances : l'économie, la philosophie, l'épistémologie, l'informatique, la sociologie (Earl 2001) mais aussi les sciences de gestion, les sciences humaines ou les sciences de l'éducation (Boughzala et Ermine 2007). Notre sujet est abordé dans le cadre de la discipline de l'informatique. Elle ne néglige pas pour autant les aspects sciences humaines. En effet, concevoir un système d'information ne se fonde pas uniquement sur un point de vue purement technique. La réussite de sa mise en œuvre suppose également une bonne vision des acteurs et de leurs attentes ainsi que des contenus des informations à manipuler. Ce qui fait thèse est donc contenu dans la démarche de conception d'un outil sociotechnique pour gérer de la connaissance.

La démarche proposée répond successivement à l'analyse des trois composantes identifiées par (Reix 2004) de chaque système d'information : la composante organisationnelle, informationnelle et technologique. A travers ces trois composantes, les spécificités du monde agricole (Ljung 2002) pour lui construire un outil pertinent de gestion des connaissances seront mieux cernées.

- **La composante organisationnelle** : les paramètres importants d'une diffusion réussie d'un outil de gestion des connaissances sont nombreux. (Quaddus et Xu 2004) signalent quatre paramètres qui semblent être évoqués d'une manière systématique : la projection idéalisée de l'outil "dream of KMS", la culture organisationnelle, l'approche managériale de la direction, les bénéfices attendus du système par chacun. D'autres paramètres existent et (Quaddus et Xu 2004) insistent sur la spécificité de chaque environnement professionnel. Dans une entreprise, le système de gestion des connaissances s'applique à ses processus de production et à ceux de son environnement économique immédiat (Buzon 2006). L'organisation agricole est autre. L'entreprise agricole est une très petite entreprise familiale. Or la dynamique de gestion des connaissances en entreprise est fondée en grande partie sur les leçons issues des retours d'expérience (Rakoto 2004). L'outil à développer n'a cependant pas pour ambition d'atteindre tous les

agriculteurs. **L'approche proposée n'aborde pas tant la question de l'apprentissage des connaissances que les conditions de leur production et de leur diffusion au sein de la sphère agricole élargie.**

- **La composante informationnelle** : pour enrichir le processus de conception d'un système de gestion des connaissances, le périmètre de ses usages possibles ainsi que de ses utilisateurs potentiels (Cerf et Meynard 2004) est à construire. Les décisions que prend l'agriculteur pour gérer un système de culture sont à identifier. Les informations utiles à la modélisation et à l'évaluation des systèmes de culture durables seront ciblées. Ces informations seront classées selon leur niveau dans les prises de décision ainsi que leur positionnement par rapport à l'exploitation agricole : externes entrantes, internes ou sortantes. Les enquêtes menées auprès d'entreprises agricoles élargies identifieront une hiérarchisation des besoins en informations selon l'importance et la manière d'aborder les problèmes environnementaux mais aussi sociaux et économiques. Elles permettront d'évaluer la durabilité de chaque système de culture durable proposé. Nous essayerons d'identifier les informations générales des systèmes de culture durables de leurs déclinaisons locales nécessaires à leur validation. D'un point de vue spatial, les interactions du vivant ne sont pas localisées de manière unique. Les informations ont plusieurs échelles géographiques, depuis la parcelle jusqu'à la petite région agricole. La pertinence de l'échelle spatiale est à rechercher. En particulier, il faudra également préciser les conditions de reproductibilité des connaissances transmises. Ainsi, des connaissances peuvent être vraies pour un contexte pédoclimatique donné et non dans un autre. Par ailleurs, le partage entre les acteurs autour de la conception des systèmes de culture durables repose sans doute sur une standardisation de leur représentation. La conception de systèmes de culture durables mobilise des connaissances à définir et à représenter.
- **La composante technologique** : même si la définition d'un outil est prématurée, son caractère collaboratif exploitant les ressources d'Internet en dessine les premiers contours. Il doit permettre la mobilisation des acteurs appropriés et des connaissances pertinentes.

Nous schématisons le modèle d'analyse dans le schéma ci-joint :

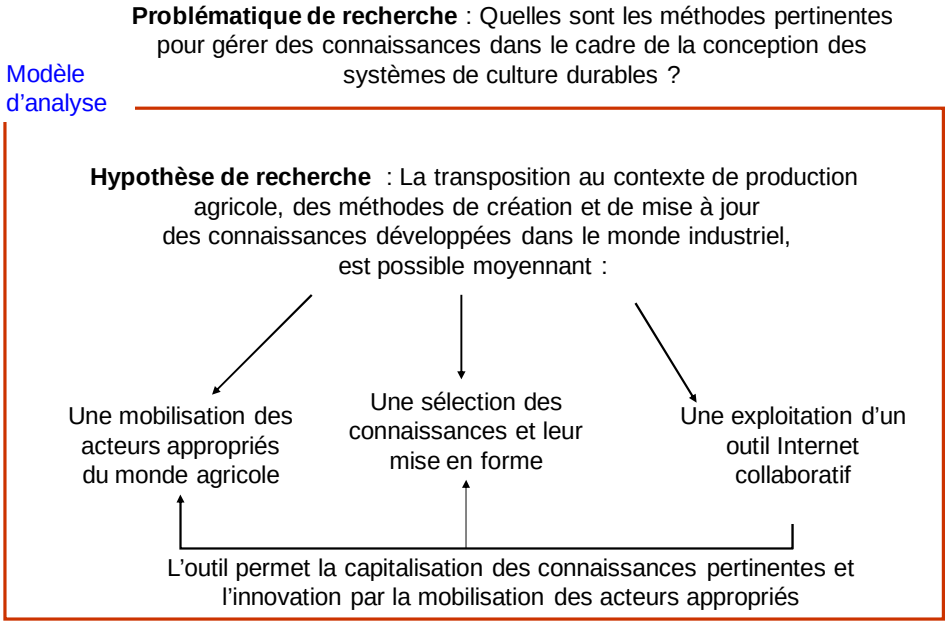


Figure I-11 : modèle d'analyse

Dans le chapitre II, nous allons réaliser un état de l'art sur la gestion des connaissances dans l'entreprise industrielle versus entreprise agricole. Puis dans le chapitre III, nous appliquerons notre modèle d'analyse en explorant successivement les trois dimensions du jeu d'acteur, du contenu et de la technologie de notre système de gestion des connaissances.

CHAPITRE II : ETAT DE L'ART SUR LA GESTION DES CONNAISSANCES

Ce chapitre a pour ambition de faire un état de l'art sur la gestion des connaissances dans les organisations (Soulignac 2009; Soulignac, Chanet et al. 2009) puis en agriculture. Le paragraphe II-1 porte sur les nouvelles fonctions données à la connaissance dans le cadre large du nouveau paradigme de la société de la connaissance (Foray 2004). Le paragraphe II-2 développe la gestion patrimoniale des connaissances par un inventaire des méthodes et des outils. Le paragraphe II-3 aborde la conception innovante. Dans les paragraphes II-4 et II-5 , nous abordons successivement les conditions organisationnelles et les facteurs clés du succès pour la gestion des connaissances. Le paragraphe II-7 traite de la pratique des savoirs en agriculture. Enfin le paragraphe II-8 apporte une conclusion en comparant les deux gestions respectives des connaissances en agriculture et dans le monde industriel.

II-1 GÉNÉRALITÉS SUR LES CONNAISSANCES

Dans son dictionnaire culturel de la langue française, (Rey 2005) présente la vision occidentale de la connaissance. Elle repose sur la prise de distance entre le sujet à connaître et l'objet de connaissance qui lui est associé. Cette prise de distance implique de se connaître. La sagesse du proverbe "Connais-toi toi-même" associé au philosophe grec Socrate devient une exigence exprimée par le philosophe Descartes pour s'engager dans la voie de la connaissance. Plus largement et plus lucidement encore, la connaissance est difficilement dissociable de facteurs socioculturels propres à un environnement culturel donné. La manière quasi mathématique de modéliser la connaissance survient à l'époque de la Renaissance. Cette modélisation se base autant sur des constructions théoriques que sur une expérience pratique. (Rey 2005) parle de l'aventure humaine de la connaissance comme une oscillation périodique entre la représentation abstraite et la présence concrète. La méthode ad hoc de validation de la connaissance est au cœur de la pertinence de celle-ci. (Nonaka 1994) définit la connaissance comme étant "justified true belief".

Le savoir présent a un caractère éclaté et labyrinthique (Guillebaud 1999), alors même que le besoin d'une vision transversale et globale des connaissances est de plus en plus nécessaire pour traiter les grands défis modernes. Paradoxalement, Marcel Gauchet, historien et philosophe français contemporain, rajoute que la crise éducative actuelle repose sur la disqualification des savoirs et de ceux qui sont en charge de les porter et de les transmettre. La gestion des connaissances prend une importance croissante au sein de nos sociétés mais plus dans une logique utilitaire et économique que dans une perspective éducative.

II-1-1 Les connaissances : nouveau paradigme de l'entreprise

(Hatchuel, Le Masson et al. 2002) déclinent les principales étapes historiques de la gestion des connaissances dans les entreprises. En premier lieu, le mouvement du taylorisme fait émerger les connaissances de production comme objet de connaissance systématique. Ces premières approches accompagnent la production, puis la validation des produits. Elles ne s'engagent pas pour autant dans une perspective d'innovation. Celle-ci est apparue progressivement. De plus, la notion d'apprentissage est sous-estimée. En tant que telles, les connaissances ne sont donc pas gérées. La raison de cet oubli est que l'entreprise était modélisée comme un processeur d'information (Nonaka 1994; Cohendet et Llerena 1999). Cette question des "organisations apprenantes"

(Grundstein 2002) et innovante prendra forme progressivement à partir de 1994. En 1995, (Nonaka et Takeuchi 1995) publient un livre novateur sur la formation des connaissances et leur utilisation dans les entreprises japonaises : "How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation". Les travaux de (Davenport et Prusak 1998) ont montré que la mise en réseau des membres d'une organisation la rendait plus apte à résoudre les problèmes. Les connaissances utiles à ces résolutions sont associées aux interactions entre acteurs. Dans une organisation, un cloisonnement excessif des acteurs est bien entendu nuisible à ce processus. La gestion des connaissances est donc capable de produire des avantages compétitifs durables (Alavi et Leidner 2001; Bourdon 2004). Ainsi, une équipe internationale met en évidence sur près de 10 000 entreprises une corrélation positive entre la performance de l'entreprise et ses pratiques de gestion des connaissances (Foray 2004). Les technologies de l'information et de la communication ont bien entendu accéléré ces constructions de réseaux (Boughzala et Ermine 2007; Le Boterf 2008) ainsi que la mise en place d'outils de gestion des connaissances (Alavi et Leidner 2001). (Fransman 1994) parle d'une nouvelle conception de la firme comme processeur de connaissances nécessaires au maintien des compétences. Dans ce nouveau modèle, les fondements du comportement des agents sont liés à leur capacité à fixer leur attention et à leur intensité d'apprentissage. L'entreprise tend à s'organiser et à fonctionner comme un réseau de connaissances et de compétences (Le Boterf 2008; Cohendet et Gaffard 2010). Les organisations à venir comporteront moins de niveaux hiérarchiques et davantage de spécialistes (Drucker 1998). Dès mars 2000, le conseil européen de Lisbonne fixe un nouvel objectif stratégique pour le début du XXIe siècle : "Devenir l'économie de la connaissance la plus compétitive et la plus dynamique du monde, capable d'une croissance économique durable accompagnée d'une amélioration quantitative et qualitative de l'emploi et d'une plus grande cohésion sociale".

La gestion des connaissances a deux fonctions principales dans une entreprise (Boughzala et Ermine 2007).

1. La première est de capitaliser et de partager la connaissance.
2. La seconde fonction est de produire de l'innovation.

Les deux fonctions sont liées. En effet, la construction du patrimoine de connaissance peut être perçue de façon défensive pour faire face au départ des personnels. Elle est aussi une ressource positive favorisant l'innovation. Or, les entreprises sont confrontées depuis les années 80 à un capitalisme de l'innovation intensive (Hatchuel, Le Masson et al. 2002). Le processus de "création destructrice" décrit par l'économiste Joseph Shumpeter semble s'accélérer. Le management contemporain est donc basé sur l'innovation et sur l'apprentissage (Hatchuel, Le Masson et al. 2002). Les connaissances apparaissent bien comme un patrimoine stratégique de l'entreprise. Cependant, la gestion des connaissances ne se réduit pas à la production d'outil de gestion de connaissance. Selon (Hatchuel et Weil 1999), les véritables enjeux de la gestion des connaissances s'expriment à travers le renouvellement simultané des savoirs, mais aussi des objets et des métiers au sein d'une "organisation orientée conception". Cette gestion des connaissances butte cependant sur sa capacité à être évaluée (Epingard 2007).

II-1-2 Typologie des connaissances

Les connaissances sont de plus en plus spécialisées (Guillebaud 1999). Cette parcellisation des connaissances rend leur synthèse et donc leur caractère opérationnel

de plus en plus délicat à construire. Une typologie peut aider à leur gestion (Alavi et Leidner 2001).

(Polanyi 1966) a introduit la connaissance tacite à travers sa formule devenue célèbre : "We can know more than we can tell". (Nonaka et Takeuchi 1995) ont développé ces notions de connaissances explicites et tacites en les reliant à la fois à leur dimension collective et individuelle. Les connaissances tacites s'expriment par exemple par des tours de main (tacite technique) mais aussi à travers des connaissances enfouies au sein des personnes (tacite cognitif). Les connaissances tacites sont difficiles à formaliser et à communiquer (Grundstein 2002) mais une partie d'entre elles est explicitable. Les connaissances explicites s'écrivent. Certaines d'entre elles comme les connaissances scientifiques circulent facilement. Dans une entreprise, l'avoir intellectuel s'exprimerait pour 30 % sous une forme explicite et pour 70 % sous une forme tacite (Boughzala 2007a). Par ailleurs, les connaissances sont également incrustées dans les organisations (Epingard 2007). Autrement dit, une organisation en sait plus que la somme des connaissances utilisées par chacun de ses membres (Ermine 2007b). Ce capital est constitué notamment des instructions, des routines (Alavi et Leidner 2001), des brevets, des machines et des programmes informatiques mais aussi des interactions entre individus. Ces interactions construisent sans cesse de nouvelles connaissances spécifiques à l'organisation. La dimension collective des connaissances individuelles proposées par (Grundstein 2002) s'opposent à leur dimension privée. Cette approche ne doit pourtant pas faire oublier que les connaissances collectives ont une vie propre indépendante d'individus donnés. In fine, les individus seuls font vivre ces connaissances collectives mais celles-ci peuvent survivre à leur départ. La connaissance devient une ressource capitalisable au sein d'une organisation mais complexe à gérer socialement et de fait difficilement imitable. La typologie des connaissances d'après (Alavi et Leidner 2001) est reprise dans le Tableau II-1.

Type de connaissance		Définition
Modalité	Déclarative	Connaissance à propos de ?
	Procédurale	Connaissance sur le comment ?
	Explicative	Connaissance sur le pourquoi ?
	Conditionnelle	Connaissance sur le quand ?
	Relationnelle	Connaissance sur les interactions avec qui ou quoi ?
Temporalité	Statique	Stable dans le temps
	Dynamique	Instable dans le temps
Mode de support	Tacite	Connaissance inscrite dans les actions, l'expérience et dans la participation à des contextes spécifiques
	Explicite	Connaissance généralisable et bien définie
Localisation	Individuelle	Connaissance créée et propre à l'individu
	Organisationnelle	Connaissance créée et propre aux actions collectives d'un groupe
Pragmatique		Connaissance utile à une organisation

Tableau II-1 : typologie des connaissances d'après (Alavi et Leidner 2001; Grundstein 2002)

Elle mobilise les quatre concepts (tacite, explicite, individuel, organisationnel) vus ci-dessus. Les typologies se complètent. Les modalités d'exploitations des connaissances sont en mesure de préciser leurs usages selon qu'elles répondent aux questions : à propos de ? Comment ? Pourquoi ? Quand ? Avec qui ou quoi ? La connaissance tacite ou explicite exprime le mode de support de la connaissance : personne ou document. Les connaissances sont localisées dans une organisation ou dans ses individus membres. Nous rajoutons au tableau une typologie proposée par (Grundstein 2002) qui l'enrichit d'une dimension temporelle : les connaissances stables dans une certaine durée (connaissance statique) et les connaissances instables (connaissance dynamique). Les connaissances pragmatiques sont celles qui sont utiles à l'organisation. Elles peuvent regrouper toutes les autres connaissances décrites ci-dessus.

II-1-3 Cycles de gestion des connaissances

(Reix 2004) distingue cinq qualités applicables aux connaissances : leur obtention par un apprentissage ou un raisonnement, leur validation par une épreuve ou par l'action critique de l'entité qui la détient, leur insertion dans un ensemble caractéristique de connaissances maîtrisées par une entité, leur stabilité, enfin leur caractère modifiable. Le mode de construction de la connaissance la rend fragile. Elle cherche sans cesse des preuves qui la justifient ou qui la renouvellent. Cette approche illustre la double dimension de la connaissance d'une part dans son processus de production et d'autre part en tant que socle de savoirs. Cette dualité de la connaissance introduit son caractère cyclique : les nouvelles connaissances ont besoin de connaissances pour être produites. Nous aborderons successivement les cycles de gestion des connaissance proposés par (Grundstein 2000a), (Nonaka et Takeuchi 1995) puis (Ermine 2007a).

A Le cycle de gestion des connaissances de Grunstein

(Grundstein 2000a) a identifié quatre étapes dans le cycle de gestion et de capitalisation des connaissances : repérer, préserver, valoriser, actualiser. Elles sont présentées dans la Figure II-1. Ce cycle est lui-même managé. Les connaissances sont valorisées par l'action. L'action peut conduire à une mise à jour des connaissances.

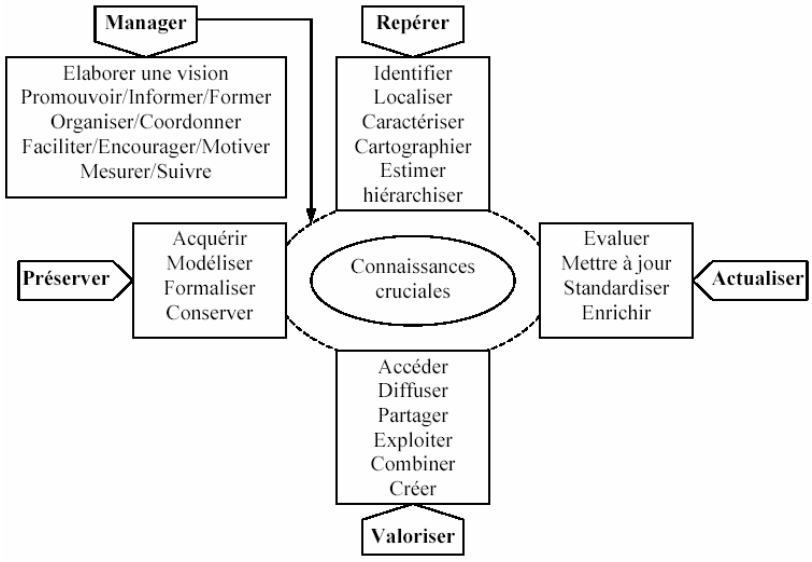


Figure II-1 : cycle de capitalisation des connaissances (Grundstein 2000a)

(Reix 2004; Rasovska 2006) mettent en exergue l'ontologie comme condition du développement de la gestion des connaissances. Les quatre étapes décrites du cycle bénéficient de cette dynamique d'une vision professionnelle commune et partagée. Ce cycle ne traite pas de la dynamique de création des savoirs tacites et explicites au sein d'une organisation comme le proposent (Nonaka et Takeuchi 1995) ni des interactions de la gestion des connaissances avec le monde extérieur développées dans (Ermine 2007a).

B L'approche japonaise de la gestion des connaissances

La déclinaison des connaissances tacites et explicites dans une organisation conduit à identifier quatre natures de transformation des connaissances (Nonaka et Takeuchi 1995). La Figure II-2 reprend ces quatre modes de transformation en les associant aux structures d'acteurs successivement concernées à savoir les individus, les groupes et l'organisation elle-même. Ils sont décrits ci-dessous :

- **De tacite en tacite par la socialisation** : l'interaction entre individus provoque ce transfert des connaissances tacites comme les tours de main. Elle se transmet de visu dans le cadre d'un apprentissage. La personne qui recueille la connaissance la transforme (Hatchuel, Le Masson et al. 2002) par le jeu des interactions avec les personnes qui la détiennent. La connaissance est à la fois partagée et développée (Nonaka 1994). A ce stade, elle est une matière "molle".
- **De tacite en explicite par l'externalisation** : les groupes formalisent une partie des connaissances tacites des individus pour les évaluer et les transmettre sous forme de connaissances explicites. Elles s'expriment avec différentes formes : site Web, périodique, brochure, etc.
- **D'explicite en explicite par la diffusion et la combinaison** : les groupes reconstruisent et enrichissent des connaissances explicites.
- **D'explicite en tacite par l'internalisation** : l'individu intègre un certain nombre de savoir-faire au contact des autres individus et des groupes de l'organisation.

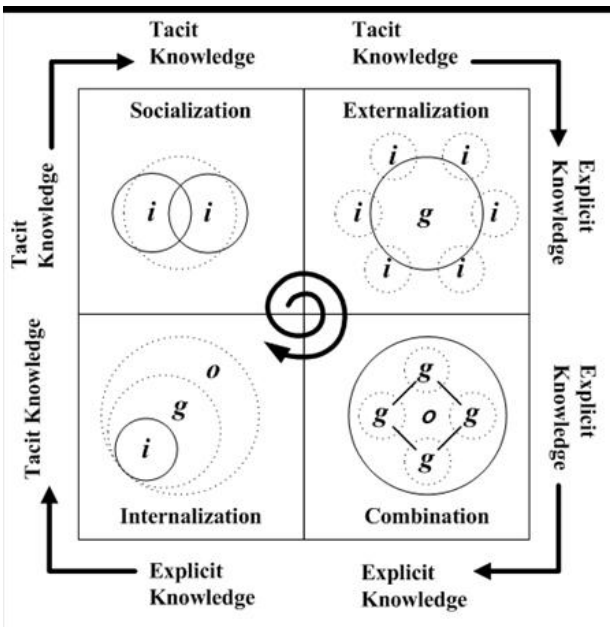


Figure II-2 : spirale de conversion de connaissances ou modèle SECI (Nonaka et Takeuchi 1995)

Les savoirs tacites et explicites se distribuent au sein d'une organisation. Ils sont complémentaires et se nourrissent mutuellement. La connaissance tacite est portée par les individus. Si l'information structure l'organisation, plus précisément la connaissance tacite d'un individu légitime son appartenance à cette organisation. L'organisation fait émerger la connaissance explicite et la structure. Ces connaissances fondent l'une des composantes de sa richesse. (Nonaka et Toyama 2003) formalisent le processus de création de connaissances comme une démarche volontaire de dépassement des contradictions portées par les individus, une organisation et son environnement. La nouvelle connaissance est l'aboutissement d'un processus dynamique de synthèse. L'un des reproches qui est fait par (Gourlay 2006) à ce modèle est de majorer l'importance des dirigeants dans la création des connaissances. (Nonaka 1994) propose pourtant un "middle-up-down-management" qui donne sa place à chaque acteur dans l'entreprise.

Au niveau des moyens à déployer pour chacun des quatre modes de transformation des connaissances, (Nonaka et Konno 1998) ont signalé l'importance d'une plateforme de partage : le "Ba"[55]. Le "Ba" est contextuel. Il comprend un temps, un espace et des acteurs qui lui sont spécifiques. Un langage commun y est également nécessaire pour échanger. Cet espace est physique comme un bureau ou bien virtuel comme un forum. Il est associé également à une notion de projet. Le "good Ba" est animé d'une ambiance propice aux échanges. Les interactions y sont dynamiques et positives (Fayard 2007). Des récompenses sont attribuées aux acteurs les plus engagés dans la gestion des connaissances. Le système fonctionne également sur le système de don et de contre-don c'est-à-dire qu'il met en valeur la réciprocité. Ce concept de réciprocité a été introduit par l'ethnologue français Marcel Mauss. Ces échanges créent du lien social. Ils supposent de la confiance en soi et dans les autres. La confiance en soi permet d'affronter le regard des autres par rapport à la qualité de ce que l'on produit et expose. La confiance dans les autres assure le partage des connaissances sans avoir peur de perdre une parcelle de son identité. En effet, le modèle SECI met en évidence qu'une partie de l'identité personnelle d'un individu est dépouillée au profit de son appartenance à l'identité collective.

Même si le monde extérieur stimule la création de la connaissance au sein d'une organisation (Nonaka 1994; Nonaka et Toyama 2003), la spirale de Nonaka et Takeuchi ne distingue pas les connaissances externes des connaissances internes. Une connaissance externe n'a de sens pour une organisation que si celle-ci a les compétences requises pour l'utiliser. Dans ce cas, elle est directement internalisée et participe au capital de connaissances de l'organisation. Nous allons voir qu'il en est différemment dans le modèle de la marguerite.

C Le modèle de la marguerite de Jean-Louis Ermine

Pour sa part, Jean-Louis Ermine propose un modèle dit de la marguerite (Ermine 2007a) dans la Figure II-3. Cette marguerite comprend quatre pétales. Chaque pétale est lié à un

---

[55]
"Le "Ba" est un idéogramme dont la partie gauche est assimilée à la terre, à l'eau bouillante ou à ce qui soulève et dont la partie droite signifie ce qui rend possible" d'après Fayard, P. (2007). La voie japonaise de la création du savoir.

processus. Deux processus sont endogènes à l'organisation et deux interagissent avec l'extérieur.

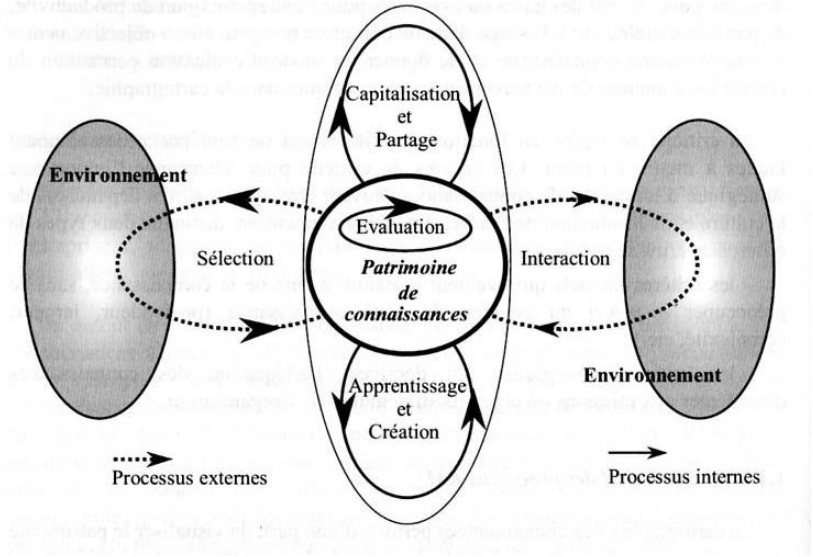


Figure II-3 : le modèle de la marguerite d'après (Ermine 2007b)

Les deux processus endogènes recoupent les quatre modes de transformation présentés ci-dessus dans la spirale de conversion des connaissances de (Nonaka et Takeuchi 1995) :

- **Le premier processus** porte sur la capitalisation et le partage des connaissances. Cette étape part des savoirs accumulés dans l'organisation. Elle constitue la première étape de la création de la connaissance. Cette phase est celle de l'explicitation des connaissances tacites et de leur partage.
- **Le processus de création** des connaissances et d'apprentissage recoupe trois modes de transformation proposés dans le modèle SECI.

Les deux autres processus sont les suivants :

- **Ce processus "interne"** est initié par l'organisation. Il traite de ses interactions avec l'environnement extérieur. La veille technologique et l'intelligence économique recherchent extra-muros les connaissances utiles à l'organisation.
- **Le dernier processus "externe"** est davantage subi. Il est spécifique à l'interaction de l'environnement opérationnel avec l'organisation comme dans le cas d'une entreprise avec ses clients, ses fournisseurs et l'administration. Il illustre la capacité de l'organisation à s'adapter à son environnement.

Ces quatre processus alimentent le patrimoine des connaissances. Celui-ci peut être évalué.

II-1-4 Dimension humaine ou technologique de la gestion des connaissances

De nombreuses organisations ont pris conscience de la valeur du capital immatériel que constituent les connaissances (Grundstein 2002). Or si ce capital est essentiel, il est

difficile à saisir (Epingard 2007). La connaissance est un bien public appropriable (par les brevets par exemple) mais d'essence non rivale (Epingard 2007), i.e. qu'une fois acquise elle est diffusable sans restriction. Mais la connaissance ne se reproduit pas comme l'information. Cette dernière se duplique à faible coût par la photocopie par exemple. Mais la connaissance a un caractère bicéphale, elle est explicite ou tacite. La connaissance tacite est pour sa part difficile à reproduire. La connaissance explicite est par définition codifiée et transmissible par les technologies d'information et de communication. Elle nécessite, elle-même, un effort de construction et d'apprentissage (Le Boterf 2008). La connaissance se reproduit donc théoriquement sans limite car son utilisation ne la détruit pas (Le Boterf 2008), contrairement à l'utilisation d'un capital matériel. Par contre, les contraintes d'apprentissage sont des freins à sa reproduction.

Le savoir se développe par la distribution et l'interaction entre individus et non pas seulement en se capitalisant sur une même personne (Le Boterf 2008). Le rendement croissant du savoir exprime ce phénomène cumulatif des connaissances dans l'organisation. La culture du partage ne va cependant pas de soi (Guyot 2002; Leprêtre 2007). Un individu va garder de la connaissance ou l'exprimer selon son intérêt personnel à le faire. L'autonomie de l'acteur a d'ailleurs toujours constitué un défi pour les responsables de l'organisation (Guyot 2002).

Certes, pour manager les connaissances, il faut des approches humaines et organisationnelles (Leprêtre 2007) mais, sans les technologies de la gestion des connaissances, la pratique de partage se réduit aux groupes géographiquement proches. Cette gestion est dans ce cas limitée dans l'espace et le temps (Balmisse 2006). Il est donc important de gérer les connaissances dans une logique technologique même si cette gestion ne se réduit pas à cela. Le développement des capacités informatiques a multiplié les travaux sur les systèmes de gestion des connaissances. L'expérience de très nombreuses entreprises, dès le début de l'informatisation, a montré l'inefficacité des approches "intuitives" par essais-erreurs pour constituer un système d'information même relativement simple (Reix 2004). Nous allons donc nous intéresser dans les deux parties qui suivent aux méthodes et technologies aptes à gérer les connaissances. (Grundstein 2002) donne deux finalités à la gestion des connaissances. La première finalité patrimoniale est présentée dans le paragraphe II-2 LA GESTION PATRIMONIALE DES CONNAISSANCES. La seconde finalité d'innovation est décrite dans le paragraphe II-3 LA GESTION DES CONNAISSANCES POUR LA CONCEPTION INNOVANTE.

II-2 LA GESTION PATRIMONIALE DES CONNAISSANCES

Par opposition à la seconde finalité plutôt dynamique d'innovation, la gestion patrimoniale des connaissances est assez statique. Il s'agit d'identifier, de sauvegarder, de diffuser le patrimoine des connaissances. On peut remarquer cependant que les innovations sont à l'origine de nouvelles connaissances. Celles-ci ont donc vocation à rejoindre ce patrimoine de connaissances. Pour cette gestion patrimoniale, les différentes logiques stratégiques (paragraphe II-2-1), les méthodes et outils (paragraphe II-2-2) accompagnent les décideurs pour orienter leur choix.

II-2-1 Taxinomie d'une stratégie de management des connaissances

(Earl 2001) remarque que les entreprises sensibilisées à la gestion des connaissances ont toujours le même dilemme : savoir où et comment commencer cette gestion ? Il propose une taxinomie sur la stratégie de la gestion des connaissances synthétisée dans le Tableau II-2.

Paramètres	**Ecole technocratique**			**Ecole économique**	**Ecole comportementale**		
Finalité	Système	Cartographie	Ingénierie	Commerce	Organisation	Espace	Stratégie
Unité	Domaine	Entreprise	Activité	Expertise ; savoir-faire	Communauté	Place	Affaire
Outil informatique mobilisé	Base de connaissance	Annuaire	Bases partagées	Registre du capital intellectuel	Groupware et Intranet	Outil d'accès et de représentation	Varié
Philosophie	Codification	Connexion	Capacité	Commercialisation	Collaboration	Sociabilité	Prise de conscience

Tableau II-2 : présentation des écoles de stratégies de management de connaissances

Ces sept écoles ont les caractéristiques principales suivantes :

- **Ecole système** : Elle repose sur des bases de connaissances. Les connaissances d'expert y sont explicitées. Elles sont une ressource disponible au jour le jour.
- **Ecole cartographique** : Elle s'appuie sur les personnes. Celles-ci portent les connaissances tacites. Plutôt que de chercher à les expliciter, un annuaire signale les savoirs portés par chacun. Ainsi, un individu cherchant à régler un problème peut faire appel à ces personnes ressources.
- **Ecole Ingénierie** : Elle s'intéresse aux échanges et aux partages de connaissances autour des flux de connaissances recouvrant une activité de conception. Cette approche est voisine de celle de "l'organisation orientée conception" (Hatchuel et Weil 1999).
- **Ecole commerciale** : Cette école recherche une mise en valeur financière économique maximale des ressources intellectuelles d'une organisation. Les revenus générés proviennent d'une gestion dynamique des brevets, des droits d'auteur, des marques déposées et des savoir-faire.
- **Ecole organisationnelle** : Elle recouvre les communautés de pratique que développe (Le Boterf 2008). Des réseaux se constituent autour d'un champ commun de connaissances. Ils se construisent à l'intérieur d'une organisation ou entre organisations. Les échanges sont interactifs à travers des outils du type logiciel de groupe de travail[56] ou des réunions plus ou moins formalisées. Les connaissances partagées y sont explicites ou tacites.
- **Ecole spatiale** : Cette école met en avant les espaces de rencontre comme lieux d'échange de savoir. Les individus préfèrent fréquemment les échanges informels et oraux à un travail collaboratif d'écriture et de lecture.

[56] Le "logiciel de groupe de travail" se traduit en anglais "Groupware". Ce type de logiciel rend possible le travail collaboratif dans des temps et des lieux dissociés. Les groupware sont synchrones (exemple de la téléconférence) ou bien asynchrones (messagerie électronique, forum, etc.). Ce terme de groupware a une valeur générique. Ainsi, une base partagée est un groupware puisqu'elle permet la conception collaborative.

- **Ecole stratégique** : Elle exprime la prise de conscience de l'entreprise de la valeur des connaissances comme capital immatériel. Son action combine celles des six écoles précédemment présentées.

Le point de vue de (Hansen, Nohria et al. 1999) simplifie cette classification. Selon ces auteurs, deux stratégies s'imposent dans les entreprises. Lorsque les produits sont standardisés, la bonne stratégie est celle de la codification (soit les deux écoles technocratiques à finalité système et ingénierie de (Earl 2001)). La connaissance écrite y est privilégiée. Dans le cas où l'entreprise vend des solutions sur mesure, alors la stratégie de personnalisation est la plus adaptée (soit l'école technocratique à finalité cartographique ou bien l'école comportementale dont la finalité est l'espace). Le transfert des connaissances par les contacts personnels y est systématisé. Ces deux approches n'abordent pas la dynamique collective de la création de la connaissance que l'on retrouve notamment dans l'école comportementale à finalité organisationnelle à travers les communautés de pratique (création de connaissance tacite) ou à travers la recombinaison de connaissances explicites.

Les sept écoles stratégiques selon (Earl 2001) ne s'excluent pas entre elles. En revanche, (Hansen, Nohria et al. 1999) proposent d'investir fortement sur l'une de leurs deux méthodes même si l'autre n'est pas complètement exclue. Mais, si elles suggèrent la mise en place d'un ou plusieurs outils, toutes ces stratégies sont silencieuses sur la tactique à adopter pour structurer le patrimoine des connaissances.

II-2-2 Les méthodes pour gérer les connaissances

Les méthodes sont multiples selon les stratégies choisies. Mais la gestion des connaissances repose pour l'essentiel sur deux étapes. La première étape est l'expression des besoins. Des méthodes (exemple du Knowledge Maturity Model développé au paragraphe II-5) ont été construites pour mesurer les besoins en gestion des connaissances d'une organisation. Ces besoins sont identifiables à partir d'une cartographie (Boughzala et Ermine 2007) des connaissances. A l'intérieur d'une organisation, les connaissances sont pléthoriques. Dans un souci d'efficacité, elles n'ont pas toutes à être gérées. Seules les connaissances critiques sont cartographiées. (Grundstein 2002) utilise le terme de connaissances cruciales. Dans une seconde étape, le management des connaissances construit un plan d'action pour réduire les risques associés à une mauvaise maîtrise de certaines des connaissances critiques relevées. Nous décrivons successivement deux types de plan d'action, le premier par la gestion des compétences (voir paragraphe II-2-2B) le second par le transfert des connaissances (voir paragraphe II-2-2C).

A La cartographie des connaissances

Dans le paragraphe suivant, nous définissons le caractère critique d'un savoir puis nous abordons les différents modes de cartographie des connaissances.

A.1 Définition de la criticité d'une connaissance

Selon (Grundstein 2002), les connaissances cruciales sont celles sans lesquelles les problèmes critiques d'une organisation n'ont pas de solution. Les connaissances évaluées sont aussi bien explicites que tacites. La mesure de cette criticité est bâtie à la fois (Grundstein 2002) sur la vulnérabilité des connaissances (rareté, accessibilité, coût et

délais d'acquisition) et sur leur importance en terme d'enjeux collectifs. (Aubertin 2007; Ricciardi, De Oliveira Barroso et al. 2007) sont proches de ce mode d'évaluation. (Aubertin 2007) cite en sus la difficulté d'usage de la connaissance. TELECOM & Management SudParis (ex INT) a développé une méthode de cartographie des connaissances critiques : la méthode M3C. Tous proposent un système de notes établi par des usagers expérimentés du domaine. (Viola et Morin 2007) signalent un biais dans la construction de cette criticité. Les personnes sollicitées sont tentées de surestimer la criticité des connaissances qu'elles gèrent directement. Cette surévaluation leur donnerait ainsi davantage d'importance dans l'organisation. La question des connaissances critiques partageables est également posée dans le cadre de l'entreprise étendue (Boughzala 2007b). Les connaissances critiques sont souvent tacites. Du point de vue de la gestion de la criticité, nous verrons que les connaissances tacites explicitables s'y différencient des connaissances tacites non explicitables.

A.2 Modes de cartographie des connaissances

(Aubertin 2007) recense trois types d'approche de cartographie des ressources cognitives par la mise en évidence des savoirs par domaine, par compétence et associés aux processus.

- **Approche conceptuelle ou par domaine** : Un domaine est lié à un champ d'activité d'un groupe d'acteurs. Cette approche est adaptée à des niveaux de complexité élevée. Elle s'illustre par exemple par des arbres ou des cartes cognitives (Ermine 2007b).
- **Approche fonctionnelle** : Elle marque les compétences. Elle est rapide à mettre en œuvre. Elle est privilégiée par la hiérarchie. Voisine d'un organigramme, elle est donc très dépendante de l'organisation.
- **Approche procédurale ou par processus** : Elle est la seule des trois méthodes à relier le savoir au travail. L'approche procédurale est assez complexe à mettre en œuvre. Elle a été bien explorée par la méthode Gameth de (Grundstein 2000b; Grundstein 2002). Celle-ci comprend quatre étapes où sont reconnus successivement les points suivants : les processus sensibles i.e. les enjeux reconnus collectivement, les activités critiques liées à ces processus, les connaissances nécessaires pour y résoudre les problèmes déterminants et celles nécessaires au bon fonctionnement de ces activités, enfin la mesure du caractère crucial de ces dernières connaissances.

Ces trois modes cartographiques sont connectés selon la double logique présentée dans la Figure II-4 ci-dessous : d'une part, une première logique qui va des connaissances à l'action et d'autre part une seconde qui circule d'un niveau opérationnel à un niveau stratégique. Une connaissance est mobilisée par une compétence dans le cadre d'un processus.

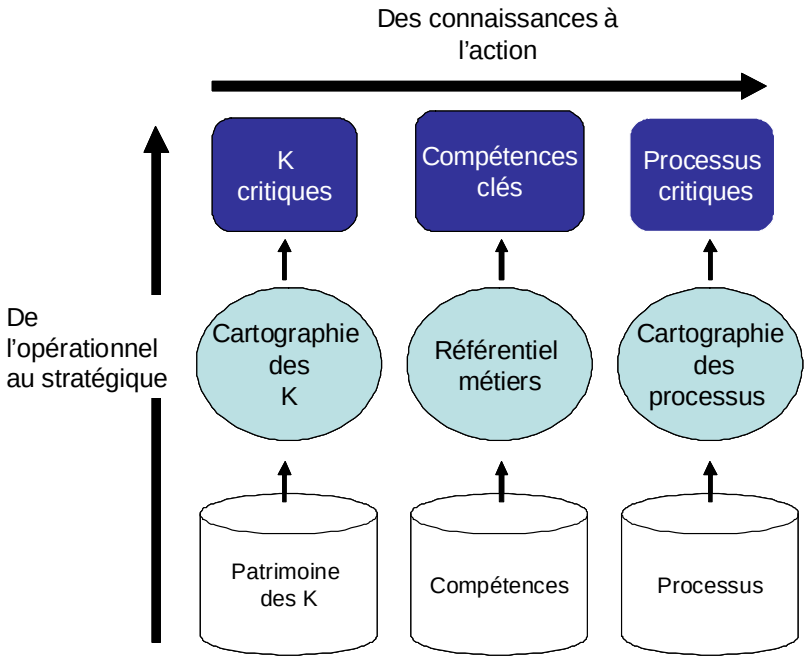


Figure II-4 : les trois approches connaissances/compétences/processus d'après (Aubertin 2007)

Dans chacun de ces modes cartographiques, le niveau de criticité est affichable. Ils ont un caractère systématique car ils essayent tous d'avoir une vue globale de l'organisation. Les trois finalités associées à l'école technocratique de (Earl 2001) sont voisines des trois approches d'Aubertin (voir Tableau II-3 ci-dessous). Les deux autres écoles économique et comportementale ne répondent pas au besoin d'inventaire mis en œuvre dans la cartographie. Ces deux écoles économique et comportementale obéissent respectivement à une logique pour la première opportuniste et pour la seconde dynamique. Le tableau joint présente ces liens de proximité entre cartographie et école stratégique technocratique.

Cartographie (Aubertin 2007)	Approche conceptuelle (patrimoine des K critiques)	Approche fonctionnelle (compétences)	Approche Procédurale (processus)
Ecole stratégique technocratique (Earl 2001)	Système	Cartographique	Ingénierie

Tableau II-3 : cartographie et école stratégique technocratique

B Plan d'action pour réduire les risques d'une mauvaise gestion des connaissances par la gestion des compétences

La compétence est la capacité d'appliquer des connaissances. Le savoir lié au cœur de métier d'une organisation devrait donc s'accorder aux compétences clés présentes dans cette même organisation. Cette démarche ne va pas de soi. Les compétences sont individuelles même si elles ont une dimension collective par leurs interactions. Les connaissances ont une dimension collective selon la spirale des connaissances de Nonaka. Ainsi, les compétences sont souvent gérées par l'organisation hiérarchique alors

que les connaissances le sont plus par l'activité i.e. dans le cadre de processus transversaux et non verticaux (Wallerand 2007).

L'alignement stratégique vise à dépasser la contradiction présentée entre la gestion verticale des compétences et la gestion transversale des connaissances. L'alignement stratégique est un concept développé dans les années 90 dans le cadre plus large des systèmes d'information. Il met en cohérence le système d'information de l'entreprise avec ses bases stratégiques. Cet alignement contribue à une meilleure performance stratégique mais aussi à une meilleure performance opérationnelle (Kéfi, Schwarz et al. 2006). L'alignement stratégique exprime une volonté de la direction de confronter ses besoins en termes de métiers résultant de son analyse stratégique à ceux exprimés dans le cadre d'une approche terrain portant sur les savoir-faire métiers des processus de production. Cette confrontation de la cartographie des compétences stratégiques et de la cartographie des savoir-faire métiers critiques met en évidence les compétences à gérer prioritairement. Ces savoir-faire stratégiques et critiques sont capitalisés, partagés et transférés (Benmahamed et Ermine 2007).

C Plan d'actions pour réduire la criticité des savoirs par leurs transferts

La cartographie des connaissances met en exergue leur criticité. Réduire cette criticité implique le développement de ces connaissances et leur détention par un nombre significatif d'acteurs. En partant de la spirale des connaissances de (Nonaka et Takeuchi 1995), (Ermine 2007b) met en évidence deux grands types de transfert et donc de développement des connaissances. Ils sont matérialisés dans la Figure II-5.

- **Transfert direct** : Ce mode de gestion concerne les connaissances tacites non explicitables mais pas uniquement. Par exemple, dans le cas de connaissances tacites rapidement obsolètes, l'explicitation des connaissances n'est pas non plus recherchée. Les connaissances sont portées par des personnes. Le rapprochement de ces personnes dans le cadre d'une communauté de savoir assure un transfert des connaissances par apprentissage. Ainsi, les annuaires d'experts recensent les individus porteurs de savoir-faire sans chercher à expliciter ces derniers. Ce mode de gestion facilite le travail coopératif.
- **Transfert indirect** : Les connaissances tacites explicitables sont explicitées. De même, les informations sont traitées pour être transformées en savoir[57]. Les connaissances explicitées font l'objet d'un partage puis d'une appropriation par les membres de l'organisation. Ces connaissances explicites peuvent être combinées avant d'être remobilisées et intégrées sous forme de connaissances tacites.

[57] Des connaissances sont extraites à partir de textes (Texte Mining) ou par la fouille de données (Data Mining) stockées dans des entrepôts de données (Datawharehouse).

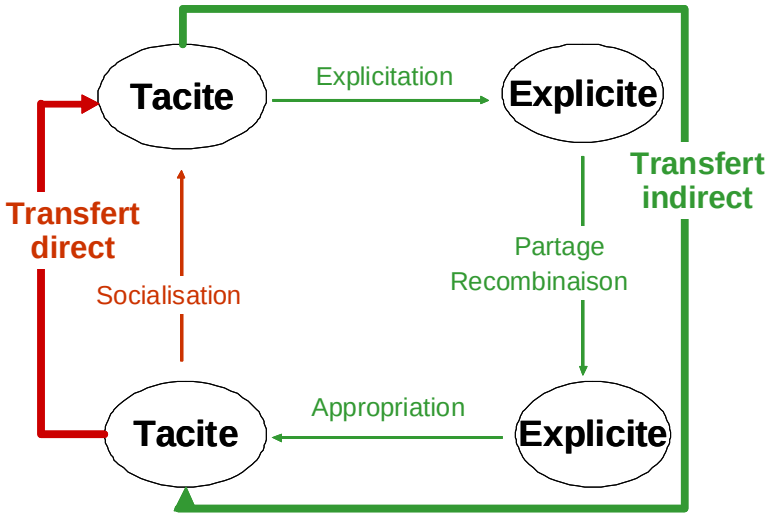


Figure II-5 : le cercle vertueux des connaissances
d'après Figure II-2 : spirale de conversion de connaissances ou modèle SECI (Nonaka et Takeuchi 1995) et (Ermine 2007b)

Par sa méthode Gameth, Grunsdtein propose d'établir les connaissances cruciales à partir d'une analyse des processus critiques (voir le paragraphe sur les Modes de cartographie des connaissances). Ces connaissances sont de deux types : soit tacite mais non explicitable, soit tacite explicitable (ou bien déjà explicitée) (Grundstein 2002). Dans les deux cas, les personnes qui portent ces connaissances sont identifiées. Dans le premier cas, le transfert direct de personne à personne sera privilégié alors que dans le second cas les connaissances explicitées vont être déployées par transfert indirect (voir Figure II-5 : le cercle vertueux des connaissances). La méthode Gameth repose typiquement sur une analyse transversale. Les agents de terrain doivent bien entendu convaincre la hiérarchie de favoriser ces apprentissages. Mais dans cette démarche, la hiérarchie n'est pas un des éléments moteurs.

Ces deux modes de gestion se distinguent bien. On y retrouve les deux stratégies de (Hansen, Nohria et al. 1999). Soit l'organisation gère les personnes et leurs connaissances tacites, soit elle gère les connaissances explicites (Hansen, Nohria et al. 1999; Ermine 2007b). Ces deux stratégies sont souvent complémentaires au sein d'une même entreprise. Elles s'appuient sur des techniques informatiques et internet qui produisent de nouvelles approches de la gestion de la connaissance (Quaddus et Xu 2004). Les technologies dites du Web 2.0 ont ainsi introduit une dimension plus collaborative à cette gestion (Dudezert et Boughzala 2007a). Cependant, le nombre d'outils a tendance à s'accroître, ce qui pose le problème de leur choix (Leidner 2007). A partir du modèle SECI, nous allons explorer plus particulièrement les trois étapes de socialisation (tacite à tacite), d'explicitation (tacite à explicite) et de partage (explicite à explicite) de la spirale de conversion des connaissances. Les outils de recombinaison (explicite à explicite) et donc d'innovation seront abordés plus spécifiquement dans le paragraphe II-3 . Les méthodes d'appropriation (d'explicite à tacite) ne sont pas traitées.

D Méthodes et outils pour diminuer la criticité des savoirs : transfert direct

Les connaissances tacites sont portées par les processus cognitifs des individus. Autour d'un domaine partagé, un réseau, i.e. une communauté de savoirs, relie ces individus.

L'animation des connaissances tacites passe par l'identification et la gestion (Soulier, Zacklad et al. 2002) de ces communautés de savoir, de leur processus de partage ainsi que de leurs usages des outils technologiques. Le "Ba" de Nonaka associé aux échanges de connaissances tacites est qualifié d'originel par (Bourdon 2004). Ce processus coopératif se situait historiquement dans une unité de temps et de lieu. Cependant, le développement d'outils éventuellement collaboratifs (Balmisse 2006) reposant notamment sur la voix, le texte et les images, élargit ce "Ba originel" à des partages dans des environnements différenciés de temps et d'espace (Grundstein 2002). Nous verrons ultérieurement comment ces communautés de savoirs explicitent également leurs connaissances.

E Méthodes et outils pour diminuer la criticité des savoirs : transfert indirect

E.1 Du tacite à l'explicite : l'explicitation

L'explicitation des connaissances aboutit à des documents textuels plus ou moins structurés mais aussi à des modèles (Ermine 1998). Elle peut être coûteuse à mettre en œuvre (Ermine 2007b). Il faut pour cela résister à la tentation de tout écrire et aller à l'essentiel (Le Boterf 2008). (Dieng-Kuntz 2007) propose également de créer une mémoire d'entreprise en se fondant sur différents modèles (entreprise, organisation, scénario…) et en y associant un ou plusieurs choix technologiques. Une fois les pilotes développés, leur réussite conduit à leur généralisation (Balmisse 2006). Deux grands modes de création de connaissances sont discernés : ceux ayant pour support la conduite de projets et ceux issus de personnes ayant les compétences **:**

- **La mémorisation de construction des projets** capitalise les connaissances acquises (Djaiz et Matta 2007). La "Logique de conception" regroupe un ensemble de méthodes (ex **:** ABRICo[58], IBIS[59], QOC[60]…) visant à capitaliser les choix effectués lors d'un projet de conception ainsi que les justifications de ces choix.
- **L'ingénierie des connaissances** utilise notamment des méthodes qui reposent pour l'essentiel sur des échanges avec les porteurs des connaissances tacites ainsi que sur une gestion documentaire. Selon son concepteur Jean-Louis Ermine (Ermine 1996, 2e édition 2000), la méthode MASK[61] qui a succédé à la méthode MKSM[62] donne des connaissances par l'intermédiaire des livres de connaissances. Nous avons plus particulièrement détaillé cette méthode en Annexe 1 - LA METHODE MASK car nous l'avons retenue. Nous expliquerons plus tard les raisons de ce choix. CYGMA[63] modélise également des livres de connaissances à travers des bréviaires métiers. CYGMA est associé à des outils de conception assistés par ordinateur. La méthode CommonKADS[64] est plus orientée vers la spécification des systèmes informatiques tels que les systèmes experts ou les raisonnements à partir de cas (voir infra "De l'explicite à l'explicite : le partage").

[58] ABRICO : Accords, Buts, pRopositions, Interprétations en COnception
[59] IBIS : Issue-Based Information Systems
[60] QOC : Questions, Options, Critères
[61] MASK : Method for Analysing and Structuring Knowledge
[62] MKSM : Method for Knowledge System Management
[63] CYGMA : CYcle de vie et de Gestion des Métiers et Applications
[64] CommonKADS a repris et étendu la méthode KADS : Knowledge Acquisition and Design Structuring

L'approche par les retours d'expérience exploite des événements internes aux organisations (Rakoto 2004; Worley, Rakoto et al. 2005). Elle a un certain niveau de généricité. Plusieurs communautés scientifiques s'y intéressent (Chebel-Morello 2008) : communauté des statisticiens qui extraient des connaissances à partir de données, communauté de management de connaissance, communauté de raisonnement à partir de cas. En management des connaissances, Rex[65], Merex[66] sont les méthodes exploitant les retours d'expérience parmi les plus connues. Rex utilise des fiches normées et informatisées. Chaque fiche décrit la solution développée face à un problème donné. De grandes entreprises françaises ont défini une méthode de retour d'expérience normalisée par l'Afnor (AFNOR 2000). Ces méthodes sont utilisées dans de nombreuses entreprises. Elles ont fait leurs preuves dans le domaine de l'ingénierie (Reix 2004).

Les connaissances une fois explicitées ont comme cible des agents humains (méthode MASK) ou bien des ordinateurs (méthode CommonKADS).

Des outils de travail collaboratif, comme les outils de publication collaborative, facilitent également ce travail d'explicitation (Balmisse 2006). Ces outils, comme les systèmes de gestion de contenu (CMS) ou les wikis, sont accessibles simplement, grâce à un navigateur web. Par ailleurs, un système de gestion de contenu est un outil ambitieux. Ce système conçoit et met à jour dynamiquement des sites Web. Il peut inclure un grand nombre de fonctionnalités : communication asynchrone du type RSS, galerie de photos, etc., ainsi que des espaces collaboratifs du type blog ou wiki (Keita 2007).

E.2 De l'explicite à l'explicite : le partage

Les outils qui participent à la construction d'une mémoire d'entreprise partagée (Dieng-Kuntz 2007) sont nombreux : guide des bonnes pratiques, serveur de connaissances, carte cognitive, ontologie, système hypermédia, outils du type système expert et système de raisonnement à partir de cas… Nous allons développer l'intérêt de ces deux derniers outils ainsi que celui associé à l'utilisation du Web sémantique.

Les systèmes experts ou les systèmes RàPC[67] sont aussi dénommés Knowledge Based Engineering (KBE). Ils nécessitent des investissements importants y compris en maintenance. Ils répondent de manière automatique à des problèmes répétitifs bien définis et structurés (Beylier 2007). Ils sont moins adaptés à des problèmes indécis, peu fréquents. Ils intègrent de la connaissance explicite qu'ils partagent par leur diffusion même.

Système expert

Un système expert est un outil logiciel. Il se compose de deux parties : une base de connaissances et un moteur d'inférence[68]. Il encode les connaissances dans des résolutions de problèmes du type "si…alors…". Il simule ainsi le raisonnement d'un expert. Ce système expert, dit de première génération, manquait notamment de robustesse et de réutilisabilité. Durant les années 90, il a évolué vers un système expert

[65] Rex : Retour d'expérience
[66] Merex : Mise en règle de l'expérience
[67] RàPC : Raisonnement à Partir de Cas
[68] Inférence : Processus de formulation d'une conclusion à partir d'informations spécifiques. Ce processus peut être réalisé en appliquant les règles de la logique formelle. Woodcock, J. (1992). Le dictionnaire de l'informatique. Paris, Dunod.

dit de seconde génération : le système à base de connaissance (David 1995). Celui-ci comprend un niveau d'abstraction supplémentaire intitulé le modèle conceptuel. Il contient également des connaissances de nature différente comme celles associées au raisonnement heuristique ou au raisonnement causal. Lorsqu'il a émergé, cet outil n'a pas eu le succès escompté. L'explicitation des connaissances tacites d'un expert est longue à gérer. De fait, cet outil est lourd à construire mais aussi à maintenir. Sa mésaventure est liée aussi à son adaptation exclusive à des savoirs mis en œuvre selon des recettes immuables du type artisan (Hatchuel, Le Masson et al. 2002). Or les savoirs sont souvent dynamiques. Dans certains cas, associé à un système d'aide à la décision, le système expert pourrait pourtant avoir un avenir prometteur (Reix 2004). En effet, lorsque les connaissances sont trop nombreuses pour être appréhendées par l'être humain (Leprêtre 2007), le système expert apporte une réponse pertinente.

Système de raisonnement à partir de cas

Le système RàPC est une méthode proche du système cognitif humain. Il est basé sur des cas stockés dans une base. Une solution est associée à chaque cas. Le couple (cas, solution) capitalise la connaissance. Le système examine la probabilité qu'un nouveau problème à résoudre soit proche d'un cas déjà enregistré. Par rapport au cas retenu, le système s'adapte éventuellement pour proposer une solution originale. La base de cas est alors mise à jour. La représentation des cas obéit à plusieurs types de modèles (Rakoto 2004; Rasovska 2006) **:**

- **Système textuel :** le cas est décrit sous la forme d'un texte libre ; la recherche sur les cas similaires s'établit par un calcul de fréquence de mots-clefs. Ce système n'assure pas un résultat pertinent.
- **Système structurel :** le cas est représenté sous forme de paires <attribut, valeur> ; seul ce système, parce qu'il est structuré, propose une adaptation des solutions. Le système structurel est le plus utilisé, car il est bien adapté au traitement de problèmes complexes.
- **Système conversationnel :** le système est interactif avec l'utilisateur. Il identifie le cas à traiter par étapes successives.

Un exemple d'application de RàPC est proposé par (Rakoto 2004) dans le cadre d'une production de biens industriels. L'application s'appuie sur une approche processus, grâce à un outil de workflow[69]. (Rakoto 2004) propose également une architecture dite 3C : Contextes, Cas et Connaissances. Les conditions d'apparition d'un événement sont décrites par le contexte. Le cas illustre l'expérience associée à l'événement. Les connaissances capitalisent les règles et les recommandations issues de l'analyse du cas.

Web sémantique

Si les KBE (Knowledge Based Engineering) partent de connaissances formalisées pour y simuler des raisonnements, le Web sémantique se situe à un autre niveau. Il exploite des ressources sémantiques associées aux objets de connaissance. Alors que les moteurs de recherche classiques type Google fournissent des listes de documents de plus en plus fournies, compte tenu de la multiplicité des sources, le Web sémantique a pour ambition d'aller plus loin en utilisant les ressources du Web d'une manière ciblée. L'exemple suivant l'illustre. Un internaute a une question du type : quels sont les inventeurs du Word

[69] Un outil de workflow est une application informatique qui accompagne un processus de travail dans une logique de coordination des acteurs

Wide Web ? Un moteur classique renvoie plus de 25 000 pages. Le moteur de recherche fondé sur le Web sémantique répondra : Sir Timothy John Berners-Lee et Robert Cailliau. Cependant, dans le web sémantique, ce type de question ne peut pas encore s'exprimer en langage naturel. Le Web sémantique reste en grande partie à construire. Il est une extension du Web. Il en utilise les ressources. Il s'appuie sur la gestion des métadonnées. Certains auteurs utilisent le terme d'indexation. Les métadonnées renseignent sur les sources d'information à savoir les documents mais aussi les personnes. L'indexation de ces sources d'information est soit automatique, soit semi-automatique. L'indexation semi-automatique intègre une part d'intervention humaine. Celle-ci introduit de l'arbitraire mais l'indexation automatique ne lève pas toutes les ambiguïtés notamment sémantiques. Ces deux types d'indexations peuvent s'appuyer sur une ressource sémantique extérieure i.e. une ontologie préexistante. Dans le cas où l'indexation humaine ne repose sur aucune terminologie prédéfinie, le système de classification basé sur la fréquence des termes s'appelle une folksonomie.

Les métadonnées sont des connaissances. Le langage de représentation de ce type de connaissance doit d'une part les différencier le plus possible, d'autre part les manipuler de la façon la plus complète et la plus rapide possible (Roussey 2001). Ainsi, pour arriver à la réponse ci-dessus "Sir Timothy John Berners-Lee et Robert Cailliau", l'ordinateur raisonne de façon automatisée sur des collections structurées d'informations à partir des règles d'inférence associées (Berners-Lee, Hendler et al. 2001). Le W3C[70] recommande l'utilisation du langage OWL[71] comme standard. OWL est un dialecte XML[72]. OWL indexe les ressources du Web (Abd-el-Kader 2006). Il sert à décrire les métadonnées associées. OWL s'appuie sur le modèle de graphe RDF[73] ainsi que sur RDF Schéma. Le modèle de graphe RDF définit uniquement une syntaxe. Il représente des objets et leurs relations sur la base d'un triplet sujet-prédicat-objet. Le langage RDF Schéma (RDFS) crée du vocabulaire. RDF Schema est un vocabulaire permettant de décrire des vocabulaires. C'est un des piliers du web sémantique puisqu'il bâtit des concepts, définis par rapport à d'autres concepts, ayant la particularité d'être partagés à travers le web. OWL gère aussi des règles logiques comme les systèmes experts le font. Le vocabulaire ainsi défini et le modèle associé constituent l'ontologie d'un domaine de connaissances. Cette ontologie est par définition partagée entre tous les acteurs d'un domaine. OWL est donc un langage de définition d'ontologies. Dans le cadre de la réalisation d'un web sémantique interne à une entreprise, cette ontologie peut également être restreinte à l'échelle d'une organisation. La construction de cette ontologie est éventuellement conduite (Dieng-Kuntz 2007) de façon semi-automatique à partir de documents internes en utilisant des outils linguistiques ou à partir de thésaurus.

F Synthèse sur les outils et les méthodes

Avec une autre approche, le cycle de gestion des connaissances de Grunstein illustré au paragraphe II-1-3A va nous servir de support à la présentation des outils et méthodes exploités dans la gestion des connaissances. Le cycle de gestion des connaissances de Grunstein propose quatre étapes **:** l'identification, la préservation, la valorisation ainsi que

[70] W3C : Word Wide Web Consortium est un consortium international qui propose des standards pour garantir l'interopérabilité sur le Web.
[71] OWL : Ontologie Web Langage
[72] XML : Extensible Markup Language. Ce langage informatique permet des échanges d'information entre systèmes informatiques hétérogènes.
[73] RDF : Ressource Description Framework

la mise à jour. L'actualisation des connaissances est inhérente à la gestion des connaissances. Les outils pour identifier les connaissances actualisées sont les mêmes que ceux exploités pour identifier des connaissances. Même si cela n'est pas précisé par Grunsdtein, ce cycle s'applique aussi bien aux connaissances tacites qu'aux connaissances explicites. Les outils et méthodes décrits ci-dessus manipulent surtout des connaissances explicites. Mais il existe également des outils favorisant les interactions entre les individus. Les quatre étapes sont reprises dans le Tableau II-4 ci-dessous **:**

<table>
<tr><th>Cycle de gestion des connaissances</th><th>Type de connaissances</th><th colspan="2">Repérer - Actualiser</th><th>Préserver - Stocker</th><th>Valoriser - Diffuser</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Descriptif des modalités</td><td rowspan="3">Connaissance explicite</td><td>Ingénierie des connaissances basée sur des entretiens et sur de la gestion documentaire</td><td rowspan="2">Aboutissant à des documents et à des modèles</td><td rowspan="3">Guide des bonnes pratiques, serveur de connaissances, outils du type système expert et système de raisonnement à partir de cas</td><td>Diffusion systématique des connaissances</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Gestion par projet</td><td rowspan="2">Recherche de connaissances à partir d'un problème donné en utilisant éventuellement des ressources sémantiques</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td>Connaissance tacite</td><td colspan="2">Annuaire associé à des communautés de savoir</td><td>Gestion des ressources humaines</td><td>Apprentissage</td></tr>
</table>

Tableau II-4 : mode de gestion des connaissances

II-2-3 Conclusion sur la gestion patrimoniale des connaissances

Les outils associés à l'intelligence artificielle (Nonaka 1994) comme les systèmes experts ont fait émergé les premiers la question de la gestion informatique de la connaissance. Ces outils ont vite montré leurs limites. En effet, les connaissances sont dynamiques. Dans des outils de gestion des connaissances, leur mise à jour est permanente et peut donc s'avérer coûteuse. Par ailleurs, la connaissance est mobilisée par l'être humain selon des processus cognitifs complexes et changeants. Formaliser cette mobilisation conduit souvent à un appauvrissement du raisonnement et donc à son inutilité dans la majorité des cas. **De manière plus large, les technologies de l'information et de la communication[74] ne peuvent pas s'adapter aux changements de contexte (Leprêtre 2007). Les TIC ne se substituent pas -ou difficilement- à l'apprentissage et au raisonnement (Leprêtre 2007). Par contre, leur force est dans le stockage des connaissances et dans l'exploration de celles-ci.** Ainsi, la communauté de recherche sur "l'ingénierie des connaissances" a fait évoluer ses thématiques de recherche depuis les outils du type système expert vers les méthodologies de recherche associées au Web sémantique (Charlet, Zacklad et al. 2000). Pour la gestion des connaissances, cette évolution illustre les limites d'une démarche scientifique reposant sur un travail purement informatique. La composante humaine du processus de création de connaissances ne peut pas être ignorée sans risque. Au-delà de la constitution d'un patrimoine de connaissance, son renouvellement n'est pas dissociable des démarches d'invention et d'innovation. Nous allons donc aborder ces questions dans le paragraphe suivant.

[74] TIC : Technologies de l'Information et de la Communication

II-3 LA GESTION DES CONNAISSANCES POUR LA CONCEPTION INNOVANTE

Le premier paragraphe II-3-1 examine la distinction entre l'invention et l'innovation ainsi que les liens qui relient ces deux concepts aux connaissances. Le second paragraphe II-3-2 traite des outils propices à l'émergence d'idées nouvelles mais aussi de la conception innovante.

II-3-1 Connaissance, invention et innovation

Une invention est à la fois originale et réalisable (Moles 2008). Pour autant, une réponse à une demande sociale n'est pas assignée à l'invention. Par opposition, une innovation n'existe que si elle est acceptée par le milieu social (Alter 2000). Une invention, une fois validée, va donc produire de nouvelles connaissances. Elle n'aboutit pas nécessairement à une innovation. Une innovation, une fois acceptée, va produire, en plus de nouveaux savoirs, des usages originaux. Une innovation se construit sur une ou plusieurs inventions ou plus largement sur des connaissances. Mais de même, Joseph Schumpeter, économiste du XXe siècle, cité dans (Le Masson, Weil et al. 2006) souligne qu'il existe des innovations sans invention.

Le processus de l'invention se distingue de celui de l'innovation. L'invention est autant dans la bonne formulation du problème que dans sa solution (Moles 2008). L'inventeur individuel ou collectif respecte les étapes suivantes (Moles 2008). Il s'immerge dans les connaissances associées au sujet qui l'intéresse. A l'issue d'une période d'incubation, une solution peut émerger à partir de la confrontation d'idées, de leur reformulation ou de l'imagination. Enfin, l'inventeur valide la solution et démontre son caractère universel. Pour sa part, l'innovateur remet en cause l'ordre social en tentant de lui faire accepter une invention (Alter 2000) ou un nouvel usage social d'un produit. Le processus de production d'une innovation est donc risqué. Selon l'expression de Joseph Schumpeter, elle est une "destruction créatrice". Joseph Schumpeter propose le schéma suivant. Alors que le contexte de production et de consommation est routinier, un entrepreneur innove. A l'issue d'un combat âpre et risqué, l'intérêt de l'innovation peut être acquis. Les profits résultant de cette réussite vont conduire d'autres entrepreneurs à l'imiter. Une nouvelle stabilité du système se construit. Pour Schumpeter, les innovations sont à la source de nombreuses crises du système productif mais aussi de sa croissance. L'innovation est ainsi au cœur de l'évolution économique. Elle est pourtant une action non logique (Alter 2000). D'une part, les motivations de l'innovateur sont le goût de l'action ainsi que la reconnaissance sociale. D'autre part, les premiers acteurs investissant dans l'innovation sont portés par une croyance dans l'intérêt du système (Alter 2000) plus que par une rationalité de la démarche indémontrable à ce stade.

Dans le monde économique, Joseph Schumpeter, cité par (Hamdouch 2008), a identifié cinq grands types d'innovation : "la fabrication d'un bien nouveau, l'introduction d'une méthode de production nouvelle ou de nouveaux moyens de transport, la réalisation d'une nouvelle organisation, l'ouverture d'un débouché nouveau, la conquête d'une nouvelle source de matières premières". La fabrication d'un bien nouveau est plus risquée qu'une innovation sur une méthode de production. En effet, un nouveau produit met en jeu la question de sa viabilité commerciale alors qu'un nouveau procédé a une

dimension pour l'essentiel technique. Les deux types d'innovation ne sont pas évalués de la même façon (Le Masson, Weil et al. 2006). L'évaluation d'une innovation d'un produit examine le chiffre d'affaires généré, alors que l'évaluation d'une innovation du processus de fabrication d'un produit porte sur la mesure de l'amélioration éventuelle de sa productivité.

Une invention s'inscrit dans l'hypothèse évolutionniste de la "dépendance du sentier" (Benhamou, Ermine et al. 2001; Courteille, Allot et al. 2002; Bezard 2007) i.e. que l'invention ne surgit pas d'une page blanche mais qu'elle émerge de l'environnement dans lequel elle s'est construite. Une entreprise doit être en mesure d'analyser tant ses succès que ses échecs (Garvin 1993). Le caractère "collant" des connaissances et des compétences associées explique en partie cette dépendance de la créativité aux processus historiques. Une innovation s'inscrit également dans le patrimoine des connaissances et respecte donc la dépendance du sentier. Le concepteur imite le passé mais innove également en initiant de nouvelles idées. L'invention comme l'innovation ne signifie jamais une rupture. Elles sont toujours incrémentales dans le sens où elles se rajoutent au patrimoine de connaissances déjà constitué qu'elles complexifient (Rey 2005). En revanche, l'usage associé à l'innovation est de deux types : soit il est incrémental, soit il représente une rupture. L'innovation incrémentale ne provoque pas de grands changements (exemple du téléphone fixe sans fil) alors que l'innovation de rupture provoque des bouleversements pour les utilisateurs (cas du téléphone mobile).

II-3-2 Les méthodes de découverte

(Alberti 2009) définit la créativité comme "une faculté de l'esprit de réorganiser et d'exprimer de façon intelligible les éléments du champ de perception de façon originale et susceptible de donner lieu à des opérations dans un quelconque champ phénoménal". De nombreux modèles théoriques de créativité existent. Ils s'appuient sur deux phases essentielles (Alberti 2009). La première phase, intitulée divergence, explore des solutions originales. La seconde phase, dite de convergence, évalue et retient une solution acceptable.

La créativité émerge généralement d'une bonne coordination entre le savoir-faire interne à une organisation, selon l'hypothèse évolutionniste, et les savoirs extérieurs accessibles par la veille technologique (Bezard 2007). L'une des pathologies cognitives des entreprises réside souvent dans leur manque de gestion des connaissances qui leur sont extérieures. (Le Boterf 2008) met en avant que le savoir se partage autant qu'il s'accumule. Les idées nouvelles émergent ainsi du croisement de disciplines diverses et par analogie. On notera que le modèle SECI de Nonaka fait porter ce brassage par l'organisation, mais également (Nonaka 1994) par les individus qui interfèrent chacun avec le monde extérieur (voir Figure II-2). Le modèle de la marguerite de Jean-Louis Ermine (voir Figure II-3) donne pour sa part à l'organisation un rôle plus volontaire dans la recherche d'information par la pratique de l'intelligence économique.

L'épistémologie des inventions (Altshuller 1984; Hatchuel et Weil 2002; Alberti 2009) fournit des outils et des méthodes pour orienter l'inventeur, en quelque sorte pour l'aider à découvrir. Cette rationalité s'affranchit du processus essais-erreurs qui est pourtant à la base de la plupart des inventions. Or, le processus essais-erreurs mobilise beaucoup de temps et d'énergie. Les processus combinatoires, les évolutions systématiques autour d'un sujet et les mémoires numériques participent de ces outils possibles pour un inventeur (Moles 2008). Dans certaines configurations expérimentales, des outils

numériques multiplient les expériences à moindre coût avant la réalisation d'un prototype nécessairement plus coûteux (Thomke 2001). L'innovation a une dimension supplémentaire puisqu'elle repose sur son acceptabilité par le corps social. Même si le processus de déploiement d'une innovation a des fondements peu rationnels, son acceptabilité est mesurée par des outils marketing (Pichat 2008) ou par des outils évaluant l'innovation par exemple d'un point de vue social, économique et environnemental.

(Alberti 2009) a recensé un certain nombre de méthodes d'aide à la créativité. Elles croisent cinq logiques de fonctionnement de la créativité (Vadcard 1996) : associative, analogique, combinatoire, onirique et aristotélicienne ("démarche logique d'organisation arborescente des idées et des concepts" selon (Alberti 2009)). Cinq méthodes sont particulièrement connues et diffusées.

- **Dans une séance de brain-storming**, les participants proposent leurs idées librement. Le groupe accepte d'examiner toutes les idées sans manifester de jugement sur ceux qui les ont exprimées.
- **La démarche Six Sigma** pour sa part est une recherche permanente de la perfection (Billam et Pathy 2002). Cette méthodologie est bien adaptée au processus. Elle est proche conceptuellement de la qualité totale. Cinq étapes structurent Six Sigma : définir, mesurer, analyser, améliorer, contrôler.
- **La méthode Triz et l'analyse de la valeur** sont plus spécifiquement décrites dans les deux paragraphes qui suivent.
- **La théorie C-K** de (Hatchuel et Weil 2002) est également abordée ci-dessous à travers les processus de conception réglée ou innovante.

A La méthode Triz

Durant la seconde moitié du XXe siècle, son concepteur russe, Guenrich Altshuller, étudie l'évolution des systèmes techniques (Cavallucci 1999) à partir de quatre sources : des dizaines de milliers de brevets, les comportements psychologiques des inventeurs, les outils et méthodes existants, enfin la littérature scientifique. Il fait émerger un processus rationnel de la créativité. Une invention s'appuie sur ce qui a déjà été inventé mais pas nécessairement dans le domaine de compétence de l'inventeur (Altshuller 1984). Elle s'inscrit dans des règles. La méthode Triz cherche à atteindre un Résultat Idéal Final (RIF) avec méthode en s'appuyant sur les connaissances selon le principe de l'entonnoir illustré dans la Figure II-6.

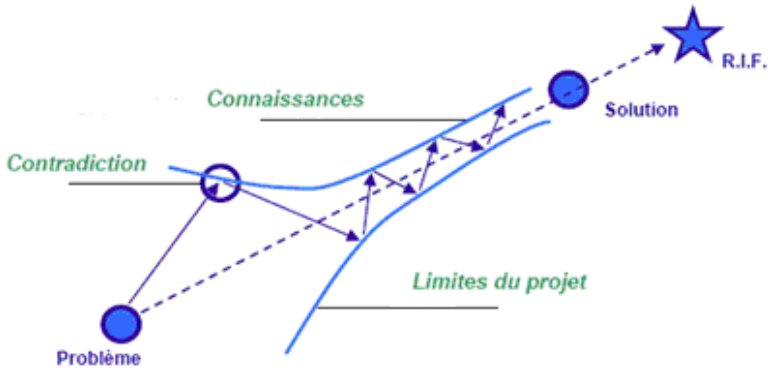


Figure II-6 : le principe de l'entonnoir de la théorie TRIZ

La théorie Triz présentée ci-dessous est décrite dans (Altshuller 1984; Altshuller 1997). Cette approche est systémique. Le système technique est l'objet de cette théorie. Il est constitué de sous-systèmes et il s'inscrit lui-même dans un super-système. Chaque système a une fonction utile. Il a une durée de vie. Son évolution obéit à des lois. A défaut, il est non viable. Guenrich Altshuller distingue huit lois évolutives.

Triz propose la méthode cadre ARIZ[75] pour résoudre un problème d'un système technique (Cavallucci 1999). Cette méthode contient trois phases principales (Figure II-7 : résoudre un problème par Triz). Un problème complexe est reformulé en un problème simple. Des solutions ayant fait leurs preuves sont recherchées. Enfin, la solution la plus pertinente est recontextualisée.

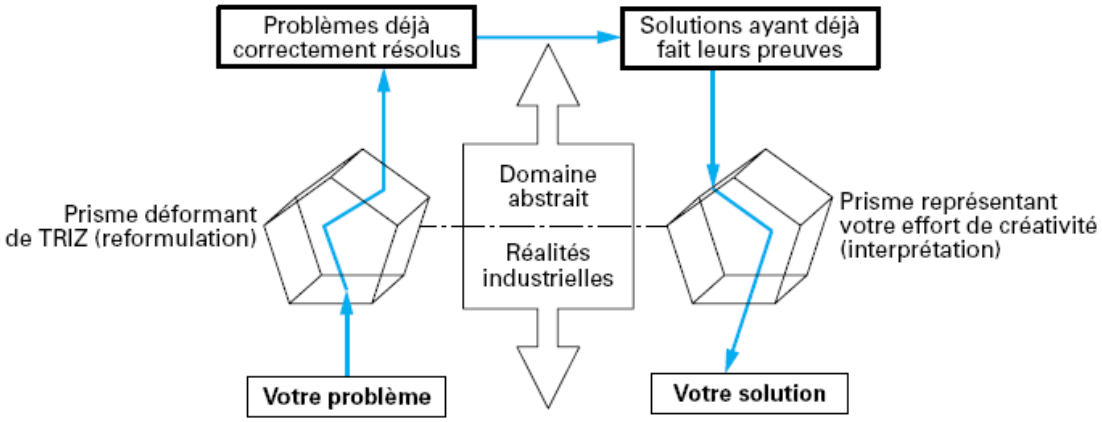


Figure II-7 : résoudre un problème par Triz (Cavallucci 1999)

Guenrich Altshuller identifie deux obstacles majeurs à la créativité i.e. à l'évolution des systèmes techniques : des contradictions apparemment insurmontables, ainsi qu'une inertie psychologique (Cavallucci 1999).

[75] ARIZ : Algorithme de résolution des problèmes d'innovation

- **La contradiction** : Une amélioration d'un des éléments du système se confronte souvent à la détérioration des autres éléments du système. Cette contradiction doit être dépassée non pas par un compromis mais par une solution originale. La méthode Triz comporte des outils pour surmonter ces contradictions.
    - La matrice de résolution des contradictions technologiques porte trente-neuf paramètres, les mêmes en abscisse et en ordonnée. Chaque cellule recense les conflits possibles entre les paramètres d'origine. Pour régler ces conflits, Guenrich Altshuller a distingué quarante principes fondamentaux génériques de résolution des problèmes (Altshuller 1997). Pour exemple, une solution consiste à créer une asymétrie sur le système technique qui pose problème. Certains de ces quarante principes -mais pas tous- sont proposés pour résoudre les conflits mis en évidence entre deux paramètres.
    - Les contradictions physiques s'expriment sur un même paramètre. Ainsi, si un système technique doit être à la fois froid et chaud, un procédé de résolution de cette contradiction est de séparer chronologiquement les deux états de température du système technique. La méthode Triz énonce onze procédés pour résoudre ce type de contradiction physique.
- **L'inertie psychologique** : La méthode Triz s'appuie sur le principe que l'essentiel d'un problème peut être débloqué par le recyclage des connaissances. Cependant, celles-ci sont parfois étrangères à l'inventeur qui ne fera par l'effort, par inertie psychologique, d'y accéder. Des outils Triz ont pour vocation de briser cette inertie (Cavallucci 1999) en favorisant la curiosité interdisciplinaire.
    - Ainsi les opérateurs DTC[76] conduisent l'inventeur à se poser six questions : et si le système technique était minuscule, immense, opérait instantanément, en un temps infini, était très cher ou au contraire très bon marché ? Rechercher des réponses à ces questions force l'inventeur à changer de modèle mental.
    - Un autre outil est celui des hommes miniatures. A l'intérieur d'un système technique, la zone de conflit est remplie d'hommes miniatures. Ceux-ci regardent le problème et cherchent à trouver une solution.

D'autres outils existent comme l'analyse Vépole qui modélise les interactions entre plusieurs éléments du système ou bien la matrice des 9 écrans qui étudie l'évolution des systèmes. Tous ces outils s'intègrent dans la méthode cadre ARIZ.

Triz regroupe un ensemble de dispositifs plus ou moins indépendants adaptés à la résolution de problèmes (Hatchuel 2004). De fait, des bureaux d'études se sont appropriés Triz et des logiciels[77] se sont développés à partir de Triz, car cette méthode marche (Ameglio 2005). Mais malheureusement, Triz manque d'une base théorique (Hatchuel 2004). Les scientifiques ont donc peu adhéré à Triz.

B L'analyse de la valeur

Cet outil méthodologique a pris naissance aux Etats-Unis au lendemain de la seconde guerre mondiale. Cette démarche sert à concevoir ou à reconcevoir un produit industriel, un produit immatériel, voire des processus industriels (AFNOR 1985). La logique

[76] DTC : Dimension, Temps, Coût

[77] En particulier, l'outil Goldfire, développé par la Société Invention Machine, est connu des grandes entreprises.

générale de l'analyse de la valeur est d'atteindre le meilleur rapport qualité/prix par rapport à l'attente du client. L'analyse de la valeur est largement diffusée dans les entreprises mais aussi dans les services.

La définition normalisée de la méthode (AFNOR 1990) est la suivante : "Méthode de compétitivité, organisée et créatrice, visant la satisfaction du besoin de l'utilisateur par une démarche spécifique de conception à la fois fonctionnelle et pluridisciplinaire". Cette définition insiste sur le caractère multidisciplinaire et créatif de la démarche. Elle a également une dimension organisée et économique. Elle considère un produit ou un service comme un ensemble de fonctions. Les fonctions sont identifiées, évaluées et hiérarchisées selon les besoins du client. La créativité de la méthode s'applique autant à la recherche de nouvelles fonctionnalités qu'à des solutions innovantes de production (Alberti 2009).

L'analyse de la valeur est le fruit d'un travail collectif (AFNOR 1985). Un décideur valide une thématique, un animateur ainsi qu'un groupe d'étude constitué de personnes compétentes. Le plan de travail comprend usuellement sept phases (AFNOR 1990; Jouineau 1993) :

1. orientation de l'action ;
2. recherche de l'information ; ce terme est générique et il peut être confondu avec celui de la connaissance ;
3. analyse des fonctions et des coûts, validation des besoins et des objectifs ; cette étape aboutit à la rédaction du cahier des charges fonctionnelles. Ce document est précis sur ce qui est attendu. Le document exprime une exigence de résultats et non une exigence de moyens. La démarche autorise également la flexibilité avec des fonctions légèrement variantes par rapport aux fonctions attendues ;
4. recherche d'idées et de voies de solutions ; la liberté technique prévaut dans la recherche de solutions, sous réserve de la prise en compte des contraintes préalablement identifiées. La phase quatre est conduite en parallèle de la phase cinq. Durant ces deux phases, le dialogue est organisé entre ceux qui conçoivent, fabriquent et commercialisent ;
5. étude et évaluation des solutions ;
6. bilan prévisionnel, présentation des solutions retenues, décision ;
7. réalisation, suivi, bilan.

L'analyse de la valeur a fait ses preuves. Quoique ancienne, cette démarche est toujours d'actualité dans le monde professionnel, car elle a été en partie rénovée (Jouineau 1993). Elle est très centrée sur la conception au sein d'une entreprise.

C Vers une organisation orientée conception : la théorie C-K

Nous allons décrire la théorie unifiée de la conception proposée par une équipe d'enseignants chercheurs de l'école des mines de Paris dans (Le Masson, Weil et al. 2006). (Hatchuel, Le Masson et al. 2002) critiquent une gestion des connaissances trop repliée sur elle-même. Pour un même bien ou service, pouvoir générer et évaluer des voies de conception est un atout pour une entreprise (Rianantsoa, Yannou et al. 2008). L'état instable du monde industriel contemporain, la remise en cause permanente des connaissances et des fonctionnements internes de l'entreprise impliquent un changement de paradigme. Le nouveau capitalisme serait un capitalisme de l'innovation intensive (Hatchuel, Le Masson et al. 2002). L'innovation ne s'y inscrirait plus comme une bonne coordination entre recherche et développement dans une logique classique de R&D. De

plus, la gestion des connaissances ne croiserait pas uniquement la gestion de projet et l'animation de communautés professionnelles (voir définition dans le paragraphe II-4-2 sur Les communautés professionnelles). Elle serait plus dynamique en accompagnant la conception même du produit (Hatchuel, Le Masson et al. 2002). L'innovation serait au cœur de la mobilisation de la recherche et du développement pour produire "en permanence et simultanément de nouvelles sources de valeurs et des compétences inédites" (Le Masson, Weil et al. 2006). L'espace d'organisation de l'innovation serait à l'échelle de l'entreprise et non plus à la seule dimension du projet. A la R&D, ces auteurs substituent la RID. Elle associe étroitement Recherche, Innovation et Développement à travers le processus de conception. Ils distinguent ainsi deux conceptions : la conception réglée et la conception innovante.

- **Dans la conception réglée**, les objectifs de conception, les compétences ainsi que les processus de validation sont bien définis et stables. Une conception réglée n'est pas nécessairement innovante.
- **Dans la conception innovante**, le raisonnement s'applique à un champ d'innovation. Les objectifs de conception, les compétences ainsi que les processus de validation deviennent instables. La conception s'inscrit dans un cadre de renouvellement simultané des objets et de leur identité même, des savoir-faire, des savoirs et des compétences ainsi que des relations au sein de l'entreprise. La conception innovante active la recherche et le développement. Les produits sont regroupés en lignées. Elles s'organisent autour de compétences-clés. La conception innovante mobilise un grande diversité d'acteurs comme par exemple les designers, les agents du marketing, les clients (Le Masson, Weil et al. 2006) à tous les niveaux de l'entreprise et hors de celle-ci. Cette approche souple des équipes de projet est partagée par (Drucker 1998). Ces partenaires s'associent dans un contexte où la coordination autour d'objets aux identités indéterminées ainsi que la cohésion, i.e. l'intérêt à travailler ensemble, sont incertaines. Tous les acteurs n'y ont, bien entendu, pas le même rôle tant en termes d'expertise, d'autorité que de prescription (Hatchuel, Le Masson et al. 2002). Le modèle de la conception innovante est ainsi très éloigné du taylorisme où la vision de la conception est descendante depuis ceux qui pensent (la recherche) vers ceux qui produisent (le développement). Dans ce processus de conception innovante, les connaissances sont produites en excès par rapport au produit développé. Mais ces connaissances sont réutilisées dans le cadre d'autres innovations, en particulier à travers la lignée du produit développé mais aussi entre lignées.

Ces deux conceptions ne s'opposent pas. Elles sont complémentaires. La théorie C-K développée par (Hatchuel et Weil 2002) formalise cette théorie unifiée de la conception. Elle est issue de la méthode de séparation et d'évaluation (Branch and bound). Pour pouvoir innover, il faut dépasser le cadre des connaissances car une logique d'expansion est en œuvre. Une conception a alors besoin d'un espace des concepts distinct de l'espace des connaissances pour formaliser des idées nouvelles. La théorie C-K repose donc sur deux espaces :

- **l'espace des connaissances K** ; K est une proposition ayant un statut logique ;
- **l'espace des concepts C** ; C est une proposition ayant un statut non logique.

La dynamique d'échange entre ces deux espaces abstraits va marquer le processus de conception. L'un des intérêts de la théorie C-K est de tracer le raisonnement associé à la conception et d'y joindre la mobilisation des connaissances voire la production de nouvelles connaissances.

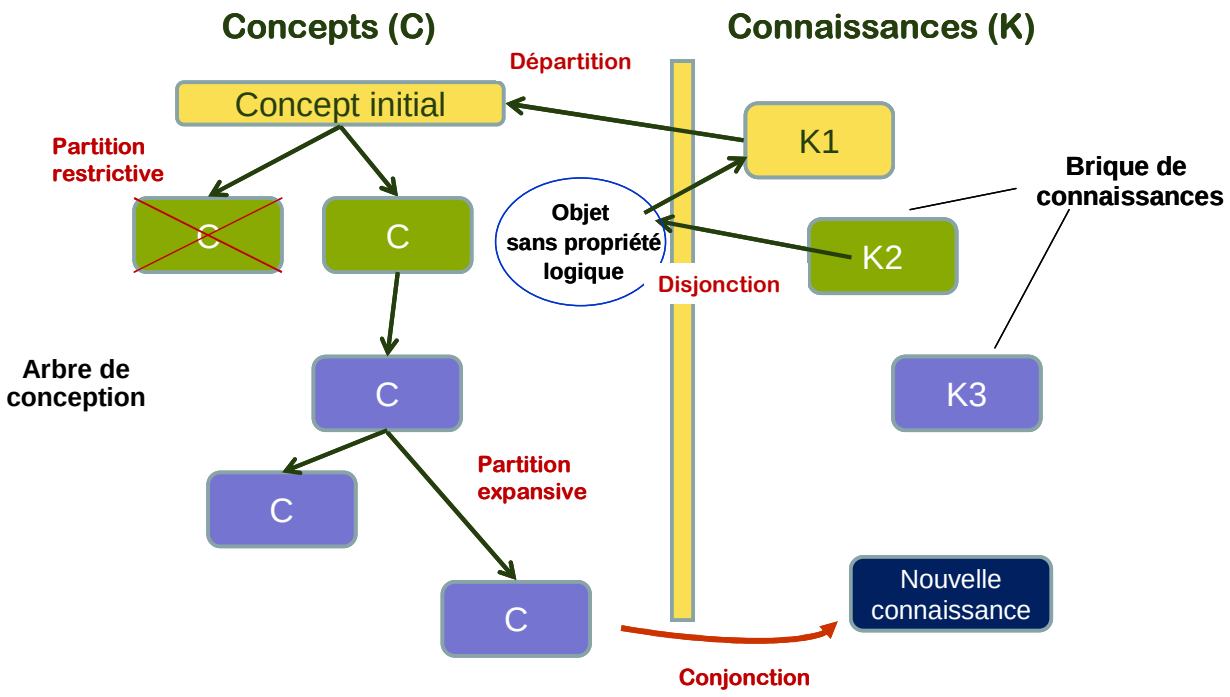


Figure II-8 : espace des concepts et des connaissances

Nous allons expliciter les différentes opérations développées dans le diagramme C-K et illustrées dans la Figure II-8.

- **La disjonction K-C** : elle marque le début du raisonnement de conception. Nous explorons les connaissances existantes pour résoudre un problème. Lorsque les connaissances les plus proches du problème posé n'apportent pas de solution, un problème donné est alors transformé en concept. Ce concept a une propriété non logique.
- **La départition** : si ce premier concept est sans solution apparente, la départition mobilise des connaissances pour établir un second concept sur lequel des raisonnements sont possibles.
- **La partition** comprend deux opérateurs : la partition restrictive ainsi que la partition expansive. La partition expansive assure l'expansion de l'espace des concepts. La partition restrictive restreint l'espace des possibles. Des propriétés sont rajoutées au concept. Ce processus est créatif mais ces propriétés, pour être crédibles, sont issues de connaissances. Celles-ci sont parfois très éloignées du sujet traité. L'invention ou la surprise peuvent alors surgir du raisonnement. Ce processus aboutit à une ou plusieurs propositions.
- **La conjonction C-K** arrête le raisonnement de conception. Si la proposition finale est évaluée positivement, elle acquiert un statut logique. Elle transite de l'espace des concepts vers celui des connaissances. La dernière proposition devient une connaissance. L'expansibilité s'applique donc également aux connaissances.

Ce processus heuristique illustre le lien entre concept et connaissance. L'expansion de l'un ou l'autre des deux espaces est liée à leur dynamique de relations. La conception innovante appelle un travail à la fois conceptuel et documenté. Elle n'est pas sans rappeler les méthodes par la mémorisation de construction de projet présentée au paragraphe II-2-2E "Du tacite à l'explicite : l'explicitation". Elle est cependant originale car elle combine tous les raisonnements aboutissant ou non à des connaissances. Elle

assure ainsi la traçabilité de la conception et de la connaissance mobilisée. Elle affiche aussi clairement ce qui procède des connaissances admises de ce qui est du domaine des connaissances nouvelles.

II-3-3 Conclusion sur la gestion des connaissances pour la conception innovante

Nous avons étudié différentes méthodes d'innovation. La méthode Triz est très centrée sur les outils pour la résolution de problèmes. L'approche par la conception guide la théorie C-K ou l'analyse de la valeur. Triz peut apporter une aide complémentaire à des méthodes de conception comme l'analyse de la valeur (Durand, Weite et al. 2007). La conception n'est pas toujours associée à l'innovation même si les liens entre les deux termes sont forts. Ainsi, (Alberti 2009) définit la conception comme une "structuration routinière de combinaison d'éléments d'un référentiel d'activité". Cette définition est proche de celle de la conception réglée abordée ci-dessus. Les trois démarches Triz, analyse de la valeur, théorie C-K utilisent cependant activement des connaissances. **Cette mobilisation accrue du savoir est bien l'une des conditions requises pour développer des produits et des processus innovants dans le cadre d'une conception innovante. Or, les savoirs tacites et explicites sont (Restrepo 2006) d'une part pluridisciplinaires et d'autre part détenus par de nombreux individus disséminés géographiquement. La conception innovante est donc une activité où la coopération est inévitable (Restrepo 2006). Le travail de conception mobilise ainsi des tâches organisationnelles (Hatchuel et Weil 2002) autant que cognitives. L'innovation se construit de plus en plus autour de partenaires ayant des origines diverses comme dans le cas d'une entreprise étendue (Février Quésada, Darses et al. 2003)**. Durant les années 90, de nouveaux outils tels les "groupware" ont développé des espaces numériques de travail coopératif encore dénommés CSCW[78]. Pourtant, la littérature signale beaucoup d'échecs (Restrepo 2006). Dans les deux paragraphes II-4 et II-5 ci-dessous, nous nous intéressons donc à l'organisation puis aux conditions propices à l'installation réussie des outils de gestion des connaissances.

II-4 L'ORGANISATION POUR METTRE EN ŒUVRE LA GESTION DES CONNAISSANCES ET L'INNOVATION

Dans le paragraphe II-4-1, nous traitons de la problématique d'un outil de gestion collaborative des connaissances comme l'outil wiki. Puis nous décrivons les communautés professionnelles dans le paragraphe II-4-2. Nous enchaînons sur la question de la pertinence d'une gestion ascendante ou descendante des connaissances dans le paragraphe II-4-3.

[78] CSCW : Computer Supported Cooperative Work

II-4-1 Problématique d'un outil de gestion collaborative des connaissances : exemple du wiki

La plupart des outils collaboratifs reposent sur une architecture internet. Elle assure un accès facile à tous les opérateurs. Cela n'est pas sans conséquence organisationnelle. Alors que les entreprises sont surtout fondées sur des relations hiérarchiques ou bien matricielles autour de projets et de regroupement de compétences, les technologies du Web 2.0 offrent une forte potentialité de démultiplier les réseaux de sociabilité (Mielnik et Félix 2007). Ce potentiel y est encore peu exploité. Les forums ou les chats sont des outils collaboratifs. Ils produisent des connaissances grâce aux interactions entre les membres d'une même communauté d'intérêts. Ces connaissances sont peu formalisées. Elles ont une durée de vie limitée. Même si les auteurs sont authentifiés[79] et ont une réputation à défendre, la question de la validation des connaissances échangées se pose. Un système wiki est un système collaboratif. Son édition n'implique pas systématiquement l'utilisation d'une syntaxe informatique[80] (Ouni 2007). Il peut être accessible et modifiable en langage naturel par n'importe quel utilisateur autorisé. Leur vision des connaissances est commune. Elles sont localisées. Des dispositifs de recherche permettent de les retrouver. **Cependant, dans un wiki, le processus de production de connaissances est fondée sur la recherche d'un consensus et non pas sur une validation par le plus grand nombre.**

Le wiki est également efficace pour capitaliser des connaissances partagées entre experts (Beylier 2007). Selon leurs droits, ils y accèdent en écriture ou en lecture. Elles sont mises à jour en continu par interaction entre plusieurs auteurs ayant ces droits d'écriture. La désignation d'un responsable pour chaque connaissance produite valide la mise à jour des connaissances. En entreprise, ces interactions ou le processus de validation sont une source possible de difficultés car les contributeurs veulent garder la propriété de leur travail et donc conserver des droits exclusifs en écriture sur leur production (Ouni 2007). Une solution est de faire cohabiter des espaces collaboratifs et des espaces d'édition personnels (Ouni 2007).

Le wiki n'est pas encore pleinement accepté dans le monde de l'entreprise (Buffa, Ereteo et al. 2007). Une des explications de cette mauvaise diffusion est, nous l'avons vu, l'existence d'une culture de l'entreprise peu propice à la diffusion d'outils aussi ouverts dans leur mode de fonctionnement. L'autre explication réside dans le manque de structuration des connaissances explicitées. Les contributeurs alimentent les systèmes wikis en langage naturel. Les connaissances y sont donc non formalisées. (Baumeister, Reutelshoefer et al. 2007) proposent de structurer les connaissances en mettant par exemple à disposition des listes déroulantes sur certaines fonctions importantes. Cette procédure a pour avantage principal de rendre en partie manipulable les concepts, voire d'offrir aux utilisateurs des raisonnements automatisés. Le wiki sémantique répond à ce dernier manque en offrant aux usagers la possibilité d'indexer les pages saisies. Cette indexation se réfère éventuellement à une ontologie existante (Buffa, Ereteo et al. 2007). Le wiki sémantique offre des recherches plus approfondies que celles basées uniquement sur des mots clés (voir paragraphe II-2-2E.2 sur le Web sémantique).

[79] Pour l'engagement d'un auteur, un pseudo n'a cependant pas le même impact qu'une signature professionnelle basée sur le nom de son institution associé au nom de l'auteur.

[80] Un outil wiki s'écrit à partir d'une syntaxe informatique le wiki. Mais il peut fournir également des éditeurs de texte très proches de ceux proposés dans les outils classiques de traitement de texte.

Deux exemples d'outils collaboratifs associés au système wiki sont proposés par (Beylier 2007) et (Buzon 2006).

- **Descriptif de l'outil collaboratif proposé par (Beylier 2007)** : contrairement à l'approche du type raisonnement à partir de cas, le système de gestion des connaissances de (Beylier 2007) ne propose pas de solutions adaptées au problème posé. Son approche est de fournir des sources d'information sur des techniques utiles à la résolution de problèmes. Ses techniques sont enrichies progressivement par des traces issues de leurs expériences par des utilisateurs. Cette démarche est intéressante car les connaissances d'une communauté de pratiques sont partagées sans mobiliser de façon excessive les utilisateurs. Elle procède d'une codification des connaissances mais aussi de leur personnalisation. Comme le système de gestion est ascendant, un risque se présente de construire des données non validées. (Beylier 2007) propose de construire cette validation des informations recueillies par étape.
- **Descriptif de l'outil collaboratif proposé par (Buzon 2006)** : un autre outil collaboratif a été développé par (Buzon 2006) dans le cadre des opérateurs d'une chaîne logistique de production de meubles. Il est fondé sur la création de fiches de connaissances. Ces fiches sont modifiables par l'intermédiaire d'un navigateur internet. Chaque modification est signée par son auteur. Cette identification oblige le rédacteur à être crédible dans ses modifications, car sa réputation professionnelle est en jeu[81]. Chaque fiche de connaissance est construite autour de six éléments standardisés :
    - un jeu de métadonnées classe les fichiers de connaissance. Certaines de ces métadonnées métiers associées entre elles produisent une ontologie du domaine. Les données plus documentaires telles que l'auteur, la date de création de la fiche, illustrent l'ontologie descriptive. Le web sémantique assure la recherche de ces fiches ;
    - une description textuelle ;
    - une illustration fondée sur la modélisation UML[82], une image ou un fichier ;
    - des documents qui tiennent les connaissances explicites ;
    - des personnes ressources qui portent les connaissances tacites ;
    - des commentaires des utilisateurs des connaissances.

Les outils collaboratifs efficaces s'avèrent peu nombreux (Beylier 2007). Ils soulèvent des problèmes récursifs **:**

- **l'appropriation de ces outils par les utilisateurs** et leur participation. Un système de rétribution qui reconnaît la qualité des contributions favorise cette participation (Rakoto 2004) ;
- **la difficulté de cibler l'outil** par rapport à la diversité des utilisateurs potentiels et à leur niveau de compétence ;
- **la nécessité d'une langue commune** (Lanteigne et Laforest 2007), voire d'une standardisation de la modélisation des connaissances ;
- **la validation des connaissances** mises en ligne et leurs mises à jour régulières.

[81] A l'inverse, la collaboration à un serveur de connaissance renforce le prestige du contributeur selon Brown, J. S. et P. Duguid (2000). "Organizing knowledge." Harvard Business Review.

[82] UML : Unified Modeling Language UML est un langage objet de modélisation graphique des données et des traitements. Il spécifie la thématique d'une application informatique en amont de l'écriture de son code.

II-4-2 Les communautés professionnelles

Autour d'une ou plusieurs finalités professionnelles, un réseau relie des personnes qui échangent des ressources dans un climat de confiance (Le Boterf 2008). Ce mode d'organisation en réseau facilite la recherche de solutions à des problèmes de plus en plus complexes. Ce réseau est reconnu socialement. Cependant, il ne se pilote pas de l'extérieur (Wenger et Snyder 2000). Il a un mode de fonctionnement transversal (Tendron 2007) qui s'oppose au mode de fonctionnement hiérarchique et vertical de l'entreprise. La hiérarchie peut, malgré tout, favoriser le développement de ces réseaux (Wenger et Snyder 2000). Les flux de connaissances transversaux générés sont selon les cas des savoirs tacites ou explicites. Ces communautés parcourent tout ou partie du cycle SECI. Les technologies de l'information et de la communication favorisent l'émergence de ces communautés professionnelles. Lorsque les échanges ont lieu uniquement sur un espace virtuel, alors la communauté professionnelle est dite virtuelle (Boughzala 2007a). Lorsqu'elle est basée sur le volontariat, elle fonctionne selon une logique déjà abordée de don et de contre-don. Dans un réseau, une partie importante de ses membres se sent engagée socialement parce qu'elle reçoit et donc offre en retour une partie de ses propres ressources cognitives. La typologie des communautés professionnelles est décrite par une nomenclature riche et non stabilisée : communauté de pratique, communauté d'apprentissage, communauté de projet ou communauté de métier, communauté d'actions collectives, communauté de savoir, réseau de partage et de capitalisation de pratiques (Boughzala 2007a; Le Boterf 2008).

- **La communauté de pratique** a été décrite par (Wenger 1998). Elle est centrée sur la question de l'apprentissage.
- **La communauté de projet**, encore dénommée par (Le Boterf 2008) communauté d'actions collectives, mobilise en effet plusieurs domaines de connaissances. Nous avons abordé précédemment un mode d'organisation de ce type à travers une approche originale par la conception innovante qui est celle de la théorie C-K dans le paragraphe II-3-2C .
- **La communauté de savoir** est également dénommée par (Le Boterf 2008) réseau de partage et de capitalisation de pratiques. Une communauté de savoir regroupe des professionnels autour d'un domaine commun. Les membres y adhérent volontairement. Cette adhésion participe d'une forte fonction identitaire. Le réseau n'a pas pour unique ambition d'aider ponctuellement ses membres comme dans le cas par exemple d'une communauté d'informaticiens qui échangent sur internet. La finalité principale d'un réseau de partage et de capitalisation des pratiques est de capitaliser les bonnes pratiques. Ses fondements sont la présence d'un animateur actif et reconnu (Hatchuel, Le Masson et al. 2002; Boughzala 2007a), une confiance construite en particulier par l'animateur et partagée, l'engagement de chacun, des représentations communes des connaissances, la pratique collective d'outils, des liens avec l'activité de l'organisation (Hatchuel, Le Masson et al. 2002). Le management (Brown et Duguid 2000) autorise à la fois une certaine liberté des communautés de savoirs dans leur manière de s'organiser et favorise la cristallisation des bonnes connaissances aux moments opportuns. Deux phases se succèdent (Brown et Duguid 2000). La première est la création et l'échange de connaissances tacites entre pairs. Ce type de réseau n'est en effet pas que virtuel. Il repose sur des rencontres régulières. Ces savoirs, une fois validés, sont explicités par exemple dans des serveurs de connaissances. La démarche de capitalisation nécessite une méthode (Le Boterf 2008) : construire des récits, les

décontextualiser et les comparer, en tirer des invariants. Une prise de recul sur son propre travail est donc indispensable. Les récits doivent être nombreux et divers. Une opération ou un raisonnement deviennent des invariants s'ils se retrouvent systématiquement dans des situations différentes. Ces invariants sont capitalisés. Dans des environnements nouveaux, les invariants sont recontextualisés pour être applicables sous forme de bonnes pratiques. Dans un contexte donné, il y a donc une marge de créativité et d'initiative pour que chaque acteur construise une pratique innovante à partir des constantes que constituent les invariants. (Brown et Duguid 2000) mettent également en avant le rôle de certains acteurs spécifiques qui jouent un rôle pour relier les communautés de savoirs entre elles. Cette démarche est elle-même propice à l'émergence de nouvelles innovations.

II-4-3 Gestion ascendante ou descendante des connaissances ?

La gestion descendante des connaissances (approche top-down) est fondée sur leur centralisation sur un acteur unique. La gestion ascendante (approche bottom-up) est autonome et horizontale aux acteurs de l'organisation. Les connaissances y sont créées collectivement à un niveau opérationnel (Nonaka et Takeuchi 1995). De nombreux auteurs ont montré l'intérêt d'interroger les savoirs des praticiens (Calvo-Iglesias, Crecente-Maseda et al. 2006). Cependant, ces connaissances de praticiens sont susceptibles de rentrer en concurrence entre elles ou avec le savoir des spécialistes. Pour cela, les outils collaboratifs ont besoin d'une démarche de validation de ces connaissances.

La manière dont une organisation choisit et développe les interactions entre les individus conditionne les types de connaissances créées (Mounoud et Dudezert 2007). Le mode de gestion des connaissances d'une entreprise est plus largement lié à son mode de fonctionnement (Dudezert 2007b). Si l'entreprise a un fonctionnement vertical, elle favorise des outils informatiques type base de connaissances. Si l'entreprise a un fonctionnement horizontal, elle suscite les échanges entre les acteurs à travers les communautés professionnelles. Une troisième approche (Nonaka 1994) est celle de "middle-up-down-management" associée à une organisation dite "hypertexte". Dans ce schéma, tous les acteurs ont leur place. Nonaka y précise les trois facteurs propres à ce que doit faire l'organisation pour gérer ses connaissances. L'organisation doit favoriser la bonne réactivité de chacun face à une pression extérieure. Le chaos doit être créatif (Nonaka 1994). L'information doit être redondante pour permettre sa bonne circulation à tous les niveaux de l'entreprise. Chacun ayant le même niveau d'information a ainsi plus aisément une bonne réactivité. Cette redondance favorise de plus le consensus. Enfin, l'information doit avoir une diversité suffisante pour appréhender de façon satisfaisante l'environnement extérieur et s'y adapter. La création de nouvelles connaissances est aussi associée à l'engagement individuel dont l'importance avait été soulignée par (Polanyi 1966). (Nonaka 1994) précise cette notion en y distinguant trois facteurs : le caractère intentionnel de l'individu qui cherche à comprendre son environnement, son autonomie, ainsi que sa volonté de s'adapter à la fluctuation de l'organisation, voire aux ruptures du monde extérieur. L'organisation "hypertexte" dégage les ressources entre la hiérarchie et les espaces de socialisation, à savoir les communautés professionnelles. Celles-ci favorisent la création de connaissances tacites et leur externalisation alors que la hiérarchie développe plutôt les aspects combinaison des connaissances et apprentissage. Cette répartition des ressources assure une adaptation rapide de

l'organisation à de nouveaux environnements. Dans ce type de management, les cadres ont un rôle important à jouer. Ils sont les intermédiaires entre les "ambitions" des dirigeants et la réalité du "terrain" (Nonaka 1994). De plus, la hiérarchie a une approche projet, i.e. conceptuelle. La démarche de conception par le projet enrôle les communautés professionnelles. Elle mobilise leurs connaissances et les renouvelle. Cette approche matricielle projet/communauté professionnelle est ainsi compatible avec la théorie C-K présentée au paragraphe II-3-2C même si (Hatchuel, Le Masson et al. 2002) ont une vision plus dynamique de la conception. La convergence des deux processus intentionnels collectifs et individuels font ainsi émerger l'intelligence collective. Enfin, au niveau inter-organisationnel, l'entreprise doit savoir également coopérer ou se confronter selon les circonstances avec des partenaires dans des schémas organisationnels évolutifs (Binot et Dudezert 2007).

II-5 LES FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS POUR LA GESTION DES CONNAISSANCES

L'investissement dans un système de gestion des connaissances mobilise de nombreuses ressources et compétences alors même que son efficacité est difficile à appréhender (Guyot 2002). De nombreux auteurs signalent la difficulté d'évaluer économiquement les investissements immatériels dont les systèmes de connaissance (Guyot 2002; Epingard 2007) et l'innovation (Alter 2000). Un état général de la gestion des connaissances dans une organisation est utile avant de choisir une stratégie ou des méthodes (Leprêtre 2007). Une première question se pose (Dudezert 2007b) : quel objet évaluer ? La connaissance se démultiplie par l'apprentissage. Le rendement du savoir est dit croissant. L'évaluation ne peut donc se faire qu'à l'échelle de l'entreprise. (Tendron 2007) constate que les méthodes classiquement proposées du type de la valeur ajoutée économique (EVA), du tableau de bord équilibré (Balanced scorecard), de la mesure du capital intellectuel (CI) nécessitent beaucoup de moyens. Il propose le modèle de maturité cognitive ou KMM (Knowledge Maturity Model) plus simple à mettre en œuvre. KMM s'inscrit dans la mesure de la performance concurrentielle de l'entreprise (Dudezert 2007b). Ce modèle évalue dix-huit critères regroupés en sept classes. Cette approche a un caractère subjectif puisque l'évaluation repose sur une notation comprenant quatre niveaux. Ce modèle a mis en évidence que des critères comme le respect des identités professionnelles, la motivation des utilisateurs (critère identifié également par (Argyris 1994)) ont des impacts certains sur la réussite d'un projet. Le KMM joue un rôle préventif utile pour réduire les risques, en particulier dans les cas de projets issus de la direction.

Pour sa part, le modèle de maturité technologique ou TMM (Technology Maturity Model) (Leprêtre 2007) mesure la contribution des logiciels à la circulation des savoirs. L'évaluation est globale. Elle n'a pas pour objectif de mesurer la contribution de chaque outil informatique. Réalisé avant l'établissement d'une cartographie des connaissances, les connaissances identifiées non informatisées se rajoutent au TMM. A l'inverse, le TMM complète la cartographie en y précisant les flux informatisés. Des possibilités d'amélioration de la gestion des connaissances sont examinées par une extension de l'usage des outils informatiques.

La gestion des connaissances ne repose pas uniquement sur des outils technologiques. Une erreur fréquente est d'aborder les systèmes d'information à construire par les solutions techniques que l'on connaît, plutôt que de les diriger par l'analyse des

problèmes à traiter. Une approche organisationnelle est également indispensable (Davenport et Prusak 1998; Epingard 2007; Leprêtre 2007; Tendron 2007) ainsi qu'un soutien minimal de la direction. L'organisation du savoir a besoin d'objectifs clairs, facilement concrétisables et peu nombreux (Drucker 1998). Les usages sont au cœur de la conception du projet de gestion des connaissances. Le projet doit répondre à un véritable besoin (Balmisse 2006). Mais la connaissance est réputée "gluante". De nombreux employés hésitent à la partager (Bourdon 2004) afin de préserver leur identité professionnelle. Le facteur le plus important pour le partage des connaissances entre plusieurs personnes est leur niveau de confiance respectif (Krogh Von et Roos 1996).

La réussite d'un projet informatique repose sur un critère simple à mesurer : la fréquence d'utilisation par les usagers. Il en est donc de même pour un outil informatisé de gestion des connaissances (Bourdon 2004). (Bourdon 2004) a tenté de mesurer les facteurs explicatifs du succès des systèmes de gestion des connaissances. **L'utilité perçue par le salarié de l'outil ainsi que sa facilité d'utilisation sont deux facteurs explicatifs importants de sa contribution à un système de gestion des connaissances.** De fait, (Restrepo 2006) propose deux méthodes pour réussir l'implantation d'un groupware. La première explicite les besoins des usagers et la seconde construit les mécanismes d'adoption de l'outil par les acteurs en particulier par la formation. L'importance de l'animateur du réseau de la gestion des connaissances, le "knowledge broker", a également été identifiée par (Earl, Hatchuel et al. 2000) pour la réussite des bases de connaissances accessibles en libre service sur le web. (Quaddus et Xu 2004) rajoutent comme facteur clé du succès les questions du contenu, de la culture d'entreprise ainsi que des infrastructures.

(Balmisse 2006) insiste sur le caractère dynamique de la connaissance et sur la nécessité de la faire vivre et de la développer. En milieu ouvert, le nombre élevé de participants favorise l'autorégulation du système (Ouni 2007). L'efficacité des "groupware" est donc déterminée par la présence d'une masse critique d'utilisateurs (Grudin 1994). L'autonomie accordée à l'utilisateur est à l'origine de projets réussis (Mielnik et Félix 2007) car il s'approprie l'outil en participant à sa construction. Ainsi, dans un système wiki, la masse critique des utilisateurs est plus vite atteinte (Ouni 2007).

Entre organisations, si des relations inter-organisationnelles n'impliquent pas une gestion des connaissances, la réciproque ne se vérifie pas. Une gestion partagée des connaissances nécessite des relations préalables facilitant la collaboration et les interactions (Lancini 2007). Un système d'information n'a pas pour vocation de régler un problème organisationnel.

II-6 CONCLUSION SUR LA GESTION DES CONNAISSANCES DANS LE MONDE INDUSTRIEL

Le mode de diffusion des systèmes de gestion de connaissance est original. Il peut commencer à petite échelle avec l'outillage numérique d'une communauté de savoirs. Il se développe ensuite selon la stratégie des nénuphars d'une manière rapide (Ermine 2007a). Cependant, la gestion des connaissances par la conception conduit à avoir des liens entre ces différentes communautés de savoir. Autour d'une conception, pour être efficaces, les échanges impliquent en effet des métiers différents. De plus, le cadre des

interactions favorables à la création de connaissances ne se limite pas strictement aux acteurs de l'organisation telle que présentée dans le premier modèle SECI de Nonaka (Nonaka et Takeuchi 1995). (Nonaka et Toyama 2003) précisent d'ailleurs que les frontières des "Ba" d'une entreprise sont poreuses. Les clients, les fournisseurs, l'université, le gouvernement ou les concurrents sont des partenaires potentiels pour construire un ou des "Ba" autour d'une organisation donnée.

Cette revue de littérature relative à la gestion des connaissances dans le monde industriel a dégagé quelques pistes intéressantes. Sont-elles applicables dans le monde agricole ? Celui-ci présente un certain nombre de difficultés spécifiques que nous allons présenter dans le paragraphe suivant.

II-7 LA GESTION DES CONNAISSANCES EN AGRICULTURE

Nous nous intéressons d'abord au développement agricole déjà défini dans le paragraphe I-1-2B . Le paragraphe II-7-1 introduit un rapide historique depuis les années 40 puis aborde les enjeux contemporains du développement agricole. Il finit par un état des lieux sur les institutions au plus près des agriculteurs pour construire les connaissances et les diffuser. Le second paragraphe II-7-2 traite plus particulièrement de la spécificité de la gestion des connaissances en agriculture durable. Dans le paragraphe II-7-3, nous traitons de la question de la production des connaissances académiques en agriculture durable et de leur transfert vers l'agriculteur. Enfin, nous abordons la question de la numérisation des connaissances en agriculture dans le paragraphe II-7-4.

II-7-1 Le développement agricole

A Les grandes étapes du développement agricole

Ces étapes sont étroitement associées à la politique agricole. Cette dernière a connu deux grandes phases : une première phase intègre l'agriculture dans l'économie nationale et européenne, puis une seconde phase élargit et approfondit ce processus dans une double dynamique de compétitivité accrue et de reterritorialisation de l'agriculture (voir paragraphe I-1-1 Rappel historique sur l'agriculture française). Entre ces deux mouvements, les années 80 constituent une époque charnière.

- **Dans l'après-guerre,** la nécessité d'une modernisation de l'agriculture fait progressivement consensus aussi bien chez les agriculteurs, en particulier les jeunes à la recherche d'un statut social, que pour les pouvoirs politiques (Muller 2000). L'évolution de la société, le développement industriel, ainsi que l'exode rural en sont les principaux moteurs. L'augmentation de la productivité doit conduire à l'autosuffisance alimentaire. Celle-ci repose en grande partie sur l'amélioration génétique mais aussi sur l'épandage d'engrais (Colson 2006). Progressivement, de nombreuses exploitations agricoles abandonnent l'élevage au profit des cultures. Les agriculteurs se spécialisent. L'arrivée des pesticides conduit à une simplification des rotations (Sebillotte 2008). Ainsi, la réflexion agronomique de l'après-guerre se cristallise sur des faits techniques séparés les uns des autres (Brossier, Vissac et al. 1990) selon une logique analytique. La production et la

transmission du savoir s'inscrivent alors en grande partie dans une stratégie diffusionniste depuis la recherche vers les agriculteurs. Dans les années cinquante, la démonstration en vraie grandeur dans des champs est privilégiée par les services publics (Brives 2006b). Mais les premiers groupements d'agriculteurs - comme les CETA[83]- prennent leur essor dès les années 40. L'échange de savoirs techniques va se diffuser efficacement entre agriculteurs à l'intérieur de petits groupes structurés. Les pratiques les plus novatrices sont dans ces cas diffusées par les agriculteurs eux-mêmes (Brives 2006b). L'apparition des premiers conseillers agricoles (Brives 2006a) et la vulgarisation des techniques nouvelles vont prendre leur essor. Les textes réglementaires de 1959 valident toutes ces démarches et permettent leur développement (Pinon 1997). Jusqu'à la fin des années 60, le conseil agricole reste un enjeu entre les chambres d'agriculture, le syndicalisme agricole et l'Etat présent sur le terrain à travers la DSA[84] (Rémy, Brives et al. 2006). Le texte de 1966 va officialiser la transition de la vulgarisation au développement agricole (Lémery 2006). Dynamisés par les jeunes agriculteurs lassés d'une approche trop autoritaire de l'Etat, les professionnels s'approprient les dispositifs des conseils aux agriculteurs (Brives 2006a) ainsi que la formation continue (Vedel 2006) dans une logique de cogestion. L'Etat abandonne l'activité de conseil mais conserve cependant la formation initiale des agriculteurs ainsi que les activités de recherche. Un organisme, l'ANDA[85], joua un rôle majeur dans le développement d'une multitude de structures d'appui au monde agricole (Rémy, Brives et al. 2006). Le processus du développement demeure de type diffusionniste (Lémery 2006) : les innovations trouvées par les organismes de recherche et testées par les instituts techniques sont à promouvoir auprès des agriculteurs. La démarche est normative. Les conseillers de coopératives et des négoces sont également présents. Ils font une vive concurrence aux conseillers des chambres d'agriculture (Brives 2006a). Dans le domaine de la recherche, les années 70 vont cependant faire émerger une approche systémique (Brossier, Vissac et al. 1990) où l'on s'intéresse aux faits techniques dans le cadre de l'exploitation agricole. Celle-ci est perçue globalement par rapport au potentiel productif du terrain, du matériel, des bâtiments, de la force de travail disponible, mais aussi dans ses dimensions familiales ainsi que par rapport à une dimension sociétale plus large. Cette dernière prend de plus en plus en compte les aspects environnementaux (Osty 1978; Osty 1990). Dans le monde de la recherche, l'intérêt pour les pratiques des agriculteurs du point de vue de leur efficacité est apparu dès cette époque (Landais et Deffontaines 1990). Cette démarche s'est structurée autour du courant systémique et de la recherche en gestion (Brossier, Chia et al. 1990; Doppler 1996). Les démarches de gestion deviennent moins normatives et se développent davantage dans une logique d'analyse (Brossier, Vissac et al. 1990). Cette première phase d'après-guerre recoupe l'intensification de la production. L'Etat y est très présent et volontaire avec des objectifs clairs et largement partagés. Elle est accompagnée par un formidable développement des acteurs de la connaissance[86] (Aggeri et Hatchuel 2003) sur la base d'une alliance entre la recherche scientifique et la recherche appliquée.

[83] CETA : Centre d'Etudes Techniques Agricoles
[84] DSA : Direction des Services Agricoles, service présent à l'échelle de chaque département
[85] ANDA : Association Nationale pour le Développement Agricole
[86] Par exemple, l'INRA, Institut National de la Recherche Agricole, est créé en 1946 ; les instituts techniques émergent à partir des années 50.

- **Durant l'hiver 1982-1983,** les Etats généraux du développement agricole ont au moins un résultat : le modèle intensif n'est plus le modèle universel (Colson 2006). La surproduction ainsi que l'ouverture progressive des marchés vont changer la politique agricole. Celle-ci s'intéresse autant à une agriculture productive dans le cadre d'une politique sectorielle qu'à une agriculture multifonctionnelle qui occupe le territoire (Muller 2000) et prend en compte l'environnement. En effet, le productivisme est remplacé progressivement (Lémery 2006) par le cadre et les valeurs associés à la durabilité. Les méfaits de l'agriculture intensive conduisent au retour de l'agronomie, au moins au niveau des activités scientifiques. La recherche sur de nouvelles pratiques agricoles du type lutte intégrée s'amplifie dès les années 80 (Meynard 1985; Viaux 1999). Les connaissances relatives à des parcours techniques économes en intrants se sont accumulées sur certaines cultures, en particulier le blé. Cependant, les rotations longues en vigueur dans les agricultures durables rendent particulièrement complexe l'élaboration des connaissances. Les références agronomiques restent insuffisantes (Butault, Dedryver et al. 2010). L'agronome comme l'agriculteur ignorent encore l'explication de nombreux phénomènes. La recherche académique s'éloigne de la recherche appliquée. Elle nécessite de nouveaux modes d'articulation (Aggeri et Hatchuel 2003) entre la production de connaissances et la dynamique d'innovation (voir paragraphe II-3-1 Connaissance, invention et innovation). A l'ANDA, s'est substituée, l'ADAR[87] en 2003 puis le CASDAR[88] en 2006. Dorénavant, le ministère de l'Agriculture gère directement ce fonds. Cela signifie un retour récent de l'Etat au moins dans la définition d'actions de développement agricole et de recherche appliquée d'une part et dans un rapprochement entre recherche, formation et les autres acteurs du développement d'autre part (Cour des comptes 2008).

B Les enjeux contemporains du développement agricole

Le développement agricole répond à de nouveaux défis déjà identifiés : d'une part économiques du fait de la mondialisation et d'autre part environnementaux et sociaux en particulier vis-à-vis de la qualité des produits et de la sécurité sanitaire. La multifonctionnalité des exploitations agricoles et leurs ancrages territoriaux sont aussi des enjeux. Le développement agricole concerne donc des logiques en partie contradictoires pour les agriculteurs et pour les autres acteurs du monde agricole.

B.1 Les enjeux pour les agriculteurs

Ainsi, à l'horizon 2030, (Hervieu 2008) distingue deux grands types d'agriculteurs :

- **des agriculteurs bien insérés économiquement** : ils sont organisés soit selon une logique de sociétés foncières en particulier pour les grandes cultures, soit selon une logique de modèles familiaux plus particulièrement pour l'élevage ou l'arboriculture ;
- **des agriculteurs davantage ancrés dans une logique de développement territorial** inventant de nouvelles activités économiques comme les circuits courts du type AMAP. Bertrand Hervieu, sociologue et ancien président de l'INRA, identifie ce second type d'agriculture sous le vocable d'agriculture de résidence.

[87] ADAR : Agence de Développement Agricole et Rural
[88] CASDAR : Compte d'Affectation Spéciale Développement Agricole et Rural

Cette typologie des agriculteurs, déjà en partie en œuvre selon (Laurent, Labarthe et al. 2006), n'est pas en opposition avec les quatre scénarios développés dans le paragraphe I-1-4C Quelles évolutions possibles de l'agriculture ? Une exploitation agricole sous le régime de la société foncière peut pratiquer une agriculture intégrée, voire biologique, si l'une ou l'autre sont compétitives.

Par ailleurs, (Laurent, Labarthe et al. 2006) distinguent les connaissances associées à ces deux types de développement. Les agriculteurs n'auront sans doute pas les mêmes centres d'intérêts. (Meynard 2008) propose d'innover pour répondre à la diversité des agricultures en construction plutôt que de chercher à construire un modèle unique. Les agriculteurs sont d'ailleurs de plus en plus perçus dans leurs deux dimensions, i.e. comme acteur technique mais aussi comme acteur social (Darré, Mathieu et al. 2004a).

Le modèle diffusionniste s'épuise (Lémery 2006). La non prise en compte des contraintes des agriculteurs limite son efficacité (Cerf, Papy et al. 1990). La représentation des agriculteurs de leurs travaux mais aussi leurs savoir-faire issus autant de leurs pratiques que de leurs échanges avec les autres agriculteurs sont mieux pris en compte par les autres acteurs. L'activité d'interaction en œuvre dans les champs entre un agriculteur et un conseiller coproduit le conseil agricole. Cette coproduction est de plus en plus légitime, compte tenu de la complexité croissante de la gestion des exploitations agricoles. L'intervention de l'agriculteur dans le conseil augmente sa pertinence (Hémidy et Cerf 2000; Cerf et Maxime 2006). Cette approche est bien admise en agriculture biologique (Ruault 2006). Elle est moins évidente dans l'agriculture intensive (Lémery 2006). Elle peut cependant émerger de façon plus systématique dans la construction compliquée des agricultures durables (Lémery 2006).

B.2 Les enjeux pour les acteurs du développement agricole

L'approche systémique centrée sur l'exploitation agricole a montré des limites dès la fin des années 80 selon Jean-Pierre Darre dans (Brossier, Vissac et al. 1990). Si elle est un progrès par rapport à une approche fondée sur des faits techniques pris indépendamment les uns des autres, elle néglige trop l'environnement de chaque exploitation agricole. (Cerf, Gibbon et al. 2000) soulignent l'intérêt d'une production et d'un apprentissage des connaissances dans le cadre d'un partenariat entre les acteurs du monde agricole élargi. Le concept de "système de connaissance agricole" a été défini par (Nagel 1979). Il le structure autour de trois sous-systèmes : la recherche, le conseil et les agriculteurs avec des relations successivement descendantes entre elles. Cette approche est datée. Elle a été redéfinie notamment par (Röling 1988) qui introduit des relations davantage fondées sur les échanges entre l'ensemble des institutions de recherche, de formation, de conseil et d'enseignement impliquées dans la construction d'une agriculture durable et les agriculteurs.

La logique du chercheur agronome est dans l'explicitation des processus agronomiques (Cerf, Papy et al. 1990). Les compétences de l'agriculteur résident davantage dans les modalités d'adaptation et d'application des processus agronomiques à des contextes socio-économiques et climatiques doublement variables. De plus en plus, un chercheur est dans une logique de reconnaissance de ses pairs, ce qui se traduit par une dynamique de publications dans des revues scientifiques d'un bon niveau. L'agriculteur attend des solutions opérationnelles à ces problèmes dans des délais courts (Klerkx et Leeuwis 2008). Le dialogue autour des pratiques entre les acteurs de la recherche, y compris appliquée, et les agriculteurs ne va donc pas de soi (Sebillotte 2000; Darré, Mathieu et al. 2004a).

Au-delà des acteurs traditionnels du système de connaissance agricole, une nouvelle approche de production des savoirs élargit l'environnement décrit à de nouveaux acteurs intéressés indirectement aux productions agricoles par rapport aux questions sanitaires, environnementales ou d'aménagement du territoire (Hubert, Ison et al. 2000).

C De la formation initiale à la formation continue

Le diplôme minimal pour qu'un jeune agriculteur puisse bénéficier d'une aide à l'installation est du niveau IV, soit à hauteur du baccalauréat[89]. La formation initiale et continue est prise en charge par le MAP[90] à travers 845 établissements d'enseignement général, technologique et professionnel, 22 établissements d'enseignement supérieur et 152 centres de formation d'apprentis (source MAP 2008). Depuis 1983, le processus de décentralisation a conduit les conseils régionaux à avoir des responsabilités croissantes dans la formation professionnelle (Méhaut 2004). Ainsi, grâce à un processus parallèle de déconcentration, l'échelon régional du MAP construit en partenariat avec la région le projet régional de l'enseignement agricole (Férat 2007). Ce projet a le mérite d'intégrer les spécificités locales au-delà d'une vision nationale.

Pour sa part, la profession agricole contrôle la formation continue à travers ses deux fonds d'assurance formation : le VIVEA[91] destiné aux exploitants agricoles et le FAFSEA[92] réservé aux salariés des exploitations agricoles. Ces fonds sont encore peu mobilisés[93] au regard du niveau de la formation continue dans d'autres secteurs d'activités. Mais, en agriculture, la formation continue ne se mesure pas uniquement en pourcentage de la masse salariale. Elle repose sur d'autres modes de mobilisation des connaissances. Nous avons exposé au paragraphe I-1-2B Les principaux types d'institution en agriculture. Parmi ceux-ci, certains acteurs sont plus spécifiquement en charge de la gestion des connaissances en agriculture. Dans les deux paragraphes suivants, nous identifions ceux qui sont en contact direct avec les agriculteurs, à savoir successivement les groupements d'agriculteurs et les conseillers agricoles.

C.1 Les groupements d'agriculteurs

(Darré 1999) a montré que les agriculteurs sont très souvent organisés en Groupe Professionnel Local (GPL). Leur processus de construction est associé a minima à la proximité géographique des agriculteurs mais également à des pratiques culturales proches. La proximité géographique se justifie par la nécessité de contacts réguliers comme dans toutes les communautés professionnelles mais aussi par l'intérêt pédagogique des tours de plaine. Ces visites de terrain donnent l'occasion d'observer et d'analyser l'état des cultures dans les parcelles du GPL. Ces groupes construisent une production de savoirs pour l'action (Darré 1999), autant qu'un lieu de développement des personnes (Pinon 1997). Au sein de ces "communautés techniques", les agriculteurs échangent autour des mêmes problématiques. Chacun y amène ses ressources immatérielles construites à partir de ses expériences ou issues de ses propres réseaux

[89] Ainsi, en 2010, "dans les moyennes et grandes exploitations, les trois-quarts des chefs d'exploitation et coexploitants de moins de 40 ans ont au moins le baccalauréat". Source : http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/
[90] MAP : Ministère de l'Agriculture et de la Pêche
[91] VIVEA : Fonds d'assurance formation des exploitants agricoles
[92] FAFSEA : Fonds d'Assurance Formation des Salariés des Exploitations Agricoles et entreprises agricoles
[93] En 2008, 40 % des contributeurs de Vivea avaient suivi une formation depuis 7 ans. Une formation dure en moyenne deux jours Source : http://www.vivea.fr/

(Mathieu, Lasseur et al. 2004). Les connaissances partagées y sont transformées ou rejetées (Darré 2004b). Selon les circonstances, le GPL est plus ou moins structuré au sein d'entités morales. Dans ces dernières, on distingue pour l'essentiel les CETA et les GDA[94]. Historiquement, le GDA apparaît après le CETA. Le GDA regroupe davantage d'agriculteurs. La plupart de ces groupes ont un conseiller. Le conseiller du GDA est souvent financé par la chambre d'agriculture. Le conseiller du CETA est par contre un salarié des agriculteurs. Si les GDA sont donc plus dépendants des institutions, ces deux types de groupement ont un mode de fonctionnement autonome et décentralisé (Brives 2006a). Ces groupes se sont bien développés dans les années 70, puis ont connu un certain déclin (Ruault et Lémery 2009). En 2006, ces groupements institutionnels d'agriculteurs sont loin de toucher la majorité d'entre eux. Ils rassemblent entre 60 000 et 70 000 agriculteurs (Vedel 2006), parmi les plus performants (Ruault et Lémery 2009), soit moins d'un agriculteur professionnel sur 5.

C.2 Les conseillers agricoles

En 2004, près de 15 000 conseillers agricoles quadrillent le territoire (Vedel 2006; Cour des comptes 2008). Dans un ensemble organisationnel complexe, ces agents sont présents dans de multiples structures aux logiques différentes. A un échelon régional, ils sont dans les chambres d'agriculture, les centres de gestion agréés, les groupes de développement vus ci-dessus ainsi que dans les coopératives. Ils sont en relation plus ou moins étroite avec les conseillers des instituts techniques (Vedel 2006) qui se déploient pour leur part à un échelon national selon une logique filière. Ces derniers au nombre de 1 100 environ en 2005 ont un rôle de valorisation des résultats de la recherche agronomique et de mutualisation des connaissances (Vedel 2006) auprès des conseillers de terrain. La moitié de ces 15 000 agents sont financés par des fonds publics ou professionnels mutualisés, l'autre moitié dans le cadre de prestations payantes ou intégrées aux prix des produits vendus (Le Guen 2006; Vedel 2006)[95]. Seuls les conseillers technico-commerciaux des coopératives et des négoces ainsi que les conseillers des centres de gestion agréés[96] sont cependant présents sur le terrain d'une façon systématique. Sur ces dernières années, l'Etat français a une stratégie de désengagement du conseil agricole, à l'instar d'autres pays européens. Selon (Labarthe 2006), une logique de délégation de service prend le pas sur une logique de cogestion avec la profession agricole. Une privatisation complète du conseil agricole n'est pas envisagée (Mundler 2006). Un tel scénario représenterait sans doute un danger au moins dans un cadre purement individuel, car il réduirait la dynamique des échanges entre agriculteurs. Dans chaque chambre d'agriculture, des tensions apparaissent sur la plus ou moins grande proximité des conseillers vis-à-vis des agriculteurs ainsi que sur le caractère gratuit ou marchand des services fournis (Compagnone, Kockmann et al. 2010). Là où les conseillers agricoles sont présents avec une logique non marchande,

[94] GDA : Groupe de Développement Agricole

[95] Dans beaucoup d'autres pays européens comme les Pays Bas par exemple, le financement du conseil repose très souvent sur le paiement direct de la prestation par l'agriculteur. Cour des comptes (2008). Rapport public : les aides au développement agricole. et Klerkx, L. et C. Leeuwis (2008). "Matching demand and supply in the agricultural knowledge infrastructure : Experiences with innovation intermediaries." Elsevier Food Policy 33: Pages 260-276.

[96] Actuellement, les centres de gestion agréés concernent plus de 90 % des exploitants agricoles.
Source : http://www.impots.gouv.fr
Les conseillers de ces centres apportent une connaissance fiscale et financière sur l'exploitation agricole. Elle est fondée sur l'analyse du bilan comptable de l'exploitation. La rencontre avec l'agriculteur est annuelle. Cette prestation est payante.

soit ils participent à la résolution de problèmes, soit ils contrôlent (Lémery 2006). Les agents d'une chambre d'agriculture sont pour 35 % à produire des références faisant un pont entre la recherche appliquée des instituts techniques et la coopération, pour 25 % à travailler dans le cadre de démarches collectives, enfin pour 35 % à s'intéresser à des publics prioritaires (Vedel 2006). Les contacts directs avec les agriculteurs de conseillers agricoles financés par des fonds publics sont donc faibles dans le cadre des activités courantes de production. Les organismes de développement agricoles[97] atteignent régulièrement 20 % seulement des agriculteurs (Lémery 2006; Ruault et Lémery 2009). Selon un point de vue convergent avec le précédent, (Viaux 1999) avance le chiffre de 80 % pour le volume du conseil technique qui transite par les organismes économiques. Sur certaines cultures, ce sont donc les coopératives ou les firmes privées qui assurent l'encadrement professionnel au quotidien (Aubertot, Barbier et al. 2005). Les conseils sur l'utilisation des intrants sont pour l'essentiel intégrés financièrement dans leur prix, ceux-ci étant commercialisés par les organismes économiques. Bien entendu, ces conseils sont souvent considérés comme impartiaux (Colson 2006; Vedel 2006).

En matière de formation continue, l'Europe a fait émerger une nouvelle structuration de l'offre avec les systèmes de conseil agricole. Ils se sont déployés depuis le 1er janvier 2007 dans toute l'Europe à une échelle régionale. Ces dispositifs ont pour mission première d'apporter les conseils et les expertises nécessaires au respect des exigences de la conditionnalité des aides PAC (Ministère de l'alimentation de l'agriculture et de la pêche 2009). Ils ne sont pas dans une logique de contrôle. Ces systèmes de conseil agricole ne sont pas obligatoires pour les agriculteurs. L'Etat français s'est investi a minima dans ces structures en imposant cette mise en réseau des structures de conseil agricole sur la base de leur complémentarité. Mais, il n'a pas utilisé toutes les ressources financières proposées par l'Europe pour favoriser l'usage du système de conseil agricole par les agriculteurs. C'est pourtant aussi dans ce cadre de formation, que l'on pourrait imaginer la diffusion systématique des luttes alternatives à la lutte chimique pour protéger les cultures.

II-7-2 Quelle spécificité pour la gestion des connaissances en agriculture durable ?

L'enchaînement des travaux est décrit par les systèmes de culture et les itinéraires techniques de chaque culture. Hors production animale, le système de culture est le niveau opérationnel de l'agriculteur. Michel Sebillotte, ancien directeur scientifique de l'INRA, définit le système de culture comme "l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles traitées de manière identique. Chaque système de culture se définit par (i) la nature des cultures et leur ordre de succession, (ii) les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures, ce qui inclut le choix des variétés retenues." Le même auteur définit l'itinéraire technique comme une "combinaison logique et ordonnée des techniques mises en œuvre sur une parcelle en vue d'en obtenir une production". Un itinéraire technique associe des règles et des décisions. L'agriculture durable se décline donc à l'échelle de l'exploitation agricole comme un ensemble de systèmes de culture durables. Leur conception va remobiliser des méthodes dans des dimensions temporelles et spatiales élargies :

[97] Les organismes de développement considérés sont ceux qui à l'époque de l'enquête étaient financés par l'ANDA. Cela exclut les conseillers des coopératives et des négoces.

- **Des méthodes remobilisées** : ainsi, pour l'exemple de la lutte contre les bioagresseurs, les agricultures intégrées et biologiques procèdent d'une démarche préventive en évitant l'apparition ou le développement massif des bioagresseurs par des types de luttes autres que chimiques. Ils sont présentés dans la Figure II-9.

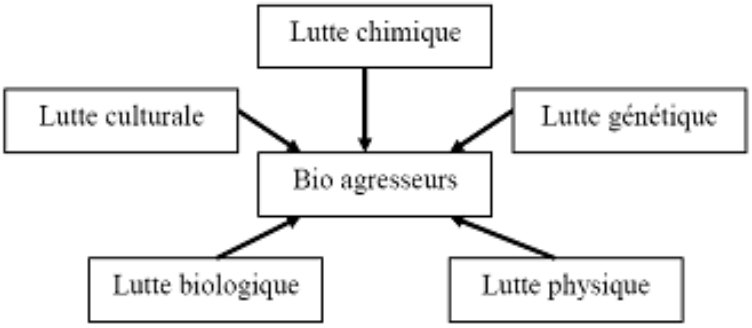


Figure II-9 : type de lutte contre les bioagresseurs d'après (Aubertot, Barbier et al. 2005)

Ces luttes reposent sur les modalités suivantes (Ministère de l'agriculture de l'alimentation de la pêche et des affaires rurales, RMT Systèmes de Culture Innovants et al. 2011) :

- La *lutte culturale* comprend l'organisation spatiale et temporelle des cultures (succession des espèces végétales dans l'espace et le temps par la construction respective des assolements et des rotations) ainsi que des techniques culturales (faux semis, densité de semis…).
- La *lutte biologique* exploite des prédateurs ou des concurrents du bioagresseur. Elle utilise des techniques de lutte biotechnologique comme la diffusion de produits de confusion sexuelle qui entravent la reproduction des bioagresseurs.
- La *lutte physique* procède des techniques de travail du sol ainsi que de l'utilisation de barrières physiques. Elle utilise des moyens mécaniques, électromagnétiques, pneumatiques ou thermiques.
- La *lutte génétique* exploite la capacité de résistance aux bioagresseurs de certaines variétés ou bien leurs spécificités physiologiques pour contrer les bioagresseurs.

- **Une dimension temporelle** : l'agriculture durable porte une stratégie d'anticipation. Cette dimension s'inscrit à l'intérieur d'une campagne culturale ou sur plusieurs campagnes culturales pour la durée de la rotation. Au cours du cycle de la culture, son itinéraire technique s'adapte à l'état du peuplement végétal mais aussi à l'observation des agressions subies (Meynard 1985). Ainsi une stratégie d'évitement repose sur un choix de date de semis d'une culture pour décaler l'impact d'un de ses bioagresseurs sur une phase critique de cette culture. La rotation assure une maîtrise du développement des bioagresseurs par la lutte culturale, en cassant leur dynamique de reproduction. Les cultures peuvent se succéder selon un rythme de rotation de près de 10 ans dans un système de culture porté par l'agriculture biologique ou l'agriculture intégrée. Le sol mémorise les systèmes de culture, i.e. les cultures précédentes et en cours, ainsi que

l'ensemble des itinéraires techniques qui y sont associés. L'évaluation économique devrait se faire également à l'échelle de la rotation, pour intégrer des phases culturales intéressantes du point de vue agronomique mais pauvres en recettes financières.

- **Une dimension spatiale** : des espaces intercalaires au sein d'un verger sont des refuges à auxiliaires[98]. La présence de prédateurs d'espèces nuisibles participe de la lutte biologique. La représentation de systèmes de culture durables demande donc l'inventaire des objets spatiaux les plus pertinents. Cet inventaire pose la question de l'échelle. La pertinence de cette représentation s'imagine facilement à l'échelle d'un bassin versant, voire d'une petite région agricole. Ainsi une parcelle de blé biologique perdue au milieu de champs de blé cultivés traditionnellement n'a pas le même avenir que cette même parcelle placée au cœur de parcelles d'autres cultures biologiques. Dans le premier environnement, la parcelle de blé biologique risque en effet de jouer le rôle de refuge pour les insectes nuisibles.

Ces techniques sont parfois en contradiction entre elles-mêmes par rapport aux objectifs de durabilité souhaités. Ainsi, les techniques culturales sans labour[99] favorisent une plus grande fertilité du sol (Soltner 2005). Mais l'absence de labour, c'est-à-dire l'absence de la lutte physique contre les adventices, accentue potentiellement les traitements phytosanitaires. De plus, les TSL contribuent au ruissellement du phosphore (Pellerin, Recous et al. 2006) qui lui-même participe à l'eutrophisation des masses d'eau douce ou salée. La conception des processus agro-écologiques propres aux agricultures durables demande la prise en compte de ces effets contradictoires des techniques en sus des paramètres déjà mobilisés en agriculture intensive. Comme les paramètres d'interaction sont nombreux, les connaissances agronomiques associées sont non seulement volumineuses mais aussi instables. En effet, même dans ce dernier type d'agriculture, les choix techniques ne reposent pas uniquement sur le rendement des cultures ou sur la recherche de la meilleure marge brute. Ils prennent en compte bien entendu le milieu pédoclimatique et le temps disponible de l'agriculteur. Cette disponibilité est liée aux autres chantiers culturaux concomitants de son assolement et aux différents niveaux de priorité qu'il leur accorde. Ces choix techniques dépendent également de sa situation familiale, de ses ambitions sur l'exploitation, de sa capacité à gérer des risques culturaux ou commerciaux, ainsi que de l'application des réglementations ou de leur anticipation. Ces éléments sont également considérés dans la conception de systèmes de culture durables. Enfin, ceux-ci sont évalués selon des critères de durabilité. Cette évaluation interroge des notions difficiles comme les impacts environnementaux.

II-7-3 Connaissances académiques en agriculture durable

Même si les connaissances académiques ne sont pas directement formalisées dans l'outil de gestion des connaissances, nous avons vu que leur compréhension et leur sélection sont nécessaires. Dans le cadre de ces deux types d'agriculture intégrée et biologique, nous nous intéressons principalement aux modalités de production et de transfert des connaissances académiques vers les conseillers et les agriculteurs.

[98] Un auxiliaire est un ennemi naturel du prédateur de la culture.

[99] Les Techniques culturales Sans Labour (TSL) sont bien diffusées sur certains pays en Amérique latine, en Amérique du Nord et en Australie Doré, T., M.-H. Jeuffroy et S. De Tourdonnet (2006). La connaissance du fonctionnement du champ cultivé, base de l'évolution des systèmes de culture. L'agronomie aujourd'hui. E. Quae. Versailles Pages 43-56.

A Production de connaissances académiques

En agronomie, la recherche de solutions opérationnelles a été longtemps le cadre de la création de connaissances (Sebillotte 2006). Depuis peu, l'agronomie est devenue une discipline scientifique. Une étape importante a été franchie lorsque les objectifs de production ont pu être reliés aux besoins des cultures (Sebillotte 2006). De fait, une nouvelle vision de l'agriculture s'est construite à partir de nombreuses théories. Les aspects chimiques, pédologiques, climatiques, les luttes contre les parasites et les virus, l'amélioration des plantes mais aussi l'impact des cultures sur l'environnement (Hénin et Sebillotte 2008) sont autant de domaines théoriques traités par l'agronomie. La connaissance scientifique intéressant l'agriculture n'en demeure pas moins fragmentée entre plusieurs disciplines (Girard et Navarrete 2005). Mais des croisements fructueux s'opèrent entre la science agronomique, par nature systémique car tournée vers l'action, et des sciences plus fondamentales et analytiques comme par exemple la biologie dans le cadre de la lutte contre les bioagresseurs (Doré, Le Bail et al. 2006). Aidé des champs disciplinaires de l'économie et de la sociologie, l'agronome étudie également de nouveaux thèmes comme celui des systèmes techniques[100] imposant des contraintes économiques et environnementales aux exploitations agricoles d'un territoire (Doré, Le Bail et al. 2006).

En agriculture intensive, il n'est pas toujours facile d'analyser des résultats d'expérimentation du fait de la multiplication des paramètres alors même que l'on y raisonne sur des temps courts. L'hétérogénéité du climat, du sol, des bioagresseurs et des pratiques culturales rendent difficiles l'explicitation de connaissances stables et immuables comme l'illustre la thèse de (Meynard 1985) autour de la construction d'itinéraires techniques pour la conduite du blé d'hiver. Les essais de conduite de culture s'envisagent depuis des dispositifs expérimentaux sur des parcelles, ou dans des conditions plus proches des réalités vécues par les agriculteurs tels la micro-ferme (Viaux 1999), voire directement en situation réelle chez des agriculteurs dans des réseaux de "fermes pilotes". Mais de plus, en agriculture durable, ils sont conduits sur plusieurs années pour prendre en compte la mémoire des cultures précédentes et des techniques associées. En effet, leurs enchaînements ont des effets cumulatifs tels que les variations de fertilité ou l'explosion de bioagresseurs type "adventice". Des impacts négatifs ne surviennent parfois qu'en cours ou à la fin d'une rotation d'une dizaine d'années (Viaux 1999). L'une des modifications majeures de la conduite de la recherche en agriculture durable est ainsi l'introduction du temps long de certaines interactions. Bien évidemment, il est encore toujours moins facile d'expliquer les origines de certains états culturaux lorsque l'on expérimente sur la longue durée. La multiplication sur plusieurs années de ce type d'expérimentation en des lieux différents facilite par contre cette émergence de connaissances avec leur domaine de validité.

Du point de vue spatial, la seule prise en compte de la parcelle n'est pas suffisante (Debaeke, Petit et al. 2008). Cette limite est un verrou scientifique car il est pour l'heure difficile de conduire des expérimentations à une échelle plus large. Que ces variabilités aient pour origine le climat ou le sol, leur prise en compte peut être partiellement traitée par des outils statistiques. Grâce à l'essor informatique, la modélisation numérique des fonctionnements des systèmes de cultures répond aussi pour partie à la compréhension des interactions multiples auxquelles ces cultures sont soumises (Aubertot, Barbier et al.

[100] Système technique : "Dispositif d'actions logiques et ordonnées, appliquées aux objets de processus biophysiques à l'échelon d'un territoire, par différents acteurs coordonnant les finalités poursuivies" Doré, T., M. Le Bail, P. Martin, B. Ney et J. Roger-Estrade (2006). L'agronomie aujourd'hui. Versailles.

2005; Doré, Le Bail et al. 2006). Enfin, des outils[101] évaluent les systèmes de culture innovants soit a priori lors d'une conduite de conception à dire d'experts, soit a posteriori après des tests sur des durées et des échelles pédoclimatiques variées (Debaeke, Petit et al. 2008).

L'étude conduite par l'INRA (Ministère de l'écologie de l'énergie du développement durable et de la mer et Ministère de l'alimentation de l'agriculture et de la pêche 2009) sur les systèmes de culture économes en produits phytosanitaires a souligné la faiblesse de la recherche sur cette approche système d'une part et sur l'insuffisance de références sur certaines filières de production d'autre part. Cette même étude a réfléchi à une meilleure structuration des dispositifs d'acquisition de références en particulier pour réduire l'utilisation des produits phytosanitaires. Avec cette approche, les tests en station expérimentale ou dans des fermes pilotes sont en train d'être organisés en réseau. Les résultats sont stockés dans une base de données. Les données, une fois traitées, vont faire émerger des invariants donc de nouvelles connaissances. Ce travail est bien celui de chercheurs ou de conseillers agricoles experts en vue de produire de nouvelles références agricoles. Les connaissances produites sont destinées aux acteurs de la R&D. Elles ont besoin d'être traitées pour être transformées en connaissances opérationnelles ciblées sur les agriculteurs, les conseillers et les enseignants.

B Relations entre connaissances académiques et connaissances opérationnelles

Les relations entre connaissances académiques et connaissances opérationnelles sont complexes. Si une pratique se répète en des lieux et des temps différents avec les mêmes conséquences observées, une connaissance empirique se dessine. La science peut alors rechercher une justification théorique à cette répétition. Par ailleurs, des pratiques suscitent également des sujets de recherche académique (Girard et Navarrete 2005). La connaissance académique peut donc se construire à partir d'enquête/observation des pratiques ou bien par analyse des savoirs empiriques des agriculteurs. A l'inverse, un praticien s'intéresse aux connaissances académiques qui facilitent la résolution de ses problèmes. Cette sélection nous intéresse davantage puisqu'elle permet d'alimenter notre outil de gestion des connaissances. La Figure II-10 montre le mode schématique du fonctionnement de la recherche agronomique (Sebillotte 2006) et de ses liens avec l'agriculture (Jeuffroy, Bergez et al. 2008). Elle illustre ainsi les modes de transfert des connaissances depuis la recherche agronomique vers l'agriculture. Ceux-ci utilisent souvent les modèles. Mais, (Passioura 1996) distingue deux types de modèles. Un premier type est plus dédié à la recherche. Ce type représente et explicite le fonctionnement d'un système. Ils sont importants en agriculture durable car ils permettent d'accélérer les choix stratégiques possibles (Jeuffroy, Bergez et al. 2008) sans attendre que tous les événements imaginables aient eu lieu dans un système de culture. Ils sont complémentaires aux expérimentations qui valident les modèles (Jeuffroy, Bergez et al. 2008). Les modèles agronomiques sont limités (Jeuffroy, Bergez et al. 2008). Ils ne s'appliquent souvent que sur l'itinéraire technique d'une culture voire sur l'une de ses parties. Rarement, ils prennent en compte les interactions entre techniques ou le système de culture. Malgré ces limites, ils sont complexes à manipuler. De fait, les modèles des

[101] Par exemple, l'outil Masc évalue la durabilité à l'échelle d'une succession culturale Bockstaller, C., M.-B. Galan, M. Capitaine, B. Colomb, J. Mousset et P. Viaux (2008). Comment évaluer la durabilité des systèmes en production végétale. Systèmes de culture innovants et durables Quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ? E. éditions. Paris Pages 29 à 51.

chercheurs sont encore trop rarement utilisés directement (Jeuffroy, Bergez et al. 2008; Le Gal 2009), en particulier en agriculture durable. Ils nécessitent des moyens supplémentaires (Le Gal 2009) pour être transformés en connaissances opérationnelles à travers des modèles ingénieriques. Ils deviennent alors intéressants pour faire évoluer les techniques ou transférer des connaissances (Jeuffroy, Bergez et al. 2008). Car, certaines connaissances académiques deviennent exploitables si elles sont adaptées aux territoires, voire à des typologies d'agriculteurs. Ce type de modèle ingénierique a un rôle de médiateur entre le monde de la recherche et celui du développement (Jeuffroy, Bergez et al. 2008). Les outils ingénieriques aident à la conception de système de culture. En exploitant certains de ces modèles, les outils d'aide à la décision et les règles de décision développent la capacité d'offrir des conseils adaptés aux réalités de chaque système cultural. Ainsi, des modèles de prévision de risque basés sur des données météorologiques locales vont communiquer des conseils de traitement, par exemple, du cuivre sur le mildiou[102]. Les outils existants sont malheureusement souvent encore adaptés à l'agriculture intensive (Aubertot, Barbier et al. 2005), ne serait-ce que du fait même des limites des modèles évoquées ci-dessus. Il sont de plus peu utilisés (Loyce et Wery 2006). Cette démarche ingénierique produit également des cas types de systèmes de culture[103] ainsi que des documents de vulgarisation.

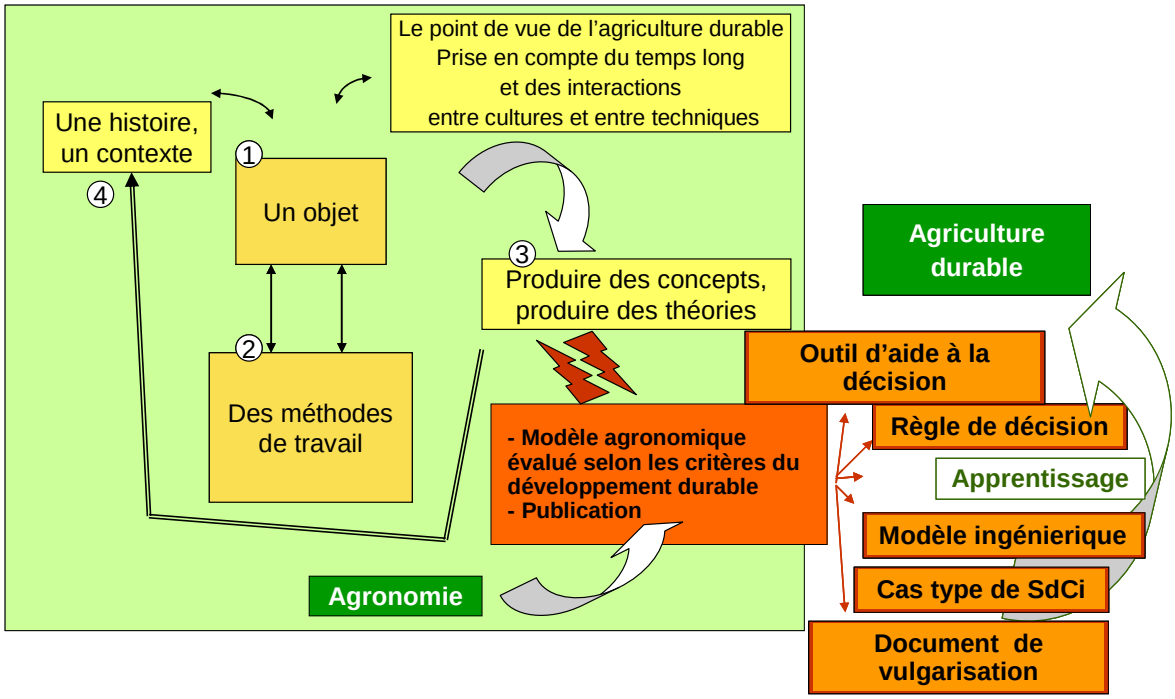


Figure II-10 : agronomie et agriculture durable d'après (Sebillotte 2006)

Certaines structures de recherche mettent également à disposition des résultats de recherche grâce à des outils[104] internet. Ces publications sont dédiées aux chercheurs,

[102] Source ITAB

[103] Un cas type est une "exploitation fictive, constituée par modélisation, et décrite grâce aux données concrètes et cohérentes des exploitations suivies d'un même système" Cerf, M. et D. Lenoir (1987). Le développement agricole en France, Presses universitaires de France Que sais-je ?

[104] Notamment le site http://eic.endure-network.eu:8080/webui/ du réseau d'excellence européen Endure, "European Network for the Durable Exploitation of Crop Protection Strategies". Développé de 2007 à 2010,

mais elles sont aussi une porte d'entrée aux conseillers pour accéder aux connaissances académiques. Cependant, (Ministère de l'écologie de l'énergie du développement durable et de la mer et Ministère de l'alimentation de l'agriculture et de la pêche 2009) soulignent que ces outils répondent de façon insuffisante aux besoins des acteurs du développement agricole, en particulier en terme d'échanges entre producteur et destinataire de la connaissance.

Cette appropriation de connaissances académiques par les agriculteurs suit donc un cheminement complexe. Elle exige une adaptation progressive du contenu ainsi qu'un apprentissage entre source et destinataire de la connaissance (Krogh Von 2003)[105]. Cette adaptation passe, par exemple, par les objets vus ci-dessus et par des expérimentations dans les exploitations agricoles elles-mêmes.

II-7-4 Historique de l'informatisation de la gestion de la connaissance en agriculture

On a abouti ainsi à la création progressive d'un patrimoine de connaissance robuste et validé, qui peut faire l'objet de systèmes de gestion. Cependant, l'articulation de la connaissance avec l'information (mise en œuvre opérationnelle, contextualisation, adaptation, retour d'expérience, etc.) est de plus en plus problématique. Il en est de même pour l'articulation entre les différentes natures de connaissance expérientielle, technique, académique, etc. Le volume croissant d'information rend difficile la prise de décision de l'agriculteur. Celle-ci est de plus en plus complexe dans son contexte qui se professionnalise (Walker 2002). Au-delà du traitement de l'information en agriculture, se pose celui du traitement de la connaissance. Le problème des « systèmes de connaissance agricoles » est donc posé (Girard et Navarrete 2005).

La numérisation de la connaissance est une des réponses possibles à ce problème. Ce traitement numérique de la connaissance en agriculture a pris des formes diverses rejoignant en partie celles présentées pour le monde industriel dans le paragraphe « Méthodes et outils pour diminuer la criticité des savoirs : transfert indirect ». Dans son étude sur les différents types de systèmes de gestion informatisés de connaissances en agriculture, (Liao 2003) rapporte les outils suivants : les systèmes experts (Mohan et Arumugam 1997), les systèmes à base de connaissance (Fleurat-Lessard 2002) ainsi que les outils d'aide à la décision (McCown 2002). En revanche, (Liao 2003) ne cite pas le Data mining comme un outil ayant trouvé son application en agriculture. Nous y rajoutons par contre les systèmes d'aide à la communication qui exploitent également les connaissances ainsi que les outils d'aide à la gestion des connaissances (voir paragraphe sur les Types d'applications informatiques en agriculture). Nous allons détailler ces différents types d'outils ci-dessous.

- **Le système expert** automatise une expertise. Il diagnostique et résout des problèmes. (Mohan et Arumugam 1997) ont produit une inventaire international

---

ce programme de recherche est basé sur les principes de l'agriculture intégrée. Il travaille sur les stratégies systémiques de protection des cultures contre les bioagresseurs.
Le site Organic Eprints http://orgprints.org/ recense les publications d'articles scientifiques sur l'agriculture biologique.

[105] Cité dans Ministère de l'écologie de l'énergie du développement durable et de la mer et Ministère de l'alimentation de l'agriculture et de la pêche (2009). Ecophyto R&D Vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires Volet 2 Tome IX : Conception d'un réseau d'acquisition de références et d'un réseau d'information Paris, INRA 100 pages.

des systèmes experts appliqués au domaine de l'irrigation. Ils recensent près d'une trentaine de références bibliographiques entre 1986 et 1995. Chacune de ces références correspond à un système expert distinct. Leur domaine d'application est varié. Ainsi, ces systèmes experts traitent de la programmation de l'irrigation, du choix des cultures irriguées, de la faisabilité économique de l'irrigation, etc. En France, quinze années après cet état des lieux, nous observons que les acteurs opérationnels[106] en irrigation n'ont pas déployé ces dispositifs. Pourtant, de nombreux travaux (Andro, Bachacou et al. 1987) ont été menés sur cette technologie de la connaissance et ont pu faire avancer l'idée de la gestion du patrimoine de connaissances agricoles.

- **Les systèmes à base de connaissance** ont constitué la seconde étape des systèmes experts. Dans son article, (Fleurat-Lessard 2002) présente un outil appliqué au stockage des grains. Ce système à base de connaissance intègre de nombreux modèles prédictifs sur l'évolution de la qualité du grain si aucune opération de prévention n'est conduite. Il suggère également une stratégie pour maintenir au mieux cette qualité durant la période de stockage.
- **Les différents types d'outil d'aide à la décision** qu'évoque (McCown 2002), parmi lesquels il positionne les systèmes experts, sont issus de l'expérience du monde industriel depuis la modélisation des phénomènes de production, puis de son introduction dans les outils informatiques. (McCown 2002) voit d'ailleurs dans les outils d'aide à la décision une voie pour introduire des modèles scientifiques dans les pratiques managériales des agriculteurs.
- **Les outils de type extranet** issus par exemple des coopératives mais aussi des instituts techniques diffusent un mélange de données, d'informations et de connaissances auprès des exploitants agricoles et de leurs conseillers. L'usager y accède grâce à un login/mot de passe.
- **Des outils de gestion des connaissances** ont émergé à partir de Drupal, un outil informatique de gestion de contenu. Ainsi, au plan international, l'organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a développé un projet de gestion des connaissances en agriculture AgriDrupal[107]. AgriDrupal est un prototype conduit dans le cadre de l'initiative AIMS Agricultural Information Management Standards "Interoperability, reusability and cooperation". AgriDrupal est un outil de démonstration en cours de développement. Le site indien Agropedia est l'un des sites le plus abouti de cette suite issue d'AgriDrupal (voir http://agropedia.iitk.ac.in/). Il comprend un contenu de connaissances validées par un centre indien de recherche et des espaces de création de connaissance mais aussi d'échange entre les acteurs. Pour l'heure, en France, nous n'avons pas d'outil équivalent. Nous verrons, en conclusion de cette thèse, en quoi notre outil est différent de la suite AgriDrupal.

Dans un premier temps, les outils développés comme les systèmes experts ou les systèmes à base de connaissance ont été nombreux. Mais, ils ont connu les mêmes mésaventures que lorsqu'ils ont été appliqués au monde industriel (voir paragraphe n° II-2-2E). Ils n'ont jamais réussi à dépasser le stade du prototype expérimental. Ainsi, en

[106] Nous avons interrogé plusieurs acteurs bien impliqués dans le domaine de l'irrigation dont :
- l'Irstea d'Aix-en-Provence, centre de recherche sur l'irrigation, Jacques Granier chercheur
- la Somival, bureau d'étude ancienne Société d'Aménagement Régionale (SAR), porteur de nombreux projets d'irrigation dans le Massif Central et gestionnaire d'Associations Syndicales Autorisées (ASA) d'Irrigation en Limagne dans le val d'Allier.

[107] http://aims.fao.org/fr/community/group/agridrupal

2012, nous n'avons pas pu identifier une seule application opérationnelle de ce type dans la sphère agricole française[108].

De nombreux types d'outils d'aide à la décision en agriculture ont connu aussi des déboires. Pour expliquer leur faible taux de réussite, (Walker 2002) liste ainsi leur manque de pertinence par rapport aux besoins des utilisateurs, l'échec de leur réalisation par une insuffisance de moyens financiers, leur complexité. Mais en 2012, ces outils d'aide à la décision qui mélangent les données et les connaissances sont maintenant bien diffusés autant chez les agriculteurs que chez ceux qui les conseillent. Dans le domaine agricole, les sociétés de service en ingénierie informatique ont su développer des logiciels à la fois professionnels et ergonomiques. Par exemple, certains outils exploitent des cartes satellitaires. Le traitement des images numérisées des champs produisent des conseils aux agriculteurs. Ils sont de plus une source de connaissances pour les exploitants agricoles sur le fonctionnement interne de leurs parcelles. Les outils de communication sont aussi populaires.

L'approche de la gestion des connaissances en agriculture correspond désormais à une approche qui se développe rapidement. Les cas abordés dans ce domaine agricole peuvent dès lors bénéficier des travaux et des outils effectués dans d'autres domaines. Le Knowledge Management en agriculture est maintenant vu comme s'intéressant à différents niveaux d'un système (individuel, organisationnel, systémique) et peut utiliser toute une variété d'instruments et de savoir-faire (Engel 1990). Les acteurs ont rajouté la gestion informatisée des connaissances aux deux modes existants basés sur l'écrit et sur l'oral. Mais il est confirmé qu'il n'existe pas en France d'outil informatique dédié strictement à la gestion des connaissances contrairement à d'autres pays qui se sont inscrits dans la dynamique du projet de la FAO autour d'AgriDrupal.

II-7-5 Conclusion sur la gestion des connaissances en agriculture

Dans le paragraphe II-7-1, nous avons observé une implication croissante des acteurs de la profession agricole dans le développement agricole. Dans le paragraphe suivant, nous mettons en évidence la prise en compte de la dimension systémique dans la gestion des connaissances pour la construction des agricultures durables. Enfin, le sujet de thèse lui-même a pour cœur l'insuffisance d'outils numériques pour la gestion des connaissances pour l'agriculteur. En résumé, sur la question de la gestion des connaissances, la tendance de fond de l'agriculture sur ces 50 dernières années est résumée dans le tableau suivant :

[108] Nous avons également interrogé sur ce sujet :

- Arvalis, l'institut du végétal, Yves Chabanel, ingénieur agronome
- INRA, Institut National de la Recherche Agricole, Nathalie Girard, chercheuse

Du point de vue	Des acteurs principaux	Du contenu	De la technique
Sur les 50 dernières années, évolution du mode de fonctionnement privilégié du développement agricole	**Etat** **Etat et organisation professionnelle agricole**	**Approche analytique** **Approche analytique et systémique**	**Transmission orale et papier** **Transmission orale, papier et numérique**

Tableau II-5 : tendance de fond du développement agricole

II-8 CONCLUSION SUR LA GESTION DES CONNAISSANCES

Cette approche successive de la gestion des savoirs dans le monde industriel puis dans le monde agricole met en évidence deux différences importantes. Celles-ci auront des conséquences sur l'outil à construire.

- Une rotation en agriculture biologique dure 10 ans. Dans sa vie professionnelle, un agriculteur ne pourra donc cumuler que quatre fois la même expérience, sachant qu'elle se déroule dans des conditions climatiques, sociales et économiques variables. Ainsi, contrairement aux cycles de productions industrielles, les cycles de production agricole sont longs. Ils ne peuvent pas être réduits. Le temps est donc un facteur lourd pour concevoir de nouveaux systèmes de culture. Il y a donc une nécessité de capitaliser les connaissances à partir d'un maximum de retours d'expériences d'agriculteurs. Dans une entreprise, la connaissance est validée à la suite des actions d'acteurs de l'entreprise. Qu'en est-il des connaissances empiriques produites par le monde agricole grâce à des démarches parfois laborieuses du type essais-erreurs (Le Gal 2009) ? A quel moment, les agriculteurs remontent-ils leurs expériences ? **La limite discernée est donc celle d'un manque de retour d'expériences. L'idée première est de remonter et de valider des connaissances empiriques.**
- Dans le monde agricole, les types d'acteurs qui produisent des connaissances, nous l'avons vu, sont nombreux depuis les chercheurs jusqu'aux coopératives. En effet, une grande partie des connaissances devra être déclinée à un niveau local par de nouvelles expériences. Pour autant, ne sont-elles pas souvent redondantes ? Dans certains cas, cette redondance s'explique certes par le besoin d'en apporter une nouvelle preuve scientifique ainsi que d'adapter des résultats localement. Elle s'interprète ainsi comme la volonté des acteurs de s'approprier ces connaissances. Cependant, le soupçon d'un gaspillage d'énergie par la démultiplication des expériences de même nature, en particulier sur les mêmes zones pédoclimatiques, est légitime. **L'idée seconde d'un outil de gestion des**

connaissances est bien de capitaliser pour éviter, selon le dicton populaire, de réinventer sans cesse l'eau tiède.

- **De plus, comme dans le monde industriel, l'existence d'un patrimoine de connaissances peut aider à la conception de systèmes de culture innovants et durables. La troisième idée est de recycler ces connaissances pour innover.**

Notre travail de recherche ambitionne donc de développer un outil de gestion des connaissances appliqué à la conception des systèmes de culture durables. En matière de gestion des connaissances, l'expérience du monde industriel est intéressante et novatrice. Elle peut être une source de réflexion et de créativité pour développer cet outil. Les spécificités agricoles devront cependant être approfondies. Dans le chapitre suivant, nous allons spécifier l'outil à travers une mise en perspective de la gestion des connaissances en agriculture selon la triple dimension de son organisation, de la sélection de ses savoirs et de leur représentation et enfin d'une perspective technologique.

CHAPITRE III : APPROCHE ET SOLUTIONS PROPOSEES

Nous nous intéressons à la connaissance du point de vue de l'agriculteur selon (Darré 2004b). Cela ne veut pas dire que seul l'agriculteur formule cette connaissance comme nous le verrons. Mais cet outil n'a pas pour vocation d'exposer par exemple des approches théoriques associées à la recherche agronomique. Le but de l'outil n'est pas non plus de produire directement des connaissances scientifiques. En effet, celles-ci sont validées dans un cadre et une démarche précise. L'outil agrège des solutions opérationnelles. Plus exactement, il fournit un cadre d'expertise permettant de réaliser des diagnostics, de construire des solutions et de les évaluer. Il est capable ainsi de stocker mais aussi de construire des solutions opérationnelles. L'outil est donc basé sur une approche orientée conception inspirée de la théorie C-K. En conséquence, il comprend deux espaces : une espace de connaissance et un espace de développement de nouveaux concepts.

Le cadre théorique de l'outil informatique repose sur sa composante organisationnelle, sa composante informationnelle et sa composante technologique (voir paragraphe I-3-3 Construction du modèle d'analyse). Chacune de ces composantes constitue les paragraphes suivants de ce chapitre.

III-1 LA COMPOSANTE ORGANISATIONNELLE : ANALYSE DETAILLEE ET SOLUTIONS PROPOSEES

Dans un premier temps, nous allons approfondir la composante organisationnelle. Dans le cadre des apprentissages pour le changement dans le monde agricole des pays industrialisés, ce paragraphe s'inscrit dans la théorie organisationnelle identifiée dans (Ison, High et al. 2000). Il nous a paru intéressant d'approcher les jeux d'acteurs aussi bien pour l'agriculture intensive que pour l'agriculture durable. Nous mesurerons ainsi mieux les manques pour faciliter la transition d'une agriculture intensive à une agriculture durable. Le premier paragraphe III-1-1 enquête sur la gestion de l'information relative à la protection des cultures appliquée à l'agriculture intensive versus agriculture durable. Le paragraphe III-1-2 analyse la dynamique d'échange entre les acteurs du système de connaissance agricole autour de l'agriculture durable. Nous tentons de mieux cerner les différences organisationnelles entre agriculture intensive et agriculture durable dans le paragraphe III-1-3. Dans le paragraphe III-1-4, nous complétons ces résultats d'enquêtes par l'analyse du cercle de Nonaka (Nonaka 1994) appliqué au monde agricole. Nous concluons ce chapitre sur les différents niveaux possibles d'implication des acteurs dans l'outil informatique de gestion des connaissances en agriculture durable.

III-1-1 Enquête sur les acteurs associés à la protection des cultures

Nous proposons de mieux cerner les différences de gestion des connaissances du point de vue organisationnel selon les types d'agriculture (Soulignac, Magne et al. 2010). Notre enquête part de la problématique de la protection des végétaux. L'utilisation des pesticides en agriculture est de plus en plus contestée (Aubertot, Barbier et al. 2005). En effet, ils présentent un risque pour la santé humaine (Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement Comité de la prévention et de la précaution 2002), et contribuent à la pollution des eaux et de l'air ainsi qu'à la réduction de la biodiversité

animale et végétale. De plus, la lutte chimique est confrontée à l'apparition de résistances des bioagresseurs aux pesticides (Aubertot, Barbier et al. 2005). Pour faire évoluer les pratiques agricoles, les autorités mondiales, européennes et nationales ont édicté des mesures de régulation réglementaires et économiques. Ainsi, le plan Ecophyto 2018 mis en place par le Ministère de l'Agriculture prévoit le retrait du marché de 53 molécules parmi les plus dangereuses, ainsi qu'une réduction de 50 % de l'utilisation des pesticides dans les exploitations agricoles, et ce d'ici 2018 si possible. Pour atteindre ces objectifs, de profonds changements dans les modes de production des agriculteurs doivent être opérés. Pour cela, un investissement important en termes de Recherche et de Développement doit être effectué. En effet, les sensibilisations économiques et réglementaires ne suffisent pas. Elles doivent être associées à la formation technique des agriculteurs et de leurs interlocuteurs aux alternatives de protection des cultures (Meynard 2008). Tout l'enjeu pour la recherche et le développement est alors de :

1- concevoir des techniques et/ou des systèmes de culture alternatifs permettant de répondre, dans le temps imparti, à l'objectif de réduction fixé par la loi,

2- mettre à disposition des agriculteurs les connaissances utiles et utilisables pour développer des techniques ou des systèmes de culture alternatifs.

Ce paragraphe s'inscrit dans le cadre du second objectif. L'une des premières étapes consiste à recenser le(s) système(s) d'information relatif(s) à la protection des cultures existants : quelles informations[109] relatives à la gestion des pesticides sont actuellement mises à disposition des agriculteurs ? Quelles institutions les détiennent et comment les organisent-elles ? Quelles sont les ressources informationnelles mobilisées (Supports, Origines et Contenus) par les agriculteurs pour gérer la lutte contre les bioagresseurs dans leur exploitation ? Autant de questions auxquelles nous cherchons à répondre à travers le paragraphe qui suit, d'une part pour l'agriculture conventionnelle, d'autre part pour les agricultures durables.

A La protection des cultures en agriculture intensive

Pour mener à bien ce travail d'analyse des systèmes d'information, deux angles d'analyse sont adoptés :

- **celui interne au système de culture** qui consiste à identifier les informations qu'acquièrent et qu'utilisent les agriculteurs pour protéger leurs cultures,
- **celui externe au système de culture** qui consiste à identifier les informations qui sont construites et mises à disposition des agriculteurs par leurs différents interlocuteurs.

A.1 Méthodologie de recherche

La méthodologie de collecte et de traitement des données a été construite à partir d'une recherche bibliographique ainsi qu'à partir de deux enquêtes exploratoires auprès de

[109] Dans les deux paragraphes qui suivent, nous utilisons le terme d'information au sens générique. Nous refaisons la distinction entre connaissance et information au paragraphe III-1-3 Discussion sur les différences organisationnelles en agriculture intensive versus agriculture durable.

deux experts[110], l'un expert des systèmes d'information et l'autre expert en agronomie. La collecte des données est fondée sur des enquêtes d'une part auprès des acteurs institutionnels et d'autre part auprès des agriculteurs. Nous avons choisi de travailler avec des agriculteurs en grandes cultures. Celles-ci sont très présentes dans les terres labourables françaises. De plus, ces cultures sont fortement consommatrices de produits phytosanitaires. Ainsi, les céréales à paille[111] occupent 24 % de la surface agricole utile et consomment près de 40 % du total des pesticides[112]. Enfin, elles font l'objet d'un conseil agricole bien structuré. La zone d'étude est essentiellement localisée dans des zones céréalières d'Auvergne. Ces enquêtes ne visaient pas la représentativité des acteurs et des agriculteurs. Au contraire, elles cherchaient à explorer la diversité existante. Il était en effet impossible d'enquêter un grand nombre de personnes. Par ailleurs, la théorie légitime cette démarche : (Royer et Zarlowski 2003) permettent de spécifier des modèles génériques. Pour les quatorze acteurs enquêtés, cinq groupes ont été constitués : les organismes de développement, les organismes réglementaires, la presse agricole, les organismes de distribution de produits phytosanitaires ainsi que les organismes d'enseignement et de recherche. Pour les agriculteurs, les critères d'hétérogénéité ont été plus difficiles à établir par manque de données. Nous avons sélectionné quatorze agriculteurs sur des communes de l'Allier et du Puy-de-Dôme, qui sont éloignées les unes des autres. Leurs systèmes de production sont soit du type céréale, soit du type céréale/élevage. Les entretiens ont été conduits selon un mode semi-directif. Autant pour les agriculteurs que pour les acteurs, les entretiens se décomposent en trois parties. La première porte sur une présentation générale de l'infrastructure dont dépend la personne interviewée. La seconde développe l'activité informationnelle relative à la protection des cultures. La troisième vise à schématiser les flux d'informations entre l'organisme et d'autres acteurs avec qui il échange de l'information relative à la protection des cultures. Par ailleurs, nous avons identifié pour chaque type d'information leur support (dimension technologique), leur origine (dimension organisationnelle) ainsi que leur contenu (dimension informationnelle) selon le modèle SOC (Support, Origine, Contenu) développé par (Magne 2007). Le recueil a établi également les domaines d'activité de travail liés aux informations (administration, commercialisation…) ainsi que leurs fonctions (innover, prescrire, aide au développement cognitif…).

Les deux traitements associés aux données sont leur modélisation ainsi qu'une analyse statistique mais uniquement pour les données des agriculteurs. Les données pour chaque acteur et agriculteur ont été structurées par catégorie pour être mieux comparées et manipulées. Pour les données recueillies auprès des acteurs, les diagrammes de flux de données (modèle conceptuel de communication) mais également des matrices relationnelles cartographient les flux produits ou échangés entre les émetteurs et les récepteurs. Pour les agriculteurs, les flux de processus associés aux itinéraires techniques visualisent les décisions et les actions. Les prises de décision pour protéger les cultures visent à répondre à trois niveaux d'action : stratégique, tactique et opérationnel. La vision temporelle de l'activité informationnelle relativement à l'activité de protection des cultures est ainsi prise en compte. Nous avons également composé des matrices relationnelles entre les méthodes de luttes adoptées et les bioagresseurs ciblés

[110] Tous deux appartiennent au groupe Ecophyto Recherche et Développement. Des experts de l'INRA, du Cemagref, d'instituts techniques composent ce groupe. Son objectif est de construire et de diffuser des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires.

[111] Les céréales à paille comprennent le blé, l'orge, le seigle, etc. Elles ne comprennent pas le maïs ou le sorgho.

[112] Données 2000, sources SCEES Service Central des Enquêtes et Études Statistiques du Ministère de l'Agriculture, UIPP Union des Industries de la Protection des Plantes

pour comprendre de manière plus précise les comportements des agriculteurs. Enfin, les données des agriculteurs ont été traitées avec des outils statistiques classiques du type analyse à composante multiple (ACM) ou test de Khi2 (Chilin Charles 2008). Ainsi, les variables significatives de l'activité informationnelle de protection des plantes ont pu être reliées entre elles ou avec des variables illustratives des exploitations agricoles.

A.2 Résultats sur l'organisation des acteurs en protection des cultures en agriculture intensive

L'organisation du réseau d'acteurs investis dans le domaine de la protection des cultures est complexe. Les agents des instituts techniques, les organismes de distribution de produits phytosanitaires ne sont pas en contact direct avec les agriculteurs. Ils diffusent des informations générales sur les conditions d'utilisation des produits phytosanitaires vers les organismes de développement (chambre d'agriculture, coopérative, négoce, CETA, etc.). Ceux-ci sont les interlocuteurs privilégiés de l'agriculteur. Nous les avons représentés par un modèle dont le type est inspiré par le Modèle Conceptuel de Communication[113] illustré par la Figure III-1 ci-dessous. A partir d'expérimentations locales en santé végétale, ils produisent puis diffusent de l'information sur les cultures, ainsi que sur les actions des produits phytosanitaires sur les bioagresseurs. Cette information est localisée c'est-à-dire proche géographiquement des réalités culturales vécues par les exploitations agricoles. Les coopératives et les négoces se différencient en jouant un rôle économique pour faire respecter par exemple un cahier des charges de production des cultures. Ils ont donc un rôle de prescription marqué en autorisant ou en interdisant des produits phytosanitaires par exemple. Du fait de leur concurrence, les coopératives n'échangent pas d'information avec les négoces. Pour leur part, les chambres d'agriculture ont une fonction de conseil, mais elles n'atteignent que 20 % des agriculteurs directement. Les instituts techniques font de la recherche appliquée. Ils jouent de plus un rôle d'interface entre la recherche agronomique et les autres organismes de développement agricole. Ils produisent aussi une information du type agronomique mais à destination uniquement des autres organismes de développement. Un organisme de développement joue une fonction spécifique : la FREDON[114] d'Auvergne. Il est l'organisme de référence pour la connaissance locale et en temps réel des bioagresseurs. Jusqu'en 2008, année de l'enquête, l'organisme étatique régional, le SRPV[115], avait en charge la diffusion des avertissements agricoles associés à cette pression des bioagresseurs auprès des agriculteurs et des organismes de développement. En résumé, l'analyse des données montre qu'il y a beaucoup d'acteurs, beaucoup d'échanges mais essentiellement ciblés sur les produits phytosanitaires. Le contenu de l'information diffusée porte beaucoup moins sur la protection intégrée des cultures[116]. L'information massive sur l'usage des produits phytosanitaires est tempérée par l'avertissement agricole. L'usage des produits phytosanitaires est donc raisonné, mais il ne peut pas être remis en cause au vu des informations reçues.

[113] Le Modèle Conceptuel de Communication (MCC) est l'un des modèles que propose la méthode Merise. Le MCC met en évidence les principaux messages échangés entre une organisation et les acteurs extérieurs. Merise est une méthode de conception de système d'information encore utilisée pour construire des bases de données relationnelles.
[114] FREDON : Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles
[115] SRPV : Service Régional de Protection des Végétaux. Ce service dépend du ministère en charge de l'agriculture.
[116] La lutte intégrée exploite des moyens de lutte alternatifs à la lutte chimique.

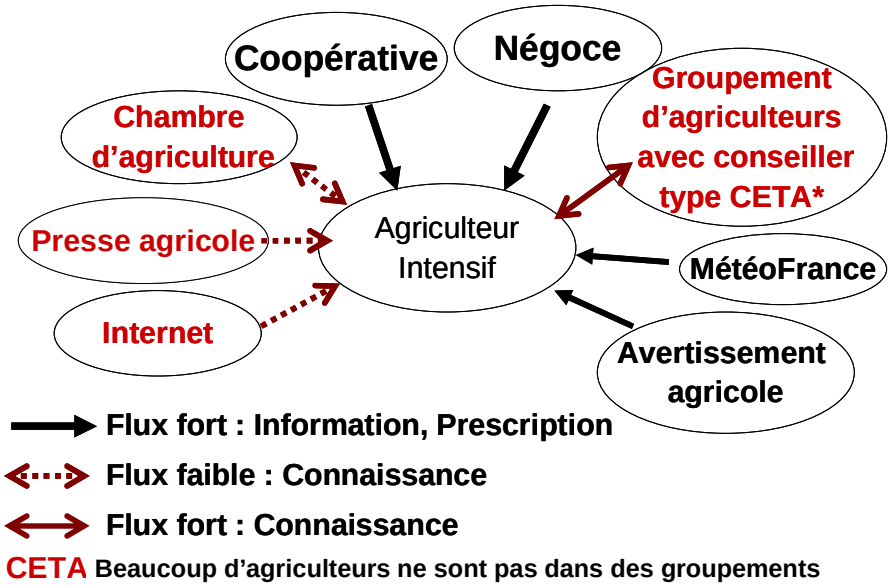


Figure III-1 : principaux acteurs de la protection des cultures en agriculture intensive

L'analyse de la matrice relationnelle sur les méthodes de lutte face aux bioagresseurs illustre sans surprise que les agriculteurs intensifs utilisent essentiellement la lutte chimique. Elle est exclusive contre les insectes. Des luttes du type cultural comme la rotation, ou du type génétique[117] sont parfois mobilisées contre les adventices et les champignons. Pour les adventices, la lutte physique comme le désherbage mécanique est également exploitée.

L'analyse des flux de processus les plus fréquents constate que les sources d'information pour prendre les décisions tactiques ne sont pas les mêmes que pour prendre les décisions opérationnelles. Les coopératives et les CETA fournissent les informations qui conduisent les agriculteurs à prendre la décision d'acheter les pesticides (niveau tactique). Par contre, Météo France et le SRPV communiquent des informations opérationnelles. La SRPV indique par exemple le niveau d'infestation des bioagresseurs alors que Météo France précise si les conditions climatiques sont favorables à un éventuel traitement. L'évolution du rôle du SRPV pose la question de la reprise de cette activité d'avertissement par des structures locales.

L'étude statistique a identifié des éléments structurant la gestion par les agriculteurs des informations relatives à la protection des cultures. En matière d'acquisition de l'information, deux types d'agriculteurs s'opposent. Un premier groupe multiplie les sources d'information externes en privilégiant les supports écrits. A l'inverse, l'autre groupe sollicite peu les sources externes et utilise essentiellement l'oral comme support de communication. Les agriculteurs qui sont engagés dans des contrats de type filière[118] sont dans ce dernier groupe. En effet, dans ce cas, l'information communiquée a un rôle de prescription et se suffit à elle-même. En matière d'utilisation des informations, un groupe d'agriculteurs ayant une stratégie de lutte curative s'oppose au groupe d'agriculteurs développant une stratégie d'anticipation à la lutte chimique. Dans notre

[117] Les variétés retenues sont plus rustiques. Elles sont naturellement capables de résister aux bioagresseurs.

[118] Ce type de contrat est pris entre l'agriculteur et la coopérative sur une culture. Il engage l'agriculteur en particulier sur sa conduite technique. Elle doit respecter les prescriptions définies par la coopérative. En conséquence de quoi, la coopérative achète la culture à un meilleur prix.

enquête, le niveau de formation est un des éléments explicatifs de cette double structuration. Plus son niveau de formation initial est élevé (niveau BTA[119]), plus l'agriculteur recherche à éviter la lutte chimique. Pour ce faire, il sollicite de nombreuses sources externes.

B La protection des cultures en agriculture biologique et intégrée

La diminution du nombre de produits phytosanitaires va entraîner de nouvelles méthodes de travail, en particulier préventives, déjà utilisées en agriculture durable comme l'agriculture biologique ou l'agriculture intégrée. Nous rappelons que si l'agriculture biologique s'interdit l'utilisation de produits phytosanitaires de synthèse, l'agriculture intégrée l'autorise mais en dernier recours. A l'échelle de l'exploitation agricole, ces deux agricultures vont mobiliser des types de lutte alternatifs à la lutte chimique.

B.1 Méthodologie de recherche

Nous nous proposons d'examiner comment ces agriculteurs organisent, stockent et utilisent l'information concernant la protection des cultures, comment cette information leur est proposée et sous quelle forme. L'hypothèse de recherche est qu'il existe un déficit d'information pour les agriculteurs en production biologique ou intégrée. Ce déficit aurait deux causes : d'une part un besoin d'information plus conséquent dans les agricultures durables qu'en agriculture intensive, d'autre part une offre réduite des organismes professionnels agricoles. Notre cadre d'analyse est schématisé dans la Figure III-2. Dans ce schéma générique, les acteurs institutionnels fournissent de l'information aux agriculteurs qui eux-mêmes leur en réclament. Les acteurs comme les agriculteurs peuvent se créer leurs propres informations ou échanger des informations avec d'autres agriculteurs ou acteurs. Nous avons également travaillé à la fois sur le support, l'origine et le contenu de l'information selon le modèle SOC développé par (Magne 2007).

Ce cadre d'analyse a servi de support à un questionnaire du type semi-directif. Le questionnaire est adressé autant à l'offre institutionnelle de l'information en protection des cultures (les acteurs institutionnels) qu'à la demande (les agriculteurs). Le choix d'une vingtaine d'acteurs institutionnels repose sur ce critère : leur production d'informations doit atteindre l'agriculteur. Le choix du panel d'agriculteurs ne porte pas sur l'idée d'une représentativité également inabordable mais sur celle d'une expression de la plus grande diversité possible. Il s'agit d'explorer les modèles de circulation de l'information. Une dizaine d'agriculteurs biologiques en Auvergne et cinq agriculteurs intégrés du département de l'Eure dans la région Haute Normandie ont été retenus. Nous avons ainsi obtenu deux jeux de données associés aux agriculteurs. Un premier jeu de données est agrégé à chaque agriculteur comme la surface agricole utile, le nombre de productions végétales, la quantité de sources d'information…Un second jeu de données intitulé "information" regroupe des supports d'information. Chaque support d'information réunit pour un agriculteur donné une source d'information, une fréquence et un mode de diffusion de l'information. Près de cent-vingt supports d'information ont été recensés pour les quinze agriculteurs enquêtés. Les données recueillies illustrent la qualité de

[119] BTA : Brevet de Technicien Agricole. Ce diplôme est équivalent à un baccalauréat professionnel. Ce dernier le remplace progressivement depuis quelques années. Un baccalauréat technologique a été également mis en place depuis 1993 Férat, F. (2007). Rapport d'information sur la place de l'enseignement agricole dans le système éducatif français, Sénat 90 pages.

l'information et plus largement la satisfaction générale de l'agriculteur vis-à-vis de l'information reçue. Elles relatent également le type de décision prise selon son niveau opérationnel, tactique ou stratégique associé à chaque information. Nous avons recueilli aussi l'importance de l'engagement de chaque agriculteur dans sa recherche d'informations.

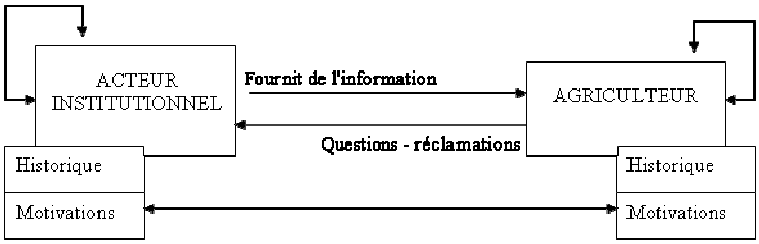


Figure III-2 : cadre d'analyse

Nous avons traité ces données. Pour les acteurs, le Modèle Conceptuel de Communication (MCC) met en évidence les principaux liens de communication entre acteurs. Ce modèle est fondé sur un diagramme, sur un descriptif des acteurs et des flux d'information. Pour les agriculteurs, les données ont fait l'objet d'une analyse statistique classique (Analyse Factorielle à Correspondance Multiple, classification ascendante, tri à plat…) sous l'outil Spad[120].

B.2 Résultats sur l'organisation des acteurs en protection des cultures en agriculture durable

Pour ce qui est de l'offre des acteurs institutionnels, en dehors de l'institut technique de l'agriculture biologique, les acteurs interviewés ne sont pas fortement liés à l'agriculture biologique ou à la production intégrée. L'impression générale des enquêtes auprès des acteurs institutionnels est que la protection des cultures rime avec les traitements phytosanitaires. Les techniques alternatives et les systèmes économes en intrants ne sont jamais spontanément cités comme une stratégie de protection des cultures. Le raisonnement des traitements phytosanitaires est en revanche cité. Dans un jeu d'acteurs globalement complexe, certains acteurs constituent de véritables nœuds d'information, par le nombre de flux d'informations qu'ils échangent avec d'autres acteurs. Cinq acteurs émergent : le SRPV -service de l'Etat spécialisé dans la protection des cultures- (16 relations recensées), la chambre d'agriculture (14 relations), la presse agricole (13 relations), les instituts techniques (11 relations) et les firmes phytosanitaires (10 relations). Ces acteurs ne sont pas nécessairement en contact direct avec les agriculteurs. A noter que l'arrêt de la diffusion des avertissements agricoles par le SRPV va notablement modifier ce schéma. La surveillance biologique du territoire était en 2008 dans une année de transition[121]. En moyenne, l'agriculteur reçoit des informations de 12 acteurs différents dont les autres agriculteurs.

[120] http://www.spad.eu/

[121] Dans la nouvelle organisation qui fait suite aux avertissements agricoles, l'information sur la situation phytosanitaire des cultures est séparée des conseils de préconisation. La situation phytosanitaire est une information publique, produite et diffusée dans "un bulletin de santé du végétal" par les partenaires agricoles. Elle est certifiée par l'Etat. Le conseil à l'utilisation du produit phytopharmaceutique est sous la responsabilité de professionnels. Il relève désormais du domaine concurrentiel. Il est produit par divers acteurs comme les négoces, les coopératives ou bien les chambres d'agriculture. Ce conseil devrait faire

La satisfaction des agriculteurs est fortement associée à l'existence de contacts humains, essentiellement par la présence d'un conseiller mais aussi par les échanges entre agriculteurs. Ces contacts sont ceux qui fournissent une information localisée dont ils sont très demandeurs. Mais les informations issues des négoces et des coopératives sont souvent taxées de partialité. Les agriculteurs ont peu recours aux supports écrits. Ils trouvent ainsi la presse agricole ou internet trop généraliste. Internet est par ailleurs considéré comme chronophage et ce média est pour l'heure encore peu utilisé.

Les agriculteurs biologiques considèrent que la quantité d'informations qui leur est fournie est insuffisante. En 2008, sur les quatre départements de l'Auvergne, seul un département a un conseiller technique en agriculture biologique. Dans ce département, les agriculteurs sont globalement satisfaits. L'interprofession en agriculture biologique est appréciée mais sa fréquence de diffusion de l'information est faible. Les agriculteurs biologiques font majoritairement appel aux autres agriculteurs, aux chambres d'agriculture, à la presse agricole, aux coopératives ainsi qu'au secteur privé. Nous les avons représentés sur le MCC de la Figure III-3. Ce schéma ne reprend que les acteurs qui ont une relation directe avec l'agriculteur.

Ce processus de construction d'une qualification collective à partir de groupes d'agriculteurs sans encadrement est ancien. Si, dans les années 80, les institutions ont reconnu l'agriculture biologique, antérieurement les agriculteurs en "bio" ne pouvaient en effet compter que sur eux-mêmes pour développer leurs connaissances (Ruault 2006).

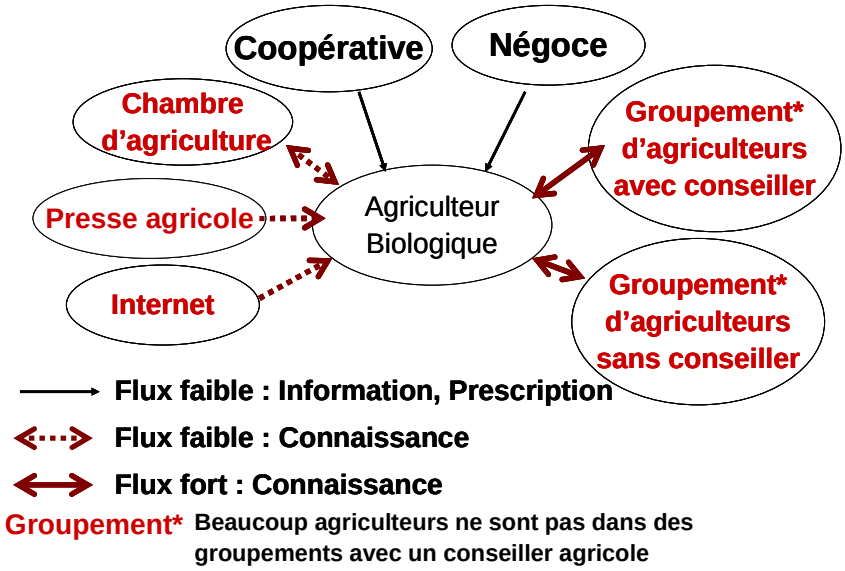


Figure III-3 : principaux acteurs de la protection des cultures en agriculture biologique

Globalement, l'insatisfaction des agriculteurs biologiques de la région d'Auvergne est clairement identifiée dans l'enquête. Cette insatisfaction est à mettre en relation avec la faible offre de solutions alternatives aux traitements phytosanitaires proposées par les institutionnels. Par contre, il semble que les causes de l'attentisme de certains agriculteurs biologiques aient plusieurs origines. Cela est grandement dû au manque de temps (plusieurs fois cité), mais aussi parfois à un manque de besoin. Par exemple, dans

---

l'objet d'une certification dans les prochaines années Ministère de l'agriculture et de la pêche (2009). Circulaire du 04 mars 2009 : Note d'orientation et de cadrage pour la mise en oeuvre d'un réseau d'épidémio-surveillance dans le domaine végétal.

des situations de polycultures d'élevage en moyenne montagne, le climat est peu favorable au développement des bioagresseurs et les cultures les plus vulnérables sont très minoritaires, ce qui entrave la propagation des bioagresseurs. Dans ces cas, les attaques de bioagresseurs sur cultures sont faibles ou inexistantes et leur impact économique plus faible. La protection des cultures et la recherche d'informations qu'elles supposent ne sont donc pas prioritaires. Il est au contraire apparu des situations où l'absence d'information devient critique pour la poursuite même de la conduite de l'agriculture biologique dans l'exploitation agricole enquêtée.

D'un point de vue méthodologique, la taille de l'échantillon des agriculteurs enquêtés est relativement faible. Ainsi, l'objectif de situer la diversité du comportement des agriculteurs biologiques vis-à-vis de la gestion des informations en protection des plantes n'est qu'en partie atteint. Dans de nombreuses autres régions que l'Auvergne, l'offre de conseillers en agriculture biologique est relativement bien structurée (Ruault 2006). Elle s'est rapidement étoffée sur 10 ans entre 1990 et 2000 (Ruault 2006). Malheureusement, le désengagement de la puissance publique dans la vulgarisation agricole est constaté partout en Europe (Colson 2006). Il rend incertaine la poursuite de ce développement.

Les agriculteurs intégrés ont plusieurs sources d'information : les expérimentations spécifiques à cette agriculture mais également le capital technique issu de l'agriculture biologique ainsi que des informations issues de l'agriculture intensive sous réserve de quelques adaptations. Les agriculteurs interrogés ont comme principale ressource le GDA (Groupe de Développement Agricole). Ils en sont tous adhérents. La circulation d'information est autant associée au conseiller chargé de son animation qu'à l'échange entre pairs par exemple dans le cadre des réunions "tour de plaine". Pour les agriculteurs intégrés de l'Eure, la présence d'un GDA animé par un conseiller de la chambre d'agriculture de l'Eure explique la dynamique de diffusion des connaissances. Les besoins en informations sont élevés, ce qui confirme l'une des hypothèses de départ. La qualité de l'animation et la dynamique de groupe apparaissent comme des réponses satisfaisantes à ces besoins. Si les agriculteurs biologiques et intégrés ont de nombreuses particularités en commun, l'information reçue par les agriculteurs intégrés enquêtés est plus abondante et plus riche.

III-1-2 Dynamique d'échanges entre les acteurs du "système de connaissance agricole" en agriculture durable

Les dispositifs comme le Réseau Mixte Technologique[122] issu de la nouvelle politique du CASDAR (voir paragraphe II-7-1A Les grandes étapes du développement agricole) favorisent déjà les échanges horizontaux entre les acteurs du système de connaissance agricole (voir II-7-1B Les enjeux contemporains du développement agricole), à savoir le conseil agricole, la recherche et l'enseignement. Mais la segmentation des acteurs est malgré tout prégnante comme la description des principaux échanges le montre ci-dessous. Nous nous intéressons aux échanges qui s'inscrivent dans la durée. Cette durée permet d'asseoir la confiance entre acteurs. Nous avions en effet vu qu'elle était l'un des facteurs les plus intéressants pour faciliter le partage de connaissances (voir paragraphe II-5 LES FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS POUR LA GESTION DES CONNAISSANCES). Le contenu de ce paragraphe sur la dynamique d'échanges est issu d'une part des résultats de l'Enquête sur les acteurs associés à la protection des cultures en agriculture durable et d'un travail bibliographique. D'autre part, une enquête

[122] RMT : Réseau Mixte Technologique

complémentaire a été conduite auprès respectivement d'un agriculteur biologique du Puy-de-Dôme, d'un conseiller agricole céréale en agriculture intégrée et en agriculture biologique du département de la Saône-et-Loire, d'un conseiller agricole d'un centre de gestion agréé agricole d'Auvergne, d'un enseignant agricole d'un Etablissement Public Local d'Enseignement et de Formation Professionnelle Agricole de la Haute-Loire ainsi que d'un enseignant chercheur d'une école d'ingénieurs en agriculture. Ces deux enseignants contribuent à la mise en place d'une Licence Professionnelle en agriculture biologique initiée par l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand et par VetAgro Sup[123]. Nous abordons successivement les types suivants d'acteur : l'agriculteur, le conseiller agricole[124], l'enseignant agricole ainsi que le chercheur.

- **L'agriculteur** : ainsi, les agriculteurs sont en relation possible avec leurs voisins pratiquant les mêmes types d'agriculture et avec leurs conseillers agricoles (voir III-1-1B.2 Résultats sur l'organisation des acteurs en protection des cultures en agriculture durable). Les échanges avec les enseignants sont faibles. Ils ont lieu dans des occasions précises : lorsqu'ils contribuent à l'effort de formation en accueillant la visite de classes ou des stagiaires sur des périodes plus longues et en participant également à des jurys. Enfin, aucun contact n'est institutionnalisé avec les chercheurs.
- **Le conseiller agricole** : les conseillers agricoles des chambres d'agriculture produisent des références. Ils jouent aussi un rôle de passeur des connaissances depuis les conseillers des instituts techniques tel Arvalis (voir paragraphe II-7-1C De la formation initiale à la formation continue). A l'échelle d'une chambre d'agriculture ou d'un centre de gestion agréé, la zone d'influence d'un conseiller vers les agriculteurs est essentiellement départementale. Ces conseillers échangent facilement entre eux à une échelle départementale et régionale. Dans le cadre de l'agriculture biologique, les connaissances des conseillers des chambres d'agriculture ou ceux encadrant des groupes d'agriculteurs comme les CIVAM[125] font remonter les connaissances vers l'ITAB. Cet institut technique capitalise les connaissances. Par ailleurs, beaucoup de conseillers agricoles agissent au sein de structures verticales par type de produit. Du fait de ce cloisonnement sectoriel, ils ne communiquent souvent efficacement vers les agriculteurs qu'à l'intérieur de ces filières. Globalement, les nouvelles références ne circulent pas suffisamment entre conseillers (Ministère de l'écologie de l'énergie du développement durable et de la mer et Ministère de l'alimentation de l'agriculture et de la pêche 2009). Les conseillers participent également au processus de formation dans les lycées agricoles dans le cadre de la formation initiale vers les élèves et dans celui de la formation continue destinée tant aux agriculteurs[126] qu'aux enseignants. Les conseillers suivent parfois des parcelles expérimentales au sein des exploitations

[123] "VetAgro Sup est né le 1er janvier 2010 de la fusion de l'École nationale vétérinaire de Lyon, l'École nationale d'ingénieurs des travaux agricoles de Clermont-Ferrand et l'École nationale des services vétérinaires" Source : http://www.vetagro-sup.fr/

[124] Compte tenu des conflits d'intérêts potentiels (Voir paragraphe II-7-1C), les conseillers des coopératives et des négoces sont exclus de l'analyse ; les conseillers sont ceux des organismes du développement agricole.

[125] CIVAM : Centre d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural. Les CIVAM se sont créés dans les années cinquante par opposition aux CETA considérés comme trop élitistes. Ils se sont impliqués précocement sur la thématique de l'agriculture durable Vedel, G. (2006). Développement agricole et conseil aux agriculteurs : de la productivité au développement durable. Conseiller en agriculture. Paris, INRA, Educagri éditions Pages 37-58.

[126] Avec le fonds de formation VIVEA

agricoles des lycées. Certains conseillers agricoles des chambres d'agriculture ont des relations suivies directement avec des chercheurs, en particulier de l'INRA, ou à l'intérieur des RMT. Les conseillers des centres de gestion agréés n'ont pas de relation avec les chercheurs.

- **L'enseignant agricole** : l'enseignement agricole public et privé relève du ministère de l'Agriculture. L'enseignement agricole forme de futurs agriculteurs en formation initiale mais également un nombre croissant d'acteurs du monde para-agricole. Les enseignants participent également comme formateurs à des formations continues destinées aux agriculteurs[127] par exemple dans les CFPPA[128]. Le rattachement de l'enseignement agricole à un ministère technique favorise par ailleurs cette insertion dans le tissu économique et professionnel local utile au processus même de formation. Les établissements d'enseignement agricole jouent d'ailleurs un rôle structurant en matière de développement agricole avec leurs partenaires professionnels régionaux (Férat 2007). De plus, de nombreux enseignants agricoles sont issus du monde agricole, voire pour certains d'entre eux ont une exploitation agricole. Les échanges des enseignants avec les agriculteurs ne sont donc pas restreints au simple cadre professionnel. Par ailleurs, les éléments suivants caractérisent les interactions entre enseignants :
    - Pour chaque discipline, le ministère organise des formations au profit des enseignants, ce qui assure des échanges à l'intérieur de chaque discipline.
    - Les relations interdisciplinaires ne sont pas assez développées entre enseignants. Pour l'essentiel, ils se produisent à l'occasion des stages des élèves en exploitation agricole.
    - Au sein même de l'enseignement agricole, même s'ils partagent le même ministère et les mêmes référentiels de diplôme[129], les enseignants du public se distinguent de ceux du privé[130].

  Si dans l'enseignement agricole supérieur, la tradition académique de publication rend relativement fluides les échanges entre enseignants et chercheurs, les professeurs des lycées agricoles restent plus isolés vis-à-vis de la communauté scientifique (Férat 2007).
- **Le chercheur** : seuls les chercheurs au sein de leur communauté et autour de leur discipline sont déjà dans un niveau d'échange satisfaisant grâce au processus même de reconnaissance de leur travail. Celui-ci repose en effet sur des communications orales dans des colloques et des communications écrites dans des revues. Le cloisonnement entre chercheurs et développement agricole, déjà signalé dans le paragraphe II-7-1B semble s'accentuer. Cependant, certains chercheurs ont intérêt à travailler avec la profession.

Le futur outil de gestion des connaissances a pour ambition de mieux rassembler les acteurs. En termes d'interactions, un outil accessible par internet facilite des relations

[127] Idem

[128] CFPPA : Centre de Formation Professionnelle et de Promotion Agricole ; Les CFPPA sont associés aux Etablissement Publics Locaux d'Enseignement et de Formation Professionnelle Agricole (EPLEFPA) qui regroupent en général un lycée d'enseignement général et technologique agricole (LEGTA) ou un lycée professionnel agricole (LPA) ainsi qu'un centre de formation d'apprentis (CFA).

[129] Comme par exemple le référentiel suivant : Ministère de l'agriculture de l'alimentation de la pêche (2011). Référentiel de diplôme Baccalauréat professionnel "conduite et gestion de l'exploitation agricole" 122 pages.

[130] Lycée agricole d'origine confessionnelle, mais aussi Maison Familiale Rurale (MFR), ainsi qu'un réseau d'établissement d'origine diverse (Chambre d'agriculture, association...) Férat, F. (2007). Rapport d'information sur la place de l'enseignement agricole dans le système éducatif français, Sénat 90 pages.

nouvelles au sein du "système de connaissance agricole". Nous les avons regroupées dans le Tableau III-1 ci-dessous. A ces interactions nouvelles, pourraient se rajouter celles des autres acteurs, non directement parties prenantes dans le "système de connaissance agricole" comme les coopératives et les négoces.

Acteur Vers / Depuis	Agriculteur "durable"	Conseiller agricole	Enseignant agricole	Chercheur
Agriculteur "durable"	Pour les agriculteurs non voisins ou ne pratiquant pas le même type d'agriculture durable	Pour les conseillers qui ne suivent pas l'agriculteur ou ne participent pas à des formations Vivea	Pour tous les enseignants agricoles (hors partenariat de l'agriculteur avec un lycée agricole ou participation à des formations Vivea)	Pour tous les chercheurs
Conseiller agricole	Pour les agriculteurs non suivis par le conseiller ou qui ne participent pas aux formations Vivea	Pour les conseillers agricoles qui ne sont pas de la même région et qui ne font pas partie des mêmes réseaux de conseil	Pour tous les enseignants agricoles hors partenariat avec un lycée agricole	Pour les chercheurs qui ne font pas partie des mêmes réseaux que le conseiller agricole
Enseignant agricole	Pour tous les agriculteurs non associés aux lycées agricoles ou qui ne participent pas aux formations Vivea	Pour tous les conseillers agricoles non associés aux lycées agricoles	Pour les enseignants agricoles entre disciplines ou entre établissements d'enseignement agricole	Pour tous les chercheurs
Chercheur	Pour tous les agriculteurs	Pour les conseillers agricoles qui ne font pas partie des mêmes réseaux que le chercheur	Pour tous les enseignants	Les interactions existent déjà dans le cadre des publications et des colloques au moins à l'intérieur de chaque discipline

Tableau III-1 : types d'interactions à renforcer entre acteurs en agriculture durable

III-1-3 Discussion sur les différences organisationnelles en agriculture intensive versus agriculture durable

Les résultats issus des deux enquêtes ont été présentés devant des acteurs du monde agricole aux origines professionnelles et géographiques variées[131]. La généralisation de

[131] - Colloque sur "La réduction des pesticides agricoles Enjeux, modalités et conséquences" Société Française d'Economie Rurale (SFER) - Cemagref 11-12 mars 2010 à Lyon

- Comité de Pilotage du programme CASDAR RotAB 31 mars 2010 à Poitiers ; RotAB est un programme national de trois ans (2008 à 2010) portant sur l'évaluation et la conception des rotations pratiquées dans les systèmes spécialisés en grandes cultures biologiques.

- Journée inter PEP (Pôles d'Expérimentation et de Progrès) 30 avril 2010 à Lyon ; Depuis 1994, sous l'impulsion de la région Rhône-Alpes, les Pôles d'Expérimentation et de Progrès (PEP) structurent le dispositif d'expérimentation agricole Rhône-alpin. Il existe 10 PEP (aquacole, avicole, bovin lait, caprin, fruits, horticole, légumes, grandes culture, vins et plantes à parfum aromatiques et médicinales).

ces deux modèles au-delà de la région Auvergne et du département de l'Eure n'a pas été contestée, même si la part relative des acteurs dans tel ou tel flux est parfois variable selon les secteurs. Cette généralisation est vraisemblable (Darré 2004c) du fait d'un fonds commun des comportements respectivement des agriculteurs conventionnels et durables. Par contre, ces modèles ne sont pas adaptés à d'autres pays européens (Barjolle, Bourdin et al. 2010) comme les Pays-Bas. En effet, ce pays a privatisé les organismes de recherche et du développement agricole. Leur processus de relations avec les agriculteurs est devenu de fait plus opaque et donc plus compliqué. Des structures intermédiaires y sont nécessaires pour fluidifier l'offre et la demande d'innovation (Klerkx et Leeuwis 2008).

Nous avons comparé les résultats des deux enquêtes. L'essentiel de l'information de protection des cultures, diffusée auprès des agriculteurs intensifs, porte sur la lutte chimique. Les organismes de développement économique, les coopératives et les négoces, ont un poids important dans cette diffusion, en particulier à travers les prescriptions des cahiers des charges. Pourtant, les centres de recherche, les organismes d'enseignement, les organismes de développement agricole (CETA, instituts techniques) produisent déjà des connaissances sur les luttes alternatives, même si c'est encore dans des volumes insuffisants. Malheureusement, seuls les groupements d'agriculteurs type CETA ou GDA sont en contact direct avec les quelques agriculteurs qui en sont adhérents. Par contre, comme notre enquête l'a mis en évidence, les agriculteurs intégrés ont plus de ressources en information que les agriculteurs intensifs puisqu'ils peuvent accéder aux connaissances développées à la fois en agriculture biologique et en agriculture intensive moyennant des adaptations. Il est intéressant de constater que les agriculteurs intensifs qui adoptent les parcours les plus économes en intrants sont ceux qui sont les plus proches des agriculteurs intégrés en matière de gestion des informations. En particulier, notre étude a confirmé le poids des formations initiales des agriculteurs intensifs dans une recherche volontaire de solutions alternatives à la lutte chimique.

Au vu des résultats, les types d'acteurs impliqués dans la gestion des connaissances sont les mêmes en agriculture intensive et en agriculture durable. Par contre, la Figure III-1 et la Figure III-3 marquent des différences sur les flux d'information ainsi que sur les flux de connaissances (voir paragraphe I-2-1A Définition de l'information). La comparaison de ces deux figures montre l'importance des échanges d'information entre les acteurs de l'agriculture intensive, en particulier depuis les coopératives et les négoces. A l'inverse, en agriculture biologique ainsi qu'en agriculture intégrée, l'appropriation des connaissances par les agriculteurs est fondamentale même si en agriculture intensive, la gestion des connaissances est également présente (Compagnone, Hellec et al. 2008). Cette dernière se fait, pour l'essentiel, par échange entre agriculteurs et, dans la meilleure des configurations, en présence d'un ou plusieurs conseillers (Compagnone, Hellec et al. 2008). Mais l'enquête a mis en évidence que l'agriculture durable est dans une dynamique de production et de diffusion de connaissances bien plus importante que l'agriculture intensive. Cela s'explique. Dans le cas de la protection des végétaux, l'agriculteur durable n'a plus la facilité d'utiliser une molécule pour éliminer un bioagresseur. En agriculture durable, l'introduction d'une approche systémique de la vision de son exploitation mais aussi du temps long dans le travail de l'agriculteur (Seppänen et Koskimies 2002) justifient cette mobilisation accrue des connaissances. Autrement dit, dans l'agriculture intensive, une réponse unique reposant sur l'utilisation d'une molécule règle en général le problème généré par un bioagresseur. Par contre, les agricultures durables travaillent davantage sur un ensemble de réponses face à des

menaces potentielles ou réelles. L'agriculteur durable rassemble en effet des ressources cognitives importantes pour éviter ou au moins contenir un bioagresseur en se posant, par exemple, ce type de question : quelle rotation par rapport à cet objectif ? La réponse a bien évidemment d'autres conséquences sur les conditions de production que la simple réduction du risque associé à ce bioagresseur. L'agriculteur a d'autres objectifs (fertilisation, marge brute, confort de travail....) et la rotation retenue doit y répondre. La réponse ne peut donc être simple. Cette différence conceptuelle majeure laisse supposer que les agricultures durables mobilisent un grand nombre d'informations techniques.

Pour des raisons opérationnelles, notre approche a été centrée sur la lutte contre les bioagresseurs. Mais la problématique de gestion des autres intrants est la même en matière de management des connaissances. Les acteurs et leur logique de fonctionnement sont souvent voisins. En effet, en agriculture conventionnelle, un engrais ou un apport d'eau va résoudre ponctuellement et rapidement respectivement un besoin en éléments nutritifs ou une phase de sécheresse. Pour sa part, un agriculteur durable raisonne la nutrition des plantes ou leur adaptation au climat local au double niveau systémique de son exploitation et temporel de sa gestion.

La question qui se pose est celui du développement des connaissances pour permettre une évolution des agriculteurs intensifs vers des types d'agriculture durable. Ces connaissances ne concernent pas uniquement la protection des végétaux mais également la gestion des autres intrants (engrais, irrigation) qui rentre dans le même type de problématique. D'autres connaissances sont traitées comme l'économie ou bien la question de l'organisation du travail. Nous en ferons l'inventaire ultérieurement (voir paragraphe III-2-1). L'agriculture intégrée pourrait jouer un rôle de passerelle dans la diffusion des connaissances développées en agriculture biologique vers l'agriculture intensive. Les agriculteurs intensifs sont en effet à la fois méfiants mais aussi curieux de ces techniques. Malheureusement et contrairement à d'autres pays d'Europe, l'agriculture intégrée française est mal identifiée et très peu structurée.

Le conseiller agricole en contact avec les agriculteurs consacre une partie de son temps à la recherche de connaissances. Ceci dégage d'autant la charge de travail des agriculteurs. Il joue un rôle d'animateur en mettant en relation des agriculteurs entre eux et éventuellement d'autres experts. Il en résulte un échange de connaissances fructueux. De plus, l'ensemble de ces contacts humains est très apprécié par les exploitants agricoles. Il offre un savoir technique adapté au contexte local. Il a une approche transversale des exploitations agricoles. Le conseiller possède donc deux avantages majeurs pour le développement des agricultures biologique et intégrée : il est en situation pour avoir une approche systémique des exploitations agricoles, mais il est aussi une force de propositions pour des diagnostics et des actions localisés. Il doit cependant développer de nouvelles compétences pour accompagner les agriculteurs en agriculture durable (Petit, Omon et al. 2010).

Or, malheureusement, dans ce contexte fragile de développement des agricultures biologique et intégrée, l'absence de conseiller constitue un handicap majeur pour le passage vers une agriculture durable. Cependant, si nous avons vu que la situation auvergnate de déficit en conseillers agricoles en 2008 pour l'agriculture biologique n'était pas généralisable aux autres régions (Ruault 2006), les conseillers en agriculture intégrée sont cependant encore peu présents. De plus, le départ du conseiller, lorsqu'il existe, est susceptible d'entraîner une importante déperdition de connaissances. Un outil informatisé de gestion des connaissances pourrait être l'une des réponses. Mais si cet outil est nécessaire, il est non suffisant. En effet, s'il peut assurer un rôle particulièrement précieux

de capitalisation, de partage et de construction des connaissances, une phase d'appropriation et de validation des connaissances reste de toute façon indispensable au plan local. Cet outil n'aurait donc pas pour vocation de se substituer à la présence des conseillers ou aux échanges entre pairs nécessaires pour recontextualiser la connaissance.

III-1-4 Conclusion sur l'aspect organisationnel de la gestion des connaissances en agriculture durable

Dans une démarche plus théorique, nous allons essayer de présenter les principales caractéristiques organisationnelles de la gestion de la connaissance dans le monde agricole (Soulignac 2009; Soulignac, Magne et al. 2010) à partir d'une analyse basée sur le modèle théorique SECI de (Nonaka et Takeuchi 1995) présenté dans le paragraphe II-1-3B L'approche japonaise de la gestion des connaissances. La Figure III-4 ci-dessous est construite à partir du point de vue de l'entreprise agricole élargi aux pairs et aux organismes agricoles identifiés dans le "système de connaissance agricole" (voir paragraphe II-7-1B Les enjeux contemporains du développement agricole).

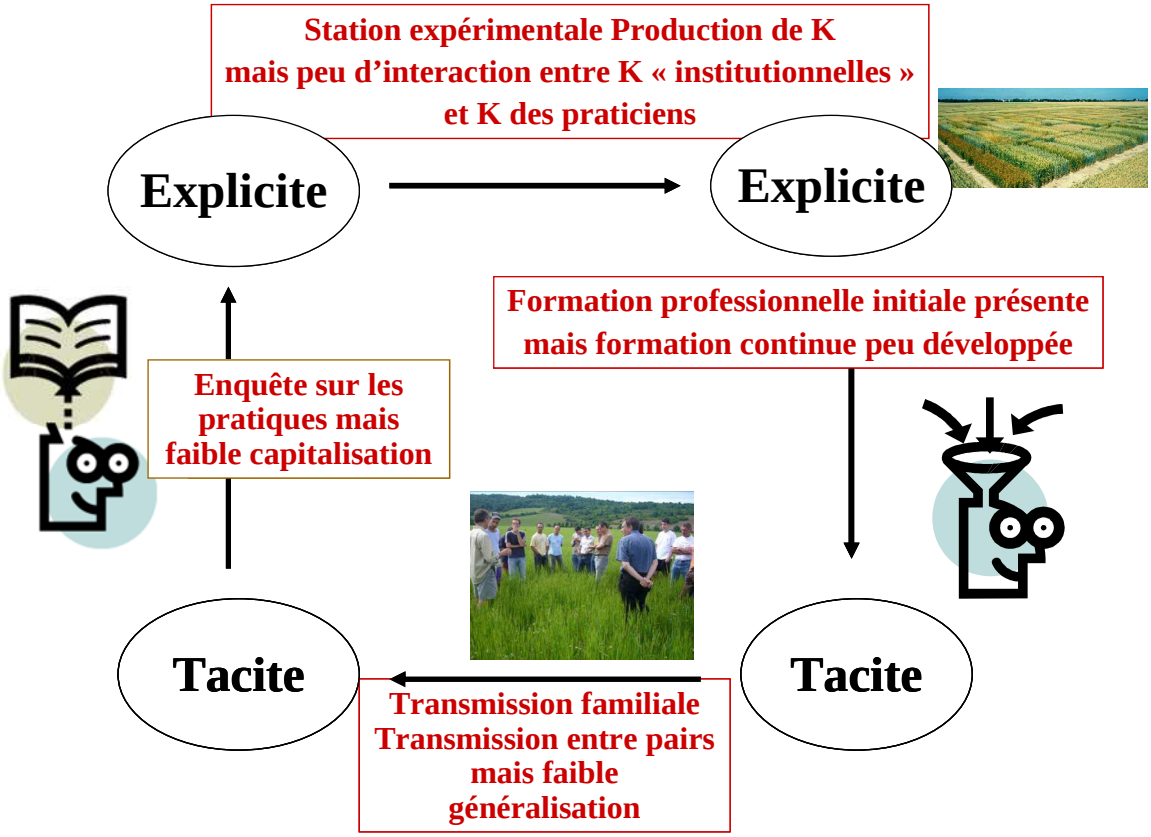


Figure III-4 : mode de transformation des connaissances en agriculture

Cette figure[132] illustre deux difficultés importantes que rencontrent les acteurs :

- **Dans cette entreprise familiale[133], la transmission de savoirs tacites** s'opère fréquemment entre parents et enfants[134]. Elle s'effectue aussi dans le cadre d'un

[132] K = Knowledge = Connaissance

travail collectif entre pairs (Darré 2004b), éventuellement avec un conseiller agricole par exemple lors des réunions "bouts de champs". Une dynamique mutualiste d'échange et de partage entre professionnels favorise l'apprentissage des pratiques innovantes. Les connaissances partagées y sont d'abord tacites même si des documents explicites peuvent y être échangés. Mais le mode de communication le plus partagé est l'oral (Abt 2010). Si le transfert direct des connaissances tacites est efficace localement, la généralisation de ce mode de transfert est compliquée du fait de la faible mobilité géographique des agriculteurs. La question de la capitalisation des savoirs accumulés par les agriculteurs autour de problématiques communes semble donc complexe à mettre en œuvre. Ces connaissances tacites sont critiques du fait de la difficulté de leur diffusion.

- **Le second type de transfert indirect** par l'explicitation des connaissances tacites, leur partage et leur diffusion par la formation est difficilement opérationnel. En effet, nous avons vu que le retour d'expérience des agriculteurs n'est pas généralisé[135]. De nouveaux outils de communication comme les forums[136] ou les nouveaux réseaux sociaux émergents répondent à ce problème de transfert de connaissances tacites explicitables. Mais l'anonymat relatif des contributeurs, les temps d'obtention parfois élevés des réponses ainsi que leur dispersion questionnent pour partie l'efficacité et la validité des échanges. De plus, le fonctionnement vertical du monde agricole par filière est une autre contrainte organisationnelle. Ainsi, la recherche et le conseil agricole se déclinent en grande partie par type de production : par exemple les deux instituts de recherche appliquée Arvalis et le Cetiom[137] s'occupent respectivement des céréales et des oléagineux. Cette verticalité de la recherche même appliquée ne rend pas aisée une approche systémique de l'exploitation agricole. L'innovation agricole i.e. la recombinaison de connaissances explicites qu'elles soient issues des pratiques des agriculteurs ou bien produites par le conseil agricole ou la recherche

---

[133] Le travail non familial augmente cependant. Ainsi, dans les exploitations professionnelles agricoles, la part des salariés permanents agricoles non familiaux est passée de 11% des actifs permanents en 1988 à 18 % en 2007. Par ailleurs, même si l'externalisation de certaines prestations notamment administratives comme la comptabilité a tendance à croître, le montant de ces achats ne représentait en 2005 que 6 % de la production agricole nationale. Ramenée aux UTA (Unité de Travail Annuel) i.e. la quantité de travail annuel d'une personne à temps plein cumulée des actifs familiaux, des salariés non familiaux permanents ou saisonniers, des CUMA et ETA, la proportion du travail familial représentait 73 % en 2000 et 71 % en 2007. Le travail familial reste donc majoritaire dans une exploitation agricole.
Source http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/ (Agreste - Enquêtes structure 2007, structure 2005 et recensement agricole 2000 (même échantillon))

[134] En 2009, 32 % de jeunes agriculteurs s'installant avec les aides nationales ne sont pas eux-mêmes d'origine agricole, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas pour parent proche un agriculteur.
Source : http://www.installagri.net/
Cette notion est à distinguer de celle de l'installation d'un jeune "hors cadre familial". Celui-ci reprend ainsi une exploitation dont le précédent exploitant agricole est sans lien de parenté avec sa propre famille. Cependant, même dans ce cas, si le jeune agriculteur a une origine agricole, il aura bénéficié de l'enseignement tacite de son entourage familial durant toute son enfance.

[135] Dans certains cas, la remontée des pratiques des agriculteurs est remarquablement organisée comme dans le cas du réseau d'élevage pour le conseil et la prospective. Ce réseau suit chaque année 1420 exploitations. Mais il s'inscrit dans une logique verticale de production de connaissances autour des filières d'élevage. Ministère de l'écologie de l'énergie du développement durable et de la mer et Ministère de l'alimentation de l'agriculture et de la pêche (2009). Ecophyto R&D Vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires Volet 2 Tome IX : Conception d'un réseau d'acquisition de références et d'un réseau d'information Paris, INRA 100 pages.

[136] Voir notamment le site http://www.terre-net.fr/forum-agricole En juin 2010, 50 000 sujets y sont traités pour 373 000 messages postés ; cependant, certains messages sont des demandes de service.

[137] Cetiom : Centre technique interprofessionnel des oléagineux métropolitains

agricole, est de fait rendue compliquée. Enfin, le faible taux de formation continue crée le risque de maintenir certains agriculteurs à un niveau de connaissance associé à leur formation initiale. Dans ce cas, les connaissances se stratifient par génération. Cela risque d'être d'autant plus vrai que les agriculteurs privilégient le dialogue avec des agriculteurs de leur âge.

Cette analyse basée sur le modèle théorique SECI recoupe correctement cette définition de la connaissance proposée par (Hubert 2004) dans sa postface à l'ouvrage de (Darré, Mathieu et al. 2004a) sur la question des combinaisons entre les connaissances profanes d'agriculteurs et celles scientifiques d'agronomes. (Hubert 2004) définit ainsi la connaissance "comme un véritable processus réflexif sur les processus sociaux eux-mêmes". Cette adaptation du modèle SECI rejoint aussi les conclusions de notre enquête de terrain auprès du monde agricole (voir paragraphe III-1-3). Par rapport à ce modèle SECI, les différences entre l'agriculture intensive et l'agriculture durable ne sont pas évidentes à expliciter :

- **L'importance des connaissances tacites** et de leur gestion est toujours vraie dans toutes les agricultures.
- **La remontée des pratiques est faible**, même si on peut signaler qu'en agriculture biologique ainsi que pour les exploitations d'élevage, cette remontée est plus opérante.
- **L'agriculture biologique est maintenant enseignée** de façon systématique dans les lycées agricoles.
- **Les pratiques de formation continue sont faibles**, quelle que soit l'agriculture.

Globalement, les connaissances en agriculture sont insuffisamment gérées alors même que cette gestion est critique pour le développement de l'agriculture durable. Les processus de capitalisation et de renouvellement des connaissances sont laborieusement opérants en agriculture du fait même d'un cloisonnement entre les acteurs. Celui-ci a pour origine des raisons géographiques pour les agriculteurs et des modes d'organisation éclatée pour les acteurs du "système de connaissance agricole". Le but de l'outil de gestion des connaissances est de boucler plus efficacement le modèle SECI de (Nonaka et Takeuchi 1995).

Le problème posé est donc celui de favoriser les échanges successifs de connaissances entre des organisations (dont des exploitations agricoles) différentes, voire potentiellement concurrentes entre elles. De plus, l'une des insuffisances du modèle SECI est la mise hors champ des acteurs extérieurs à l'organisation étudiée, ici le système de connaissance agricole. Ainsi, dans le cadre de notre analyse, mais également à travers l'enquête de terrain, nous n'avons pas vu apparaître des acteurs comme l'Etat (hormis le système d'enseignement agricole et la recherche), les agences de l'eau[138], les associations de consommateurs, les associations de défense de l'environnement, les collectivités locales comme la région[139] ou la grande distribution. Tous ces acteurs pourraient jouer un rôle dans l'outil. Mais ils n'ont pas tous le même poids. Ainsi, à travers ses outils financiers et réglementaires, l'Etat impose un cadre précis de travail à l'agriculteur. Les centrales d'achat s'inscrivent dans des relations contractuelles avec les agriculteurs à travers les coopératives ou les négoces. Mais l'approche dominante d'un

[138] Les agences de l'eau financent les changements de pratique sur les périmètres de protection des points d'eau potable.

[139] Par exemple, la collectivité régionale Rhône Alpes devient un acteur important de l'innovation de l'agriculture sur son territoire. Elle finance les PEP (Pôles d'Expérimentation et de Progrès). Les PEP sont organisés par filière et sont fédérés au sein d'une inter-filière par la chambre régionale de l'agriculture.

conseiller technico-commercial d'une coopérative même en agriculture biologique est de vendre des intrants et d'acheter les productions agricoles. Sa participation à un outil de gestion des connaissances est donc influencée par des intérêts pas nécessairement partagés par les agriculteurs. Par contre, la recherche et le conseil agricole n'ont pas de relations obligées avec les exploitants agricoles. Vu ces relations inégales entre les acteurs du système de connaissance agricole et certains acteurs extérieurs au système, est-il prudent qu'ils aient un accès équivalent à cet outil de gestion des connaissances ? Même dans une encyclopédie collaborative comme Wikipédia[140] basée sur un principe d'égalité des contributeurs, des membres actifs surveillent le contenu édité (Dacos et Mounier 2010). Une hiérarchie des membres est nécessaire pour éviter que des logiques d'influence ou d'intérêt économique prennent le pas sur la construction de savoirs. Puisque la réponse est négative, sur quelle base, va-t-on répartir les rôles des acteurs sur l'outil ?

Dans la suite du document, nous évoquons l'outil informatique proposé sous le nom de KOFIS : Knowledge for Organic Farming and its Innovation System.

Nous décrivons donc le niveau d'implication possible de chaque catégorie d'acteurs comme usager de l'outil KOFIS dans la Figure III-5[141]. La figure s'inspire du modèle de la marguerite (voir paragraphe II-1-3C Le modèle de la marguerite de Jean-Louis Ermine). Il comprend deux espaces : un espace de connaissance et un espace d'échange et d'innovation.

- **Un espace de connaissance :** il est possible de distinguer les usagers du site qui auront éventuellement les droits d'écriture sur l'espace de capitalisation des connaissances (les participants au "système de connaissance agricole") de ceux qui y auront uniquement les droits de lecture (coopératives, négoces, collectivités locales...) :
    - Le développement d'un espace collaboratif de savoir repose sur une capacité à s'approprier la perspective de l'autre (Ljung 2002; Ruault et Lémery 2009). Cette démarche demande une proximité en termes de centres d'intérêt étudiés et une capacité à comprendre d'autres points de vue techniques. Il faut également que les acteurs partagent les mêmes objectifs. Il en est ainsi des relations entre conseillers agricoles et agriculteurs même si cette relation ne va pas de soi.
    - Par contre, compte tenu des difficultés de communication entre agriculteurs et chercheurs, nous les avons dissociés (voir paragraphe II-7-1B Les enjeux contemporains du développement agricole). Il n'est cependant pas question de brider l'innovation en cloisonnant les acteurs de la recherche des autres acteurs du développement comme l'indiquent (Le Masson, Weil et al. 2006)[142]. En effet, les acteurs de la recherche agronomique offrent des ressources qu'une veille technologique permet de mobiliser. Cette veille est plutôt le fait des conseillers agricoles ou des enseignants agricoles capables

[140] http://fr.wikipedia.org/wiki/Accueil

[141] Ce jeu d'acteurs a été présenté le mercredi 9 février 2011 à la conférence de consensus sur les référentiels en agriculture biologique organisée par le projet Casdar RefAB. Ce jeu d'acteurs y a été reconnu comme approprié. Le projet Casdar RefAB regroupe 23 partenaires institutionnels, acteurs majeurs du développement en agriculture biologique autour de la production et de la diffusion de références. Selon la terminologie du projet RefAB, un référentiel est un ensemble organisé de références.

[142] Cité par Meynard, J.-M. (2008). Produire autrement : réinventer les systèmes de culture. Systèmes de culture innovants et durables. Paris, Educagri éditions Pages 11-27.

d'assurer un transfert de connaissances académiques. Elle est d'autant plus importante que certains types de connaissances ne peuvent pas être produits spontanément à partir d'enquêtes culturales (Meynard 1985). Des chercheurs fournissent aussi directement des connaissances pour peu qu'elles soient orientées vers l'action, voire évaluent des espaces de connaissance.

- **Un espace d'échange et d'innovation :** ancrés dans l'environnement institutionnel, les acteurs extérieurs tels que les coopératives influent sur les exploitants agricoles par leurs demandes spécifiques, ce qui implique un processus d'adaptation des connaissances. L'intervention de ces derniers sera aussi importante à travers des contributions sur des sujets innovants dans des espaces plus ouverts. L'expérience et la créativité d'ingénieurs agronomes de coopératives ou de négoces peuvent y être très utiles. Ce second espace dit -d'échange et d'innovation- sera ouvert à tous les acteurs a priori sans restriction pour susciter des échanges les plus libres possibles pour faire émerger des idées nouvelles.

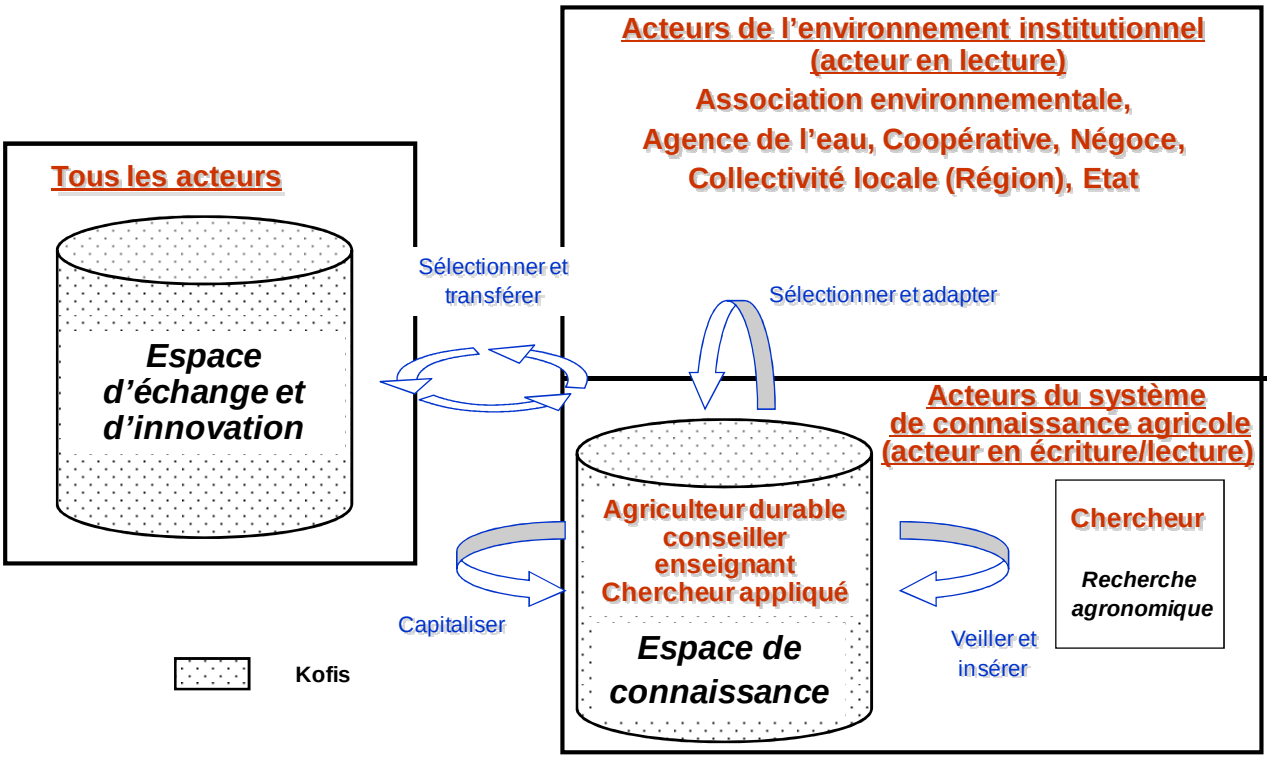


Figure III-5 : rôle des acteurs dans l'outil de gestion des connaissances KOFIS d'après le modèle de la Marguerite de Jean-Louis Ermine

Un outil informatique de gestion des connaissances génère potentiellement de nouvelles interactions. Mais sont-elles pour autant acquises ? Contrairement à une organisation classique du type entreprise industrielle, les agriculteurs n'ont pas de relation hiérarchique entre eux. Si les agriculteurs peuvent avoir des relations concurrentielles pour des biens de production comme la terre et l'eau, le savoir fait moins l'objet de rétention de leur part. Vu le niveau complexe des connaissances mobilisées dans des productions associant les incertaines interactions du vivant, les échanges entre les exploitants agricoles ayant des problématiques proches sont une nécessité, ne serait-ce que pour mieux partager les risques associés aux conditions locales de production ainsi qu'aux innovations. Ces

relations complexes de concurrence/coopération ne sont pas propres à l'agriculture et ont également été identifiées dans le monde industriel (Valceschini 1990). Cette absence de relation hiérarchique est une force puisqu'elle facilite l'expression des communautés de pratiques. Mais, par contre, la cohabitation des autres acteurs du système de connaissance agricole pour travailler ensemble ne va pas de soi (Schmitz 2004). Leur concurrence parfois vive autour de l'enjeu du conseil agricole peut remettre en cause cette séduisante construction de nouvelles interactions. De plus, les enjeux économiques pour les coopératives/négoces déjà identifiés, ou des dynamiques politiques en œuvre au niveau national ou dans les chambres d'agriculture à travers les élus représentant les agriculteurs complexifient une participation des acteurs autour d'une finalité partagée : gérer et produire des connaissances pour l'agriculture durable. L'état de l'art sur la gestion des connaissances (Soulignac, Chanet et al. 2009) nous invite à proposer au moins les deux réponses suivantes :

- **Il revient à la puissance publique de forcer le partenariat.** Nous retrouvons là l'idée de (Nonaka 1994) d'une implication de la "hiérarchie" pour gérer la connaissance dans l'organisation "hypertexte" (voir II-4-3 Gestion ascendante ou descendante des connaissances ?). Ainsi, si l'outil informatique est sous la maîtrise d'ouvrage d'un acteur ayant une relative neutralité au moins par rapport à ces enjeux de concurrence, alors une implication d'acteurs devient possible.
- **La signature des contributions identifie les acteurs**. Elle oblige à un minimum de neutralité et impose le sérieux. Elle leur restitue la paternité de leur apport. Elle leur confère ainsi un certain prestige susceptible de lancer une bonne dynamique participative. A l'inverse, si le contributeur est reconnu par ses pairs, sa signature donne du poids à la connaissance qu'il propose.

De plus, l'outil KOFIS n'empêche pas une certaine distance entre les acteurs, ce qui est sans doute favorable à ce type de partenariat (Schmitz 2004). L'outil à créer se rapproche donc du "Ba" de (Nonaka et Konno 1998) où les interactions entre acteurs sont rendues possibles (voir paragraphe II-1-3B L'approche japonaise de la gestion des connaissances). Les contradictions s'y expriment et elles seront à l'origine de nouvelles connaissances. Le paragraphe suivant s'intéresse au contenu du système de gestion des connaissances. Au terme de celui-ci, nous préciserons la position des acteurs par rapport au contenu de KOFIS.

III-2 LA COMPOSANTE INFORMATIONNELLE : ANALYSE DETAILLEE ET SOLUTIONS PROPOSEES

De quelles connaissances parle-t-on et comment allons-nous les représenter pour faciliter leur explicitation et leur échange ? Une exploitation agricole mobilise de nombreux domaines de connaissances. Ils s'inscrivent nécessairement dans une logique métier du point de vue de l'agriculteur ou dans une logique disciplinaire d'un point de vue plus académique. Ainsi, un sociologue va centrer ses objets de connaissances autour de l'exploitant agricole. Un économiste se mobilise autour de la rentabilité d'un système de production agricole. Notre approche métier est celle des agriculteurs lorsqu'ils œuvrent à produire dans des conditions économiques, sociales et environnementales acceptables. Le regard disciplinaire est donc d'abord agronomique. Dans cette logique productive, l'agriculteur ou l'agronome vont structurer leurs savoirs autour de la plante, de la parcelle,

voire du territoire ou de l'animal. Mais cette approche centrée sur le cœur de métier de l'agriculteur n'exclut pas que d'autres disciplines soient mobilisées.

Dans le cadre de notre démarche de définition d'un contenu à l'outil, nous allons privilégier l'agriculture biologique pour la suite du document. Elle a pour principal avantage d'être labellisée. En effet, les acteurs de l'agriculture biologique et son contenu sont renseignés. L'environnement institutionnel est relativement bien connu (Enita de Bordeaux 2003). Toute la filière biologique des produits agroalimentaires est également tracée depuis le champ jusqu'au produit fini. Le contexte de l'agriculture intégrée est plus flou. Ce choix n'est pas réducteur car les problématiques sont proches entre l'agriculture intégrée et l'agriculture biologique (Lamine, Meynard et al. 2009). Afin d'avoir une plus grande homogénéité dans nos résultats, et parce qu'il n'était pas possible dans le temps imparti de balayer toutes les filières de l'agriculture biologique, nous avons enquêté sur les exploitations agricoles en grandes cultures. En 2008, 19 % des exploitations biologiques avaient une orientation principale dans cette filière[143].

Dans la Figure III-5, nous avons souligné les interactions à promouvoir pour faciliter la production de connaissances. Cette figure met en évidence que notre travail n'est pas d'expliciter les méthodes de production des connaissances académiques ni de les valider. Sur ce dernier point, des outils spécifiques sont en projet (Ministère de l'écologie de l'énergie du développement durable et de la mer et Ministère de l'alimentation de l'agriculture et de la pêche 2009). Par contre, notre outil KOFIS s'approprie ces connaissances académiques. Il contient donc des connaissances "métier" alimentées par la sélection de connaissances académiques mais aussi par les retours terrain associés aux approches plus empiriques des agriculteurs et des conseillers agricoles. Par conséquent, le processus d'alimentation en contenu de l'outil repose sur une démarche d'hybridation des connaissances. Mais, celles-ci ne sont pas une fin en soi. Il faut se poser la question de la sélection des connaissances vis-à-vis d'un projet agricole, puisque l'agriculteur est au centre de KOFIS. Elles sont au service de problèmes concrets à traiter. Dans ce cadre, nous distinguons les connaissances "métier" utiles (paragraphe III-2-1) et, parmi celles-ci, les plus importantes (paragraphes III-2-2 et III-2-3). Le paragraphe III-2-4 porte sur la représentation de ces connaissances utiles et sur leur articulation dans une démarche métier.

III-2-1 Le patrimoine des connaissances "métier"

Pour identifier le patrimoine des connaissances, nous allons construire le modèle OIDC[144] présenté dans la paragraphe I-2-1D.2 . Le patrimoine des connaissances est centré sur l'agriculteur. La finalité assignée au système OIDC est la suivante : "*Conduite des grandes cultures en agriculture biologique sur une exploitation agricole*". Dans un premier temps, nous allons étudier les modalités pour construire le patrimoine de connaissances contenu dans le modèle OIDC puis nous le présentons.

[143] Source : http://www.agencebio.org/
[144] OIDC : Organisation Information Décision Connaissance

A Modalité de construction du patrimoine de connaissances

La construction du patrimoine de connaissances repose sur l'identification des acteurs ainsi que des objets "les artéfacts" qui participent à la finalité décrite ci-dessus. Chaque acteur consomme des informations et des connaissances. A son tour, il produit des informations ou apporte des connaissances. Les acteurs du système, les informations et les connaissances que ceux-ci portent ont déjà été en partie identifiés précédemment. Nous allons présenter les acteurs utiles à la construction du patrimoine des connaissances.

Le choix des acteurs est orienté par l'application que l'on vise, à savoir la "*Conduite des grandes cultures en agriculture biologique sur une exploitation agricole*". Des acteurs interviennent à des titres divers sur l'exploitation agricole que cela soit à un niveau décisionnel, à un niveau informationnel ou bien à un niveau opérant. Ainsi, les banquiers ont un rôle décisionnel fort à certaines étapes clés de l'exploitation agricole, comme au moment de l'installation par exemple. De même, des chercheurs produisent des connaissances utiles à la conduite de ces grandes cultures (voir III-1-2 Dynamique d'échanges entre les acteurs du "système de connaissance agricole" en agriculture durable). Mais, ils sont rarement en contact avec les agriculteurs. Ces deux types d'intervenants ne rentrent pas dans le processus même de production. Les uns et les autres n'ont donc pas leur place dans ce modèle OIDC sur la conduite des grandes cultures en agriculture biologique. Nous avons donc retenu les acteurs suivants sur la base de leur contribution à cette finalité :

- Etat, Europe,
- auditeur d'organisme certificateur,
- conseiller agricole de centre de gestion agréé,
- conseiller agricole de chambre d'agriculture,
- conseiller technico-commercial de coopérative,
- CUMA, ETA,
- enseignant agricole,
- les pairs.

Pour chaque acteur, nous définissons son rôle, les informations consommées et produites, les connaissances utilisées et apportées selon la méthode de construction du patrimoine de connaissance (Ermine 2008). Une enquête complémentaire a été conduite auprès des mêmes acteurs en Auvergne ou en Bourgogne que ceux indiqués au paragraphe III-1-2. De plus, sur le même secteur, nous avons également rencontré un responsable de commercialisation de produits biologiques dans une entreprise de négoce ainsi qu'un représentant d'un organisme certificateur. Nous avons reporté les produits de ces enquêtes dans l' Annexe 2 : résultat des enquêtes auprès des acteurs pour construire le modèle OIDC. Nous allons présenter l'essentiel des résultats dans le modèle OIDC ci-dessous.

B Présentation du modèle OIDC "Grandes cultures biologiques"

Le schéma OIDC de la Figure III-6 modélise une exploitation agricole en grandes cultures biologiques.

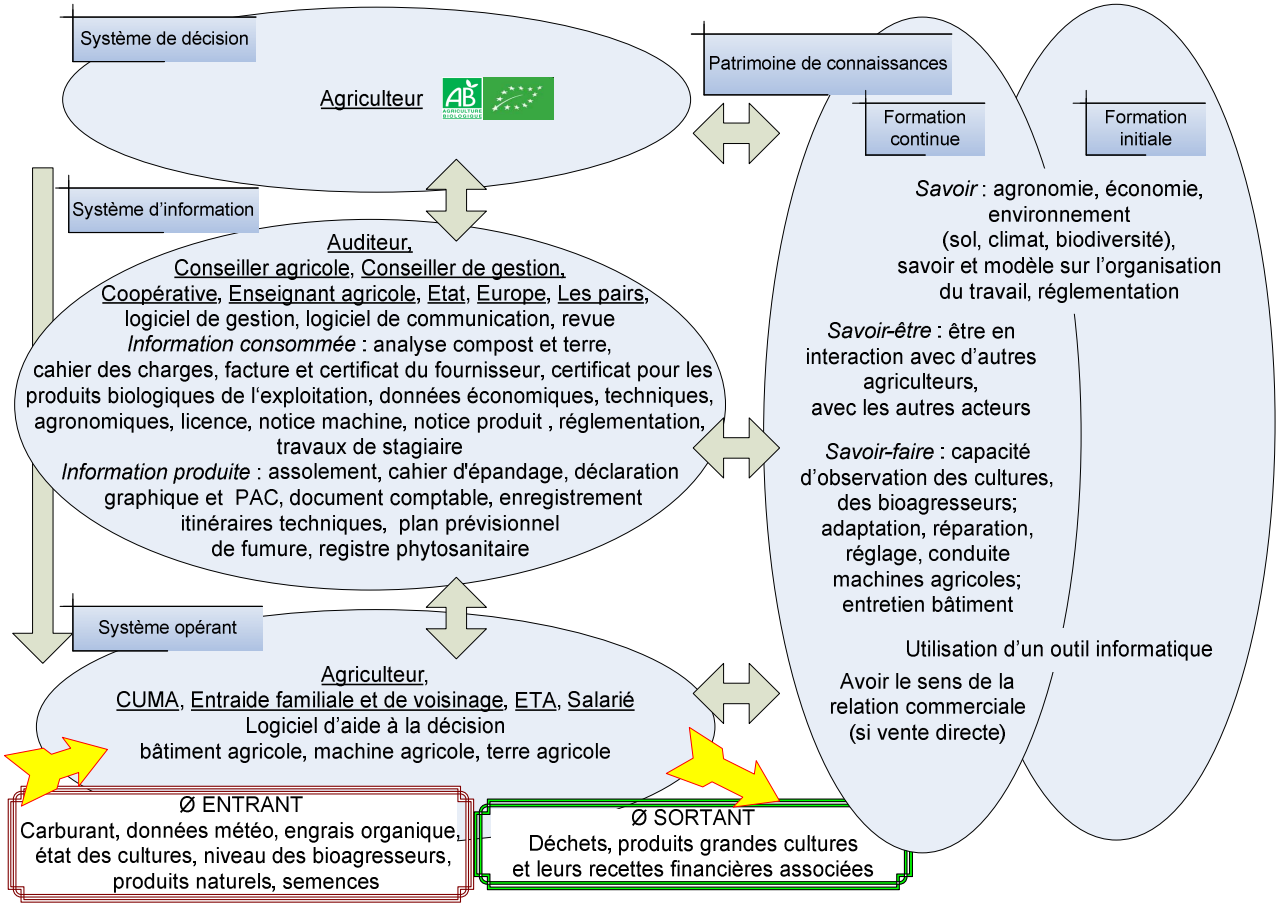


Figure III-6 : le modèle OIDC appliqué à l'agriculture biologique grandes cultures

Il comprend quatre sous-parties : le système de décision, le système d'information, le système opérant ainsi que le patrimoine de connaissance. Le modèle OIDC place les agents de l'entreprise agricole et leurs artéfacts (terre, machine, logiciel, etc.) dans les trois systèmes opérant, d'information et de décision. Le patrimoine de connaissance agrège les connaissances portées par ces systèmes. Dans le schéma ci-dessus, nous avons positionné l'ensemble des acteurs, des artéfacts, des informations ainsi que des connaissances. Nous allons détailler chacun des trois systèmes ainsi que le patrimoine de connaissances :

- **Le système de décision** comprend les agents qui pilotent le système. Selon le modèle canonique de décision proposé par Herbert Simon[145], le processus de décision comprend trois phases. Une phase d'intelligence identifie et formule les problèmes et les risques liés. Les problèmes sont très souvent associés à un projet et se construisent progressivement. Si les solutions issues des routines sont impuissantes, une phase de conception fabrique des solutions possibles et les évalue. Enfin, une phase de sélection multicritère retient la solution. Dans une exploitation agricole, l'agriculteur suit toutes ces phases du modèle de décision. A la fin, il retient une solution :
    - à la fois conforme à son système de valeurs et à celui de son milieu social d'insertion (Darré 2004b) d'une part,

[145] Cité dans Le Moigne, J.-L. (1999). La modélisation des systèmes complexes. Paris.

- et la plus pertinente en terme d'efficacité par rapport à un ou plusieurs de ses objectifs généraux, associé à un programme prévisionnel et à son corps de règles de décisions (Cerf et Sebillotte 1988; Sebillotte et Soler 1988), d'autre part.

Car l'exploitation agricole est une très petite entreprise. L'agriculteur en est financièrement et juridiquement responsable. Bien sûr, d'autres acteurs ont une plus ou moins grande influence sur ce processus. Tout d'abord, l'agriculteur doit respecter les réglementations imposées par les pouvoirs politiques nationaux et européens. La conditionnalité des aides l'y invite. De même, une coopérative va pousser l'agriculteur vers telle ou telle production pour alimenter ses usines agroalimentaires. Un éventuel refus risque de nuire à son partenariat vis-à-vis de la coopérative et peut contribuer à un certain isolement économique de l'agriculteur. Mais, au final et en toutes connaissances de cause, il est le chef d'entreprise et donc celui qui prend les risques en décidant. En agriculture biologique, les exploitants agricoles sont de plus très volontaires pour s'affranchir de toutes pressions et pour asseoir ainsi leur autonomie.

- **Le système d'information** comprend les agents qui informent l'agriculteur. Il est constitué par l'ensemble des informations stratégiques et tactiques fournies par ces acteurs. Ces dernières deviennent des informations consommées par l'agriculteur. Le système d'information recense également les informations produites par l'exploitation agricole. Celles-ci répondent à une ou à plusieurs finalités, à savoir la démarche volontaire de l'agriculture biologique, la réglementation, mais aussi la conditionnalité des aides PAC (ACTA 2007). Ainsi, les déclarations PAC[146] et la déclaration graphique sont une exigence de la conditionnalité des aides PAC et de diverses réglementations. Malgré son importance en agriculture biologique, la rotation n'est pas une information obligatoire à enregistrer par rapport aux trois finalités vues ci-dessus[147]. Les certificats du fournisseur (associés aux étiquettes de semences et de plants ainsi qu'aux factures) tracent les produits[148] et permettent de certifier les conditions réelles de production. La tenue d'un registre phytosanitaire[149] est associée à la fois aux contraintes réglementaires communautaires du paquet hygiène et à la conditionnalité des aides PAC. En revanche, l'enregistrement des autres opérations de l'itinéraire technique est un acte volontaire de l'agriculteur. Assez fréquemment, il trace ainsi ses opérations dans un "carnet de plaine".
- **Le système opérant** lie des acteurs et des flux qui produisent les biens. L'agriculteur est le plus souvent à la manœuvre. Il sous-traite quelques tâches

[146] En 2010, les agriculteurs biologiques bénéficient des aides PAC, comme la très grande majorité des agriculteurs. Cette aide s'appuie sur un dispositif de droit à paiement proportionnel à la surface, intitulé Droit à Paiement Unique (DPU). Ils bénéficient également d'une aide spécifique de maintien dans l'agriculture biologique.

[147] Tous les agriculteurs connaissent l'historique des cultures sur leur parcelle. Mais l'enregistrement de la rotation n'est obligatoire que dans quelques démarches volontaires comme, par exemple, celle du label rouge. ACTA (2007). Mes documents sur l'exploitation Description et éléments de gestion. Paris 384 pages. En agriculture biologique, elle est cependant analysée par l'organisme certificateur.

[148] Cette traçabilité obéit à une logique réglementaire dans le cadre du "paquet hygiène" développée en particulier dans (Parlement européen et Conseil de l'Union Européenne (2002). Règlement établissant les principes généraux et les prescriptions générales de la législation alimentaire, instituant l'Autorité européenne de sécurité des aliments et fixant des procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires, Journal Officiel des Communautés Européennes.). Elle garantit également le respect de la filière biologique.

[149] En agriculture biologique, des produits insecticides d'origine naturelle sont utilisés comme le pyrèthre.

mécaniques à des CUMA ou à des ETA. Les logiciels d'aide à la décision optimisent les apports d'intrants. Ils sont moins présents en agriculture biologique car les intrants y sont moins fréquents et d'une manipulation plus complexe. Les flux sont constitués des matières, de l'énergie et des données qui alimentent le processus de production en continu. Ils sont "Entrant" et "Sortant". Les informations recensées y sont d'ordre opérationnel. Les données "météo" sont très importantes dans l'organisation quotidienne de l'agriculteur, en particulier sur sa possibilité d'intervenir dans ses champs. Le niveau des bioagresseurs et l'état des cultures sont issus directement des observations de l'agriculteur, de ses pairs ou bien du partenaire agricole en charge du "bulletin de santé du végétal" (voir note[121] de bas de page).

- **Le patrimoine de connaissances** recense toutes les connaissances utilisées et apportées de tous les acteurs et de tous les artéfacts répertoriés dans les systèmes respectivement opérant, d'information et de décision. Dans le cas de la gestion des connaissances en agriculture, il est difficile de dissocier le contenu de la formation initiale des connaissances acquises au cours de la vie professionnelle. En effet, les lycées agricoles ont des relations constantes avec le milieu professionnel. Ils sont d'ailleurs sous la tutelle directe du Ministère de l'Agriculture contrairement à toutes les autres formations qui dépendent du Ministère de l'Education Nationale. Ils participent à la formation initiale autant qu'à la formation professionnelle. Nous proposons donc d'enrichir le modèle du patrimoine de connaissances proposé par (Ermine 1996, 2e édition 2000) en y distinguant les connaissances initiales des connaissances acquises au cours de la vie professionnelle. Certaines connaissances acquises en formation initiale sont régulièrement mises à jour, ne serait-ce que par la pratique ou par la formation continue. A l'inverse, certaines connaissances s'acquièrent pour l'essentiel sur le terrain comme le sens de la relation commerciale[150].

III-2-2 Identification des connaissances critiques

Dans le paragraphe II-2-2A sur La cartographie des connaissances, nous avons défini le caractère critique du savoir ainsi que ses modes de cartographie. Nous avons indiqué également que cette analyse repose sur des praticiens expérimentés du domaine expertisé. Nous allons analyser (Soulignac, Ermine et al. 2010a) cette criticité de l'agriculture biologique grande culture à partir de deux approches l'une procédurale (Grundstein 2000b; Grundstein 2002) et l'autre conceptuelle (Ermine 2007b). Dans le cas précis des agriculteurs, leur analyse de la criticité de la connaissance est perçue comme fiable. En effet, ils n'ont pas à défendre une position particulière dans une organisation.

A Identification des savoirs critiques par l'analyse des processus

L'analyse des processus critiques appliqués à la conduite de l'agriculture biologique grande culture s'appuie sur des entretiens avec trois agriculteurs en grandes cultures. Ils sont basés en Limagne dans le département du Puy-de-Dôme sur de bonnes terres agricoles. Ils n'ont pas été choisis au hasard. La profession les reconnaît comme étant des agriculteurs expérimentés. Les trois exploitations font du blé qui est une culture particulièrement rémunératrice. Nous l'avons donc retenu comme culture servant de

[150] Par exemple, l'agriculteur commerce directement avec d'autres agriculteurs (vente de céréales à un éleveur) ou pratique une vente directe vers le consommateur.

support pour l'analyse du processus. Pour chacun d'entre eux, les entretiens ont duré deux fois deux heures en moyenne. Leurs enregistrements ont facilité l'analyse d'un discours agronomique assez pointu. La culture du blé biologique procède d'un itinéraire technique. Sur la Figure III-8 ci-dessous, un axe horizontal affiche les principales étapes de sa production. A chacune de ces étapes, les problèmes habituellement rencontrés y ont été associés ainsi que les connaissances permettant de les résoudre. Dans un premier temps, les agriculteurs ont complété ce schéma, au moins au niveau de la description des principales étapes. Puis, ils ont mis en évidence les manques en connaissances cruciales aptes à résoudre les problèmes déterminants.

La conduite du blé d'hiver se déroule sur une année depuis le travail du sol en automne précédant le semis jusqu'à la récolte en été. Pourtant, tous les agriculteurs ont rajouté le raisonnement de la rotation comme faisant partie intégrante du processus. Cette "mémoire du sol" élargit le processus au-delà de la phase annuelle des techniques de production de la culture du blé. Car une rotation bien pensée règle en grande partie la pression de bioagresseurs tels que les insectes, les champignons ou les maladies, mais pas complètement celle des adventices. Une seconde thématique importante émerge en sus de la rotation déjà citée, celle de l'étape technique du désherbage. Cette question de la maîtrise des adventices est en effet la grande problématique de l'agriculture biologique.

Les agriculteurs interrogés recherchent une connaissance explicite mais également des connaissances tacites. Ainsi, tous citent la difficulté de réglage de la herse étrille, dont une image est reportée sur la Figure III-7. Juste après le semis du blé, cet outil parcourt le champ pour supprimer les mauvaises herbes. L'agriculteur effectue cette opération deux à trois fois. Du fait de son passage "à l'aveugle", il élimine également une partie du blé. Toute la stratégie du réglage va consister à ajuster l'agressivité des dents de la herse afin d'éliminer les adventices sans faire disparaître le blé. La dureté du sol, son humidité, la hauteur du blé sont autant de paramètres à prendre en compte pour optimiser le réglage. L'appropriation de cet outil demande quatre à cinq années.

Figure III-7 : herse étrille

Les connaissances sollicitées ne sont pas toutes généralisables. Si tous les agriculteurs biologiques connaissent des difficultés importantes avec l'enherbement, pour autant les adventices citées ne sont pas systématiquement les mêmes d'une exploitation à l'autre. Selon le sol et le climat, les précédents culturaux et les pratiques agricoles, les mauvaises herbes majoritaires sont du liseron, du chardon, du rumex ou de la folle avoine, etc. Cette diversité conduit à des nombreuses stratégies possibles de lutte parfois antagonistes entre elles.

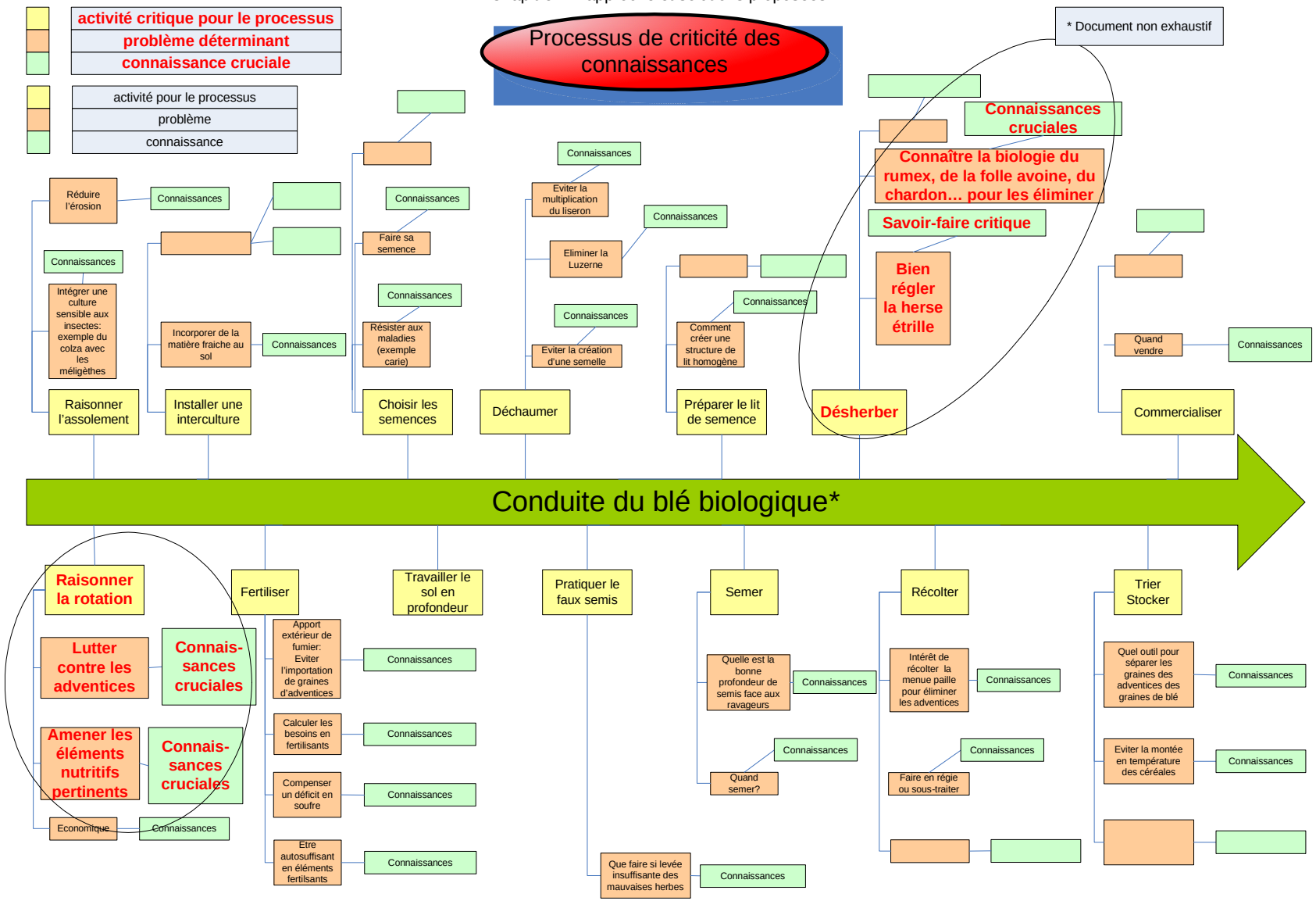


Figure III-8 : processus critique dans la conduite du blé biologique

B Identification des savoirs critiques selon une approche conceptuelle

Pour cette seconde méthode d'identification, nous avons mobilisé trois agriculteurs en grande culture biologique dans la région Bourgogne, plus précisément dans le département de l'Yonne. La profession agricole nous a proposé plusieurs noms d'agriculteurs réputés pour leur expérience. Deux de ces agriculteurs sont localisés sur des terres hétérogènes argilo-calcaires mais aussi limoneuses près de la ville de Sens. Le troisième exploite les terres argilo-calcaires moins riches du plateau de Bourgogne. La méthodologie des entretiens est la même qu'en Auvergne.

Dans cette approche, les thèmes retenus doivent être le plus disjoints possibles afin que chacun d'entre eux puisse éventuellement être un objet de connaissance en tant que tel. Cependant, puisque la démarche est systémique, les thèmes sont nécessairement reliés entre eux. Un haut niveau d'expertise est donc nécessaire pour construire un domaine de connaissance pertinent. Un comité d'experts[151] a choisi les grands thèmes de connaissances pour une exploitation agricole biologique en grandes cultures. Ceux-ci sont présentés dans la Figure III-9. Parce que l'on s'intéresse à l'exploitation agricole en tant que système, i.e. dans des dimensions élargies de temps et d'espace, le comité d'experts a spontanément cité la question de la rotation mais également la thématique du sol et du climat. Les maladies et les ravageurs sont signalés car leur présence rend délicate la conduite de certaines cultures autres que le blé comme le colza. Enfin, la description de la fertilisation est plus précise en différenciant les engrais N, P, K (respectivement Azote, Phosphore et Potasse) et le soufre. Ces quatorze grands thèmes n'ont pas été remis en cause par les agriculteurs. Seul un agriculteur a suggéré d'élargir la fertilisation aux oligoéléments.

Ces quatorze thèmes sont à croiser avec ceux identifiés dans le patrimoine des connaissances (voir Figure III-6 : le modèle OIDC appliqué à l'agriculture biologique grandes cultures). Si certains des thèmes présentés dans le modèle OIDC n'apparaissent pas directement surtout ceux autour des artéfacts comme les bâtiments, les machines agricoles ou bien les logiciels, c'est parce qu'ils sont considérés par les agronomes autant que par les agriculteurs comme des outils au service des domaines de connaissance agricole cités ci-dessus. La réglementation imprègne aussi tous ces thèmes. Par ailleurs, certaines connaissances générales en mécanique ou en informatique ne sont pas propres à l'agriculture. Ils peuvent faire l'objet d'un outil spécifique. De plus, le patrimoine de connaissance recense autant des connaissances explicites que des connaissances tacites. Ces dernières, comme le savoir-être ou le savoir-faire sont par définition difficiles à transcrire dans un outil informatique. Cependant, dans certaines situations métiers, des vidéos peuvent communiquer un savoir-faire comme le réglage d'outil.

[151] Ce comité d'expert a regroupé Marianne Cerf (INRA, Département SAD Paris, RMT SdCi), Jean-Louis Ermine (Telecom, école de management Evry), Marie-Sophie Petit (Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, RMT SdCi).

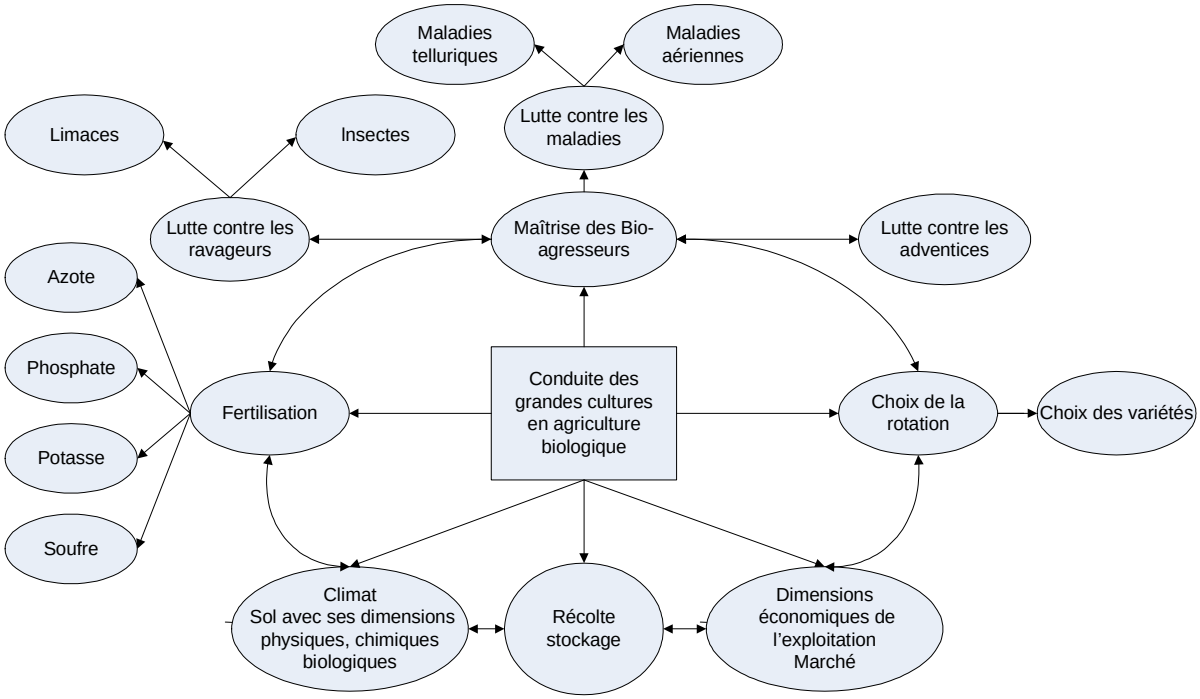


Figure III-9 : le domaine de connaissance sur une exploitation agricole en agriculture biologique grandes cultures

Dans notre approche conceptuelle, la criticité d'une connaissance est proportionnelle à une combinaison de quatre paramètres : son utilité, sa rareté, sa complexité ainsi que sa difficulté de mise en œuvre. L'évaluation de la criticité est qualitative. Les agriculteurs ont noté pour chaque domaine de connaissance ces quatre facteurs. La note de chacun de ces facteurs varie de 0 à 5. Plus la note est élevée, plus elle révèle un degré important de criticité. Un diagramme radar reporté sur la Figure III-10 présente les résultats sommés des trois agriculteurs. La criticité est croissante dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. Chaque note par domaine varie dans la plage suivante avec :

- comme valeur minimale : 0,
- comme valeur maximale :

[Trois agriculteurs * Quatre facteurs * Note maximale par facteur 5] = 60.

La valeur la plus faible est de quatre pour les maladies telluriques[152] et la valeur maximale est de quarante et un pour les adventices. Les résultats confirment la faible importance accordée par les agriculteurs aux maladies et aux ravageurs. La rotation des cultures contribue à rompre leur cycle vital. Elle réduit ainsi ce risque très présent en agriculture intensive. Par ailleurs, si une culture pose des problèmes trop lourds à gérer d'envahissement par des insectes comme la méligèthe sur le colza, la culture est tout simplement abandonnée. Le choix des variétés n'est pas prioritaire, essentiellement du fait du peu de variétés disponibles pour l'agriculture biologique. Dans les cinq premières connaissances critiques abordées, on retrouve la rotation et les adventices, déjà présentes dans l'analyse par processus. Nous l'avons vu, la définition d'une bonne rotation est centrale en agriculture biologique, y compris pour lutter contre l'enherbement. Cependant, la compréhension difficile des parades au développement des adventices et leur mise en œuvre compliquée expliquent le niveau de criticité élevée pour ce thème. Les résultats sur la fertilisation sont plus inattendus. En effet, l'analyse par processus

[152] Maladie tellurique : Maladie affectant les racines des plantes

n'avait pas relevé l'importance ici affichée de la fertilisation, au moins pour le phosphore et l'azote. Dans les faits, le blé suit systématiquement une légumineuse comme la luzerne, i.e. une plante qui capte l'azote de l'air. Mais la question de l'apport de l'azote se pose bien à l'échelle de l'exploitation, ne serait-ce que parce que les légumineuses manquent souvent de débouchés économiques. Elles sont donc "la solution" pour le blé mais elles ne sauraient l'être à l'échelle de l'exploitation. De plus, des exploitations agricoles grandes cultures, par définition sans élevage, ne bénéficient pas d'apports d'engrais de ferme[153], ce qui rend encore plus problématique leur autosuffisance en azote. Pour ce qui est du phosphore, cet apport n'est pas traité pour le moment à l'échelle du blé ou d'autres cultures. Dans l'analyse par domaine, la fertilisation phosphatée est apparue comme cruciale parce que les agriculteurs enquêtés considèrent que c'est le problème de demain. Du coup, on comprend mieux qu'à l'échelle du processus de production du blé, la fertilisation ne soit pas critique mais qu'à l'échelle de l'exploitation elle le devienne. Les conditions climatiques ainsi que le sol sont également évoqués. En effet, une fois abandonnée l'artificialisation[154] des conditions de production des cultures par l'apport d'intrants (engrais, produits phytosanitaires), le sol mais aussi le climat se rappellent à l'ordre. Tout part d'eux !

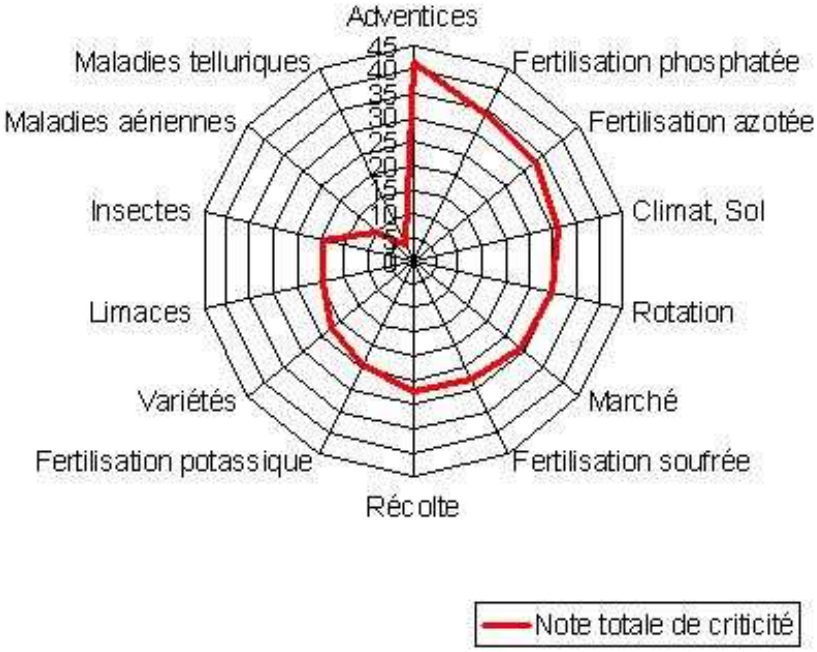


Figure III-10 : criticité des connaissances par domaine

L'enquête sur les connaissances critiques par domaine a été élargie à un acteur spécifique à l'agriculture biologique : l'ITAB. Sa principale mission est de synthétiser les connaissances en agriculture biologique et de les diffuser. La personne rencontrée est un ingénieur qui coordonne le réseau national sur les grandes cultures. Nous lui avons demandé d'évaluer les quatorze thèmes de connaissances dans les mêmes conditions que celles des exploitants agricoles de Bourgogne. La hiérarchie ainsi obtenue des

[153] Engrais de ferme : Fumier, lisier

[154] René Dumont, agronome français du XXe siècle, définissait l'agriculture comme étant "l'artificialisation du milieu naturel". Cette définition repose sur l'idée d'une domination de la nature très présente chez les agronomes, dont lui-même, après la seconde guerre mondiale. Dès les années 70, ce même auteur tempérait ce point de vue en y intégrant une forte dimension environnementale. Voir notamment Griffon, M. (2002). Agriculture, écologie et équité, une trajectoire à poursuivre. Un agronome dans son siècle Actualités de René Dumont. Paris, Karthala - INAPG Pages 187-194.

connaissances critiques a été comparée à celle construite par les agriculteurs. Ces résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Thème de connaissance	Classement de criticité	
	Agriculteurs	ITAB
Adventices	**1**	**2**
Fertilisation phosphatée	**2**	**1**
Fertilisation azotée	3	7
Climat, sol	**4**	**4**
Rotation	**5**	**3**
Marché	6	10
Fertilisation soufrée	7	14
Récolte, stockage	**8**	**11**
Fertilisation potassique	**9**	**8**
Variétés	**10**	**9**
Limaces	11	5
Insectes	12	6
Maladies aériennes	**13**	**12**
Maladies telluriques	**14**	**13**

Tableau III-2 : hiérarchie des connaissances critiques en agriculture biologique

Alors même que l'ITAB a une vision nationale et sa logique propre de fonctionnement, les hiérarchies sont équivalentes pour 9 thèmes. Ces équivalences ont été mises en évidence en jaune dans le Tableau III-2. L'importance des adventices, de la fertilisation phosphatée, des questions pédologiques et climatiques ainsi que de la rotation est confirmée. La fertilisation azotée apparaît comme étant déjà bien connue par l'ITAB. Le plus grand intérêt porté par les agriculteurs sur cette question s'explique par la difficulté qu'ils ont à mettre en œuvre ces connaissances dans leurs champs. La principale différence porte sur les ravageurs : limaces et insectes. Ils sont à l'origine d'impasses techniques pour certaines cultures telles que les protéagineux (pois, féverole, lupin…) ou le colza. Là où les agriculteurs les abandonnent parfois, faute de solutions, l'ITAB a elle pour vocation d'élargir au maximum le potentiel des cultures disponibles en agriculture biologique.

C Quelle approche retenir pour identifier les connaissances critiques en agriculture ?

Nous remarquons que l'identification des savoirs critiques par l'analyse des processus ne met pas en exergue leur caractère stratégique, tactique ou opérationnel. Ainsi, l'élimination des adventices ne passe pas uniquement par la tactique de l'opération mécanique du désherbage. La lutte contre les adventices a en plus les deux autres dimensions :

- **la dimension stratégique** avec la mise en place des rotations,
- **la dimension opérationnelle** avec le réglage des machines.

Toutes ces techniques ont le même objectif de lutte mais aucune n'est plus importante qu'une autre. Dans la démarche linéaire du processus, les démarches préventives

reposant sur la dimension du temps long de la rotation[155] sont mal exprimées. De même, toutes les démarches professionnelles qui ont une dimension spatiale ne sont pas prises en compte avec cette méthode d'analyse de la criticité[156]. Les savoirs associés à des tâches ayant une composante de temps long ou spatiale ne sont ainsi pas mis en relief avec l'analyse des processus.

Les différents exemples présentés de l'approche conceptuelle illustrent son intérêt pour définir la criticité des connaissances dans le cadre de l'agriculture biologique. Elle répond à la question des interactions croisées entre techniques et ressources naturelles. L'approche par domaine donne du sens aux savoirs en les regroupant et en leur donnant une finalité. L'agriculture biologique ne s'appréhende d'ailleurs elle-même qu'en tant que système. Il en est de même pour les autres agricultures durables qui mettent en jeu face à un problème des solutions qui interagissent entre elles. L'approche systémique par domaine est donc la bonne réponse pour définir les savoirs critiques en agriculture durable.

III-2-3 L'essentiel du contenu de l'outil de gestion des connaissances

La complexité de conception de système de culture durable explique que des savoirs ne puissent pas être proposés aux agriculteurs sous forme de modèles décisionnels complets (Osty 1990) et généralisables. Cependant, la seule présentation de monographies représentatives de chaque exploitation agricole n'est pas suffisante ni pertinente. Il existe bien une régularité des savoirs qui dépasse une exploitation agricole. A l'inverse, du fait de la variabilité des conditions pédoclimatiques de la production agricole, certains savoirs ne sont pas généralisables à grande échelle. Les connaissances que l'outil KOFIS privilégie sont situées entre des paquets techniques propres à chaque exploitation agricole et des savoirs académiques non opérationnels. Nous recherchons des connaissances actionnables, i.e. prêtes pour l'action. Nous souhaitons donc obtenir des représentations cognitives des connaissances critiques pour l'action en particulier pour concevoir des systèmes de culture innovants[157], performants et durables dans leur contexte (Soulignac, Ermine et al. 2010b). Pour ce faire, nous distinguons deux types de ressources cognitives mobilisables : les connaissances thématiques et des savoirs contextuels dont nous précisons la portée.

- **Les connaissances thématiques** sont celles décrites dans le modèle OIDC "grandes cultures biologiques" comme les connaissances agronomiques, économiques ou environnementales. Celles-ci ont une portée assez large. Elles sont constituées de techniques élémentaires qui sont autant de briques pour construire un système de culture complet.
- **Les plus réussis et génériques de ces SdCi** pourraient être modélisés à l'échelle d'une exploitation agricole et stockés dans une bibliothèque selon l'idée de (Meynard 2008). Ils illustrent un savoir contextuel. Cet oxymore apparent est

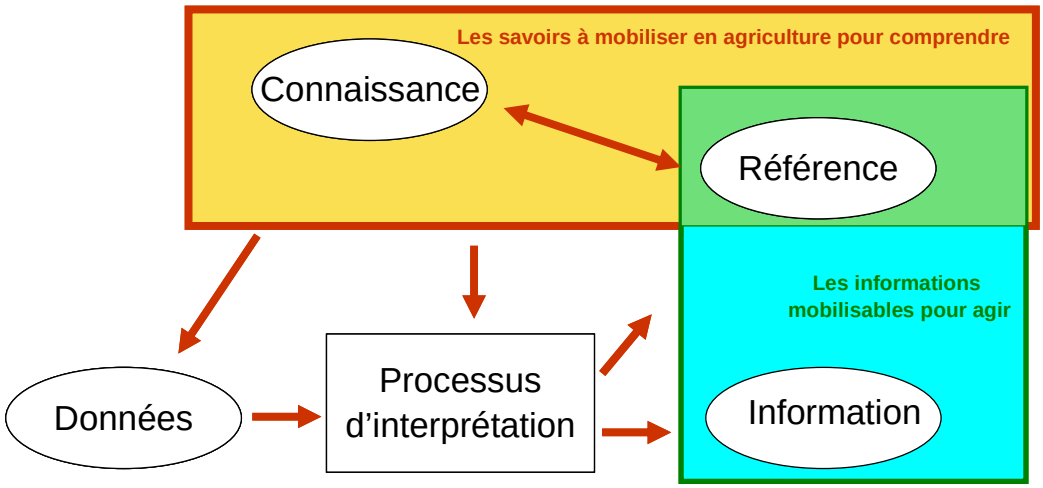
[155] L'agriculteur peut ainsi agir sur le stock initial des graines d'adventices par la rotation Ministère de l'agriculture de l'alimentation de la pêche et des affaires rurales, RMT Systèmes de Culture Innovants et Ministère de l'Ecologie de l'Energie du Développement durable et de la Mer (2011). Guide pratique pour la conception de systèmes de culture plus économes en produits phytosanitaires Application aux systèmes de polyculture 116 pages.

[156] Exemple de l'assolement avec cette stratégie d'atténuation en culture qui repose sur le développement de sa compétitivité en l'implantant sur des parcelles propres *Ministère de l'agriculture Ibid.*

[157] SdCi : Système de Culture innovant

propre à l'agriculture. La modélisation "donnée, information, connaissance" présentée dans le paragraphe I-2-1A est efficace pour décrire des processus cognitifs dans une production industrielle. Elle est limitée conceptuellement pour décrire les ressources cognitives nécessaires à la production agricole. La notion de référence, telle que décrite dans la Figure III-11, introduit un concept cognitif spécifique à l'agriculture. Ainsi, (Bortzmeyer, Couvreur et al. 2011) proposent de définir la référence comme "une information mobilisable pour agir, explicite (par opposition à un savoir tacite), exogène (construit par un tiers) et contextualisée (dont le domaine de validité est bien cerné)". Une référence est valable dans une zone géographique donnée associée à des données pédoclimatiques. Une référence tient donc à la fois d'un savoir localisé (donc d'une connaissance) et du conseil agricole (donc d'une information). Des références qui illustrent le fonctionnement théorique d'une exploitation agricole pourraient alimenter la bibliothèque grâce au cas type[158] ou au cas concret.

- Un cas type est une "exploitation fictive, constituée par modélisation, et décrite grâce aux données concrètes et cohérentes des exploitations suivies d'un même système" (Cerf et Lenoir 1987). Le cas type est cognitivement efficace pour former et conseiller des acteurs de terrain.
- Un cas concret est "un cas type étudié en raison du caractère innovant sur certains points de ce type, mais dont la représentativité est généralement minoritaire sur le territoire du département ou de la région. Il est élaboré selon la même méthodologie que le cas type. L'intérêt majeur de ce cas concret est qu'il peut fournir des pistes d'orientations, de stratégies et d'adaptations des principaux systèmes d'exploitation du département ou de la région" (Chambre régionale d'agriculture de Bourgogne 2009).
- D'autres types de savoir contextuel sont possibles comme une monographie. Une monographie est la représentation d'une exploitation agricole réelle. Des représentations d'exploitations agricoles originales servent aussi de réservoir d'idées à combiner et à tester dans des environnements différents. Bien évidemment, leurs limites d'usage sont à préciser.



Dans le cadre d'un Système de Culture innovant et durable

Figure III-11 : Donnée - Information - Référence - Connaissance

[158] Le terme de « ferme type » est équivalent à « cas type ».

A ces connaissances explicites, nous pouvons rajouter un annuaire détaillé de porteurs de connaissances tacites[159] comme par exemple des agriculteurs ou des professionnels du développement agricole. Bien évidemment, les connaissances explicites aussi bien que les porteurs de connaissance doivent être ciblés en fonction de la criticité des connaissances. Ainsi, compte tenu des résultats présentés dans le Tableau III-2, les connaissances thématiques ou contextuelles doivent être plus particulièrement développées par rapport à la question des adventices ou de la fertilisation phosphatée. Nous allons maintenant traiter de la mise en forme des connaissances explicites.

III-2-4 Formalisation du contenu

L'outil à construire est d'abord un livre de connaissances informatisé. Les connaissances proposées sont métiers et de fait complexes. Elles sont enrichies des connaissances académiques. La logique de présentation des connaissances ne peut se réduire à une approche du type encyclopédique. Il faut pouvoir lier les connaissances entre elles. Des liens hypertextes n'y suffisent pas. Nous sommes à la recherche de formalismes adaptés au métier d'agriculteur et pouvant être utilisés par ces derniers. Ces modèles graphiques ont pour vocation de faciliter les processus cognitifs. Ils sont autant de portes d'entrée à des formes de connaissances plus approfondies comme les textes, et éventuellement des images ou des vidéos (Moity-Maïzi et Bouche 2008). Ces derniers supports contiennent plus spécifiquement des connaissances tacites comme le réglage de la herse étrille évoqué ci-dessus. Ainsi, les modèles structurent la connaissance. Nous allons étudier les types de modèles disponibles et retenir celui qui nous semble le plus adapté à notre problématique. Cette approche par les modèles nécessite à la fois un cadre méthodologique pour les construire mais également un langage de représentation (Abt 2010). Le modèle utilise en effet un langage graphique qui illustre des réalités métiers. Il y a trois types de langages possibles selon la syntaxe et la sémantique exploitée. Ils sont présentés dans le Tableau III-3.

Type	**Syntaxe**	**Sémantique**	**Exemple de langage**
Formel	Syntaxe et sémantique bien définies avec une possibilité de vérifier les propriétés du système décrit		Langage mathématique
Semi-formel	Syntaxe et sémantique souvent bien définies avec une impossibilité de vérifier les propriétés du système décrit		Formalisme graphique
Informel	Syntaxe et sémantique définies mais laissant la place à de l'ambiguïté		Langage naturel

Tableau III-3 : les trois types de langage de représentation (Vernadat 1999)[160] (Vallespir, Braesch et al. 2003)

Pour être suffisamment expressifs, les types de modèles doivent représenter les différentes modalités de connaissances décrites dans le Tableau II-1 : typologie des connaissances. Leur modalité est déclarative (le "quoi" des choses), procédurale (le

[159] En agriculture biologique, un tel annuaire existe déjà : http://www.fibl.org/fr/collaborateurs.html

[160] Cité dans Abt, V. (2010). Une approche méthodologique et de modélisation des exploitations agricoles dans une perspective d'ingénierie d'entreprise et de système d'information. Paris, Dauphine Université 665 pages

"comment" des choses), explicative (le "pourquoi" des choses), conditionnelle (le "quand" des choses) et relationnelle (sur les interactions).

Dans un premier temps, nous allons nous intéresser à deux types de modélisation proposés dans le milieu agricole. L'un et l'autre se prévalent de l'ambition de représenter des connaissances associées aux métiers agricoles (Dufy, Abt et al. 2006; Abt 2010) :

1. le projet GIEA issu de l'ingénierie des systèmes d'information,
2. l'approche méthodologique et de modélisation des exploitations agricoles dans une perspective d'ingénierie d'entreprise et de système d'information développée par (Abt 2010).

Puis, nous proposons d'étudier la méthode Mask (Ermine 1996, 2e édition 2000) dans le contexte agricole. Enfin, nous classons ces trois types de modélisation. Au terme du paragraphe III-2-4A , nous retenons, bien entendu, la méthode de modélisation la plus pertinente pour gérer les connaissances en agriculture. Puis nous déclinons la modélisation sur quelques exemples dans le paragraphe III-2-4B .

A Présentation de méthodes et de modèles possibles

A.1 Le projet GIEA "Gestion des Informations de l'Exploitation Agricole"

La numérisation de l'économie agricole est en marche. Le besoin d'échange de données entre acteurs se développe. Au sein de la filière agro-alimentaire, les entreprises agroalimentaires et les fournisseurs des produits ont été les premiers acteurs à échanger des données informatisées. De ce point de vue, l'association Agro-Edi Europe[161] a fédéré la profession autour de messages commerciaux tels que la dématérialisation de la facture. Dans cet exemple, le système d'information de chacun de ces organismes a la possibilité d'envoyer (ou de recevoir) une facture numérique dans un seul format quel que soit l'interlocuteur. Sans cette standardisation des échanges, chaque organisation aurait besoin d'une multiplicité de formats d'échange pour pouvoir communiquer avec chacun de ses partenaires. Pour être reconnu, ce langage commun s'appuie sur un vocabulaire et une syntaxe partagés entre tous. Les nouvelles technologies d'échange reposent sur des standards notamment le langage objet UML et les scénarios d'échange au format XML. UML est un langage de modélisation semi-formel. Il est composé de vues statiques et de vues dynamiques. UML ne comprend pas de cadre méthodologique. Une vue est constituée de plusieurs diagrammes. Le diagramme de classes est associé à la vue statique. C'est une représentation d'objets reliés entre eux. Chaque objet est défini dans le dictionnaire de données.

Le besoin ressenti par la profession agricole de faciliter les échanges administratifs et commerciaux depuis et vers l'agriculteur a conduit les acteurs à développer le projet GIEA "Gestion des Informations de l'Exploitation Agricole" en 2003. L'ambition de GIEA est d'aboutir à une structuration sémantique agricole commune des informations ayant une vocation à être échangées autour de l'exploitation agricole. Ce projet a regroupé sur une longue période de nombreux acteurs agricoles publics et privés. Ils ont travaillé sur trois domaines thématiques : le sol et les cultures végétales, l'élevage et l'exploitation (Dufy, Abt et al. 2006). GIEA a produit deux cents concepts organisés dans des diagrammes de classes (voir l'exemple de la Figure III-12) et un dictionnaire de données (Ministère de l'agriculture de l'alimentation de la pêche 2006).

[161] http://www.agroedieurope.fr/

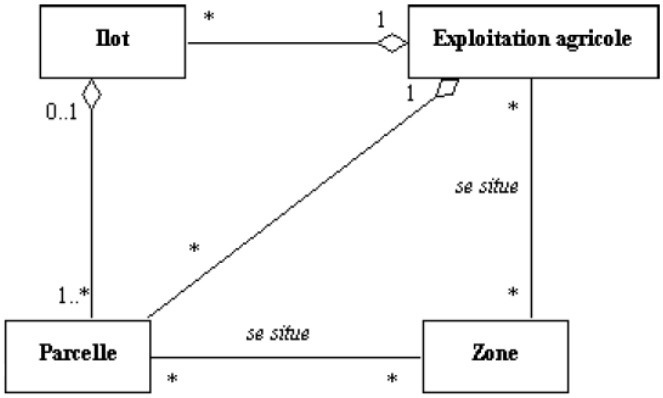


Figure III-12 : exemple d'un diagramme de classe issu du projet GIEA

Cette représentation est une première approche de la modélisation des connaissances. Elle a cependant deux inconvénients. D'une part, il lui manque les diagrammes pour avoir une vue dynamique de l'entreprise agricole comme le diagramme d'activités qui montre l'enchaînement des décisions et des actions par exemple dans la conduite d'une culture. D'autre part, le langage UML a pour vocation première d'être un outil de dialogue entre la maîtrise d'ouvrage d'une application informatique et ses développeurs[162]. De plus, GIEA ne propose pas de méthode. Si ces modèles traitent du métier de l'agriculteur, ils s'intéressent d'abord aux données. Ils sont adaptés à la spécification d'outils informatiques et sont donc orientés implémentation. Ils ont pour principale vocation de servir surtout de langage pivot pour les échanges informatisés de données agricoles. Mais nous verrons que ces modèles et leur contenu agricole, s'ils n'ont pas vocation de fournir directement les modèles cognitifs, pourraient jouer un autre rôle sémantique que nous développons dans le paragraphe III-3 LA COMPOSANTE TECHNOLOGIQUE.

Nous avons besoin d'une représentation métier de l'exploitation agricole davantage intelligible à un être humain. Nous avons exploré un type de modèle issu de l'ingénierie des systèmes d'information. Cette ingénierie a comme principale vocation de spécifier des systèmes informatiques. Elle ne répond donc pas à notre besoin de représentation de connaissances dédiées à des agriculteurs. Nous allons explorer un autre type de modélisation issu de la représentation des métiers industriels.

A.2 Une méthode et des modèles agricoles issus de la modélisation industrielle

Ce paragraphe présente quelques éléments de la thèse de (Abt 2010). Ces travaux originaux ont porté sur l'adaptation aux exploitations agricoles de techniques de modélisation d'entreprise utilisées en génie industriel. Les cadres de modélisation du métier agricole s'avèrent en effet insuffisants. La démarche est double : d'une part mieux comprendre le système d'information, d'autre part mieux comprendre le système d'entreprise qui l'englobe selon la logique présentée dans la Figure III-13. Cette modélisation s'inscrit dans une ambition de réingénierie des processus de production agricole mais aussi dans celle d'une plus grande formalisation du système d'information de l'entreprise agricole. Elle est compréhensible par les gestionnaires "métier". Le résultat

[162] D'ailleurs, des outils informatiques intitulés les Ateliers de Génie Logiciel (AGL) produisent une part significative du code à partir de ces diagrammes.

est un cadre méthodologique intitulé CEMAgriM[163]. Celui-ci s'intéresse à une exploitation agricole. Il n'a pas pour vocation d'être transversal à plusieurs exploitations agricoles.

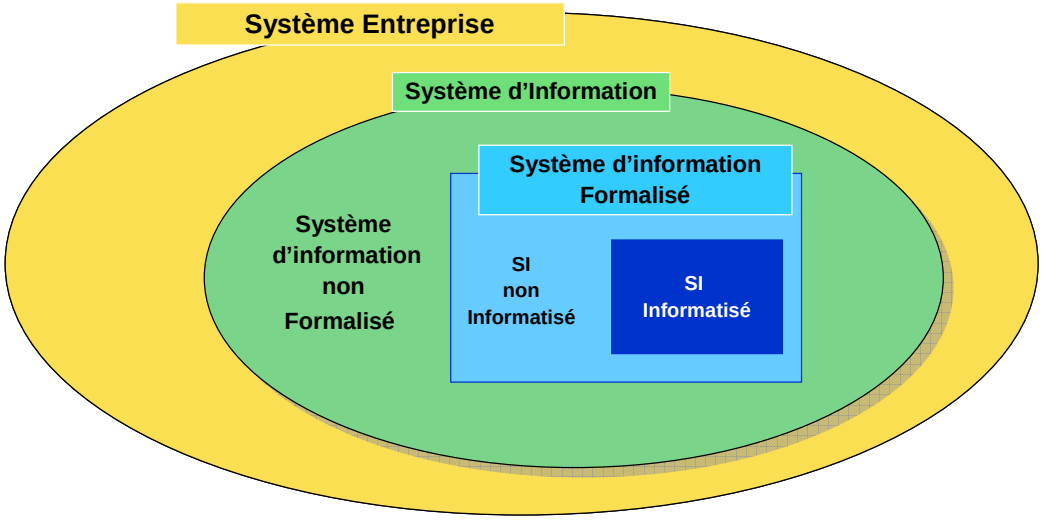


Figure III-13 : proposition de représentation pour le système d'information de l'entreprise agricole d'après (Abt 2010)

Le cadre CEMAgriM est représenté dans la Figure III-14. Il instancie un cadre de modélisation CIMOSA[164] issu de l'ingénierie d'entreprise (Vernadat 1996). Il propose six points de vue sur l'exploitation agricole : vue biophysique, vue environnement, vue organisation spatiale, vue physique, vue processus, vue ressource. Ces six points se déclinent encore selon deux modalités supplémentaires :

- **trois niveaux descriptifs** (description générale, description opérative et description de pilotage),
- **deux phases de modélisation** qui permettent de distinguer les modèles relevant du système existant et du système cible (Abt 2010).

Le caractère résolument descriptif de la démarche exprime peu les motivations des acteurs. Si les modalités déclaratives, procédurales, conditionnelles et relationnelles des savoirs sont bien décrites, la modalité explicative est insuffisamment traitée, y compris dans les aspects décisionnels des modèles. Ces derniers types ciblent surtout les processus de déclenchement et d'évaluation d'une opération sans expliciter suffisamment les raisons de cette opération. Le fait de cibler une exploitation agricole empêche en effet d'avoir le recul nécessaire pour mieux comprendre les tenants et les aboutissants d'une opération. Autant qu'une optimisation des processus de gestion agricole, c'est la mise en avant d'idées nouvelles que nous cherchons à faire émerger. Nous proposons de regarder si les méthodes de modélisation issues de l'ingénierie de la connaissance y répondent davantage.

[163] CEMAgriM : Cemagref Entreprise Modeling in Agriculture Integrated Methodology
[164] CIMOSA : Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture

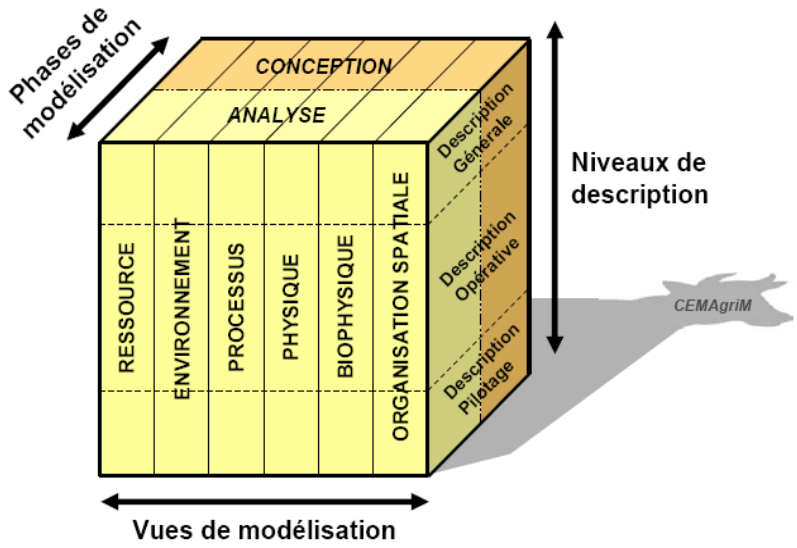


Figure III-14 : le cadre de modélisation CEMAgriM (Abt 2010)

A.3 Méthode d'explicitation en ingénierie des connaissances

Des méthodologies d'explicitation de connaissances tacites ont été développées. Nous avons inventorié ces méthodes d'explicitation des connaissances au paragraphe II-2-2E Méthodes et outils pour diminuer la criticité des savoirs : transfert indirect.

- **Les méthodes par la mémorisation de construction des projets** sont d'autant plus délicates à mettre en place que chaque agriculteur a son projet. En lui-même, un projet peut difficilement produire de connaissances si celles-ci ne sont pas validées à l'échelle de plusieurs exploitations agricoles. Cette approche par la conception n'est pas a priori écartée car nous en reparlerons ultérieurement à travers la théorie C-K qui combine également conception et connaissance (voir paragraphe II-3-2C Vers une organisation orientée conception : la théorie C-K).
- **La méthode à adopter, issue de l'ingénierie des connaissances,** est celle qui va formaliser des connaissances pour des humains. Pour cette raison, nous excluons des méthodes de spécification de systèmes informatiques comme la méthode CommonKADS. Au contraire, nous recherchons des modèles écrits simplement et lus intuitivement. Ces modèles sont des instruments de communication à l'attention d'usagers. La méthode Mask proposée par (Ermine 1996, 2e édition 2000) est adaptée à notre problème puisqu'elle fournit un ensemble de modèles ciblés sur la personne et non pas sur l'ordinateur. Nous avons déjà présenté cette méthode d'une façon détaillée dans l'Annexe 1 - LA METHODE MASK.

A.4 Quel cadre méthodologique retenir pour la représentation des connaissances en agriculture biologique grandes cultures ?

Nous avons donc un langage GIEA et deux méthodes, CEMAgriM et Mask, à comparer. Nous retenons comme critère de comparaison les facteurs suivants :

- **la présence d'une méthode** qui est une garantie quant à la rigueur attendue pour le recueil des connaissances ;
- **la capacité de représenter des connaissances thématiques**, ainsi que la capacité de représenter une exploitation agricole à travers un cas type, un cas concret ou une monographie, selon l'approche retenue au paragraphe III-2-3 ;
- **la nature du langage pour représenter les modèles** et la facilité d'appropriation professionnelle des modèles par l'usager ; en effet, un trop lourd investissement pour l'appropriation d'un langage est antinomique avec une participation forte des usagers à l'outil (voir paragraphe II-5 LES FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS POUR LA GESTION DES CONNAISSANCES sur les conditions de réussite d'un outil) ;
- **des modalités de connaissances étendues** (voir Tableau II-1: typologie des connaissances) ; si toutes les connaissances ne sont pas représentées, les savoirs critiques décrits doivent l'être dans la gamme de modalités la plus large possible.

Le Tableau III-4 compare ces critères pour les trois types de représentation graphique. La comparaison met en évidence les points suivants :

Eléments de comparaison		**GIEA**	**CEMAgriM**	**Mask**
Type de représentation		Issu de l'ingénierie des Systèmes d'Information	Issu de l'ingénierie d'entreprise	Issu de l'ingénierie des connaissances
Cadre méthodologique		Non	Oui	Oui
Capacité de représenter des connaissances thématiques		Non	Non	Oui
Capacité de représenter une exploitation agricole		Oui	Oui	Oui
Sémantique du langage		Semi-Formel	Semi-Formel	Informel
Facilité d'appropriation des modèles		Orienté informaticien du monde agricole	Orienté usager du monde agricole	Orienté usager d'un domaine de connaissance
Modalité de connaissance	Déclarative	Oui	Oui	Oui
	Procédurale	Non	Oui	Oui
	Explicative	Non	Non	Oui
	Conditionnelle	Non	Oui	Oui
	Relationnelle	Non	Oui	Non

Tableau III-4 : comparatif des trois types de représentation

- **Pour la connaissance thématique**, seule la méthode Mask a la capacité de la représenter. Par contre, sa limite est dans l'absence de la modalité relationnelle. Celle-ci n'apparaît pas toujours utile lors de la modélisation d'un cas type. Si cette modalité s'avérait cependant nécessaire pour illustrer par exemple une organisation commerciale originale, il sera toujours possible d'utiliser un modèle de données ou de traitement (issu de la méthode Merise ou bien du langage UML).
- **Pour la représentation de cas type ou de monographie d'exploitation agricole**, la méthode CEMAgriM est intéressante car d'une part elle est orientée vers les usagers du monde agricole, d'autre part sa gamme de modalité de

représentation des connaissances est assez complète. Malheureusement, il faudrait développer la dimension explicative des modèles. Celle-ci est essentielle pour transmettre des idées novatrices.

Nous avons envisagé d'adapter la méthode CEMAgriM en y ajoutant la modalité explicative. Nous avons alors deux solutions possibles résumées dans le Tableau III-5.

Type de connaissance à formaliser	**Solution 1**	**Solution 2**
Connaissance thématique	Mask	Mask
Représentation d'une exploitation agricole		CEMAgriM enrichie d'une modalité explicative

Tableau III-5 : comparatif de solution pour la formalisation de connaissances

Nous retiendrons uniquement la méthode Mask à la fois pour représenter les connaissances thématiques et pour représenter une exploitation agricole. Elle est immédiatement adaptée pour exprimer les mécanismes de résolution de problème associés aux connaissances. Cette compréhension par l'usager final est indispensable pour l'appropriation de solutions innovantes à l'échelle d'une exploitation agricole. De plus, le choix exclusif de Mask pour standardiser la représentation des connaissances évite à l'utilisateur l'apprentissage de deux méthodes.

B Les modèles Mask appliqués à l'agriculture biologique grande culture

Nous avons appliqué cette méthode sur les pratiques de quelques agriculteurs biologiques en Auvergne et en Bourgogne. La profession reconnaît une excellente maîtrise de leur métier aux agriculteurs retenus. La rigueur appliquée à leur choix respecte la méthodologie Mask. En effet, celle-ci exige que les personnes enquêtées aient un haut niveau d'expertise dans leur domaine. Nous les avons rencontrés deux fois. Chaque rencontre a duré 1 heure 30 en moyenne. Elle a été systématiquement enregistrée. Lors de la seconde rencontre, les modèles ont été présentés afin de les valider. Dans notre approche, nous avons bien entendu privilégié la formalisation des connaissances identifiées comme critiques. Nous allons donc appliquer les modèles Mask successivement aux connaissances thématiques mais aussi aux cas types ou aux monographies.

B.1 Les modèles pour gérer la connaissance "thématique"

Nous allons présenter quelques-uns des modèles types produits appliqués à la conduite de grandes cultures.

- **Le modèle de concept** classifie la connaissance selon un mode proche de celui de notre mémoire. Dans le cas du modèle de machinisme agricole pour la culture du blé biologique présenté dans la Figure III-15, l'agriculteur va classer intuitivement les types de machine par la logique temporelle des travaux à pratiquer sur l'itinéraire cultural.

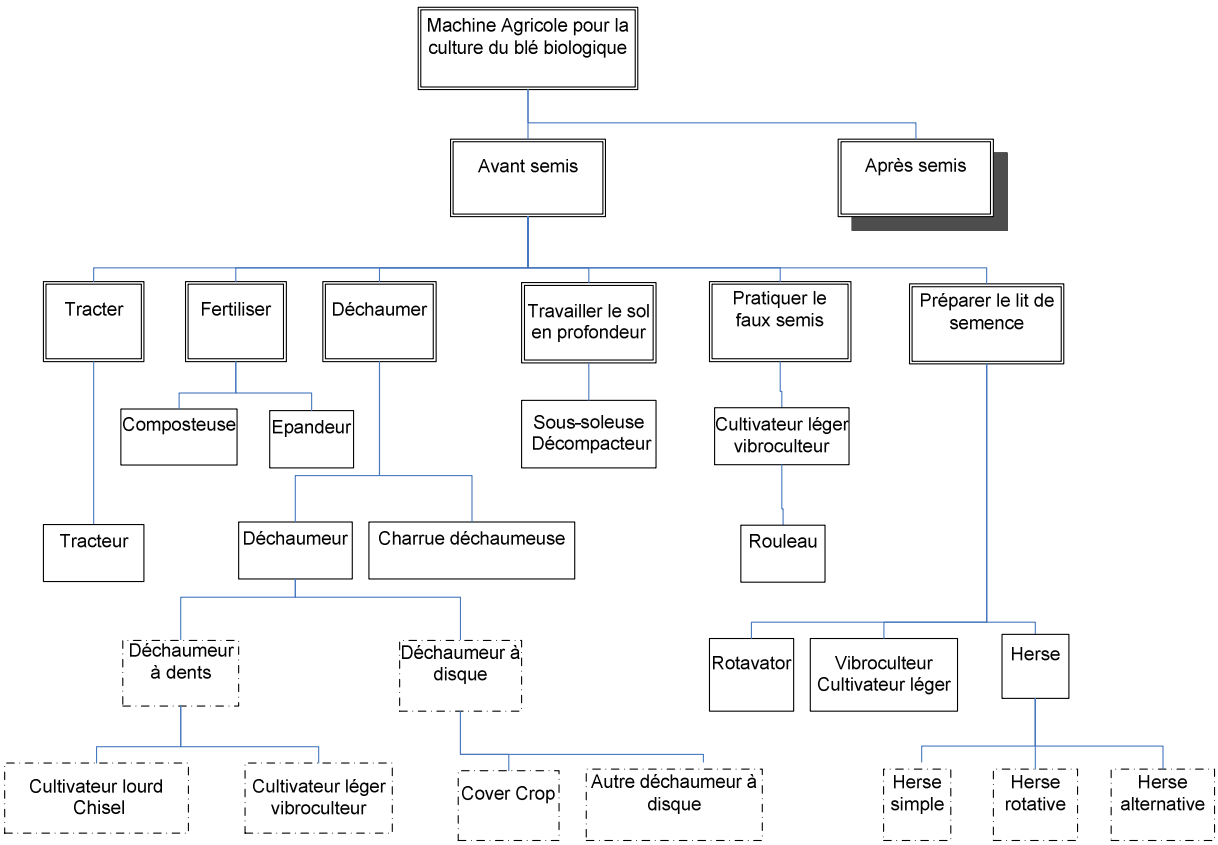


Figure III-15 : modèle de concept adapté au machinisme agricole

Pour des raisons ergonomiques et de lisibilité, nous ne présentons pas l'ensemble du modèle. Ainsi, un objet ombré renvoie vers un sous-modèle. Dans un outil informatique, la liaison vers le sous-modèle se fait par un lien hypertexte. Chacune des machines identifiées est autant de points d'entrée vers une fiche détaillée, des images illustratives, voire des vidéos sur son réglage. Le modèle de concept est mobilisable sur de nombreux sujets comme, par exemple, pour le descriptif de chaque petite région agricole. Ce dernier thème répond au besoin de décrire les conditions pédologiques et climatiques des parcellaires de chaque exploitation agricole. De même, à partir de ce modèle de concept, les adventices sont classées suivant leur nuisance avec renvoi pour chacune d'entre elles à des fiches sur les méthodes de lutte associées.

- **Le modèle de tâche** spécifie le mode de raisonnement d'un professionnel agricole. Il précise sa stratégie de résolution d'un problème particulier. Pour ce faire, il utilise des concepts du modèle de concept. Il renvoie également vers d'autres modèles. La Figure III-16 ci-dessous illustre la stratégie de lutte contre les adventices dans le cadre de la conduite du blé. Il fait par exemple référence à la herse étrille, décrite par ailleurs dans le modèle de machine agricole. Un objet ombré renvoie également vers un sous-modèle.
- **Le modèle de l'activité** est lié au contexte. Il modélise un processus métier de l'agriculteur. Chaque type de culture a un itinéraire technique. La Figure III-17 ci-dessous l'illustre pour la culture du blé. Une étape de cet itinéraire peut être associée à une ou plusieurs règles de gestion. Chaque règle reprend un raisonnement de l'agriculteur associé à des valeurs seuils d'indicateurs. Elle est assez simple et très souvent du type conditionnel. Nous proposons de formaliser cette règle par le modèle de tâche déjà présenté.

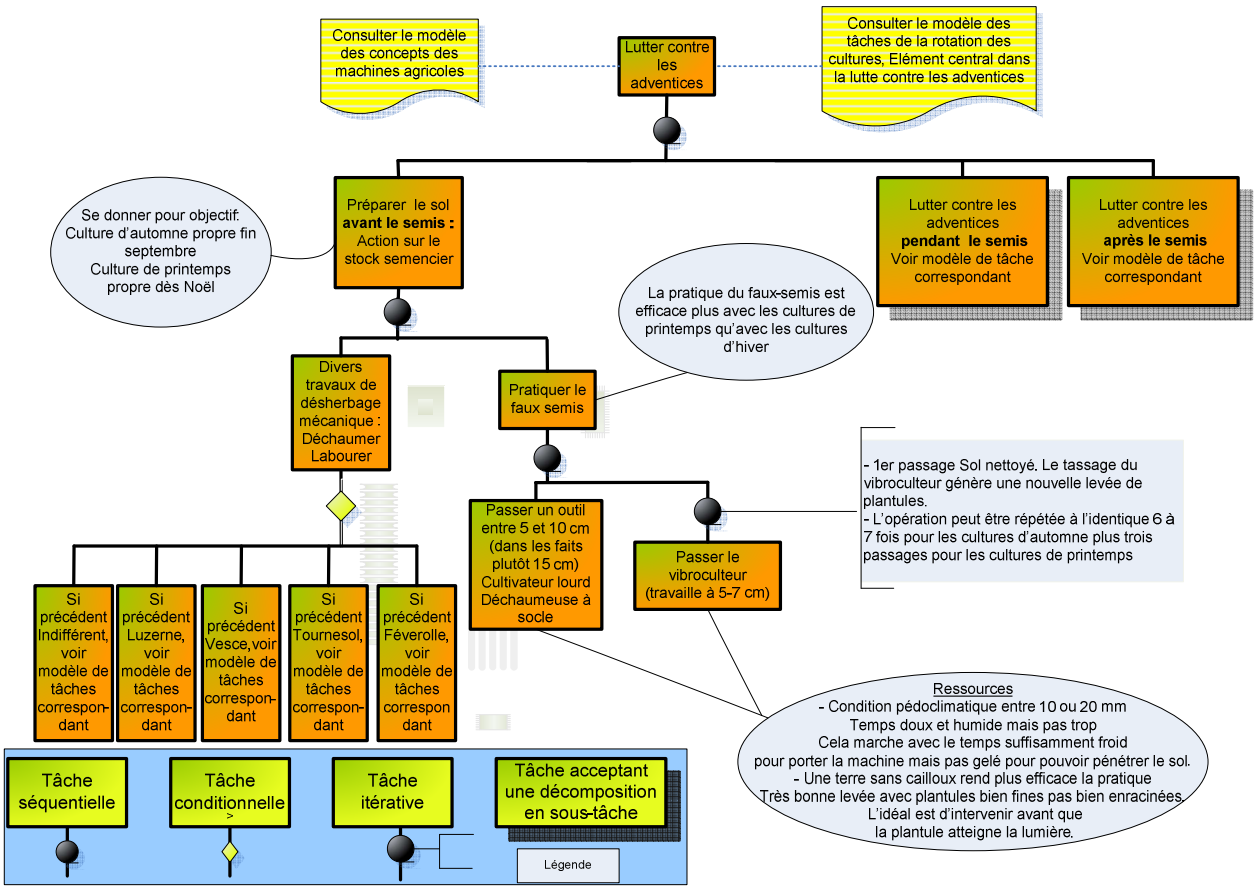


Figure III-16 : modèle de tâche de lutte contre les adventices

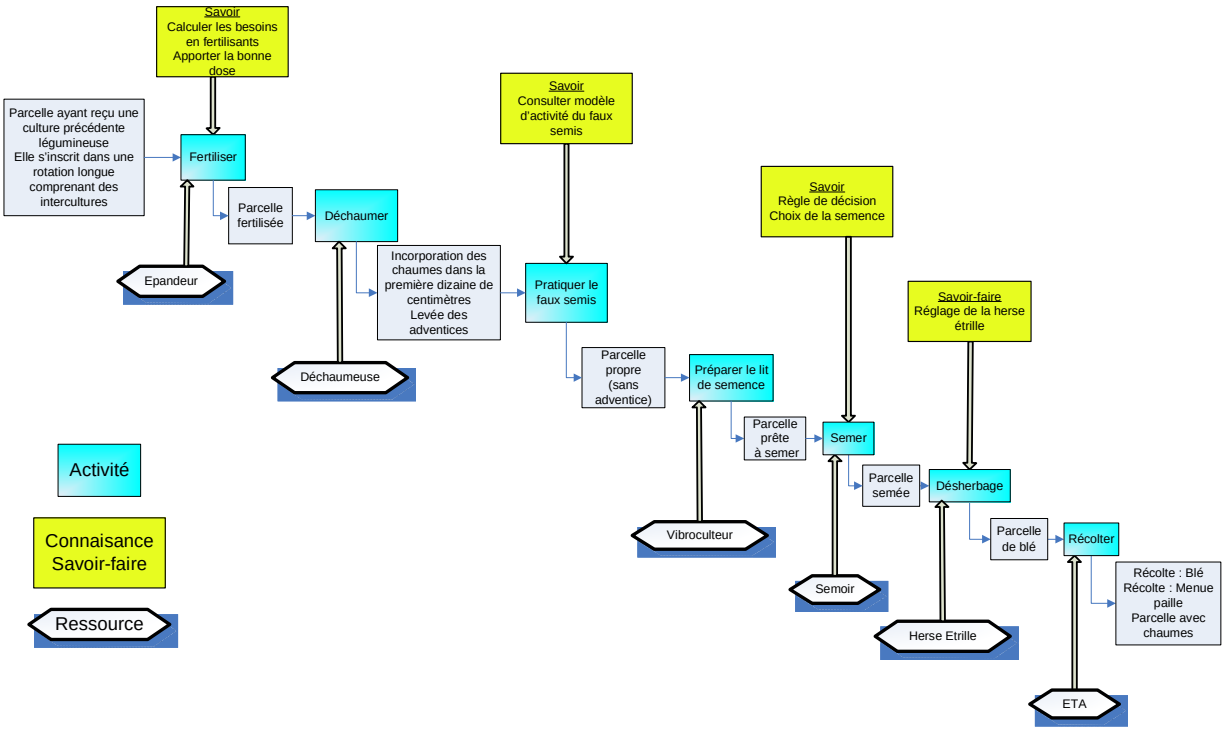


Figure III-17 : modèle d'activité pour la conduite du blé biologique

Nous avons utilisé les trois modèles de l'activité, du concept et de la tâche associés respectivement aux deux pôles du contexte et du sens du macroscope de la

connaissance (voir 1: le macroscope de la connaissance). Ces modèles couvrent de façon satisfaisante le domaine métier de l'agriculture biologique "grandes cultures" tel qu'il est décrit par les agriculteurs biologiques enquêtés. Nous n'avons pas eu besoin d'utiliser les trois modèles du pôle information du macroscope des connaissances. Ces types de modèles sont en effet plus dédiés à des spécifications informatiques comme l'exemple de l'utilisation du langage UML pour le projet GIEA le montre. Les deux modèles historique et de la lignée ne sont pas non plus exploités. Ils seraient sans doute utiles pour mémoriser d'anciennes pratiques professionnelles. Cet archivage cernerait les causes d'impasses techniques ou bien de réussite de ces pratiques. Il serait une source d'inspiration mais aussi un garde-fou à la reprise d'idées n'ayant pas abouti.

Grâce à des liens hypertextes, ces trois types de modèles sont autant de points d'entrée vers d'autres formes de connaissances comme des fiches. Mais ces modèles n'ont pas pour vocation d'être figés. Dans ce dernier exemple, présenté sur la Figure III-18, nous avons enrichi les connaissances initialement issues des enquêtes auprès des agriculteurs biologiques avec celles issues d'un ingénieur agronome (Viaux 1999). Cette dernière connaissance est représentée dans un rectangle cerclé de rouge.

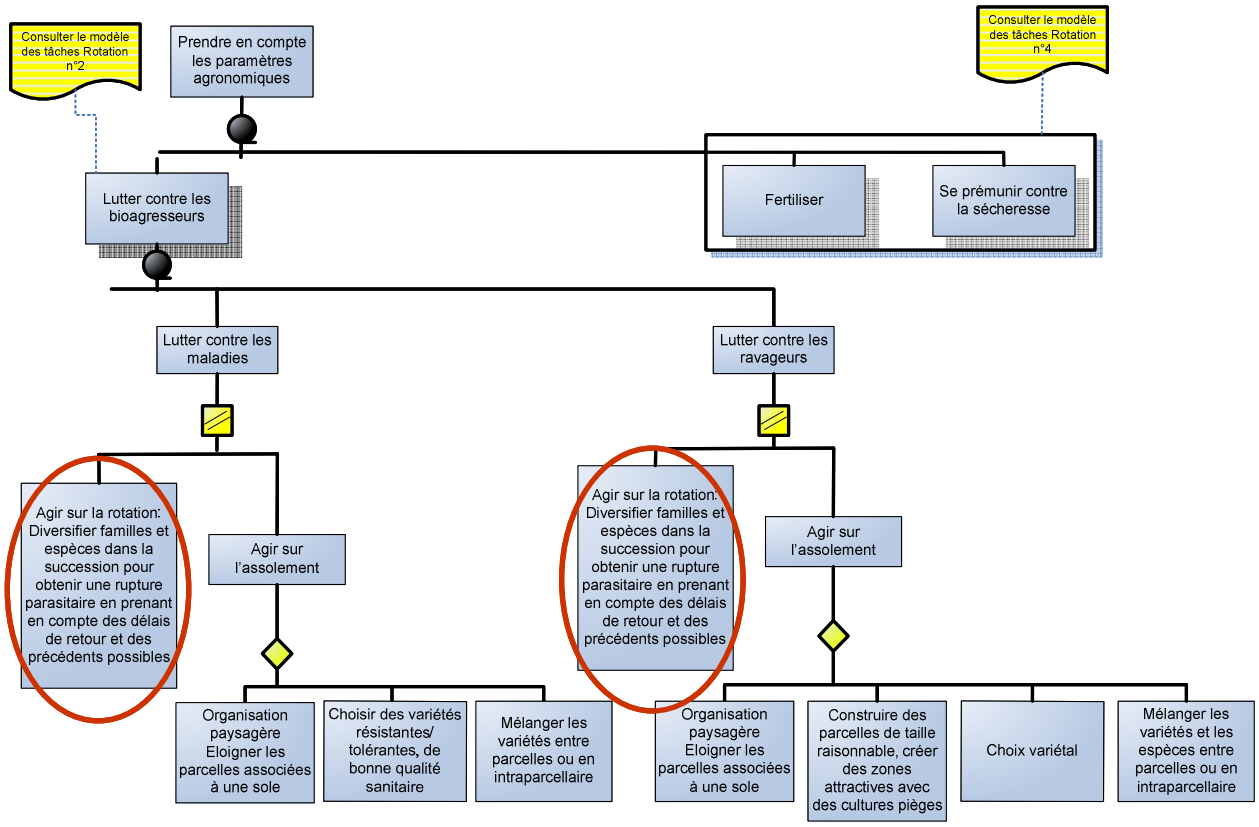


Figure III-18 : extrait d'un modèle de tâche pour raisonner une rotation

Ce croisement de connaissances illustre la dynamique de mise à jour possible des modèles grâce à leur implantation dans un outil de gestion des connaissances favorisant les interactions entre acteurs. L'exemple retenu montre que l'enrichissement du tableau a pour origine autant des connaissances empiriques que des connaissances académiques. Bien entendu, une nouvelle synthèse est elle-même précaire. Les utilisateurs de l'outil la commentent forcément pour en montrer les limites ou les insuffisances. A un instant donné, il appartient au modérateur de formaliser et de valider une nouveau modèle, compte tenu de la pertinence de ces commentaires ou bien du fait de ses propres

connaissances. A partir d'un certain niveau de complexité, ces modèles sont à développer en sous-modèles pour rester lisibles. Ainsi, la partie sur la "lutte contre les adventices" peut se déployer au point de ne plus tenir sur le modèle général. Dans ce cas, le modérateur transfère une partie du contenu de la "lutte contre les adventices" dans un sous-modèle. Celui-ci est alors accessible par un lien hypertexte.

Les modèles proposés ci-dessus ont pour vocation de formaliser les invariants tout en précisant dans quel cadre ils s'appliquent. Nous avons présenté une dizaine des modèles cognitifs Mask aux agriculteurs de régions différentes. Ils les ont relus et validés. Ils se sont appropriés rapidement la connaissance associée. Malgré des contextes pédoclimatiques différents, une large partie des connaissances est en effet mobilisable d'une région à l'autre. En revanche, selon ses propres contraintes, un agriculteur n'en mobilise que quelques-unes. Ainsi, les modèles présentés ci-dessus leur fournissent des connaissances non directement opérationnelles. Mais celles-ci facilitent l'agencement de leurs systèmes de culture et des itinéraires techniques attachés, au contexte spécifique de leur exploitation agricole et aux savoirs locaux associés. Les connaissances aident l'exploitant agricole à prendre la mesure des interactions biotechniques selon ses choix potentiels. Elles facilitent la prise de décision dans son contexte. Ces modèles ont donc un avantage majeur. Ayant un certain niveau de généricité, ils structurent la connaissance. Ils l'organisent pour tous les utilisateurs potentiels, mais au final ceux-ci ont à l'adapter à leur contexte.

B.2 Les modèles pour représenter des cas types de systèmes de culture innovants

Nous proposons que KOFIS contienne une bibliothèque des systèmes de culture innovants et durables. La dimension contextuelle associée doit au minimum intégrer les caractéristiques pédoclimatiques de l'exploitation agricole, les ressources humaines et matérielles disponibles, i.e. les contraintes de l'organisation du travail. Cette dimension contextuelle doit ainsi prendre en compte l'ensemble des objectifs économiques, environnementaux ou sociaux imposés ou choisis par un ensemble d'exploitants agricoles proches. On voit bien par cet inventaire des paramètres contextuels que les connaissances ne peuvent intégrer toute la modélisation de prise de décision des agriculteurs. En effet, cela aboutirait à des monographies de fait inopérantes puisque non reproductibles.

Un format commun de description de ces systèmes de culture serait utile pour les comparer et les évaluer (Debaeke, Petit et al. 2008; Reau et Doré 2008). Cette représentation nécessite plusieurs éléments à décrire : les objectifs et le domaine de validité du SdCi ainsi que sa durabilité, la succession des cultures, les itinéraires techniques avec leurs règles de décision. Cette modélisation est une représentation de systèmes issus aussi bien de cas types que de monographies. Cependant, cette mise en commun va bien au-delà de la représentation des résultats. Le mode de calcul des résultats ou bien leur validation[165] doivent aussi être identifiés, affichés, voire dans certains cas homogénéisés. Cette homogénéisation ne va pas de soi dans le paysage balkanisé des références produites par des acteurs d'origine diverse. Nous allons donc identifier quels sont les modèles de la méthode Mask qui sont les plus adaptés pour notre objectif.

Le domaine de validité du système de culture innovant décrit des paramètres généraux de l'exploitation agricole comme le contexte pédoclimatique. Son évaluation cerne son

[165] Par exemple, la marge brute est calculée de différentes manières.

intérêt au regard des critères de durabilité. Pour exprimer ces paramètres, le modèle du phénomène est retenu. Ce modèle, illustré dans la Figure III-19, exprime bien l'idée du passage global d'un système à un autre.

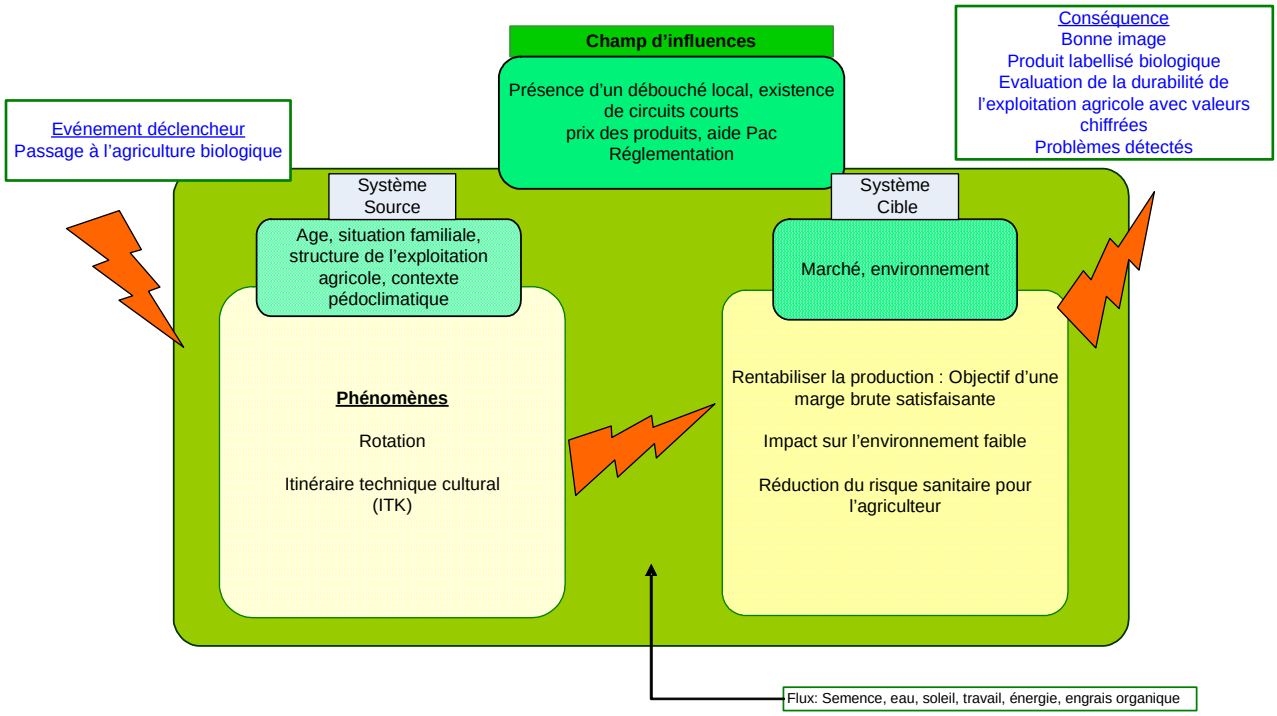


Figure III-19 : modèle du phénomène de l'agriculture biologique en grande culture

La rotation autant que les itinéraires techniques sont des processus de production associés à une parcelle. Le modèle de l'activité est opportun. Si n types de cultures participent au système de culture, (n+1)[166] modèles d'activité sont nécessaires pour le décrire. Nous présentons l'enchaînement des cultures dans la Figure III-20. Chaque culture peut être enrichie de commentaires. Chaque type de culture a un itinéraire technique. Une étape de cet itinéraire peut être associée à une ou plusieurs règles de décision. Chaque règle reprend un raisonnement de l'agriculteur associé à des valeurs seuils d'indicateurs. Elle est assez simple et très souvent du type conditionnel. Nous proposons à nouveau de formaliser cette règle par un des quatre types de tâche proposé dans le modèle de tâche présenté dans la Figure V-3: le modèle de tâche. La Figure III-21 illustre soit une règle spécifique au SdCi ou bien une règle généralisable à plusieurs SdCi. Ces règles de décision visent des niveaux stratégiques, tactiques, voire opérationnels. Elles peuvent être regroupées dans un schéma décisionnel pour une culture donnée.

[166] (n+1) = n itinéraires techniques (une par culture) + une rotation

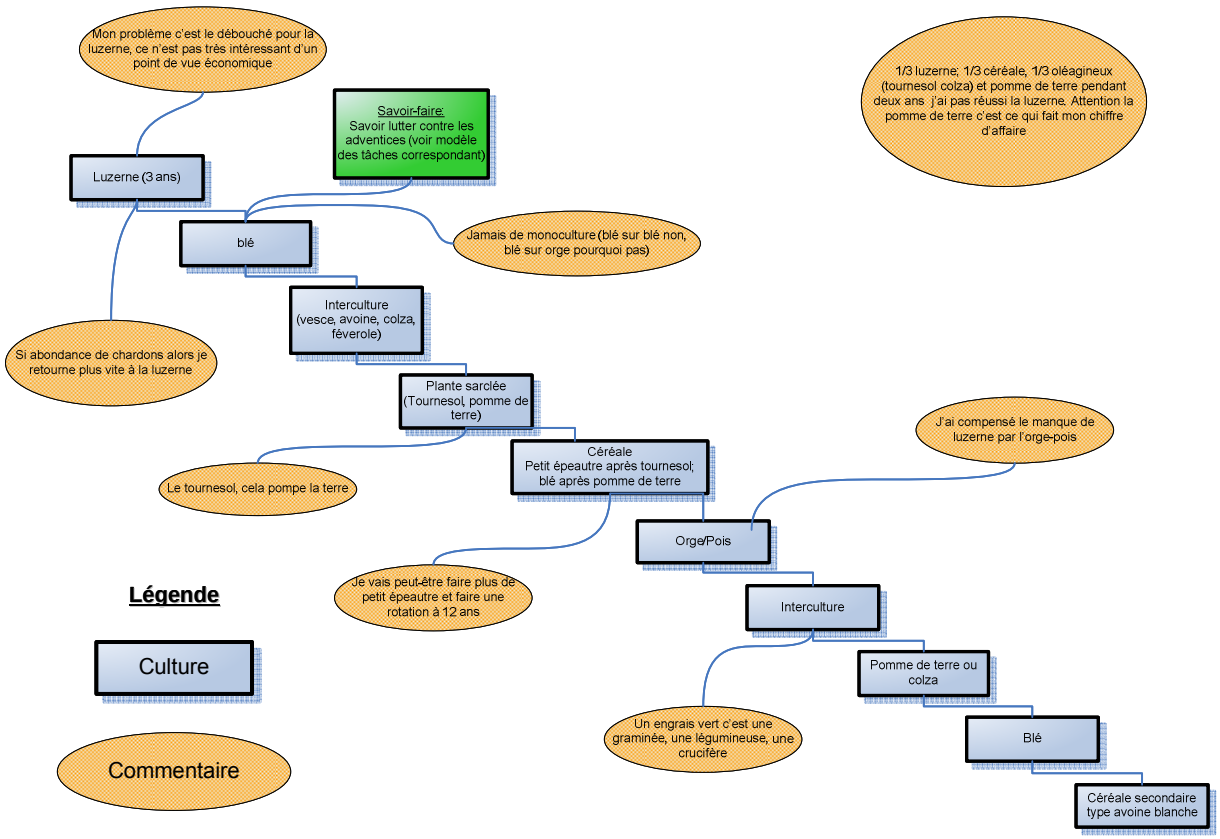


Figure III-20 : description d'une succession culturale

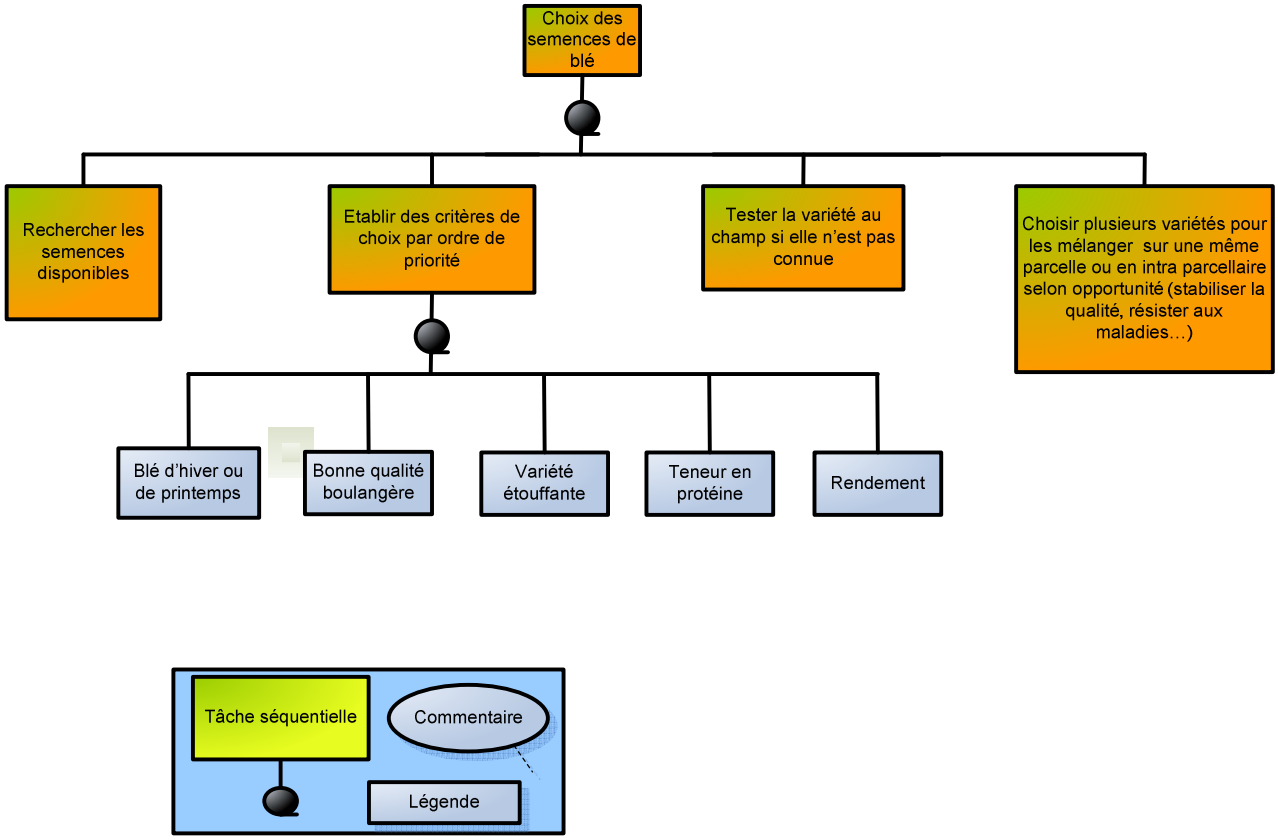


Figure III-21 : règle de décision pour le choix d'une semence

Ces différents modèles représentent au mieux les répertoires d'actions et les procédures de routine (Cerf et Sebillotte 1997) associés aux SdCi. Ils portent tant sur des choix stratégiques (rotation), des choix tactiques (itinéraire technique ou certaines règles de gestion) ou encore des choix opérationnels. Les procédures de routine, en particulier celles liées aux traitements des risques, peuvent être décrites grâces aux modèles de tâche.

III-2-5 Conclusion sur la composante informationnelle de la gestion des connaissances en agriculture biologique grandes cultures

Nous avons montré que l'utilisation de la méthodologie Mask est satisfaisante pour produire un langage graphique représentatif du métier de l'agriculture biologique grandes cultures, que cela soit pour des connaissances métiers génériques ou pour des cas types[167]. Ainsi, ces modèles Mask distinguent les connaissances procédurales (voir Tableau II-1 : typologie des connaissances) des connaissances déclaratives comme les travaux en psychologie cognitive le recommandent (Cerf, Papy et al. 1990). D'un point de vue cognitif, les modèles formels de Mask rendent les savoirs plus accessibles. Grâce à des liens hypertextes, ils conduisent vers d'autres formes de connaissances comme des textes. L'insertion de ces modèles dans un outil informatique rend possible leur mise à jour par des connaissances empiriques ou des connaissances académiques. Ces dernières sont introduites soit par un travail de reconstruction et d'enrichissement de certains documents, soit par l'insertion directe des modèles ingénieriques (voir paragraphe II-7-3B Relations entre connaissances académiques et connaissances opérationnelles).

Pour représenter les connaissances, la limite de la méthode Mask réside ici dans le faible recul d'expertise des agriculteurs interrogés. Si la capitalisation d'expérience à l'échelle d'une campagne annuelle est possible, elle est beaucoup plus difficile à obtenir sur un horizon plus long comme celui de la rotation (Duru, Papy et al. 1988). Au moment de l'interview, la plupart d'entre eux n'ont qu'une à deux rotations d'expérience. Or, les rotations durent une dizaine d'années en agriculture biologique. A l'inverse, cette limite temporelle rappelle tout l'intérêt de la capitalisation croisée entre agriculteurs dans des contextes de production proche.

La Figure III-22 résume la place des différents contenus associés à l'agriculture biologique grandes cultures dans l'outil KOFIS. On y retrouve les documents de l'environnement institutionnel, des connaissances opérationnelles ainsi que les connaissances académiques. Nous positionnons également le lieu d'échange et d'innovation. A l'issue de ces deux parties III-1 et III-2 respectivement sur les jeux d'acteurs et sur le contenu de l'outil, nous comprenons mieux le rôle de ses utilisateurs. Ceux-ci ne se recoupent pas complètement avec les acteurs identifiés par (Meynard 2008) comme composant le noyau dur de la conception des systèmes de culture innovants, à savoir "les agriculteurs, les conseillers, les ingénieurs de la recherche-développement (R & D) et un petit nombre de chercheurs ayant fait de la conception un objet de recherche". Les enseignants mais aussi l'ensemble des chercheurs ont en effet un rôle important à jouer dans l'outil de gestion des connaissances. Par contre, ils sont

[167] Nous avons présenté ces modèles aux partenaires du projet Casdar RefAB le mardi 23 novembre 2010 à Paris. Ils ont été bien accueillis par cette communauté. Ce projet regroupe les acteurs majeurs du développement en agriculture biologique autour de la production et de la diffusion de références.

effectivement bien moins présents dans la conception des systèmes de culture innovants. Ces derniers sont un résultat favorisé par la présence de KOFIS. Les SdCi y sont stockables dans une bibliothèque mais ils n'y constituent pas son seul contenu. Celui-ci est formé aussi par des connaissances thématiques. Les conseillers agricoles ou les agriculteurs ont un rôle à jouer pour renouveler ces connaissances du fait même de leur introduction incessante de nouvelles pratiques. Pour leur part, les chercheurs mettent à disposition des connaissances académiques dont certaines sont exploitables d'un point de vue opérationnel. Enfin, les conseillers agricoles ou les enseignants sont à l'interface pédagogique de ces connaissances empiriques et académiques.

Dans l'espace d'échange et d'innovation, tous les acteurs se mobilisent autour de deux grands types de contenu :

- **soit, ils échangent autour de sujets innovants,**
- **soit, ils s'expriment dans des sujets de discussion** qui sont autant de miroirs aux connaissances déjà explicitées dans l'espace [K].

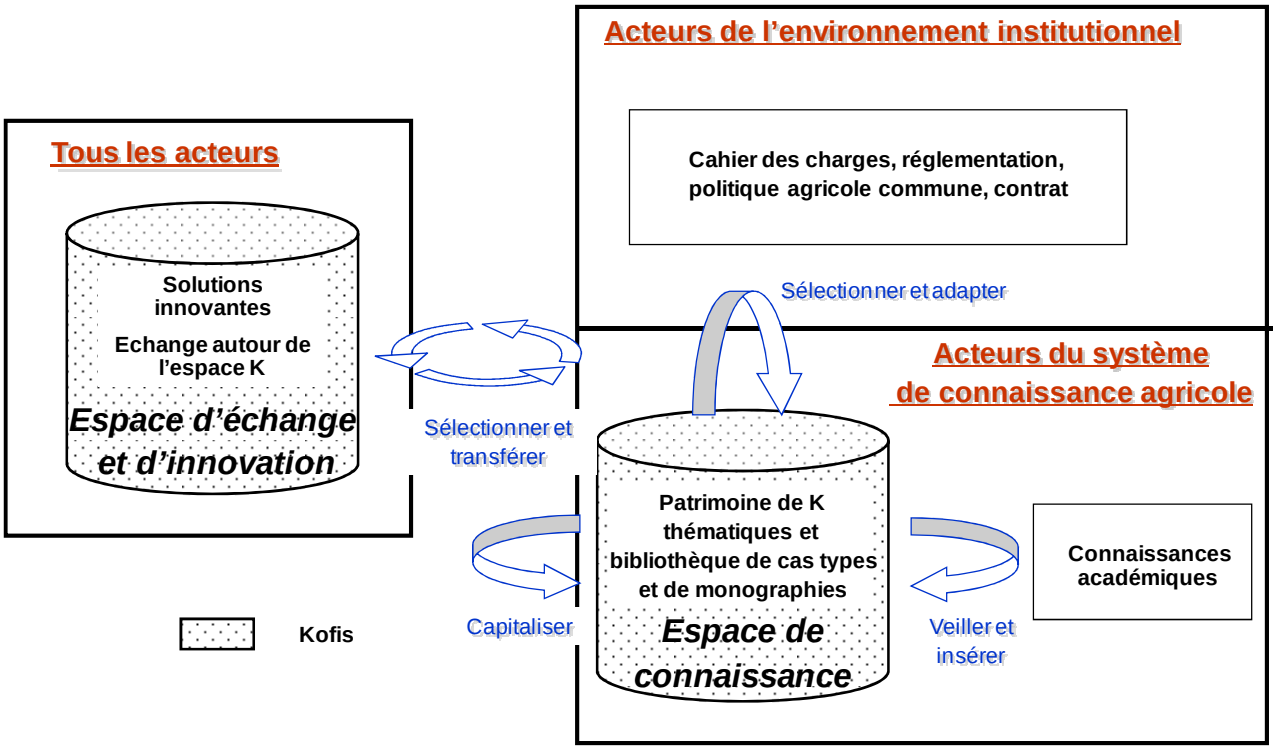


Figure III-22 : contenu de l'outil de connaissance KOFIS en agriculture biologique grandes cultures

L'outil contient des connaissances d'autant plus instables que les acteurs sont actifs à les modifier. Le livre de connaissances de l'agriculture biologique s'inscrit ainsi dans une logique dynamique et collaborative. Nous avons vu au paragraphe III-1-4 que la signature des contributions est une solution pour dépasser les relations concurrentielles entre les acteurs du conseil agricole. Cette signature pourrait se restreindre aux référentiels des SdCi. En effet, ces contributions sont issues de références locales obtenues grâce à des organisations professionnelles. A l'opposé, les connaissances thématiques sont davantage dynamiques. Elles ne sont pas figées et ne sont donc pas la "propriété morale" d'un participant unique. Par contre, cela n'empêche pas la traçabilité des contributeurs.

L'outil KOFIS de gestion des connaissances peut potentiellement regrouper tous les types d'activités agricoles qu'ils portent sur l'élevage, les grandes cultures, l'arboriculture, la viticulture ou le maraîchage. Certaines connaissances sont d'ailleurs génériques à tous ces types de production (Klerkx et Leeuwis 2008). Une réserve beaucoup plus importante porte donc sur la difficulté de retrouver une connaissance adaptée au contexte d'utilisation intéressant l'usager. La bibliothèque de SdCi s'apparente à une base de cas telle que décrite au paragraphe II-2-2E Méthodes et outils pour diminuer la criticité des savoirs : transfert indirect. Par définition, chaque cas est contextualisé. Tous ces modèles ne peuvent pas être regroupés non plus d'une façon définitive autour d'une seule petite région agricole sans risque de redondance, un modèle pouvant s'appliquer sur plusieurs petites régions agricoles. Par ailleurs, même si les compétences thématiques sont plus généralisables, les modèles et leurs contextes associés sont multiples. Par exemple, le modèle de tâche de lutte contre les adventices ne va pas se construire de la même manière selon les conditions pédoclimatiques.

Mais, dans le cadre de l'agriculture durable, la recherche d'un minimum de cohérence nous a conduits à proposer d'enrichir chacun des modèles avec ses conditions d'utilisation, par exemple sur son contexte pédoclimatique. Cette contextualisation concerne plus particulièrement le modèle d'activité mais aussi le modèle de tâche. Chacun de ces modèles peut être lié à un modèle du phénomène utile pour préciser les contextes. Mais, face à un problème posé par un utilisateur, le système fouille tout le contenu de la base de connaissance pour identifier un ou des modèles pertinents associés à des contextes très variables. Dans ce cadre spécifique de la démarche de recherche des réponses pertinentes, le modèle du phénomène tel qu'envisagé ne nous apporte aucune aide. Pour cette raison, nous proposons un enrichissement sémantique des éléments de connaissance de l'outil. Il va surtout faciliter le regroupement pertinent des modèles les mieux ciblés par rapport à la recherche engagée par un utilisateur. Nous introduisons ainsi le web sémantique que nous développons dans le chapitre suivant lors de l'exploration de la composante technologique de l'outil de gestion des connaissances.

III-3 LA COMPOSANTE TECHNOLOGIQUE : ANALYSE DETAILLEE ET SOLUTIONS PROPOSEES

Pour construire KOFIS, deux étapes importantes ont été franchies. D'une part, nous avons identifié ses principaux types d'usager et d'autre part nous avons explicité et structuré son contenu. La partie technologique liée à une définition de l'usage informatique reste à construire. Compte tenu de la diversité des acteurs, nous savons d'ores et déjà que KOFIS est un outil web. Dans le paragraphe III-3-1, nous allons présenter les spécifications générales de l'outil KOFIS. Puis, à partir d'une liste de ses propriétés, nous proposons son architecture générale dans le paragraphe III-3-2.

III-3-1 Spécifications générales de KOFIS

A Méthodologie de construction des spécifications

Les principales spécifications sont issues du CHAPITRE II : ETAT DE L'ART SUR LA GESTION DES CONNAISSANCES et de l'analyse respective du jeu d'acteurs puis du contenu de l'outil (voir parties III-1 et III-2). Pour compléter et valider ces spécifications

générales, nous avons travaillé avec des partenaires du monde agricole. Ainsi, nous avons participé à deux projets de recherche :

- **le projet Casdar SOLRECI**[168] qui s'inscrit dans le cadre du RMT SdCi (voir note de bas de page[29]). L'un des deux objectifs du programme est de développer un outil collaboratif de gestion de connaissances, interactif, sur les solutions techniques permettant de réduire l'usage des produits phytosanitaires, tout en maîtrisant les processus de production (Ballot, Guichard et al. 2011) ;
- **le projet Melibio** conduit par le Pôle Agriculture Biologique Massif Central[169]. Ce projet comprend également un outil informatique de gestion des connaissances. Ces connaissances portent sur les espèces et les variétés fourragères ainsi que sur les pratiques culturales en Agriculture Biologique pour sécuriser les systèmes d'alimentation des ruminants du Massif Central.

Dans le Tableau III-6, nous signalons les principales différences entre les deux projets. Leur diversité va nous permettre de vérifier le caractère générique des spécifications informatiques de l'outil.

Projet	Casdar SOLRECI	Melibio
Type d'acteur	<Système de connaissance agricole>	
Type d'agriculture	Agriculture intégrée	Agriculture biologique
Portée	Nationale	Régionale (Massif Central)
Thématique	Générale	Spécialisée

Tableau III-6 : comparatif des deux projets

Dans les trois paragraphes qui suivent, nous allons décrire successivement ce qui est attendu globalement de l'outil, les réponses technologiques apportées puis les demandes fonctionnelles par groupe d'utilisateur. Progressivement, nous en dégageons les sept propriétés principales de KOFIS.

B Quelles sont les contraintes fortes appliquées à KOFIS ?

KOFIS doit répondre à deux besoins :

1. KOFIS construit et stocke des objets opérationnels de connaissances en exploitant des interactions entre acteurs pour innover. Dans les deux parties respectivement III-1 sur la dimension organisationnelle de KOFIS et III-2 sur son contenu, nous avons ainsi développé deux espaces l'un portant sur les connaissances, l'autre sur la résolution de problèmes.
2. Les objets de connaissance doivent avoir un accès rapide et intuitif. De plus, face à un problème non résolu, le système fournit des éléments de connaissance conformément à l'hypothèse évolutionniste de la "dépendance du sentier". Ceux-ci facilitent la résolution du problème. Ainsi, dans les deux derniers cas, le système a vocation à retrouver rapidement des connaissances explicites sous forme de fiche,

[168] SOLRECI : Solutions alternatives et règles de décision pour construire et piloter les systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

[169] Depuis 1998, le Pôle Agriculture Biologique Massif Central assure l'accompagnement scientifique du développement de l'agriculture biologique sur l'ensemble du Massif Central. http://www.itab.asso.fr/reseaux/polebio.php

d'image ou de vidéo. Cette fonctionnalité s'exprime par exemple à travers la recherche de mots dans le contenu des fiches. Mais, cette méthode aboutit à des résultats potentiellement nombreux et pas toujours exploitables. Il faut aller au-delà en trouvant les solutions techniques qui permettent une recherche de connaissances plus efficaces et plus pertinentes, y compris pour des ressources non textuelles. Dans la partie III-1 , nous avons également souligné les limites d'une logique de proximité géographique des agriculteurs pour construire leurs communautés de pratique. Le système doit donc proposer un autre mode de construction et de mobilisation de ces acteurs porteurs d'une connaissance tacite.

C Les réponses apportées

Deux demandes fonctionnelles importantes émergent. La première demande s'exprime autant autour de la capitalisation de la connaissance que sur la résolution de problèmes. La seconde requête contient la question de l'organisation et de la structuration des connaissances explicites et tacites en vue de les mobiliser efficacement. Nous savons que la théorie C-K répond à la première demande. Nous allons voir comment l'usage du web sémantique répond à la seconde exigence.

C.1 La dimension capitalisation et innovation

Nous revenons sur la théorie C-K de la conception (Hatchuel et Weil 2002) pour mieux comprendre ses conséquences possibles en terme de construction d'une architecture informatique. Cette méthode a été présentée dans le paragraphe II-3-2C . Elle reflète le raisonnement humain face à un problème. En effet, afin d'avancer dans sa résolution, nous nous appuyons sur des connaissances acquises pour les différents termes de ce problème. La recherche de solutions se situe dans l'espace de concept et les connaissances utilisées pour résoudre le problème appartiennent à l'espace de connaissances. Lorsque le problème est résolu, la solution est validée en tant que connaissance. Par convention, nous appelons [I] l'espace de concept, que nous renommons espace d'innovation, et [K] l'espace de connaissances. Dans la Figure III-23, nous proposons de partir d'un problème concret pour expliciter les différentes opérations entre [I] et [K].

L'objectif est de traiter le problème de la présence de chardons dans un champ de pommes de terre selon les principes de l'agriculture biologique.

- **La disjonction K-C** : elle marque le début du raisonnement de conception. Un problème donné -ici la présence de chardons dans un champ de pommes de terre- est transformé en concept : un champ de pommes de terre sans chardon. L'objet "champ de pommes de terre" a donc une propriété non logique "l'absence de chardon".
- **La départition** : si le concept initial est sans solution apparente, la départition mobilise des connaissances pour établir un second concept sur lequel des raisonnements sont possibles. La connaissance des types de lutte contre les bioagresseurs en agriculture biologique nous conduit à un concept plus large : l'élimination des chardons en agriculture biologique, voire l'élimination des adventices en agriculture biologique. Quatre types de lutte y sont mobilisés : la lutte biologique, la lutte mécanique, la lutte culturale et la lutte génétique.

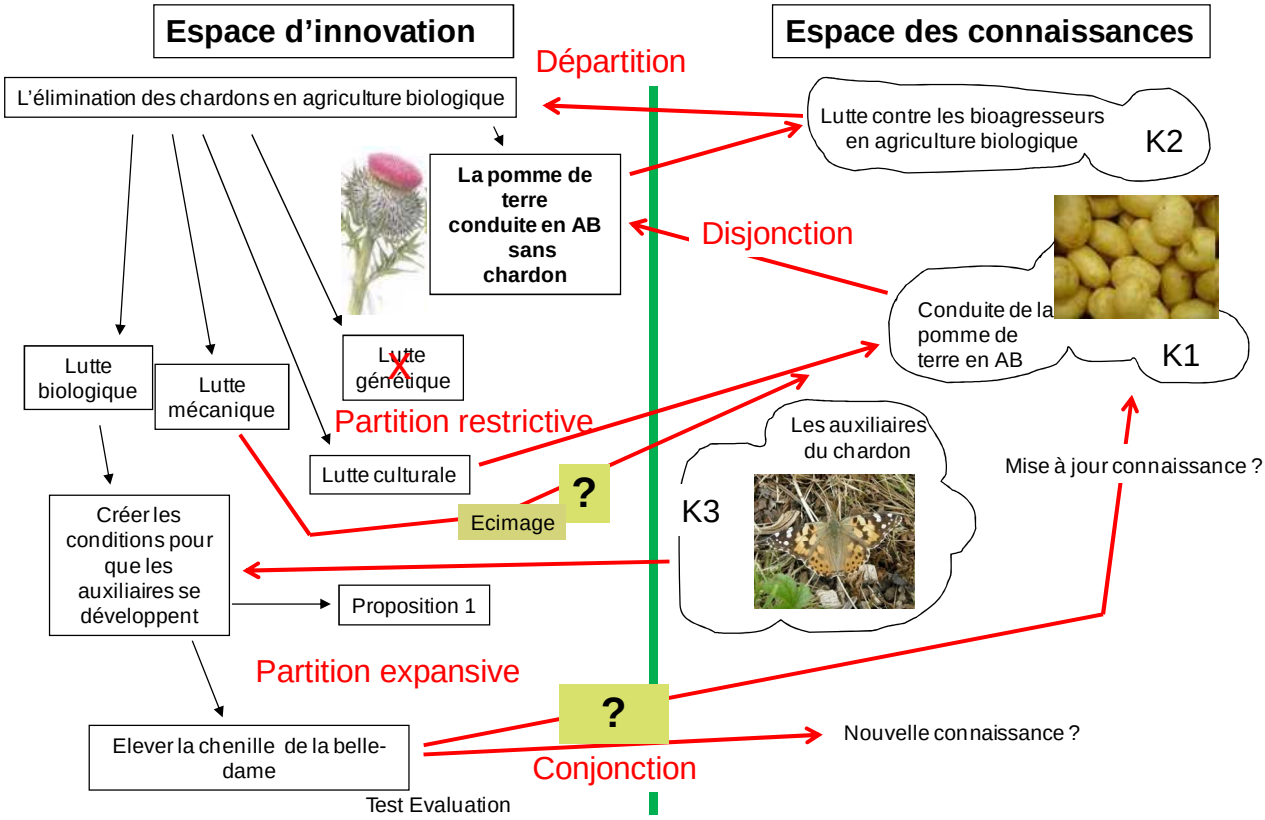


Figure III-23 : exemple de la lutte contre le chardon illustrant les deux espaces [I]/[K]

- **La partition** comprend deux opérateurs : la partition restrictive et la partition expansive. La partition restrictive restreint l'espace des possibles. Ainsi, aucune variété de pomme de terre n'est capable d'empêcher l'apparition du chardon. La solution de la lutte génétique est éliminée. La partition expansive propose de nouvelles solutions. Des propriétés sont rajoutées au concept. Ce processus est créatif mais les nouvelles propositions, pour être crédibles, sont construites à partir de connaissances. Ces propositions sont parfois très éloignées du sujet traité. L'invention ou la surprise peuvent alors surgir du raisonnement. Ce processus aboutit à une ou plusieurs propositions. Dans notre exemple, la connaissance des auxiliaires du chardon rend possible une proposition originale rajoutée à la lutte biologique : l'élevage de la chenille de la belle-dame qui se nourrit de chardon.
- **La conjonction C-K** arrête le raisonnement de conception. Si la proposition finale a été évaluée positivement, elle transite de l'espace d'innovation vers celui des connaissances. Elle devient une connaissance. L'expansibilité s'applique également aux connaissances. Dans l'exemple présenté, les résultats obtenus devront être évalués pour devenir une connaissance.

Ces quatre opérations ne sont pas automatiques. Leur mise en œuvre est humaine. Mais l'un des mérites de la théorie C-K est de spécifier le raisonnement de conception dans les deux espaces [I] et [K]. KOFIS doit tracer ce raisonnement pour en exploiter toute la richesse. KOFIS a donc deux composantes web : une composante d'échange [I] où les quatre opérateurs de la théorie C-K s'inscrivent et une composante de capitalisation de la connaissance [K]. **La première propriété de l'outil est sa capacité à aider le raisonnement humain de conception et à le tracer.**

C.2 Les réponses apportées sur la structuration des connaissances

La plupart des outils web n'imposent pas de contraintes dans la gestion de leur contenu. Les connaissances sont cachées dans le code HTML qui est un langage de présentation des données. Les balises utilisées par ce langage servent à la mise en forme des documents. De fait, le contenu est difficile à identifier. Avec ce type de langage, seul l'être humain peut retrouver et traiter les connaissances. Il existe dorénavant une approche qui structure le contenu. Ainsi, une solution est d'annoter les documents. Une annotation pose des métadonnées sur des ressources, i.e. des données sur des données pour faciliter leur repérage. Nous verrons ci-dessous qu'il existe deux types d'annotation.

L'annotation du type web social est fondée sur le taggage de documents. Le tag est un marqueur lexical que l'on associe à une ressource. L'outil de recherche va ainsi retrouver toutes les ressources (document, photo, vidéo...) associées au tag sélectionné. Un tag peut être raccordé à un thésaurus qui regroupe une liste de termes sur un domaine de connaissances. Ces termes y sont éventuellement reliés entre eux par des relations synonymiques, hiérarchiques ou associatives du type "Voir aussi". Un thésaurus est un langage contrôlé et mis à jour, par exemple, par des documentalistes. L'annotation du type web social n'autorise pas un ordinateur à inférer sur ces ressources.

Par contre, le second type d'annotation associé au web sémantique facilite l'usage des connaissances par les machines. L'initiative du web sémantique est soutenue par le W3C. Nous avons présenté une première approche du web sémantique dans le paragraphe II-2-2E.2 De l'explicite à l'explicite : le partage. Nous la complétons ici. Le web sémantique utilise plusieurs couches regroupées dans la Figure III-24. Elles sont issues pour l'essentiel de l'article fondateur sur le web sémantique de (Berners-Lee, Hendler et al. 2001).

- **Une adresse URI**[170] identifie et/ou localise les ressources.
- **Le langage XML** propose une syntaxe pour structurer tous les types de contenu. Les ordinateurs échangent entre eux grâce à ce langage à balise. Il est neutre par rapport au contenu de l'échange.
- **RDF et RDFS** représentent des connaissances par des triplets de la forme <sujet, prédicat, objet>. Le sujet est une ressource. Le prédicat est la propriété du sujet alors que l'objet est la valeur de la propriété. Ainsi, dans l'exemple de la Figure III-25, "Pommes de terre", A pour adventice" et "Chardon" constituent un tel triplet. Ce triplet peut s'écrire avec le langage à balise XML. Chaque concept de ce triplet peut être localisé dans une URI sachant que cet identificateur est obligatoire pour le sujet.
- **Ces triplets sont à la base du langage formel de description OWL**[171] **et de SKOS**[172].
    - OWL décrit une ontologie. Pour un domaine donné, les classes, leurs propriétés[173], ainsi que la logique de description qui les représente, constituent un ensemble cohérent intitulé ontologie du domaine. De plus, OWL est capable d'instancier des classes, ce qui accroît sa puissance de

[170] URI : Identifiant de Ressource Universelle
[171] OWL : Ontology Web Language ; OWL est reconnu par le W3C.
[172] SKOS : Simple Knowledge Organization System ; SKOS est également reconnu par le W3C
Voir http://www.w3.org/TR/skos-reference/ :
[173] OWL comprend deux types de propriétés : l'ObjectProperty qui exprime la relation entre deux catégories et la DataProperty qui relie une catégorie à un type de donnée.

description d'une réalité. Dans le domaine de la recherche documentaire, l'objectif est d'éviter l'ambiguïté sémantique. Or, OWL a la faculté d'inférer sur les bases de connaissance, i.e. de replacer automatiquement les classes et les instances au sein de l'ontologie. Ce langage a des bases mathématiques. Pour cette raison, OWL est manipulable par un ordinateur. Sa valeur ajoutée est d'offrir des outils de comparaison des classes et des propriétés (Lacot 2005) afin de réduire notamment cette ambiguïté. Deux types de relation dominent : la relation de généralisation[174] et la relation tout-partie[175]. Enfin, une ontologie peut faire référence, ce qui facilite les échanges entre les ordinateurs.

  - SKOS est un modèle de représentation de connaissances sur le Web. SKOS n'est pas un langage formel. Il est recommandé depuis 2009 par le W3C pour décrire des thésaurus. SKOS exploite également RDF/RDFS.

- **SPARQL** est un outil d'interrogation des éléments enregistrés de connaissance. Il est l'équivalent du langage SQL pour les bases de données.
- **Un système de preuves** garantit la confiance de l'usager vis-à-vis des éléments de connaissance sélectionnés par l'ordinateur. Des blocs encryptés garantissent également la fiabilité des sources (Berners-Lee, Hendler et al. 2001).

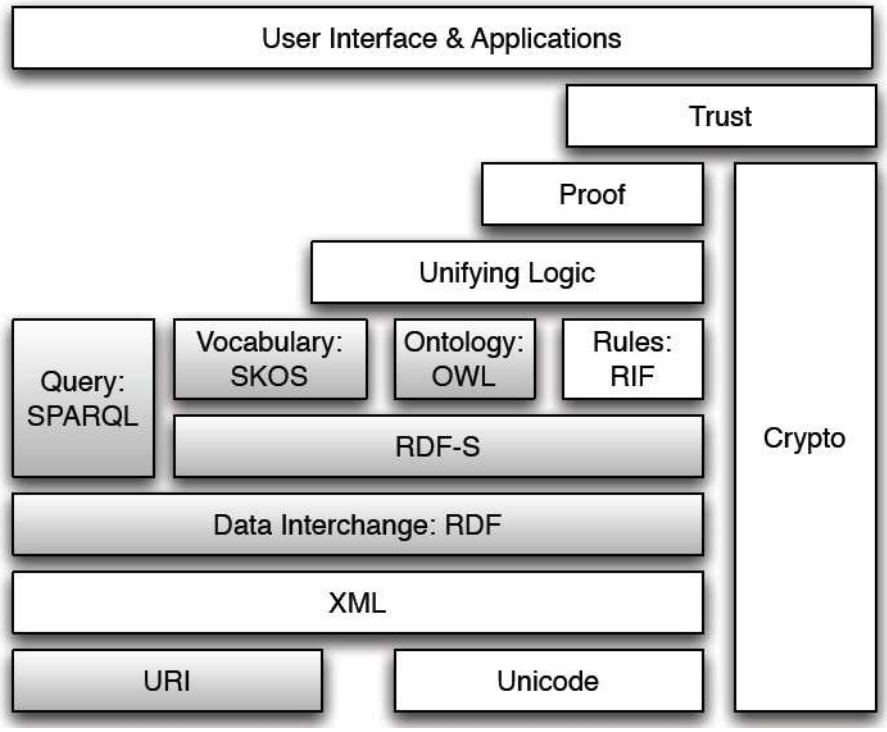


Figure III-24 : le "mille-feuilles" du web sémantique d'après (Haslhofer 2009)

Le web sémantique propose des métadonnées qui vont caractériser des éléments de connaissance. Pour les retrouver facilement, les connaissances sont formalisées par des langages de description. Ces langages respectent une logique. Ils sont interprétables par des machines. Le raisonnement est rendu possible sur des connaissances ainsi

[174] Relation du type : "'est un"
[175] Relation du type : "est composé de"

formalisées. Un moteur d'inférence trouve des faits par application de règles d'inférence aux instances de l'ontologie et à l'ontologie elle-même. Il entérine aussi l'intégrité sémantique d'une ontologie. Le web sémantique accroît l'accessibilité au contenu. Cela permet une comparaison de documents, l'utilisation de plusieurs types de ressources. Il est une garantie sur la qualité et sur l'authenticité des sources d'information grâce au contrôle du contenu par le producteur. Ainsi, dans l'exemple présenté dans la Figure III-25, nous avons comparé la recherche de "la méthode de lutte biologique contre le chardon dans un champ de pommes de terre" selon les deux approches "Hypertexte" et "Web sémantique". Dans le cadre d'une modélisation hypertexte, des liens hypertextes autorisent une approche par des étapes non intuitives. Ces liens sont statiques et leur sémantique n'est pas précisée. A l'inverse, une annotation sémantique permet à l'ordinateur, grâce à une requête sémantique, d'atteindre la bonne connaissance. Ces requêtes sémantiques viennent enrichir et compléter les requêtes syntaxiques.

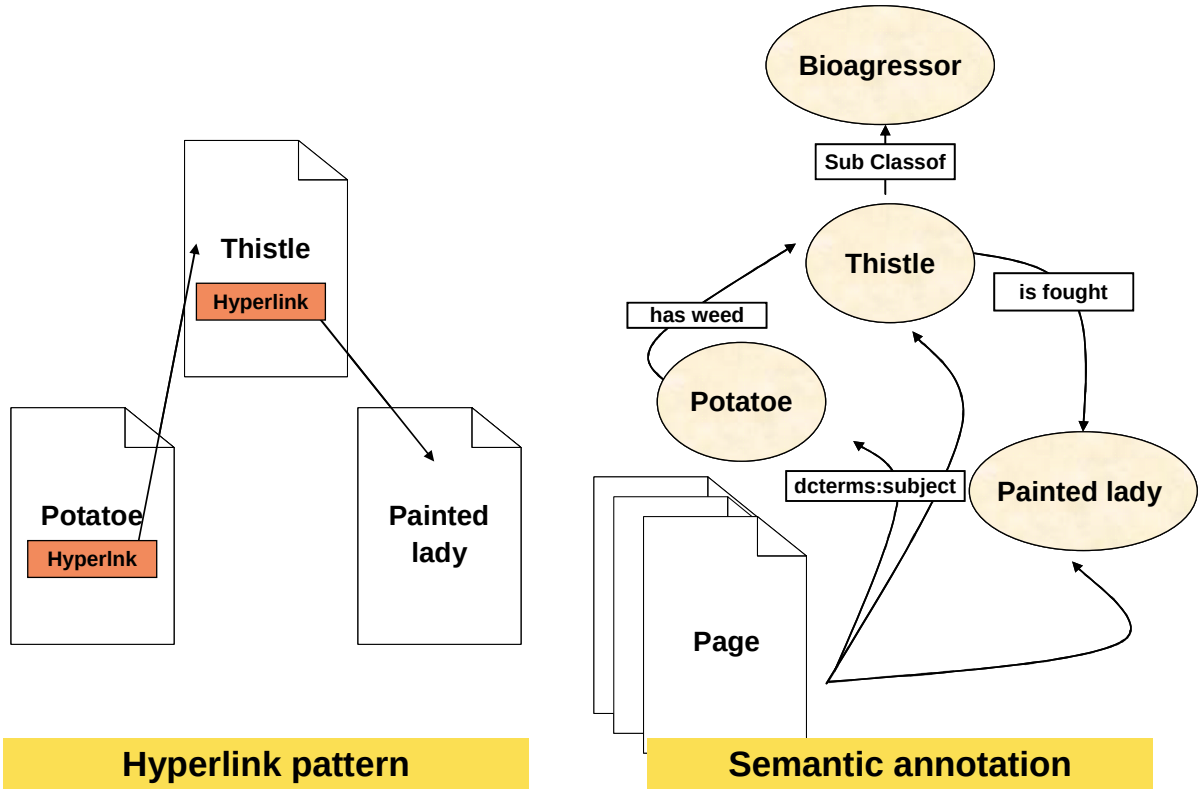


Figure III-25 : comparatif des modèles "hypertexte" et "web sémantique"

Une démarche d'annotation des documents va donc faciliter leur recherche, ce qui constitue la seconde propriété de KOFIS : la dimension sémantique de l'outil.

Par ailleurs, nous proposons que le système raisonne sur le contenu sémantique associé à l'identification de chaque agriculteur en vue de créer les communautés les plus adéquates selon une logique qui ne soit pas que de proximité géographique. Selon leurs centres d'intérêts, les utilisateurs se retrouvent grâce à un appariement de profil. **Cette capacité de construction des communautés pertinentes est la troisième propriété.**

Que cela soit pour rechercher des pages de connaissances ou pour créer des communautés pertinentes, nous avons besoin d'un outil qui structure ces savoirs. KOFIS a donc deux composantes web [I] et [K]. De surcroît, chacun de ces deux espaces doit proposer une fonctionnalité d'annotation sémantique aux usagers.

D Explicitation des cinq groupes d'utilisateurs et de leurs principaux besoins fonctionnels

D.1 Les besoins fonctionnels des acteurs du <système de connaissance agricole> et de <l'environnement institutionnel>

Dans la partie III-1 sur l'organisation des acteurs, nous avons vu que KOFIS est collaboratif. Ses utilisateurs ont des profils variés (agriculteur, conseiller, enseignant, chercheur...). Ils sont géographiquement éloignés. Ils disposent de ressources informatiques hétérogènes. Ces acteurs mutualisent leurs expériences et leurs connaissances à travers l'édition de pages ou par des commentaires. Par rapport à la diversité des acteurs, la difficulté est de doser entre l'ouverture de l'outil à l'écriture du plus grand nombre d'acteurs et le contrôle de ce qui est édité (voir paragraphe II-5). Plus KOFIS autorise des usagers/contributeurs, plus la base est enrichie. Mais le risque est alors d'avoir des productions d'une qualité insuffisante. A l'inverse, plus il y a de vérifications, plus le contenu est sécurisé mais moins l'usager/contributeur est motivé pour remonter ses propres savoirs et ses expériences. Entre ces deux bornes, un équilibre est à trouver pour produire de la connaissance fiable dans des volumes satisfaisants. Selon leur statut, les acteurs accèdent donc au contenu de la base avec des droits différents. Ainsi, deux types d'acteur ont déjà été définis dans le paragraphe de la composante organisationnelle[176] comme <l'environnement institutionnel> et le <système de connaissance agricole> (voir Figure III-5). A partir de la Figure III-23, nous allons préciser les fonctions respectives de ces deux principaux types d'acteur dans les mouvements d'opérations entre et dans les espaces [I] et [K]. Dans l'exemple proposé, des usagers recherchent des solutions pour minimiser le risque vis-à-vis des chardons sur un champ de pommes de terre conduit en agriculture biologique. Deux groupes distincts interviennent successivement :

- **Dans la première étape**, les connaissances sont instables et non validées. Cette phase d'exploration atténue de fait les différences de statut entre novice ou expert des acteurs (Conein 2003). Dans cette étape, les acteurs de <l'environnement institutionnel> et ceux du <système de connaissance agricole> ont les mêmes droits. Ils explorent les références capitalisées sur la question posée. Mais l'espace [K] n'offre pas de solution. Alors, dans l'espace d'innovation [I], ces usagers explorent différents types de lutte contre les chardons. La lutte biologique est prometteuse et elle est donc retenue. Elle mobilise à nouveau [K] sur le savoir autour du papillon belle-dame. Une solution émerge dans [I].
- **A la seconde étape**, les usagers qui valident la connaissance appartiennent au <système de connaissance agricole>. La nouvelle proposition est alors testée et évaluée. Si elle est évaluée positivement, elle est alors validée comme une nouvelle connaissance.

Le Tableau III-7 relie les deux principaux types d'acteur aux quatre opérateurs présentés dans la Figure III-23.

[176] Par convention, nous reprendrons les noms de ces types d'usagers entre guillemets dans la suite du document.

Opérateur \ Type d'acteur	<Environnement institutionnel>	<Système de connaissance agricole>
Disjonction	Acteur présent pour manipuler ces trois opérateurs	
Départition		
Partition		
Conjonction	Acteur non autorisé	Acteur présent pour manipuler cet opérateur

Tableau III-7 : association Acteur/Opérateur

Le diagramme d'activité, de la Figure III-26, issu de la modélisation UML, montre l'enchaînement des actions et des décisions pour un membre du <système de connaissance agricole>. Nous allons décrire les possibilités offertes à ce type d'acteur. Il cherche une connaissance dans l'espace [K]. Si celle-ci est présente, il a la possibilité de l'enrichir, y compris sémantiquement. Lorsque la connaissance n'existe pas, il pose son sujet dans l'espace [I]. Il annote ce sujet avec des éléments sémantiques. Grâce aux identifiants sémantiques liés à chaque usager, le système va proposer une liste d'usagers pertinents à l'acteur du <système de connaissance agricole>. Il peut compléter cette liste. Ainsi, le sujet sera traité au moins au départ par une communauté d'usagers ayant les compétences requises. On évite ainsi l'approche passive du forum où les usagers intéressés par une question y arrivent d'une manière plus ou moins fortuite. Rien n'interdit cependant qu'un nouvel usager, non identifié initialement, contribue à construire une réponse pertinente à la question posée.

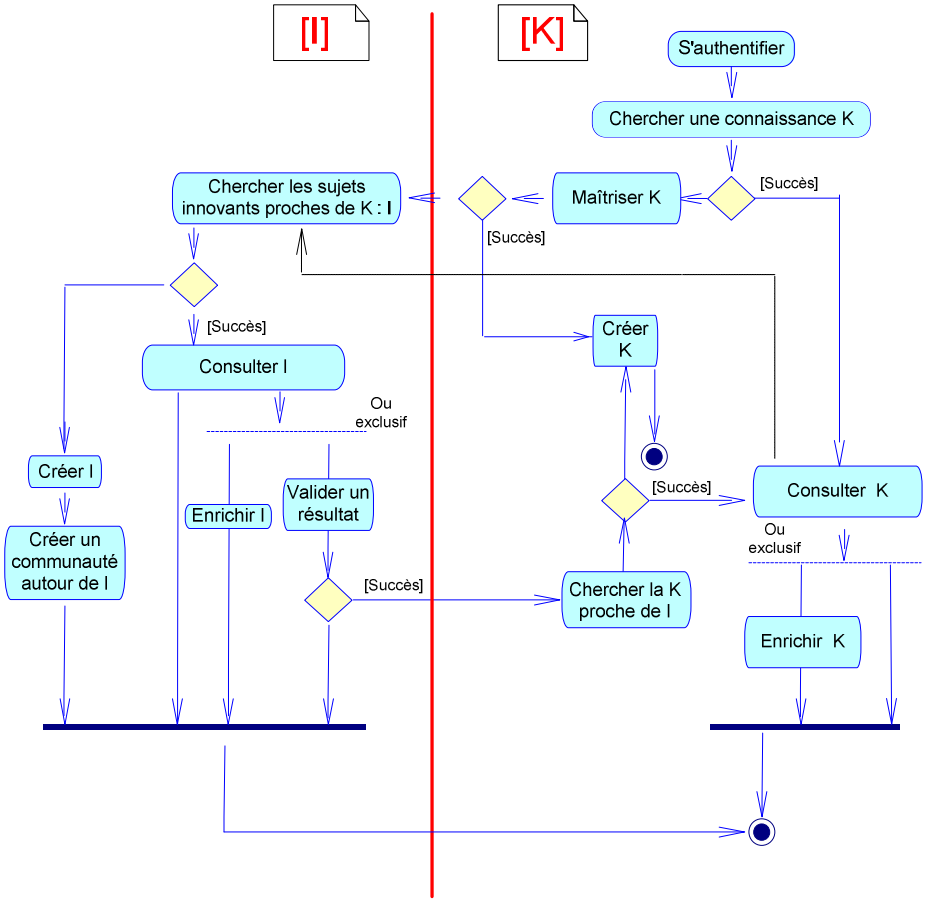


Figure III-26 : principales activités sur KOFIS pour un acteur du système de connaissance agricole

D.2 Les cas d'utilisation associés aux cinq types d'acteur

Aux deux types déjà identifiés, trois autres types d'acteur se rajoutent : le <visiteur>, le <modérateur> et <l'administrateur>. Un type d'acteur hérite des droits des types d'acteur qui précèdent selon une hiérarchie croissante. Ci-dessous, nous présentons les droits successifs de ces cinq types d'acteur.

- **Le <visiteur>** n'a droit qu'à un accès en lecture de [I] et de [K].
- **<L'environnement institutionnel>** participe aux échanges sur des pages de connaissance ou sur des sujets innovants dans l'espace [I].
- **Le <système de connaissance agricole>** enrichit la base de connaissance [K] éventuellement à partir d'un résultat validé issu de l'espace [I].
- **Le <modérateur>** contrôle la qualité des échanges et administre l'ontologie.
- **<L'administrateur>** a une fonction essentiellement informatique.

Pour exprimer les principales spécifications, nous allons utiliser un autre type de modèle UML : le cas d'utilisation. La Figure III-27 regroupe les usages fonctionnels par type d'acteur de KOFIS. Le Tableau III-8 répartit les principaux cas d'utilisation dans l'espace [I] et/ou [K]. Enfin, l'annexe V-3 détaille les principales utilisations autour de KOFIS en signalant les cas d'utilisation déjà développés.

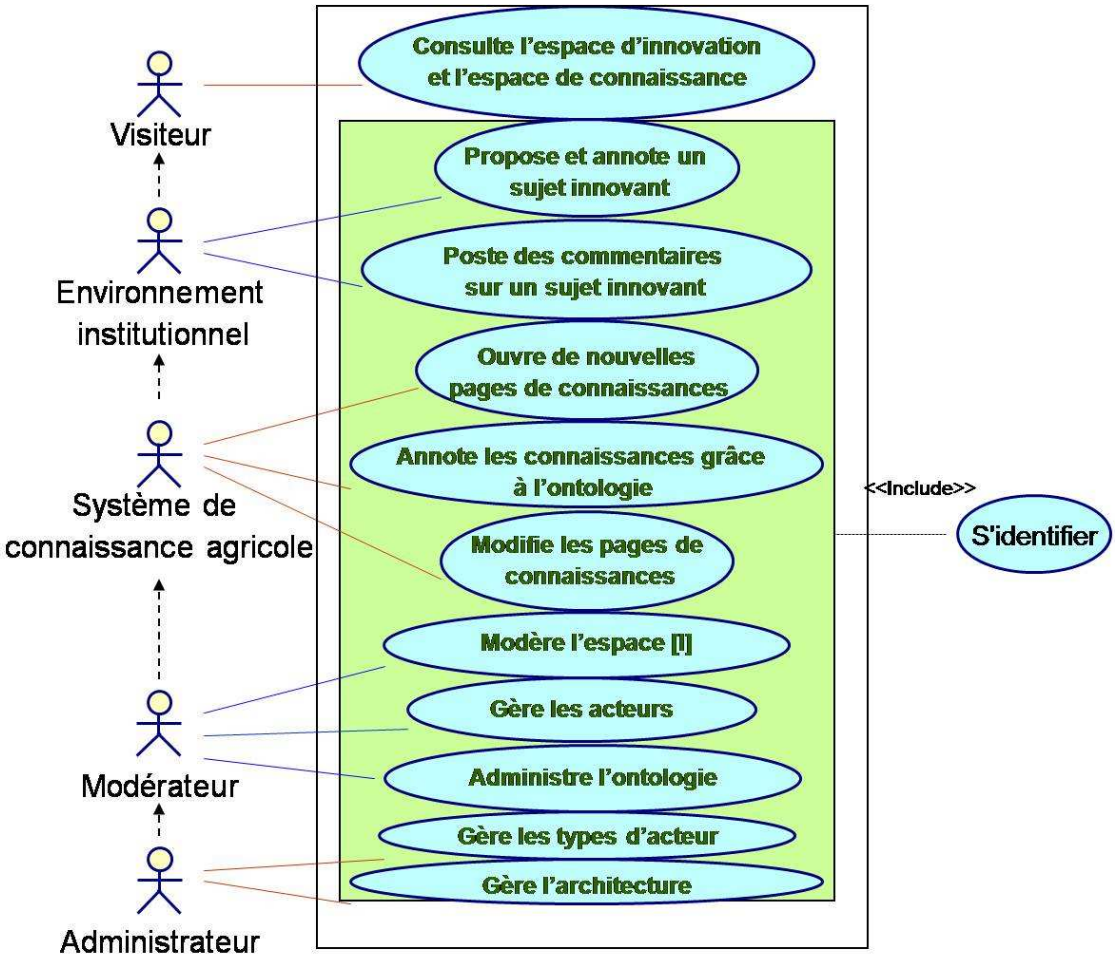


Figure III-27 : principaux cas d'utilisation de KOFIS

Le <visiteur> a un accès libre à KOFIS. Pour les autres usagers, l'authentification se fait classiquement grâce à un login/mot de passe. Hormis les <visiteurs>, tous les usagers communiquent des informations identitaires au système afin d'alimenter ultérieurement les processus de création de communauté. Par exemple, un agriculteur va communiquer sur ses cultures, alors qu'un chercheur indique ses domaines de compétence.

<table>
<tr><th>Type d'espace
Type d'utilisateur</th><th>[I] Innovation</th><th>[K] Connaissance</th></tr>
<tr><td><Visiteur></td><td>Lecture seule</td><td rowspan="2">Lecture seule</td></tr>
<tr><td><Environnement institutionnel></td><td>Propose un sujet, écrit un billet, tague un billet avec des métadonnées, modifie voire supprime ses propres billets, poste des commentaires sur tous les billets</td></tr>
<tr><td><Système de connaissance agricole></td><td>Modifie les métadonnées de n'importe quel billet, gère l'arborescence des sujets, valide un résultat</td><td>Rédige une nouvelle page, annote une page avec une métadonnée, modifie n'importe quelle page, gère le statut d'une page</td></tr>
<tr><td rowspan="2"><Modérateur></td><td>Modifie ou supprime n'importe quel billet</td><td>Bloque, supprime une page</td></tr>
<tr><td colspan="2">Gère les métadonnées et leur arborescence, modère le contenu avec l'utilisation d’un robot qui détecte les mots d’une « liste noire », affecte ou retire un rôle aux utilisateurs</td></tr>
<tr><td><Administrateur></td><td colspan="2">Gère les droits associés aux types d'utilisateur, gère l’architecture du système</td></tr>
</table>

Tableau III-8 : répartition des cas d'utilisation dans l'espace [I] et [K]

L'ontologie, une fois définie, est relativement stable dans la partie [K]. Seul, le <modérateur> est susceptible de la faire évoluer. On évite ainsi les dérives aboutissant à des ontologies multiples et redondantes. Celles-ci sont contre-productives. En effet, il faut un vocabulaire partagé commun simple pour que chacun puisse l'exploiter. Par contre, les instances associées à l'ontologie vont s'enrichir au fur et à mesure du remplissage de l'outil. Nous verrons cependant que le maintien d'un vocabulaire stable n'est pas possible dans la partie [I] du fait d’une possibilité de taggage assez libre par les membres de <L'environnement institutionnel>. Un <environnement institutionnel> peut rajouter librement des termes à ceux existants. Cependant, seul le <modérateur> peut gérer directement les termes et leur arborescence.

L'analyse des besoins fonctionnels fait émerger une quatrième et une cinquième propriété :

- **la quatrième repose sur la capacité de KOFIS de gérer des types différents d'utilisateur,**
- **la cinquième est son approche d'édition collaborative.**

E Les sept propriétés de l'outil KOFIS

Dans les deux paragraphes précédents portant sur les spécifications de l'outil KOFIS, nous avons déjà identifié cinq propriétés majeures. Nous leur rajoutons deux propriétés supplémentaires.

- **L'état de l'art sur les facteurs clés de succès** pour la gestion des connaissances avait souligné l'importance d'une appropriation de l'outil par les usagers. KOFIS doit être facile à utiliser. L'outil de traitement de texte et de manipulation des objets est accessible. L'interface utilisateur est du type WYSIWYG[177], i.e. l'édition de fiches de connaissances ressemble au résultat tel qu'il sera perçu par un usager/lecteur. **La sixième propriété de l'outil est son ergonomie.**
- **Enfin, dans [I] et dans [K], les contributions sont signées** afin d'engager la responsabilité de l'usager. Le système garde la trace des interventions écrites dans [K] pour chaque page avec l'identification de leur auteur. **Nous rajouterons comme septième propriété la capacité de conserver, au moins dans [K], l'historique des modifications** qui permet de rétablir une version propre après une erreur ou un acte de vandalisme.

Nous regroupons les sept propriétés de KOFIS dans le tableau ci-dessous :

Propriété	Description
1	Aider le raisonnement humain associé à la conception et le tracer
2	Avoir une capacité d'annotation sémantique
3	Construire des communautés pertinentes
4	Gérer de façon différenciée des types d'utilisateur
5	Avoir une capacité d'édition collaborative
6	Etre ergonomique
7	Gérer l'historique

Tableau III-9 : les propriétés de KOFIS

III-3-2 Architecture informatique de KOFIS

A Exploration de différents types d'outils possibles

L'outil fonctionne à partir de la dynamique complémentaire des deux espaces collaboratifs [I] et [K]. [I] est l'espace d'innovation et [K] est l'espace de connaissance. Nous devons développer ou adapter un ou deux outils web qui couvrent ces deux espaces et qui respectent également les sept propriétés identifiées ci-dessus.

[177] WYSIWYG : What You See Is What You Get ; lorsqu'un utilisateur modifie le contenu, le texte final est celui qui apparaît à l'écran. L'usager a un outil qui s'apparente alors à un traitement de texte classique.

Plusieurs solutions ont été étudiées (Soulignac, Lambert et al. 2012) pour construire l'architecture informatique de l'outil web KOFIS. Dans un premier temps, nous avons exploré l'offre logicielle (Balmisse 2006) répondant à notre problématique d'un outil de gestion des connaissances collaboratif et sémantique. Nous avons comparé trois options possibles dans le Tableau III-10 : comparatif des solutions techniques.

Outil **Propriétés**	**CMS**	**Wiki**	**Solution web sémantique**
Aider le raisonnement humain associé à la conception et le tracer	Oui pour certains	Non	Oui
Avoir une capacité d'annotation sémantique	Oui pour certains	Oui pour certains	Oui
	Plus avancé pour les wikis que pour les CMS		
Construire des communautés pertinentes	Non	Oui	Oui
Gérer de façon différenciée des types d'utilisateur	Oui	Oui	Oui
Avoir une capacité d'édition collaborative	Extension wiki	Oui (tout le site)	Oui
Etre ergonomique	Oui	Non, en particulier pour tout ce qui est discussion autour des pages de connaissances	Oui
Gérer l'historique	Non	Oui	Oui

Tableau III-10 : comparatif des solutions techniques en 2012

- **Le CMS**[178] est une application informatique qui conçoit le contenu d'un site web et gère sa mise à jour dynamique. Il propose plusieurs options pour organiser le contenu à travers des blogs, des forums, des articles, des fonctionnalités "wiki", etc. Un CMS administre séparément le contenu et la forme du site. Beaucoup de systèmes de gestion de contenu proposent un éditeur WYSIWYG. Cette fonctionnalité offre immédiatement à l'usager/contributeur la vision formelle finale de ses contributions. Par ailleurs, certains CMS ont une organisation plus ergonomique avec une structuration arborescente du contenu. Cette arborescence facilite la représentation du raisonnement humain. Par contre, les fonctionnalités du web sémantique sont encore peu développées, par exemple pour les blogs. Le contenu est stocké dans une base de données, ce qui autorise la gestion des accès concurrents. Un CMS gère les usagers et leurs droits.
- **Le wiki** a une forte puissance collaborative pour construire des documents. Ainsi, contrairement aux blogs qui pour la plupart autorisent les utilisateurs à uniquement poser des commentaires sur un texte, celui du wiki est modifiable dans son contenu même. Cette co-construction aboutit à une connaissance riche sur un domaine. Elle est en effet issue du croisement des savoirs et de l'expérience des

[178] CMS Content Management System ; se dit en français SGC Système de Gestion de Contenu

usagers/contributeurs sur ce domaine. Le wiki gère l'historique des contributions. Un acteur du <système de connaissance agricole> peut ainsi revenir à une version antérieure. Comme pour le CMS, quelques wikis ont des éditeurs WYSIWYG. Contrairement au CMS, le contenu du wiki est peu organisé. Le wiki privilégie les liens hypertextes comme mode d'agencement des pages. Certains wikis peuvent cependant être annotés. Le wiki a aussi un mode de stockage dans une base de données. Il gère les usagers et leurs droits.

- **Le choix de plusieurs frameworks**[179] pertinents assure également le développement entier de l'application. En particulier, Jena[180] fournit un cadre pour développer une application web sémantique. Il propose un environnement de programmation pour les technologies du web sémantique RDF, RDFS, OWL et SPARQL ainsi qu'un moteur d'inférence. Bien entendu, dans ce cadre, toutes les fonctionnalités attendues sont obtenues mais au prix d'un important effort de développement.

Pour réaliser KOFIS, compte tenu de la disponibilité des outils accessibles en "open source"[181], projeter une solution web sémantique avec des développements complets mais coûteux est inutile. Nous avons donc fait le choix des outils suivants :

- **L'espace [I]** d'innovation est dédié à la réflexion collaborative autour d'un sujet. Celui-ci cherche à régler un problème non résolu ou à débattre autour de connaissances existantes. Cet espace est accessible par tous les acteurs du monde agricole. Pour favoriser la participation la plus large possible à cet espace, nous recherchons la simplicité. Le système de publication adopté doit donc être populaire. Nous avons retenu l'outil CMS du fait de son dispositif de publication associé aux billets de blog et aussi de sa capacité à organiser le contenu. Contrairement au forum, la partie blog du CMS autorise en effet la capitalisation de la connaissance, tout en suscitant et en organisant les échanges entre acteurs. De plus, nous sélectionnons un type de CMS ayant un mode de classement arborescent. Celui-ci va assurer un affichage ergonomique du processus humain de raisonnement spécifique à l'espace d'innovation [I]. Un sujet innovant va appeler le développement et l'exploration de plusieurs solutions innovantes. Chaque proposition innovante est associée à un billet. Chaque billet peut être commenté selon une logique de fil de discussion. Autour d'une question non résolue, toutes les solutions innovantes explorées sont organisées selon une structure arborescente. L'exploration d'une solution innovante est éventuellement arrêtée ou à l'inverse une nouvelle solution innovante est proposée. Cette structure arborescente génère ainsi les partitions restrictives et les partitions expansives de l'espace d'innovation conformément à la théorie C-K. Par contre, les systèmes de gestion de contenu sont moins développés sur le plan sémantique.
- **Pour l'espace [K],** nous aurions pu retenir la partie blog du CMS car les blogs les plus récents présentent des fonctionnalités proches des wikis, en particulier sur la construction directe de textes collaboratifs. Mais leur limite réside surtout dans l'insuffisante gestion de l'historique des versions des textes. L'autre point faible des CMS est le développement pour l'heure également insuffisant de leur qualité sémantique. Pour sa capacité de production collaborative et sa capacité

[179] Un framework est un outil informatique. Par les ressources qu'il propose, un framework facilite la construction et la maintenance d'un programme informatique.
[180] http://jena.sourceforge.net/index.html Jena est un logiciel libre.
[181] Licence de logiciel qui autorise sa modification et sa redistribution gratuite.

d'annotation, nous avons donc choisi l'outil wiki sémantique pour l'espace [K]. A l'inverse, le système wiki possède également des espaces de discussion. Mais il ne propose pas les programmes ergonomiques qui gèrent les interactions entre acteurs sur un sujet innovant grâce à un dispositif arborescent de blogs. De plus, les utilisateurs sur l'espace [I] ne seront pas les mêmes que ceux sur l'espace [K]. Dans l'espace d'innovation, la communauté sera plus large et diversifiée afin de proposer des problématiques nouvelles, des solutions et des résultats originaux d'expérience. Or il apparaît compliqué de différencier les droits des utilisateurs en particulier dans l'espace [K] à l'intérieur même d'un outil wiki qui est très libéral dans son usage.

Compte tenu des spécifications générales de KOFIS, l'analyse des produits informatiques disponibles aboutit au choix combiné de deux types d'outils : le CMS pour l'espace [I] et le wiki pour l'espace [K]. Ils doivent offrir de plus une capacité d'annotation sémantique. Pour chacun d'entre eux, nous allons maintenant rechercher le logiciel "open source" le plus pertinent.

B L'espace [I] d'innovation : choix d'un outil informatique

Pour choisir le CMS, nous avons exploité le site Matrix[182]. Il compare des centaines de CMS disponibles sur le marché. A partir des critères de choix retenus pour construire l'espace [I], nous avons sélectionné Drupal. Cet outil est "open-source", performant et robuste. Il est maintenu par une communauté dynamique. Il est très utilisé et ses références sont nombreuses. Son langage de programmation est le PHP. Celui-ci est très répandu pour développer des applications web. Le contenu de Drupal est stocké dans la base de données MySQL ou PostgreSQL[183]. Drupal comprend des blogs, des forums, des FAQ, etc. Drupal a une interface WYSIWYG. Il propose de nombreux modules pour accueillir des communautés. Drupal possède deux caractéristiques intéressantes :

1. Il propose le système arborescent des « livres » comme mode d'organisation du contenu. Un livre permet d'organiser logiquement les pages de contenu en chapitre, section, etc. Autour d'un sujet innovant, ce moyen très visuel peut représenter le travail de recherche comme illustré dans la Figure III-23 : exemple de la lutte contre le chardon illustrant les deux espaces [I]/[K]. L'arborescence suit l'évolution des différentes solutions explorées et elle les retrouve ainsi facilement ;
2. Du point de vue sémantique, Drupal offre un système de classification fondé sur une taxonomie. Celle-ci fournit le vocabulaire adéquat afin de taguer chaque billet de blog qui sert de support à une solution. La taxonomie est également construite sous forme d'arborescence.

C L'espace [K] des connaissances : choix d'un outil informatique

Le wiki sémantique combine le caractère collaboratif du wiki et les ressources du web sémantique. Il fait l'objet de recherches depuis 2003. Peu de wikis sémantiques[184] sont disponibles. Nous avons comparé quelques-uns d'entre eux (Meilender, Jay et al. 2010; Randrianasolo 2010) et nous avons résumé cette confrontation dans le tableau ci-dessous.

[182] www.cmsmatrix.org
[183] PostgreSQL est une base de données "Open source" plus robuste et plus aboutie techniquement que MySQL.
[184] Voir notamment http://semanticweb.org/wiki/Main_Page

Nom	Edition	Annotation sémantique	Import/ export	Commentaire
AceWiki (Khun 2008)	Editeur prédictif avec autocomplétion (langage ACE[185])	Directement dans l'article	Export OWL et texte ACE	Pas d'édition en texte libre
Artificial Memory (Ludwig, O'Sullivan et al. 2004)	Edition sous forme de triplet RDF	Directement dans l'article	RDF/ RDFS	Prototype adapté à une personne ou à un petit groupe de personnes
KiWi Knowledge in a Wiki (Schaffert, Eder et al. 2009)	Formulaires	Directement dans l'article exploite OWL ou SKOS		Type « ontologie for wikis » Prototype développé dans le cadre d'un projet de recherche européen
Semantic MediaWiki (Völkel, Krötzsch et al. 2006)	Edition libre + Formulaires	Via formulaires / Barre d'annotation	OWL	Type « wiki for ontologies »

Tableau III-11 : comparatif de wikis sémantiques

Deux types de wiki sont distingués : « l'ontologie for wikis » et le « wiki for ontologies » (Meilender, Jay et al. 2010). Le premier type peuple une ontologie prédéfinie. Dans le second cas, l'outil autorise la construction d'une ontologie. Cette liberté accordée aux utilisateurs a un inconvénient : une redondance possible des catégories et des propriétés. Nous préférons malgré tout ce second type car il répond mieux à notre besoin d'adapter l'ontologie à l'évolution imprévisible du contenu de KOFIS. Nous avons donc retenu Semantic MediaWiki (SMW) qui est l'outil de référence dans cette catégorie. Ce wiki sémantique présente de nombreuses fonctionnalités maintenues par une communauté active. SMW est construit à partir du moteur MediaWiki[186]. Le module Semantic MediaWiki ajoute la dimension sémantique aux connaissances contenues sur le site. De plus, SMW est ergonomique. Il respecte le mode d'édition WYSIWYG pour l'édition du contenu et propose un mécanisme d'auto-complétion pour la saisie de l'ontologie. Tout comme Drupal, son langage de programmation est le PHP. Son contenu est stocké dans la base de données MySQL[187]. SMW accepte le standard web sémantique OWL et un langage de requête sémantique ASK. Les principales fonctionnalités sémantiques supplémentaires que SMW offre par rapport à un wiki classique sont décrites ci-dessous. Ces fonctionnalités sont bien sûr accessibles aux comptes ayant les autorisations nécessaires.

[185] ACE : Attempto Controlled English ; l'ACE est un langage naturel contrôlé. Ce type de langage a un vocabulaire et une syntaxe très simplifiés afin d'éviter la complexité et l'ambiguïté propres aux langues naturelles. L'ACE est de l'anglais simplifié.
[186] Ce moteur équipe l'encyclopédie libre Wikipedia.
[187] Pour faire migrer l'outil vers la base de données PostGreSQL, nous aurions dû faire évoluer quelques plugins (Plugin : Extension de code par rapport à un logiciel principal) pour la partie de l'extension sémantique de SMW. Cela ne se justifie pas dans le cadre de la construction d'un prototype.

C.1 Annotation de la connaissance

La principale fonctionnalité de l'espace [K] est de pouvoir éditer la connaissance en collaboration et de pouvoir y intégrer simplement la sémantique. Cette fonctionnalité d'annotation est réservée aux acteurs du <système de connaissance agricole>. Le wiki sémantique se construit par la juxtaposition progressive de catégories et de propriétés. C'est ce qui permet de faire des requêtes sémantiques. Par exemple, considérons l'instance "CoquelicotI" de la catégorie "Adventice" et l'axiome <<"CoquelicotI" "A une couleur" "Rouge">> où "A une couleur" est une propriété de "Adventice". Grâce à ce type d'annotation, le système peut retrouver toutes les instances de la catégorie "Adventice" qui ont la couleur "Rouge" comme "CoquelicotI". Si cette requête sémantique est présente dans une page, SMW y met à jour le résultat automatiquement. Dès qu'une nouvelle instance de "Adventice" est "Rouge", une mise en page dynamique intègre le résultat sans intervention humaine. Pour gérer la dimension sémantique, l'outil dispose de plusieurs fonctionnalités graphiques :

- **Les formulaires sémantiques** sont des formulaires dont chaque champ est associé à une propriété ou à une catégorie. Un formulaire type peut être proposé à la création d'un article facilitant ainsi la saisie des données sémantiques. Ainsi, un formulaire type utilisé pour la fiche «profil» d'un usager va permettre d'ajouter de la sémantique à son profil.
- **Une barre d'annotation** permet de catégoriser une page c'est-à-dire une instance ou de lui ajouter une propriété.
- **Un navigateur d'ontologies** visualise la totalité des données sémantiques existantes sur le site sous forme d'arborescence (voir les deux Figure III-29 et Figure III-30). Il affiche ainsi les catégories, leurs instances et leurs propriétés. Dès lors, il est plus facile de retrouver des données ou de cibler les données erronées.
- **Une plateforme de maintenance de l'ontologie** importe ou encore exporte une ontologie au format OWL.

Les usagers peuvent aussi annoter des ressources extérieures au système de gestion des connaissances, par exemple des publications anglaises ou espagnoles. Cette annotation rend sémantiques des documents qui ne le sont pas initialement. Du coup, à l'issue d'une requête, le système récupère éventuellement des savoirs qui sont extérieurs au contenu de KOFIS.

C.2 Requêtes sémantiques

Elles questionnent les données sémantiques. Les ressources découvertes agrègent uniquement les connaissances pertinentes, ce qui simplifie la tâche de sélection d'information à laquelle l'utilisateur est contraint lors de l'utilisation d'un moteur de recherche normal. L'outil dispose d'une plateforme graphique pour effectuer les requêtes. Il n'est donc pas nécessaire d'apprendre la syntaxe ASK de requêtes.

D La gestion des utilisateurs

Cette gestion a deux aspects, d'une part leur accès à KOFIS, d'autre part la question de l'identification sémantique des utilisateurs. Tant pour la création des groupes que pour l'annotation sémantique des utilisateurs, leur gestion se fait à partir de l'espace [K]. Même si au départ, les utilisateurs sont égaux dans un espace wiki, il est possible de créer des

groupes d'usagers avec des droits différents. Dans le paragraphe III-3-1D , nous avons distingué cinq groupes d'utilisateurs. Bien que les deux outils soient différents, un usager accède automatiquement à l'espace [K] aussi bien qu'à l'espace [I][188] avec le même "Login/Mot de passe". Ainsi, la base d'utilisateurs est la même.

E La dimension sémantique de KOFIS

Nous allons tout d'abord nous poser la question des ressources disponibles pour construire le vocabulaire sémantique. Nous nous intéressons ensuite au développement des deux modèles sémantiques respectivement dans [I] et dans [K]. Puis, nous étudions l'interrogation sémantique de ces deux espaces. Enfin, nous finissons sur une proposition innovante d'appariement des deux modèles.

E.1 Le vocabulaire sémantique

La vocation première du modèle sémantique est de faciliter l'accès au contenu. Ainsi, nous souhaitons retrouver des pages et des billets respectivement dans les espaces [K] et [I]. Nous cherchons aussi à créer des communautés aptes à dialoguer autour des problèmes posés dans [I]. La construction du modèle sémantique est donc guidée par le contenu de l'outil. Celui-ci est lui-même en grande partie orienté par l'analyse de la criticité des domaines de connaissances sur une exploitation agricole en agriculture biologique grandes cultures. Par rapport aux quatorze thèmes de connaissances identifiés dans le paragraphe III-2-2B , nous avons traité huit de ces thèmes dans notre modèle. Cinq d'entre eux figurent parmi les thèmes les plus critiques selon le point de vue des agriculteurs.

Une ontologie faisant référence entre les partenaires du monde agricole facilite le processus d'annotation. Nous aurions pu exploiter GIEA, un langage strictement français, présenté aux deux paragraphes III-2-4A.1 et III-2-4A.4 . Même s'il utilise le formalisme UML à travers le diagramme des classes, GIEA peut s'exprimer en OWL comme l'a montré (Zimmermann 2010). Cependant, le Tableau III-4 : comparatif des trois types de représentation signale que GIEA ne représente pas les connaissances thématiques. Nous avons donc préféré construire ce vocabulaire à partir d'Agrovoc. Ce thésaurus agricole multilingue est développé et promu par la FAO[189] depuis le début des années 80. Son vocabulaire est constitué de 40 000 concepts associés à la production du vivant traduits dans près d'une vingtaine de langues. Il est reconnu au niveau mondial. De plus, dans le cadre de la FAO, l'initiative AIMS propose un service web pour la diffusion d'Agrovoc. Agrovoc est donc sans équivalent. Outre le fait d'être un standard déjà opérationnel et accessible, son usage facilite l'interopérabilité et la coopération entre institutions. Comme dans tous les thésaurus, les trois types de relation synonymique, hiérarchique et associative sont présents dans Agrovoc. Au milieu de la dernière décennie, l'évolution de ce langage vers un modèle OWL a été tentée avec notamment des types d'association plus spécifiques. Cette migration n'a pas abouti (Soergel, Lauser et al. 2004; Liang, Lauser et al. 2006; Morshed, Keizer et al. 2010). Agrovoc est maintenant accessible avec un modèle de représentation des connaissances SKOS, disponible à partir de 2009. SKOS est plus adapté au besoin d'échange des usagers (voir

[188] L'extension DrupalIntegration admet cette similitude de gestion des groupes d'utilisateurs dans Drupal et MediaWiki.

[189] Il faut d'ailleurs rappeler l'existence d'AgriDrupal qui est un Drupal exploitant Agrovoc. http://aims.fao.org/website/Search/sub

note de bas de la page[172]). Compte tenu de l'étendue d'Agrovoc, sa trop grande spécialisation pouvait être en effet une source d'erreurs. La reconstruction de modèles OWL d'Agrovoc à partir de son modèle SKOS serait ainsi plus justifiée à un niveau local (Baker et Keizer 2010).

E.2 Le modèle sémantique de l'espace d'innovation

En théorie, les deux dernières versions 6 et 7 de Drupal acceptent RDF et RDFS ainsi que le langage de requête SPARQL. Par contre, Drupal 6 et Drupal 7 n'acceptent pas encore le langage OWL. Au minimum, ces deux versions rendraient donc possible l'annotation de page avec les triplets RDF. Malheureusement, les fonctionnalités sémantiques RDF/RDFS ne sont pas facilement exploitables pour un utilisateur non-informaticien. Par contre, les fonctionnalités de taggage à partir d'une liste de termes sont ergonomiques. Pour tous les billets de l'espace [I] de KOFIS, un service web permet le taggage directement depuis Agrovoc. Mais les trois relations spécifiques au thésaurus sont perdues lors du transfert d'un terme. Il est cependant possible de les reconstruire dans KOFIS. Lorsqu'un terme n'est pas disponible à partir d'Agrovoc, Drupal accepte son ajout. Ainsi, les termes de "Belle-dame" ou de "Vanesse du chardon" n'existent pas dans Agrovoc. Ils sont alors rajoutés dans [I]. De plus, nous y précisons que "Belle-dame" et "Vanesse du chardon" ont une relation synonymique. Ils ont pour père "Auxiliaire", un terme présent dans le thésaurus d'Agrovoc. Même si l'utilisateur crée de nouveaux termes, le <modérateur> contrôle ce vocabulaire (voir Tableau III-8 : répartition des cas d'utilisation dans l'espace [I] et [K]). Le système produit donc un nouveau thésaurus que nous nommons Agrovoc+. Nous proposons un extrait de Agrovoc+ dans la Figure III-28.

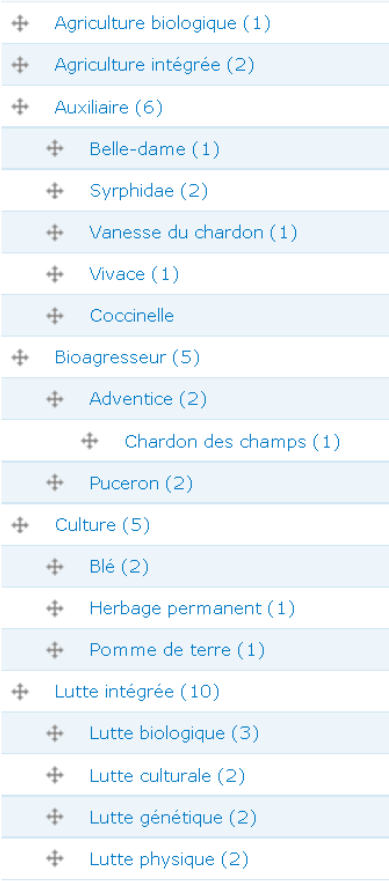


Figure III-28 : extrait du Thésaurus [I]

Les chiffres entre parenthèses comptent les billets annotés avec chacun de ces termes.

E.3 Le modèle sémantique de l'espace de connaissance

SMW régit l'espace [K]. Il accepte le modèle OWL (voir paragraphe III-3-2C). Le modèle sémantique se construit autour du contenu de [K] d'une part avec les catégories et les propriétés qui l'annotent et d'autre part avec les instances de chacune de ces catégories. Une instance est une page dans l'espace [K]. Nous avons vu dans le paragraphe III-2-3 que le contenu de l'espace de connaissance comprend aussi bien des connaissances tacites à travers des porteurs de connaissances que des connaissances explicites. Par exemple, l'espace [K] comprend aussi bien une page qui décrit un agriculteur qu'une page sur le blé.

Le modèle doit être construit sur un vocabulaire partagé avec celui de [I]. Nous savons que nous avons intérêt à exploiter le thésaurus multilingue Agrovoc. Par rapport à Agrovoc, malheureusement, SMW ne propose pas d'extension pour son service web. Dans la mesure du possible, nous avons choisi les termes de ce thésaurus comme "Agriculteur", "Ravageur" ou bien "Rumex". Certains termes sont voisins, comme "Chardon" qui a comme correspondant "Chardon des champs" dans Agrovoc. Nous allons présenter deux extraits du modèle sémantique de [K] associés aux deux types de connaissances tacites et explicites.

Le premier extrait du modèle décrit les porteurs de connaissances. La gestion sémantique des utilisateurs a lieu dans l'espace [K]. En effet, les capacités sémantiques de SMW sont supérieures à celles de Drupal. Car seul SMW donne la faculté de décrire des profils sémantiques. Le CMS Drupal ne le permet pas. Chaque utilisateur membre dispose d'une fiche «profil» qu'il peut renseigner et modifier indéfiniment. Une fiche est présentée comme un formulaire. Elle comprend des champs sémantiques comme pour l'annotation d'une connaissance. Par exemple, un formulaire type agriculteur enregistre des informations sur son exploitation agricole, ses cultures, sa rotation, ses problèmes et ses centres d'intérêts. Puisque les profils contiennent des données sémantiques, il est possible de faire des regroupements en utilisant la plateforme de requête. De plus, le réseau social ainsi créé se construit non pas à partir d'une folksonomie ou d'une taxonomie mais à partir d'une ontologie. L'annotation avec une ontologie rend possible la construction de communautés beaucoup plus pertinentes. En effet, selon le mode d'annotation, un système ne construit pas la même communauté. Nous prenons un exemple avec le terme "Chardon" :

- **Lorsque les utilisateurs sont annotés avec le terme "Chardon**", la communauté créée ne distingue pas la relation de ses membres avec ce terme.
- **Par contre, si les utilisateurs sont annotés avec des propriétés associées à "Chardon" du type : "A un problème avec" ou "A une solution avec",** nous obtenons des communautés mieux ciblées qui distinguent celle qui a le problème de celle qui a la solution.

Plusieurs acteurs du type <système de connaissance agricole> ou bien de celui de <l'environnement institutionnel> peuvent être regroupés pour discuter d'un problème. Dans notre exemple, nous ciblons les acteurs du <système de connaissance agricole>. La catégorie "Système de connaissance agricole" comprend deux sous-catégories : la catégorie "Agriculteur" ainsi que la catégorie "Développement agricole". Ils ont trois propriétés en commun : la propriété "Mail", la propriété "A pour problème" et la propriété

"A pour solution". Ces trois propriétés sont portées par la catégorie "Système de connaissance agricole". Elles sont transmises automatiquement aux deux sous-catégories ainsi qu'à toutes les instances de la catégorie "Système de connaissance agricole". La propriété "Mail" est une DatatypeProperty, i.e. qu'elle s'associe à une valeur qui est ici du type "Adresse électronique". Les deux propriétés "A pour problème" et "A pour solution" sont du type ObjectProperty. Elles sont reliées à une autre catégorie, dans notre cas, la catégorie "Bioagresseur". Ainsi, dans le modèle présenté dans la Figure III-29, l'instance "AgriculteurA" "A pour problème" une "Adventice", dans son cas, le "Chardon". Seules, les instances "AgriculteurB", "AgriculteurF", et "AgriculteurG" portent la propriété "A pour solution" avec le chardon. "L'agriculteurA" a donc intérêt à échanger avec les "AgriculteurB", "AgriculteurF" et "AgriculteurG".

Pour certains objets, on peut se poser la question de savoir si l'on crée une instance ou une catégorie. Le "Chardon" peut être considéré comme une catégorie, le chardon chez "AgriculteurA" étant une instance de "Chardon". Mais comme nous n'utilisons pas cette notion de chardon chez "AgriculteurA", il y aurait donc une catégorie "Chardon" sans instance. Or, SMW n'accepte pas une catégorie sans instance. De plus, les requêtes de SMW ne renvoient que des instances. Au final, dans ce cas précis, l'utilisateur crée à la fois une catégorie et une instance. Pour distinguer la catégorie et l'instance, l'une et l'autre portent deux noms différents, respectivement "Chardon" pour la catégorie et "ChardonI" pour l'instance. L'instance étant unique, elle est dite prototypique.

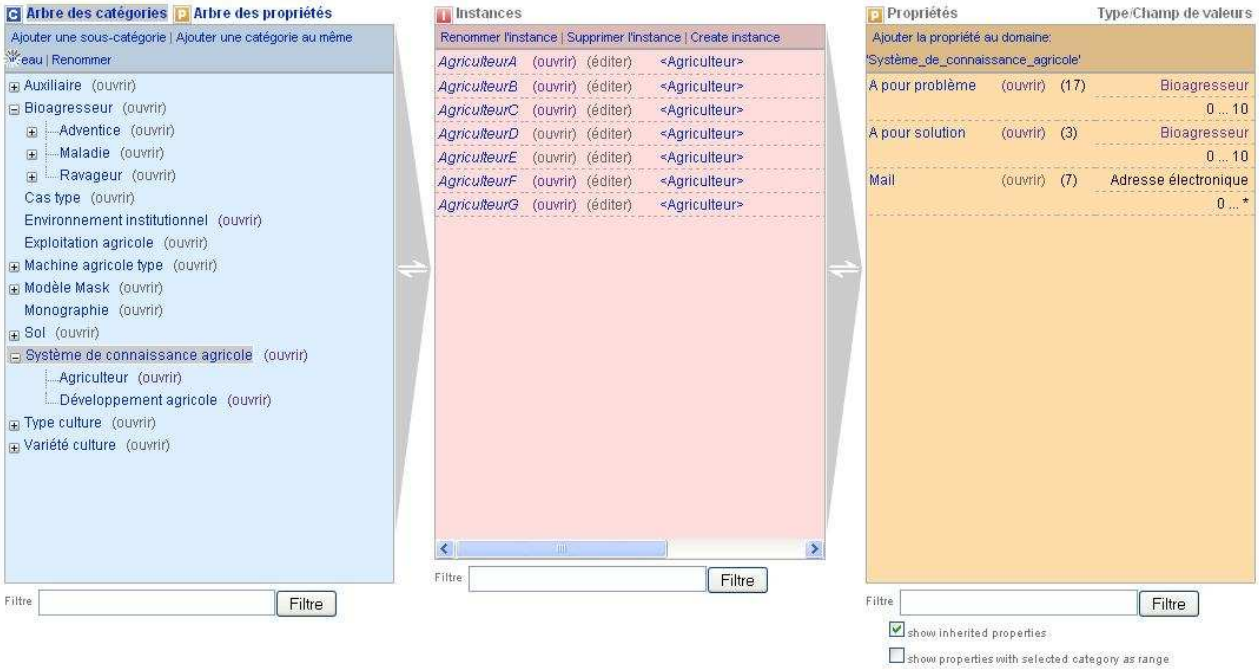


Figure III-29 : modèle sémantique des agriculteurs dans [K]

Le second sous-modèle porte sur une partie des connaissances explicites, plus particulièrement sur la thématique particulièrement critique des adventices. Nous avons représenté cette thématique sur la Figure III-30.

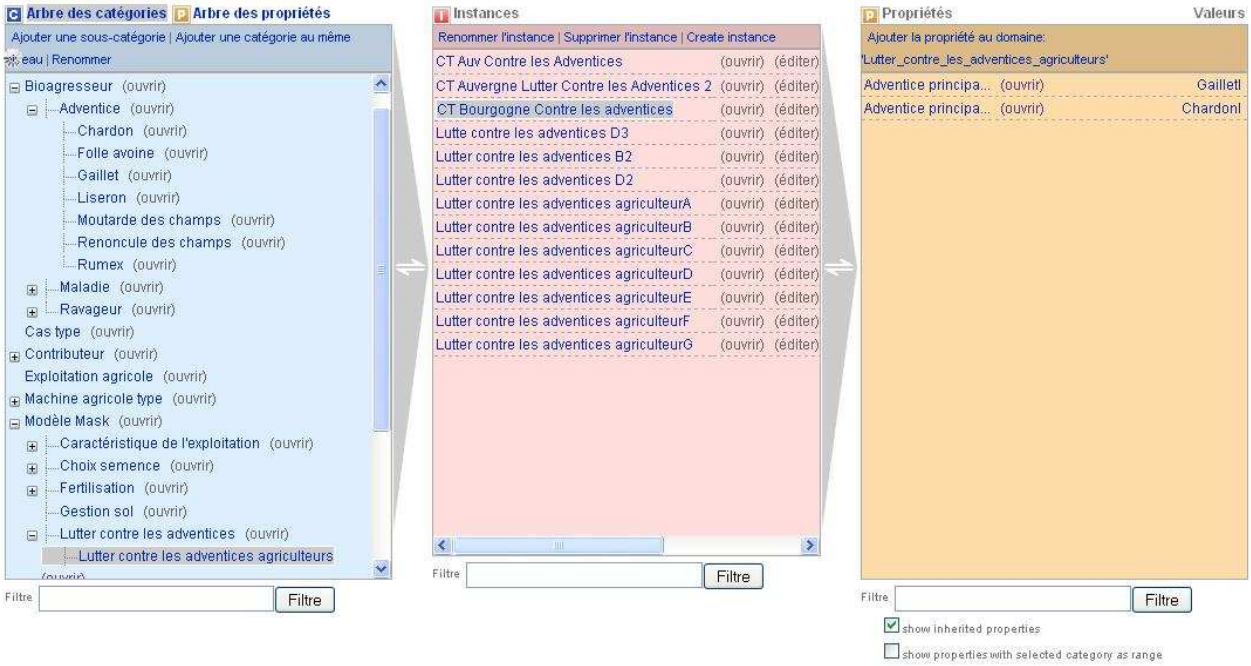


Figure III-30 : modèle sémantique des adventices dans [K]

Le contenu explicite de [K] embrasse des savoirs thématiques ainsi que des savoirs contextuels. Il en est de même pour la thématique des adventices. Le modèle sémantique comprend la catégorie "Adventice" qui regroupe les principales adventices, soit un savoir thématique. Les catégories "Cas type" ou "Exploitation agricole" sont liées à la sous-catégorie "Lutter contre les adventices agriculteurs" de la catégorie "Modèle Mask". Chacune des instances de la catégorie "Lutter contre les adventices agriculteurs" est associée à la catégorie "Adventice" par la relation "Adventice principale". Les pages associées à ces instances contiennent des savoirs contextuels.

Ainsi, à partir de ces deux sous-modèles sémantiques associés à la thématique des adventices, autour d'une question non résolue du type "Comment lutter contre le chardon", des requêtes sémantiques appropriées appliquées à ces deux sous-modèles pourraient mettre à disposition de l'espace [I] les connaissances idoines comme :

- **un groupe d'agriculteurs et d'acteurs du "Développement agricole**" qui "A une solution" avec le "Chardon". Ce groupe constitue notre première brique de la communauté ;
- **un lien vers la page "ChardonI"** et vers les pages portant le modèle Mask "Lutter contre les adventices agriculteurs" ayant comme "Adventice principale" le "ChardonI".

E.4 Mise en place des requêtes sémantiques depuis [I] vers [K]

Un utilisateur a posé une problématique dans [I]. Pour la résoudre, le système doit l'aider à identifier des connaissances. Le système va interroger l'espace [K] depuis [I] grâce à l'outil ASK pour rapatrier les URI pertinentes dans l'espace [I]. Dans SMW, l'outil de requête ASK a cependant deux limites :

1. la première est son incapacité à raisonner dans la configuration actuelle de KOFIS. Ainsi, si une "Exploitation agricoleA" "A pour agriculteur" "AgriculteurA" et que "AgriculteurA" a pour "Mail" "agriculteurA@exploitagri.fr", SMW n'autorise par le chaînage entre "Exploitation agricoleA" et "agriculteurA@exploitagri.fr". Cependant, dans un premier temps, dans le cadre du prototype KOFIS, nous créons des requêtes relativement simples sans transitivité, nous n'avons donc pas installé les extensions nécessaires au raisonnement ;
2. la seconde limite est propre au langage sémantique OWL. Si une propriété d'une catégorie est associée à une DatatypeProperty du type nombre, aucun calcul n'est possible sur ce nombre. Par exemple, le système ne regroupe pas les céréales par taille.

Nous faisons l'hypothèse que les termes entre [I] et [K] sont appariés. Dans l'espace [I], nous proposons à l'utilisateur X, qui a un problème du type "Bioagresseura", des requêtes types qui permettent d'obtenir :

- **un lien URI vers la page de connaissance** sur le "Bioagresseura",
- **les mails des agriculteurs** ayant la solution pour le "Bioagresseura". Cette requête crée un réseau social choisi non pas par affinité, ni par proximité géographique mais par un problème partagé. Elle est envisageable car dans le modèle de [K], l'agriculteur a les deux propriétés sémantiques "Mail' et "A pour solution".

Les requêtes types peuvent être nombreuses. Elles sont remplies manuellement par l'utilisateur. Elles répondent à l'essentiel de la recherche de connaissances. Ainsi, lorsqu'un problème est posé, le système propose du contenu structuré.

E.5 Processus d'appariement entre les deux modèles sémantiques de [I] et de [K] et proposition innovante

Lors du développement des solutions innovantes dans l'espace [I], le système finalisé récupère les éléments des triplets RDF associé à la solution innovante pour les transférer au moteur de requête sémantique ASK présent dans [K]. A partir des termes de [I], des requêtes sont donc construites pour aller chercher des pages annotées par des catégories dans [K]. Ainsi, si un sujet innovant du type <"Culture Y" "A pour bioagresseur" "Bioagresseur X"> est proposé dans l'espace [I], le système va chercher et montrer des connaissances sur la "Culture Y", sur le "Bioagresseur X", tout en présentant la communauté des acteurs ayant la solution sur le "Bioagresseur X". Nous devons trouver les moyens d'apparier un terme depuis [I] vers [K] afin d'exprimer efficacement une requête en langage ASK. Pour l'instant, les deux espaces ne communiquent pas automatiquement. Il est possible de passer de l'un à l'autre mais les recherches et les appariements se font par l'usager selon sa maîtrise des termes. Nous recherchons donc un processus d'appariement plus automatisé. Nous allons distinguer deux phases successives, celle de l'initialisation de KOFIS puis celle de KOFIS en situation de routine.

A l'initialisation de KOFIS

La partie [I] a une annotation du type web 2.0 : ses termes s'appuient partiellement sur le thésaurus Agrovoc. Dans le paragraphe sur Le modèle sémantique de l'espace d'innovation, nous avons vu qu'un nouveau thésaurus Agrovoc+ est construit à partir de

certains termes d'Agrovoc enrichis de termes rajoutés par les utilisateurs du type <environnement institutionnel>, <système de connaissance agricole> ou <modérateur>. Les <modérateurs> valident et hiérarchisent ces termes. La partie [K] a une annotation plus complexe issue du web sémantique. Son modèle sémantique comprend des catégories et des propriétés. L'annotation sémantique est strictement contrôlée par les <modérateurs>, qui sont des experts du domaine. Le modèle sémantique de l'espace [K] est donc plus fiable. Une ontologie étant préexistante dans [K], elle est importée dans [I]. A l'initialisation de KOFIS, les termes de [I] sont donc identiques aux catégories de [K]. Leurs hiérarchies respectives sont également semblables. Mais, au fur et à mesure de l'usage des deux taxonomies, celles-ci évoluent.

A l’usage de l’outil KOFIS

Lorsque KOFIS fonctionne, l’appariement des termes de [I] et de [K] devient donc une obligation. L'application d'algorithme automatise une partie du processus d'appariement qui nécessite in fine une validation par les êtres humains. L'état de l'art sur les appariements entre deux taxonomies (Madhavan, Bernstein et al. 2001; Do et Rahm 2002; Do, Melnik et al. 2003; Shvaiko et Euzenat 2004) identifient quatre méthodes principales :

- **l'approche terminologique** qui est fondée sur l'analyse de la combinaison des lettres ou sur l'étude de la syntaxe et de la morphologie du vocabulaire. Cette dernière approche peut s'appuyer sur un thésaurus extérieur. Celui-ci fournit des synonymes, des hyponymes, des acronymes ou d'autres propositions qui rapprochent deux termes ;
- **l'approche structurelle** qui compare le positionnement relatif de chaque terme dans leur contexte respectif. Si pour deux termes, le voisinage est équivalent, cette approche favorise la détection des synonymes. Dans le cas contraire, elle permet d'identifier des homonymes ;
- **l'approche par le peuplement des taxonomies**, i.e. par la comparaison des instances qui leur sont liées. En effet, si deux catégories contiennent les mêmes instances, alors la probabilité qu'elles soient similaires est forte ;
- **l'approche hybride** qui combine plusieurs des trois solutions présentées ci-dessus.

[I] et [K] sont peuplés respectivement par des blogs et des pages. Leur contenu est d'une nature différente. La comparaison de ces types d’instance n'est pas envisageable. Par contre, la méthode terminologique ou la méthode structurelle sont exploitables. Les deux vocabulaires appartiennent au même domaine de l'agriculture. L'application de la méthode terminologique ne devrait pas générer d'ambiguïté. De plus, ils sont structurés selon une logique hiérarchique, ce qui autorise la comparaison des structures. S'il est difficile d'évaluer une méthode (Do, Melnik et al. 2003), ces mêmes auteurs ainsi que (Shvaiko et Euzenat 2004) signalent que l'application d'un algorithme combinant ces deux approches optimise le résultat.

L’approche que nous avons utilisée dans notre outil est inspirée d’une solution hybride intitulée "Similarity Flooding" nommée SF développée par (Melnik, Garcia-Molina et al. 2002). Nous avons apporté des innovations conséquentes afin de l’adapter à notre propos. On trouvera le détail de notre approche dans l’Annexe 4 : description d’une proposition innovante d'appariement.

III-3-3 Conclusion sur la composante technologique

L'outil KOFIS, que nous avons spécifié, rend possible la construction collaborative de savoirs et leur stockage dans l'espace de connaissance [K] ainsi que la conception innovante dans l'espace d'innovation [I]. Son architecture exploite les capacités du web 2.0 dit également web social et les derniers développements issus du web sémantique dénommé web 3.0. Pour faire du web collaboratif et sémantique, la solution retenue est basée sur deux outils open-source existants plutôt que sur le développement intégral d'une application à partir d'un framework sémantique comme Jena. Nous avons choisi Drupal et Semantic MediaWiki respectivement pour chacun des deux espaces [I] et [K]. Ces deux outils sont classiques et relativement faciles à utiliser pour un non-informaticien. Ils ont chacun une dimension sémantique reposant sur un thésaurus pour [I] et sur une ontologie pour [K]. Ces deux espaces communiquent grâce à une ontologie partagée. Nous présentons l'architecture de KOFIS dans la Figure III-31. Un prototype a été développé par l'Irstea (ex Cemagref)[190]. Dans l'Annexe 3 : Inventaire des cas d'utilisation associés à KOFIS, nous avons distingué les cas d'utilisation déjà développés de ceux qui devraient être présents dans l'outil final.

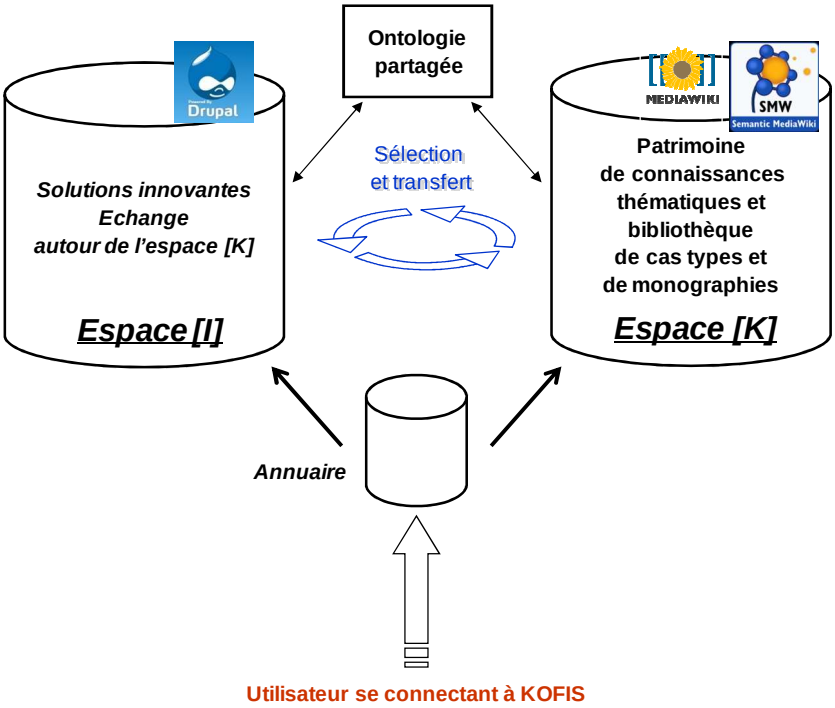


Figure III-31 : architecture de KOFIS

Dans le cadre du projet Casdar SOLRECI, une instance de KOFIS dénommée Agro-PEPS[191] a servi comme support de gestion des connaissances. L'une des originalités d'Agro-PEPS est de se servir de la couche sémantique de [K] pour regrouper automatiquement les accès aux pages de connaissances pertinentes. Ce dispositif évite les mises à jour manuelles.

[190] Voir http://kofis.clermont.cemagref.fr/mediawiki/index.php/Accueil
[191] Voir http://agropeps.clermont.cemagref.fr/mw/index.php/Accueil

Cependant, un travail de développement reste à conduire. Ainsi, en ce qui concerne l'annotation de l'espace des connaissances, celle-ci-ci est encore très technique malgré les outils graphiques mis en place. Par ailleurs, l'espace [I] est rudimentaire. En effet, dans son mode de présentation d'un sujet de discussion ou d'un sujet innovant, son ergonomie est insuffisante. Une autre organisation du contenu est à explorer dans le cadre du développement de l'outil final. Il est envisageable de restreindre l'espace [I] aux sujets innovants. Le contenu arborescent des livres est en effet bien adapté à la recherche d'une solution innovante. Il est moins pertinent pour des connaissances déjà développées et validées. Par contre, l'échange autour d'une connaissance dans [K] pourrait avoir lieu directement dans [K] dans la page de discussion associée à la page de connaissance. La page de discussion a un espace de nom distinct de celui de la page de connaissance. Dans ce cas, SMW autorise des types d'acteurs différents sur des espaces de noms différents. Le <système de connaissance agricole> aurait accès autant à la page de connaissance qu'à la page de discussion alors que <L'environnement institutionnel> pourrait juste réagir dans cette dernière page de discussion.

Mais le principal obstacle identifié dans KOFIS est le maintien d'une ontologie cohérente entre les deux espaces [I] et [K]. Nous avons signalé que SMW est un « wiki for ontologies », i.e. que la construction de l'ontologie est librement construite par les utilisateurs. Nous avons donc limité cette construction aux seuls modérateurs grâce au contrôle des éditions des pages « catégorie » et « attribut ». Une double compétence en agronomie et en web sémantique est d'ailleurs nécessaire à ces acteurs clés de l'outil KOFIS. Les modérateurs étant peu nombreux, l'ontologie de la partie [K] devrait être au final assez homogène, stable et en partie fondée sur des nomenclatures issues du langage multilingue de la FAO Agrovoc. Par contre, du côté [I], le contrôle du langage d'annotation n'est pas souhaitable. En effet, le choix éditorial est de laisser le maximum d'expression aux usagers. Cette liberté accordée aux utilisateurs se paye au prix d'inévitables redondances entre certains termes du thésaurus de l'espace [I] ainsi que par une différenciation des termes d'annotation entre ceux du thésaurus de [I] et ceux de l'ontologie de [K]. Dans le paragraphe précédent, nous avons vu que la solution d'apparier les termes entre [I] et [K] est loin d'être finalisée. Pour éluder ce problème non résolu, nous avons créé dans KOFIS des requêtes sémantiques alimentées uniquement par l'ontologie de l'espace [K]. Les termes de l'espace [I] sont donc ignorés.

Ainsi, lorsqu'un utilisateur a un problème et qu'il n'a pas trouvé d'éléments satisfaisants de connaissance dans [K], il pose un sujet innovant dans [I]. Pour initier ce sujet et amorcer la discussion, KOFIS propose d'interroger [K] directement dans [I], à partir de patrons de requête associés à une liste déroulante de termes importés de l'ontologie de l'espace [K]. Les deux listes des bioagresseurs et des cultures sont exploitées. Dans notre exemple ci-dessous, un agriculteur a un problème de chardon dans son blé. Comme la Figure III-32 l'illustre, le système récupère dans l'espace [I] :

- **la liste des courriels des agriculteurs** ayant le même problème de "Chardon",
- **l'adresse URI de la page du "Chardon",**
- **les adresses URI des auxiliaires du "Chardon",**
- **les adresses URI des pages sur le "Blé"** ainsi que celles sur les cultures ayant le même père. Comme la culture attaquée est le "Blé", les autres cultures associées sont les cultures du type "Seigle", "Avoine", etc. qui ont pour père "Céréale".

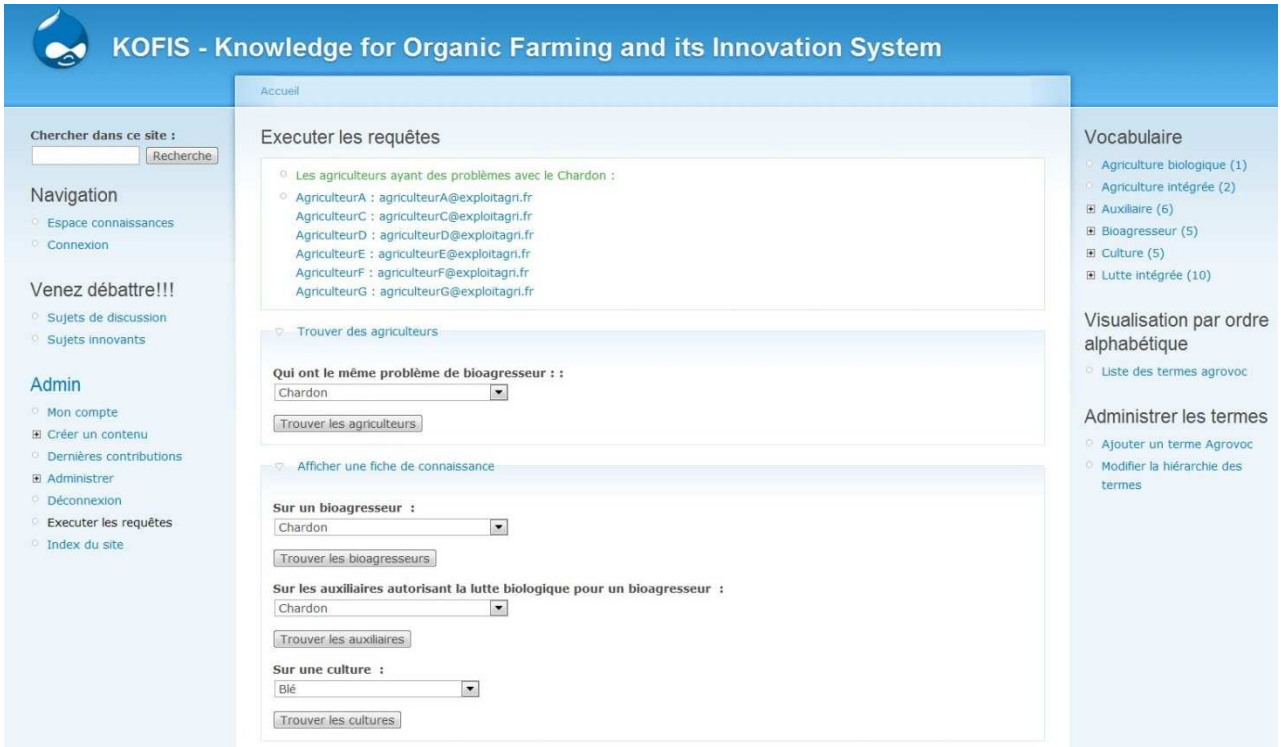


Figure III-32 : requête ASK dans l'espace [I]

Toutefois, cette proposition est un contournement de la question non réglée de l'appariement que nous avons abordée au paragraphe précédent. A terme, il faudrait que le langage Agrovoc, suffisamment enrichi, devienne la seule référence dans KOFIS. Dans ce cas, il sera alors nécessaire de connecter le service Web Agrovoc dans [K] pour alimenter les termes de type catégorie de son ontologie. La proposition de (Baker et Keizer 2010) de construire une ontologie Agrovoc localement au format OWL prendrait aussi tout son sens dans cet espace.

Enfin, dans le cadre du web de données[192] (Bizer, Heath et al. 2009) initié par la W3C, Drupal[193] ainsi que SMW dans sa version élaborée SMW+ (Meilender, Jay et al. 2010) offrent un point d'accès SPARQL. Pour sa part, Agrovoc a pour ambition de s'inscrire dans le web de données en adhérant au projet Linked Open Data (LOD)[194]. Ainsi, chaque terme de son vocabulaire sera stocké par une adresse URI unique. Cette technique de stockage va autoriser la mise en relation de thésaurus entre eux. Le caractère multilingue d'Agrovoc lui confère la puissance de mobiliser des ressources non francophones. Grâce notamment à l'identification de synonymes, voire de termes associés, la recherche de ressources pertinentes sur le Web de données va s'en trouver décuplée. Ainsi, le choix des deux logiciels Drupal et SMW associés au langage Agrovoc est pertinent pour adapter KOFIS aux potentialités à venir du web de données.

[192] Le web de données a pour ambition de structurer et de relier les données sur le web grâce notamment aux principes fondamentaux du web (Identifiant URI, protocole HTTP) et aux technologies du web sémantique avec un mode de stockage des données au standard RDF interrogeable par le langage de requête SPARQL. Ces données deviennent ainsi directement manipulables par les machines.

[193] http://drupal.org/project/sparql

[194] Le projet Linked Open Data, initié par la W3C, fait la promotion du web de données en développant la mise à disposition de données structurées sur le web.
http://aims.fao.org/standards/agrovoc/linked-open-data

CHAPITRE IV : CONCLUSION GENERALE

Dans cette thèse, nous avons abordé la question de la production et de la diffusion des connaissances pour les agriculteurs conventionnels. Puis, nous l'avons traitée avec les agriculteurs qui pratiquent une agriculture durable. Un déficit de capitalisation et de diffusion des connaissances a été mis en évidence pour ces derniers. Il constitue un frein au développement des agricultures durables. Ce besoin en connaissances est d'autant plus grand pour les agricultures durables que des rotations de plusieurs années en sont le fondement. Au cours de sa vie professionnelle, un exploitant agricole connaît cinq à dix rotations au maximum. De plus, elles ne sont pas toujours exactement identiques compte tenu des variations nombreuses des conditions de production. La capitalisation des connaissances y est donc difficile. De même, notre approche plus théorique construite à partir du modèle SECI proposé par (Nonaka et Takeuchi 1995) corrobore la difficulté de capitaliser et de produire de nouveaux savoirs. Nous proposons donc de spécifier et de développer une solution informatique de gestion des connaissances pour y remédier. Cet outil va remplir une partie des trois étapes de diffusion indirecte des connaissances du cercle de Nonaka, à savoir le travail d'explicitation, de partage et de diffusion des connaissances.

A partir d'un état de l'art sur la gestion des connaissances dans les organisations, notre travail a approfondi une méthode pour produire ce logiciel des connaissances en agriculture durable. Pour ce faire, nous avons abordé successivement les questions du jeu d'acteurs, du contenu de l'application mais aussi de son architecture informatique. A la suite de ce travail de spécification, l'Irstea a créé un prototype intitulé KOFIS. Nous reprenons les différentes étapes de cette thèse (Soulignac, Ermine et al. 2012; Soulignac, Ermine et al. 2012; Soulignac, Lambert et al. 2012) puis nous développons les principales perspectives de notre travail.

IV-1 SUR LES ACTEURS

Pour être efficace, KOFIS mobilise les savoirs du monde agricole élargi, dans ses composantes les plus dynamiques, depuis l'agriculteur jusqu'au chercheur. (Sheath and Webby 2000) ont d'ailleurs montré le caractère très profitable d'une démarche collective de partage d'expériences et de connaissances entre plusieurs acteurs du monde agricole en termes de production et de revenu. Même si cet outil remet en cause le schéma pyramidal de diffusion des connaissances, une tension existe entre la volonté d'ouvrir l'outil pour permettre une interaction efficace autour du retour d'expérience et du partage de savoir et le besoin de limiter l'accès à l'édition pour garantir la qualité des connaissances proposées. Le dépassement de cette contradiction nous a conduits à proposer deux espaces où les droits des acteurs ne sont pas les mêmes : un espace [I] ouvert au plus grand nombre et porté sur la conception innovante pour résoudre des problèmes cohabite ainsi avec un espace [K] moins ouvert où les connaissances sont formalisées, validées et publiées. Nous avons respecté un principe important de l'édition collaborative dans [K], à savoir le contrôle de ce qui est édité par ceux-là mêmes qui éditent, soit les acteurs du <Système de connaissance agricole>. Car l'expérience montre que le choix de super experts pour cadrer les productions de la majorité est contre-productif (Cardon 2008).

Potentiellement, le nombre d'utilisateurs de KOFIS est important en particulier dans l'espace [I]. Le pari est donc d'atteindre un seuil critique d'utilisateurs pour faire vivre une application majoritairement autorégulée. Mais l'une des difficultés de la gestion d'un tel outil est d'y faire côtoyer des acteurs ayant des approches professionnelles différentes,

voire pourvus de valeurs distinctes. Ainsi, nous pouvons nous poser la question de la présence des agriculteurs biologiques au côté d'agriculteurs certes adeptes de l'agriculture écologiquement intensive mais s'autorisant l'utilisation de produits phytosanitaires en dernier recours. En effet, si le choix des acteurs publiant dans l'espace [K] est sous contrôle, il est par définition plus difficile de surveiller les échanges entre les acteurs de l'espace [I]. Leurs pratiques professionnelles diversifiées peuvent rendre difficile leur synchronisation cognitive et de fait leur partage de points de vue autour d'un sujet. Un contrôle par la maîtrise d'ouvrage de l'outil va être incontournable. Cette surveillance gérée par certains types d'utilisateurs montre une nécessaire structuration des usagers de KOFIS (Wielinga et Vrolijk 2008). Même un outil apparemment accessible à tous comme Wikipédia dénombre une dizaine de statuts d'acteurs aux pouvoirs distincts (Dacos et Mounier 2010). Dans KOFIS, ces pouvoirs doivent comprendre la capacité de distinguer les acteurs selon qu'ils sont utiles ou nuisibles à l'outil. La manière d'identifier cette légitimité sociale reste à construire. Elle peut associer autant des individus que des institutions. Pour être opérationnel, un projet comme celui de KOFIS engage une minorité importante de régulateurs impliqués et sans doute non rémunérés.

S'inspirant de la stratégie des nénuphars (voir paragraphe II-6), une autre approche de déploiement est possible en démultipliant les instances de KOFIS, chacune ciblée sur un public plus homogène. Mais si cette seconde option demande moins d'encadrement des acteurs, elle entraîne un investissement financier non négligeable, ce qui diminue sa crédibilité. Un autre inconvénient est qu'elle comprime les interactions entre utilisateurs ayant des parcours professionnels variés dans l'espace [I]. Les capacités d'innovation en sont réduites d'autant. (Bortzmeyer, Couvreur et al. 2011) soulignent d'ailleurs que la production de nouvelles connaissances en agriculture biologique est issue du croisement des connaissances de l'agriculture conventionnelle et de l'agriculture biologique. La cohabitation d'acteurs avec des profils variés milite donc pour le premier scénario d'un seul outil.

Dans KOFIS, les acteurs ont chacun un rôle à jouer selon leur statut. La gestion des connaissances n'y est ni top-down, i.e. centralisée entre les mains de quelques experts, no bottom-up avec des remontées exclusives par les agriculteurs. Cette cohabitation entre acteurs, où chacun a sa place, répond bien à l'organisation "middle-up-down-management" proposée par (Nonaka 1994).

IV-2 SUR LE CONTENU

KOFIS propose les deux modes de stockage des connaissances, c'est-à-dire l'édition des connaissances dans les pages de [K], mais aussi l'annuaire regroupant les utilisateurs avec leur propre domaine de connaissances. KOFIS croise ainsi connaissances explicites et une partie des porteurs de connaissances tacites explicitables.

La question de la cohabitation des acteurs nous interroge sur le contenu de KOFIS. Afin de préserver l'identité professionnelle des usagers et leur confiance dans l'outil, les pages de connaissance sur l'agriculture biologique doivent se distinguer des pages associées à l'agriculture écologiquement intensive. Bien entendu, certaines pages ont un contenu commun aux deux types d'agriculture.

Pour bâtir le contenu de l'espace [K] dans KOFIS, nous nous sommes intéressés aux grandes cultures en agriculture biologique. L'élargissement à l'agriculture intégrée ou à d'autres thèmes comme l'élevage ne doit pas poser de problème compte tenu de notre

approche système. Nous avons construit ce contenu à partir de l'expression des connaissances critiques selon une approche conceptuelle. Seule cette méthode peut prendre en compte le caractère systémique des agricultures durables. Les connaissances publiées mélangent des connaissances thématiques validées au plan national avec des savoirs contextuels très présents dans le monde agricole. En effet, en production agricole, la variabilité de l'environnement pédoclimatique s'ajoute à la variabilité des conditions socio-économiques de la production industrielle. Puis, la question d'une représentation cognitivement efficace de ces connaissances s'est posée. Nous avons choisi la méthodologie Mask. Nous avons montré qu'elle est appropriée. Cependant, sa dimension chronophage la rend ardue à pratiquer. Pour éviter les mises à jour difficiles, son utilisation devra donc s'orienter vers la représentation de connaissances stables dans le temps, i.e. les connaissances statiques selon la typologie de (Grundstein 2002).

Au plan local, l'espace [K] de KOFIS joue le rôle d'outil de veille technologique. Les agriculteurs y puisent des savoirs nouveaux à sélectionner par rapport à des contextes pédologiques, climatiques et économiques proches des leurs. Les démarches exclusivement empiriques sont ainsi réduites. Les agriculteurs ont cependant à tester et à valider cette science extérieure à leur environnement. L'une des conditions du changement est en effet la réappropriation de ces nouveaux savoirs à leur échelle. En effet, compte tenu du caractère systémique de l'agriculture intégrée ou biologique, une informatisation du raisonnement n'est pas pertinente. On comprend mieux les échecs nombreux des systèmes experts comme outil de gestion des connaissances. De même, un inventaire des règles de décision n'a de sens que si celles-ci sont exprimées dans leur environnement contextuel. Ainsi, dans KOFIS, une règle de décision s'encapsule à travers un modèle de tâche au sein d'autres modèles de MASK illustrant un cas type. Pour adopter l'une d'entre elles, un exploitant agricole doit l'expertiser systématiquement en fonction de ses contraintes.

Pour sa part, l'espace [I] fournit un cadre coopératif pour la conception innovante. Il est construit pour identifier une ou des solutions vis-à-vis d'un problème posé. KOFIS ne couvre pas pour autant les trois étapes du modèle canonique de décision proposé par Herbert Simon, à savoir l'expression du problème, l'exploration des réponses possibles et in fine la sélection de la meilleure solution. En effet, l'énoncé de la question à résoudre comme la phase d'évaluation est une activité purement humaine. Par contre, l'exploration des solutions se cristallise autour de l'ouverture et de la fermeture de blogs qui constituent autant de chapitres d'un livre ayant pour titre la formulation du sujet à traiter. Le raisonnement humain est ainsi capitalisé et tracé. De la sorte, les acteurs peuvent proposer leurs solutions novatrices. Les usagers du type <système de connaissance agricole> auront à valider ces expériences locales puis à enrichir l'espace [K].

Le processus actuel de remontée des problématiques passe par les revues, puis dans les livres. KOFIS booste ce processus en accélérant la remontée des problématiques au plan national. Le raccourcissement du temps d'accès concerne donc autant des connaissances que des problématiques nouvelles. En conséquence, l'espace [K] capitalise des connaissances issues de la théorie agronomique, des savoirs plus empiriques, mais aussi des problématiques à résoudre. Nous alimentons ainsi les deux hypothèses de la Modélisation Systémique de la Décision proposées par Herbert Simon et cité dans (Le Moigne 1999). La décision repose autant sur une logique d'identification-formulation de problèmes (Problem-Finding-Process) que dans un exercice de résolution de problème (Problem-Solving-Process). Mais, si à plusieurs niveaux, KOFIS rentre dans une logique de gestion des connaissances pour une aide à la décision, KOFIS n'est pas pour autant un outil d'aide à la décision car, selon la topologie présentée dans le Tableau

I-9: exemples d'applications informatiques de l'exploitation agricole en France en 2010, il ne manipule pas des données mais uniquement des connaissances. KOFIS expose des techniques transmissibles mais, en dernier ressort, ce sont les agriculteurs qui vont prendre les décisions sur la mise en pratique de ces techniques en fonction de leurs contraintes professionnelle.

IV-3 SUR L'ARCHITECTURE INFORMATIQUE

Pour spécifier l'architecture informatique de KOFIS, nous avons distingué sept propriétés. Pour les respecter, nous retenons deux logiciels open-source : pour l'espace [I] un système de gestion de contenu Drupal et pour l'espace [K] un wiki sémantique Semantic MediaWiki. Cette architecture est unifiée d'abord par un annuaire partagé mais surtout par un modèle sémantique qui assure le recyclage de connaissances depuis [K] vers [I]. Ce modèle se partage entre un thésaurus agricole pour annoter les blogs de [I] et une ontologie pour annoter les pages de [K]. La figure ci-dessous reprend les trois dimensions étudiées, à savoir les acteurs, le contenu et l'architecture informatique de KOFIS.

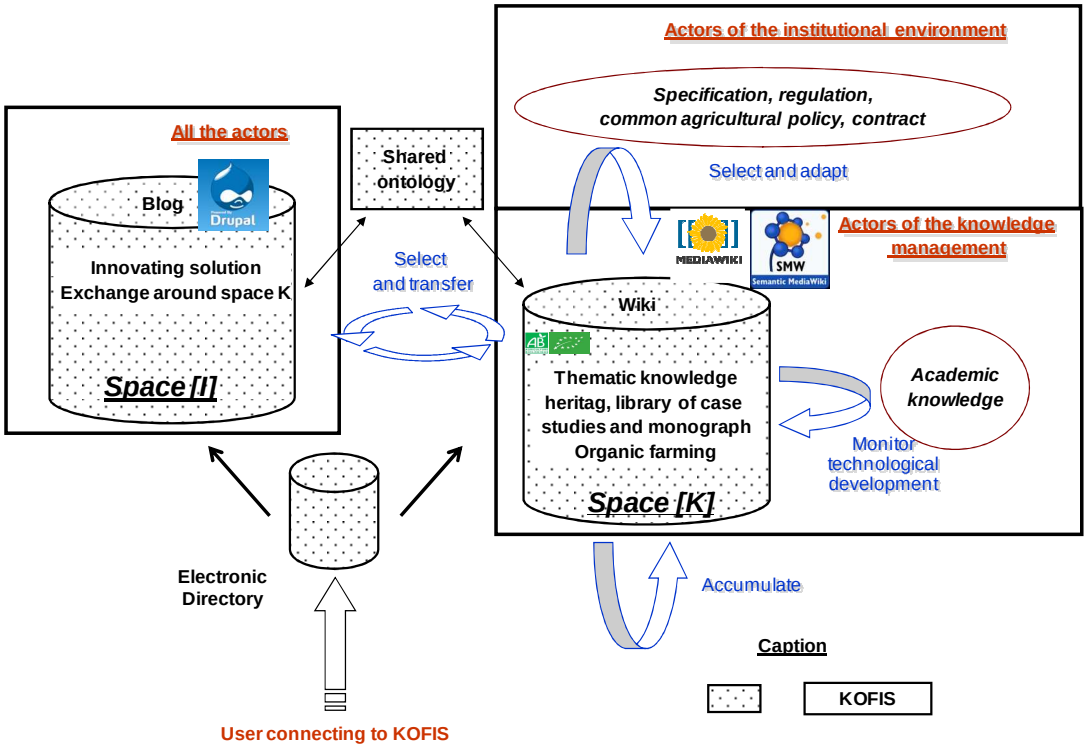


Figure IV-1 : les trois dimensions de KOFIS

Actuellement, l'appariement des deux modèles est difficile à réaliser. Nous avons proposé une méthode innovante pour améliorer le processus d'appariement. Nous avons montré l'importance d'Agrovoc, thésaurus multilingue géré par la FAO pour unifier à terme les deux espaces sémantiques. Agrovoc est malheureusement peu utilisé en France. Pour être davantage reconnu par la communauté agricole nationale, il faudrait d'une part qu'il soit complété, d'autre part que des modèles ontologiques soient localement développés. Pour contourner ce problème, nous avons bâti des requêtes sémantiques dans [I] directement alimentées par une liste de termes associés aux catégories de l'ontologie de [K].

IV-4 LES MÉTHODES DE GESTION DES CONNAISSANCES UTILISÉES DANS LE MONDE INDUSTRIEL ONT-ELLES ÉTÉ PERTINENTES POUR CONSTRUIRE KOFIS ?

Le taux élevé des échecs dans la production de logiciel justifie pleinement un investissement important dans sa conception. Un chiffre souvent cité est celui de 70 % de temps de compréhension du contexte pour la rédaction des spécifications et 30 % de temps de codage. Notre approche a porté sur l'expertise du jeu d'acteurs, du contenu et de l'architecture à partir de l'idée originale d'utiliser l'expérience du monde industriel. Le résultat de cette démarche est plus que probant : le mode de cartographie des connaissances critiques (Aubertin 2007), les plans d'action pour réduire la criticité des savoirs (Nonaka et Takeuchi 1995; Ermine 2007b), l'explicitation des connaissances proposée par (Ermine 1996, 2e édition 2000), le développement du web sémantique (Berners-Lee, Hendler et al. 2001) ainsi que la théorie unifiée de la conception (Hatchuel, Le Masson et al. 2002; Le Masson, Weil et al. 2006) ont été autant de ressources pertinentes pour construire KOFIS. Ainsi, KOFIS a des caractéristiques bien différentes de la suite AgriDrupal proposée par la FAO. L'identification des différents statuts d'acteurs et de leurs rôles différenciés sur l'application, le mode de sélection des connaissances et leur représentation, l'articulation entre l'espace [I] et l'espace [K], l'exploitation de l'ontologie pour créer des réseaux sociaux pertinents et pour alimenter en connaissance l'espace [I] sont autant de contributions innovantes à porter à l'actif de KOFIS.

Par contre, l'adaptation de la méthode Triz au monde agricole a été une piste non exploitée. Si Triz est utilisé pour l'innovation en machinisme agricole, nous n'avons pas trouvé d'application de Triz pour la conception de systèmes de culture. Or, nous pourrions par exemple faire l'expérience de développer une matrice de résolution des contradictions agronomiques spécifique à l'agriculture. En effet, dans l'approche systémique de l'agriculture durable, les contradictions sont innombrables. Un premier travail consisterait à recenser les techniques inefficaces comme les techniques efficaces au croisement de paramètres comme le rendement, la fertilité du sol, la pollution des eaux, etc. L'exploitation de cette matrice permettrait d'orienter dans [I] les partitions restrictives autant que les partitions expansives. Mais cette approche pointe là l'une des différences majeures entre la production industrielle dont les connaissances sont brevetées et le monde agricole où les connaissances explicites sont diffuses. Or, la méthode Triz repose sur l'expertise de dizaines de milliers de brevets notamment dans les sciences physiques depuis plusieurs dizaines d'années. Une telle démarche en agriculture nécessiterait sans doute un effort bibliographique et conceptuel très important dans les sciences agronomiques.

IV-5 VERS UN OUTIL PROFESSIONNEL AGRICOLE ?

KOFIS répond bien au manque d'un outil de gestion des connaissances en agriculture : d'ores et déjà, il a trouvé deux terrains d'application :

- **le premier dans le projet national Casdar SOLRECI** sur l'agriculture intégrée,
- **le second dans le projet régional Melibio** sur les cultures fourragères en agriculture biologique.

Il nous faut rentrer dans la phase « exploitation à grande échelle » des deux prototypes que nous avons réalisés. Mais, pour professionnaliser KOFIS, il faut réussir la phase délicate de son insertion institutionnelle. En effet, compte tenu des implications professionnelles d'une diffusion des connaissances, nous avons vu la nécessité de garantir, à tout moment, les connaissances éditées. KOFIS ne peut donc être autogouverné dans le cadre, par exemple, d'une fondation qui pourrait être alors son support légal. De plus, pour être utilisé par le plus large public possible, KOFIS est accessible gratuitement. Il faut donc trouver des financements pérennes. Mais, dans l'ambiance concurrentielle des organismes professionnels agricoles, le choix du maître d'ouvrage est critique. Car selon (Mendras 1975), « Pour être acceptée, une innovation doit s'insérer dans le système technique existant, le perfectionner mais ne pas le contredire ; elle doit de plus rencontrer un besoin ressenti et ne pas aller à l'encontre du système de valeurs ni du système de pouvoir ». Nous avons d'ailleurs souligné la nécessaire implication de la puissance publique pour organiser le cadre de construction et d'utilisation de l'outil. Quel que soit le choix d'un maître d'ouvrage, l'ambition d'un fonctionnement transversal de KOFIS devra être consolidée par le choix de modérateurs, acteurs clés de KOFIS, dans d'autres organismes que celui du maître d'ouvrage. Un mode de gouvernance décentralisée, impliquant si possible les structures agricoles, est à inventer entre institutionnalisation et participation individuelle. Il peut s'inspirer aussi de certaines règles de régulation propres à la gouvernance de Wikipédia (Cardon 2008).

Pour de nombreux articles, la création d'une dynamique collaborative repose sur une renonciation du droit d'auteur ou sur sa restriction comme les six licences Creative Commons le permettent[195]. Ces types de licence authentifient les auteurs. La signature de quelques pages de référence locale, par les institutions qui les ont générées, est ainsi pertinente pour mieux les impliquer. Les institutions agricoles pourraient alors jouer le jeu de la participation si elles l'associent à un juste retour en termes d'image. Les tensions des institutions entre elles ou avec des individus doivent donc être dépassées pour obtenir l'engagement du plus grand nombre. La masse critique des utilisateurs de KOFIS est en effet l'une des conditions de sa réussite. Le chiffre de 20 000 utilisateurs a été avancé[196]. Il n'est cependant pas utopique d'espérer atteindre ce seuil assez rapidement, vu le nombre d'utilisateurs potentiels[197]. Mais, même si KOFIS devient un outil populaire grâce à ses racines Web, il restera un outil de gestion des connaissances parmi d'autres. Il ne s'applique pas par exemple à la totalité des connaissances tacites circulant entre les

[195] Voir site Creative Commons : http://creativecommons.org/

[196] Source : Grand débat du SYRPA OUEST au SPACE le 14 septembre 2011 Réseaux sociaux : le monde agricole est-il prêt à les utiliser ?

[197] Nombre maximal d'intervenants par type d'acteur :

- Etudiant : ~ 20 000 (Niveau Bac + 2 (Source http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/SPNF5_Couleur.pdf))
- Agriculteur : ~ 1 000 000 (Source RGA 2010) dont 423 000 chefs d'exploitation et coexploitants de moyennes et grandes exploitations).
- Salarié agricole : ~ 300 000 toutes exploitations confondues (Source RGA 2010)
- Chercheur, conseiller : ~ 20 000 (15 000 conseillers agricoles (source cour des comptes 2008) + 5 000 chercheurs (source INRA 2012))

Soit un total potentiel d'acteurs de 1 340 000 individus. Si 1/50 de ces différents acteurs est utilisateur de l'outil, on peut estimer la charge à environ 27 000 utilisateurs.

participants d'un tour de plaine. En effet, pour transmettre certaines connaissances tacites, il faut de l'observation, de la méthodologie du type essais/erreurs, du dialogue et de la démonstration. Cependant, les usages d'un outil peuvent être détournés de leur but initial et prendre un parcours inattendu. Ainsi, dans le cas d'une réunion physique comme celle où un conseiller agricole et des agriculteurs conçoivent un nouvel itinéraire technique, la partie [I] peut aider au support de la conception d'un tel itinéraire par un groupe professionnel local dans un premier temps. A ce réseau social de proximité peut ensuite succéder un réseau social virtuel et distribué, apte à traiter des points de blocage non résolus lors de la réunion physique. Cette distribution du réseau virtuel concerne la dimension géographique mais aussi la dimension métier des usagers de KOFIS. Les réseaux de partage et de capitalisation des pratiques agricoles prennent donc plusieurs chemins. Grâce à KOFIS, la conception innovante est aussi bien synchrone qu'asynchrone voire successivement l'une et l'autre.

IV-6 DE NOUVEAUX RÉSEAUX SOCIAUX ?

Nous avons vu que l'une des originalités de KOFIS est de construire des réseaux sociaux agricoles sur une base nouvelle, à savoir la relation des acteurs avec un problème. Certes, l'adhésion à un réseau social numérique d'un agriculteur n'est pas inédite[198], en particulier parmi les nouvelles générations. Mais notre approche va au-delà d'un regroupement aléatoire et de fait peu pertinent comme celui produit dans les forums agricoles. Nous comparons notre mode de construction d'un réseau social à deux autres modes dans le Tableau IV-1.

Notre approche est également plus accessible que dans d'autres outils où la construction d'un réseau repose sur l'acceptation par un « propriétaire » de chacun de ses membres. Elle impose un mode de construction basé uniquement sur un problème à partager et non pas sur une affinité commune. Il se construit également au-delà d'un seul mot clé tagué. En effet, le groupe d'usagers associé au terme "Chardon" n'est pas potentiellement le même que celui "Ayant un problème" ou "Ayant une solution" avec le "Chardon". Ce réseau social est volontaire puisqu'il va chercher les personnes compétentes avant d'attendre qu'elles ne vous repèrent. Ce choix suppose que chaque usager enrichisse un formulaire sémantique qui permette au système de l'identifier d'une façon pertinente. Notre réseau social combine ainsi le web social dit web 2.0 avec le web sémantique.

[198] Source : Grand débat du SYRPA OUEST au SPACE le 14 septembre 2011 Réseaux sociaux : le monde agricole est-il prêt à les utiliser ?

Type réseau social numérique	**Forum**	**Autre**	**Proposé par KOFIS**
Nature du réseau	Privée / Professionnelle	Privée / Professionnelle	Professionnelle
Propriétaire du réseau	Pas de propriétaire	Propriétaire / Pas de propriétaire	Pas de propriétaire
Origine de construction du réseau	Aléatoire d'origine humaine Un usager rentre automatiquement dans le groupe	Aléatoire d'origine humaine Un usager demande à rentrer dans le groupe identifié grâce à son taggage ; demande régulée par le propriétaire du groupe	Volontaire d'origine informatique et aléatoire d'origine humaine Le système va chercher le professionnel grâce à sa carte d'identité sémantique ou un professionnel rentre dans le groupe à son initiative
Durée du réseau	Courte	Longue	Variable selon le temps de résolution d'un problème
Type d'annotation	Aucune	Si existe Folksonomie	Ontologie (catégorie/propriété) Liste fermée du type taxonomie
Contrôle	Modérateur	Propriétaire	Modérateur

Tableau IV-1 : mode de construction de réseaux sociaux numériques

IV-7 ELARGIR KOFIS À D'AUTRES ENVIRONNEMENTS PROFESSIONNELS ?

Notre hypothèse initiale de travail est : « la transposition au contexte de production agricole, des méthodes de création et de mise à jour des connaissances développées dans le monde industriel est-elle possible ? ». A la fin de cette thèse, nous pouvons nous poser la question inverse. Est-ce-que l'originalité de l'outil KOFIS correspond à un besoin dans d'autres secteurs professionnels ? Par analogie avec la taille des exploitations agricoles, nous sommes tentés de chercher un terrain d'application pour KOFIS dans les Très Petites Entreprises (TPE) qui ont moins de 20 salariés par définition. Mais l'un des traits majeurs de KOFIS est de s'adresser à des acteurs en agriculture d'origine différente. Leur variété institutionnelle est dépassée par une culture professionnelle commune. En agriculture, elle est forte, vivante et de nature majoritairement coopérative, même si des situations concurrentielles existent. Mais est-ce-que la culture commune des TPE, leur esprit coopératif, leur relation avec le monde de la recherche sont suffisants pour permettre un partage collaboratif des savoirs ? Paradoxalement, dans les très grandes entreprises, où la recherche, le développement et l'opérationnel sont disséminés géographiquement, KOFIS pourrait trouver sa place. Ici, une culture commune mais aussi un intérêt commun sont déployés au quotidien. Il faut y démontrer que le cercle de Nonaka ne s'y applique pas d'une manière vertueuse. Si cette démonstration est validée,

une construction d'une nouvelle instance de KOFIS s'accompagne alors de la méthodologie suivante :

1. Bâtir une typologie des acteurs à l'échelle de la très grande entreprise selon une logique de "middle-up-down-management"
2. Constituer un référentiel de connaissances
3. Identifier les connaissances critiques
4. Proposer un ou des modes de représentations des connaissances
5. Construire un modèle sémantique pour annoter les connaissances
6. Utiliser l'architecture de KOFIS pour mettre à disposition ce référentiel de connaissances
7. Créer une dynamique d'usage de l'outil

Cette approche est souple. Contrairement à la spécification d'applications informatiques, nous ne détaillons pas définitivement des données et des traitements. Notre modèle sémantique est évolutif. Grâce à un minimum d'investissement, il s'adapte à des nouveaux savoirs et à de nouveaux contextes, ce qui est le propre de la conception innovante avec ses objets à l'identité toujours instable comme la rotation en agriculture.

CHAPITRE V : ANNEXE

V-1 ANNEXE 1 - LA METHODE MASK

La méthode Mask d'ingénierie opérationnelle de gestion des connaissances se fonde sur un modèle : le "macroscope de la connaissance" issu des travaux de (Ermine 1996, 2e édition 2000; Ermine 2003). Le macroscope[199] exprime la complexité de la connaissance. Il repose sur deux hypothèses. La première est "sémiotique" : la connaissance est une information qui a du sens selon un certain contexte. Le sens et le contexte illustrent respectivement une dimension cognitive et opérationnelle de la connaissance. La seconde hypothèse est "systémique". Une connaissance peut être perçue selon trois points de vue : la structure, la fonction ainsi que l'évolution. Cette combinaison des deux hypothèses établit le macroscope de la connaissance schématisé dans la 1. Elle aboutit à neuf modèles. Ainsi, une information est structurée par les données, elle a pour fonction d'être traitée et elle est datée. Le sens est constitué par les réseaux sémantiques des concepts sur lesquels nous appliquons des tâches cognitives. Le modèle de la lignée s'attache à l'évolution des objets ou des concepts. Enfin, un contexte repose sur des phénomènes qui font l'objet d'activités. Le modèle de l'historique explique l'évolution dans le temps des connaissances. Ainsi, ces neufs types de modélisation sont théoriquement nécessaires pour décrire la connaissance. Dans la plupart des cas, deux à trois types de modèle suffisent.

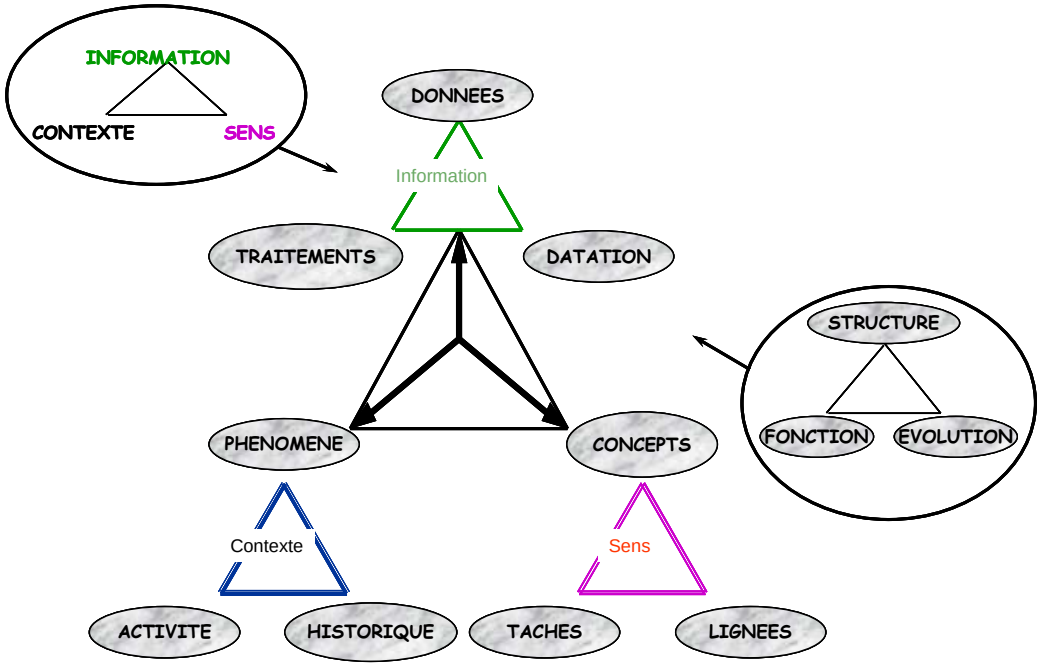


Figure V-1 : le macroscope de la connaissance d'après (Ermine 1996, 2e édition 2000)

[199] Le concept de macroscope est issu des travaux de Joël de Rosnay, scientifique français. Le macroscope "ne sert pas à voir plus gros, mais à observer ce qui est à la fois trop grand, trop lent et trop complexe pour nos yeux". Le macroscope est un outil systémique, i.e. bien adapté à une vision systémique. Voir De Rosnay, J. (1975). Le macroscope, vers une vision globale. Paris, Seuil.

Nous allons définir successivement ces neuf modèles :

- **Les trois premiers modèles** associés à l'information ne sont pas originaux. Ils existent déjà dans des formalismes dédiés à la spécification de systèmes informatiques. Ainsi, le modèle conceptuel de données issu de la méthode Merise ou bien le diagramme de classe provenant du langage de modélisation UML formalisent les données. De même, le modèle conceptuel de traitement (méthode Merise) ou le diagramme d'activités (langage UML) spécifient les traitements, i.e. les fonctions de l'information. Nous avons vu que ces modèles ont plutôt une vocation informatique. Nous allons plutôt nous intéresser aux six autres modèles Mask dédiés à une transmission de la connaissance aux humains.
- **Le modèle de concept** classifie la connaissance par un mode proche de celui de notre mémoire. L'expert classe les concepts selon son expérience. Un concept est spécialisé en sous-concept. Un concept a des attributs qui sont autant de propriétés du concept. Un attribut est lui-même un concept. Un concept complexe est décomposable dans un nouveau diagramme

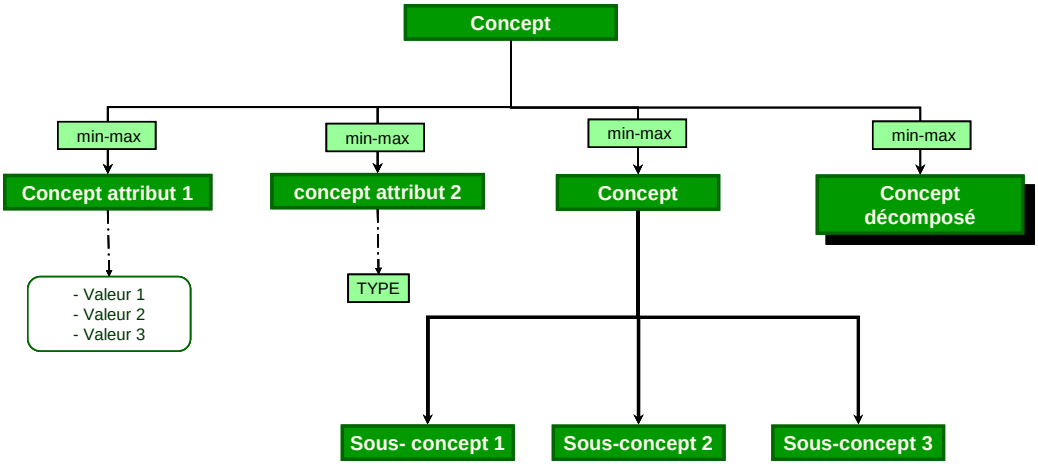


Figure V-2 : le modèle de concept (Ermine 2003)

- **Le modèle de tâche** spécifie le mode de raisonnement d'un expert. Il précise sa stratégie de résolution d'un problème particulier. Pour ce faire, il utilise des concepts mobilisés dans le modèle des concepts. La tâche est décomposée en une arborescence de sous-tâches. L'ordonnancement de ces sous-tâches relate la logique du raisonnement. Une sous-tâche peut appartenir au type parallèle, séquentiel, alternatif i.e. sous conditions ou au type répétitif. Le raisonnement aboutit à certaines étapes à une tâche terminale ou à une tâche décomposée. Cette dernière est modélisée dans un nouveau diagramme à un niveau inférieur.

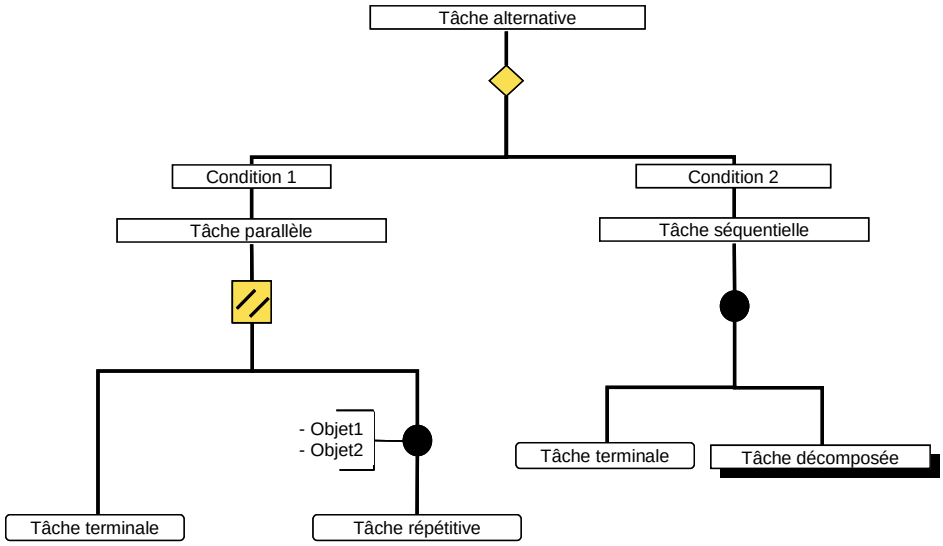


Figure V-3 : le modèle de tâche (Ermine 2003)

- **Le modèle de phénomène** est lié à un contexte métier ou opérationnel. Ce modèle caractérise l'évolution de deux systèmes : un système source et un système cible. Un phénomène dans le système source produit un flux qui induit à son tour un phénomène dans le système cible. Ces phénomènes sont les fondements des connaissances. Le champ d'influence impacte cette transformation.

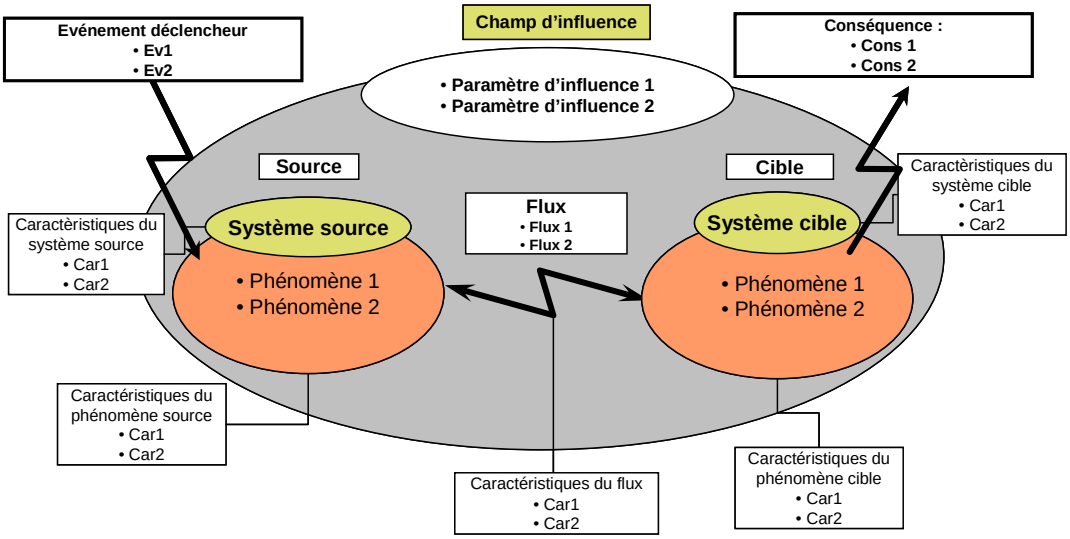


Figure V-4 : le modèle de phénomène (Ermine 2003)

- **Le modèle de l'activité** est également lié au contexte. Il modélise un processus métier. Il décrit les étapes nécessaires au contrôle des phénomènes exposés dans le modèle de phénomène. Ce modèle est inspiré

du langage classique SADT[200] mais en le simplifiant. Il décompose un processus en activités qui s'enchaînent. Chacune de ces activités sont elles-mêmes décomposables, à un niveau inférieur, en une nouvelle succession d'activités. Celle-ci s'exprime dans un diagramme supplémentaire. Des flux de données ou de matières relient chacune de ces activités en entrée et en sortie. Les savoirs mobilisés pour réaliser ces activités sont eux-mêmes éventuellement décrits dans d'autres modèles.

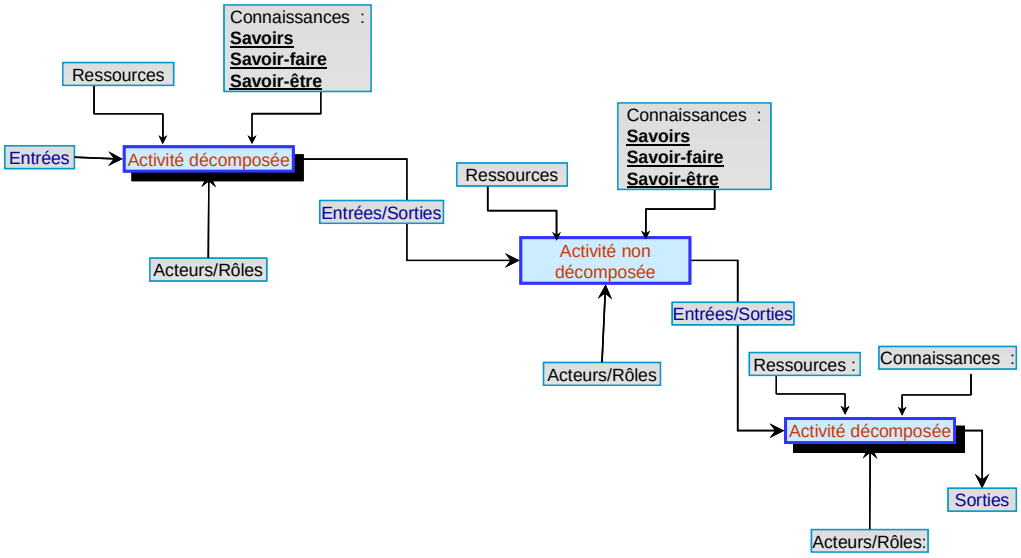


Figure V-5 : le modèle d'activité (Ermine 2003)

- **Le modèle historique et le modèle de la lignée** décrivent l'évolution des connaissances. Le modèle historique est l'un des trois modèles du "contexte". Il porte sur la connaissance associée à un ou à des objets ayant un objectif donné pour une époque. Le modèle de la lignée est le troisième modèle du "sens". Un arbre généalogique décrit l'histoire des objets eux-mêmes, en explicitant les raisons de leur évolution.

[200] SADT : Structured Analysis and Design Technic; SADT est une méthode d'analyse fonctionnelle descendante de l'activité d'origine américaine. Elle modélise des systèmes automatisés. SADT décompose des systèmes complexes en autant de niveaux de modélisation que nécessaire.

V-2 ANNEXE 2 : RÉSULTAT DES ENQUÊTES AUPRÈS DES ACTEURS POUR CONSTRUIRE LE MODÈLE OIDC

Le schéma OIDC de la Figure III-6 modélise une exploitation agricole en grandes cultures biologiques. Nous décrivons ci-dessous ses principaux acteurs ainsi que ses principaux artéfacts. Pour chaque acteur, nous définissons son rôle, les informations consommées et produites, les connaissances utilisées et apportées.

Etat, Europe

Rôle

Définit la Politique Agricole Commune (PAC), détermine les conditions d'aide financière aux agriculteurs, établit la législation. Par là, l'Etat influence les choix des cultures ainsi que leur mode de production. Les informations produites portent sur les aides économiques, en particulier sur les aides de la PAC, mais aussi sur toutes les informations réglementaires. Autour de la gestion des connaissances, L'Etat est en interaction avec les agriculteurs par l'intermédiaire des enseignants agricoles. Il finance également la recherche, il structure le conseil et sa production de références.

Auditeur d'organisme certificateur

Rôle

L'organisme certificateur garantit que la conduite des cultures d'un agriculteur respecte le cahier des charges de l'agriculture biologique. Un organisme certificateur est lui-même accrédité par l'instance nationale d'accréditation[201]. L'auditeur visite l'agriculteur au moins une fois par an. De plus, un agriculteur sur deux supporte un contrôle inopiné annuellement.

Informations consommées

- Assolement, rotation, déclaration PAC, livre comptable, facture + certificat du fournisseur (garantit le caractère biologique du produit acheté), information visuelle sur les parcelles, analyse des teneurs des produits phytosanitaires des cultures

Informations produites

- Licence (certifie que l'agriculteur est contrôlé par un organisme certificateur), certificat de conformité des produits agricoles au cahier des charges

Connaissances utilisées

- Savoir et modèle agronomique, connaissance du cahier des charges en agriculture biologique

Connaissances apportées

- Formation et expertise sur le cahier des charges de l'agriculture biologique

[201] COFRAC : COmité FRançais d'ACcréditation

Conseiller agricole (centre de gestion agréé agricole)

Rôle

Produire la comptabilité de l'exploitation agricole. Dans le cadre d'une rencontre annuelle, le conseiller agricole analyse et échange avec l'agriculteur des informations et des connaissances économiques.

Informations consommées

- Données économiques, retour d'expérience par l'observation des pratiques et des résultats de réseaux d'agriculteurs

Informations produites

- Document comptable, établissement du compte annuel, tableaux de bord, capacité d'investissement

Connaissances utilisées

- Pour l'essentiel, savoir et modèle économique, parfois savoir et modèle agronomique

Connaissances apportées

- Expertise économique à partir d'une connaissance métier de l'exploitation agricole.

Conseiller agricole (chambre d'agriculture)

Rôle

Produire et échanger avec les organismes de développement agricole et les agriculteurs des méthodes et des solutions techniques pour les productions de grandes cultures.

Informations consommées

- Données économiques, techniques et agronomiques, retour d'expérience par l'observation des pratiques et des résultats de réseaux d'agriculteurs, données météo, état des cultures, état des bioagresseurs

Informations produites

- A l'échelle d'une exploitation agricole, assolement, rotation, à l'échelle d'une parcelle, itinéraire technique
- Conseil agronomique pour limiter un bioagresseur ou pour apporter un engrais organique

Connaissances utilisées

- Savoir-être, savoir et modèle agronomique issus des essais de l'INRA, d'Arvalis, du Cetiom et de l'ITAB, des chambres d'agriculture y compris des autres régions que celle du conseiller agricole, savoir et modèle environnemental (exemple du modèle de fuite de nitrate...), savoir et modèle économique (méthodologie de calcul de marges...), savoir et modèle sur l'organisation du travail de l'agriculteur

Connaissances apportées

- Expertise d'une exploitation agricole dans ses dimensions agronomiques, environnementales et économiques
- Fiche technique par culture et fiche thématique

Conseiller technico-commercial de coopérative

Rôle

Des coopératives et des négoces ont une politique de développement de collecte des cultures biologiques notamment pour alimenter leurs outils de transformation[202]. Ils communiquent auprès des agriculteurs des opportunités sur les productions végétales qui sont porteuses. Ils fournissent un conseil associé à la vente d'un produit.

Informations consommées

- Information économique sur les besoins du marché et inversement sur l'offre en produit des agriculteurs. En effet, les agriculteurs ont des contraintes agronomiques qui les conduisent à développer certaines productions (exemple de la luzerne ou de l'épeautre). Mais celles-ci peinent parfois à trouver des débouchés.

Informations produites

- Dans le cadre de la certification de la coopérative ou du négoce, des éléments écrits sont conservés. Ils garantissent la traçabilité de l'ensemble de la filière.
- Données économiques sur les besoins du marché
- Les notices "produit" ou "machine", associées aux fournitures vendues à l'agriculteur, sont transmises en l'état. Les techniciens peuvent proposer des analyses de terre.

Connaissances utilisées

- Savoir-être, savoir et modèle agronomique basés sur leurs propres expériences de terrain, adaptation à l'échelle de l'exploitation agricole des connaissances produites par des instituts techniques, transfert d'expériences accumulées grâce au suivi des autres agriculteurs biologiques au fil des années
- Savoir et modèle économique

Connaissances apportées

- De par ses contacts avec de nombreux agriculteurs, il joue un rôle de partage d'expérience sur les rotations et les techniques culturales.

CUMA, ETA

Rôle

Travail de la terre, fertilisation, récolte, transport

Informations consommées

- Données économiques, réglementation, notice machine, revue spécialisée

Informations produites

- Facture

Connaissances utilisées

- Réglages des machines spécifiques à une culture et à un contexte pédoclimatique donné ; certaines situations exigent de la part des conducteurs un apprentissage spécifique comme par exemple la moisson du seigle. Cette

[202] Les coopératives et les négoces se fondent souvent dans des groupes importants. Un négoce peut s'intégrer dans un groupe plus large au statut coopératif. Le chiffre d'affaires de certains d'entre eux dépasse le milliard d'euros comme dans le cas de la coopérative Limagrain ou du groupe coopératif Axereal. Ils vendent des intrants et achètent les produits agricoles. Ils ont également des outils de transformation pour les valoriser. Ainsi, par exemple Axereal produit des aliments pour animaux à partir des céréales biologiques. L'objectif assigné à un conseiller technico-commercial de la coopérative sera alors de développer la production de ces céréales pour alimenter ces outils de transformation. La logique est ici celle d'une production de masse de produits biologiques.

connaissance peut être apportée par l'agriculteur qui se renseigne lui-même au préalable auprès d'autres agriculteurs.

Connaissances apportées

- Conduite des machines agricoles ; réglage des machines

Enseignant agricole

Rôle

Apport de connaissances en formation initiale mais aussi en formation continue dans le cadre du fonds de formation Vivea. En formation initiale, ouverture critique sur des sources de connaissances hétérogènes sur tous les types d'agriculture.

Informations consommées

- Informations techniques ou pratiques issues d'agriculteurs, de conseillers de négoces ou de conseillers des structures de développement agricole ainsi que des revues agricoles biologiques ou non biologiques, d'internet ; cahier des charges biologique ou cahier des charges AOC, réglementation

Informations produites

- Travaux de stagiaire

Connaissances utilisées

- Savoir et modèle agronomique, économique, environnemental, acquis dans la formation initiale ou continue des enseignants, des instituts techniques et des centres de recherche

Connaissances apportées

- Savoir et modèle agronomique, économique et environnemental

Les pairs

Rôle

Les pairs sont les agriculteurs qui sont à la fois proches géographiquement et proches sur le type d'agriculture pratiquée. Ils assurent le partage et le transfert d'information et d'expérience. Les échanges ont lieu lors des réunions ou bien au moment des tours de plaine. Les informations et les connaissances sont issues des réseaux et des expériences propres à chacun. L'échange est d'autant plus riche que ces réseaux et ces expériences sont diversifiés et nombreux. Les échanges de connaissances sont essentiellement tacites mais aussi explicites. Des connaissances mobilisées par l'agriculteur sont parfois transformées en information dans ces réunions. Ainsi, la capacité d'observation des bioagresseurs d'un agriculteur est transformée en information sur leur niveau local d'infestation des cultures.

Informations consommées (ACTA 2007)

- Données économiques, réglementation (plus simple pour les productions végétales que pour les productions animales), cahier des charges, analyse compost, analyse de terre, notice produit car il existe des produits de traitement naturel comme des bactéries contre le doryphore sur la pomme de terre, notice machine, revue spécialisée

Informations produites

- Les diverses opportunités du marché sont discutées. Les informations portent aussi sur les prix des produits ou des intrants, l'état des cultures, le niveau des bioagresseurs mais aussi les solutions apportées aux problèmes rencontrés.

Connaissances utilisées

- Savoir-être : être en interaction avec les autres acteurs

- Savoir : modèle agronomique, modèle environnemental notamment sur les conditions pédoclimatiques du terroir, revues spécialisées (les revues spécialisées apportent également des connaissances mais insuffisamment contextualisées), gestion économique

Connaissances apportées

- Savoir-être : être en interaction avec les autres agriculteurs
- Savoir : conduite de cultures, savoir économique, savoir juridique, savoir environnemental
- Savoir-faire : capacité d'observation des bioagresseurs, capacité de partage des informations et des connaissances

Les artéfacts

Les personnes physiques ou des organisations morales ne sont pas seules à porter des connaissances. Les artéfacts sont des objets qui participent à la production. Ils détiennent également des savoirs. Un artéfact et ses connaissances sont attachés à un acteur. Ainsi la terre possède des connaissances essentielles à la production. La terre est associée à l'agriculteur mais aussi au conseiller agricole du fait de ses connaissances pédologiques. Elle est identifiable par des informations comme les analyses de terre mais aussi par des connaissances sur ses potentialités vis-à-vis des cultures. Pour les machines, les connaissances mécaniques sont associées en partie à l'agriculteur. Par exemple, selon son niveau de savoir-faire et le niveau de complexité de la panne, il fait appel ou non à un mécanicien professionnel. Les logiciels impliquent également une compétence informatique. Celle-ci se développe bien entendu grâce aux nouvelles générations d'agriculteurs.

L'agriculteur

L'agriculteur est un acteur particulier puisqu'il est au cœur du système productif. Il décide du choix des cultures, de l'assolement et de la rotation, de l'itinéraire technique des cultures. Il conduit et entretient des machines agricoles (travail de la terre, récolte, transport). Il surveille les cultures et les bioagresseurs et met en œuvre des méthodes de lutte contre ces derniers. Lorsque les travaux à réaliser sont importants, il s'appuie sur l'entraide familiale, le voisinage ou sur des entreprises agricoles. Il peut avoir également un ou des salariés agricoles. Enfin, il commercialise ses produits. Il consomme les informations et les connaissances produites par les autres acteurs ou associées aux artéfacts. Il produit ses propres informations et ses propres connaissances.

V-3 ANNEXE 3 : INVENTAIRE DES CAS D'UTILISATION ASSOCIÉS À KOFIS

Le système distingue cinq types d'utilisateurs dans l'outil. Leurs droits respectifs dans les deux espaces [I] et [K] sont décrits dans le tableau ci-dessous. Ces droits sont hiérarchiques et se transmettent successivement depuis le <visiteur> jusqu'à <l'administrateur>. Il n'y a pas deux comptes, l'un pour [K] et l'autre pour [I], mais un seul compte pour les deux espaces.

<table>
<tr><th>Type d'espace
<Utilisateur></th><th>[I] Innovation</th><th>[K] Connaissance</th></tr>
<tr><td><Visiteur></td><td>Lecture seule</td><td rowspan="2">Lecture seule</td></tr>
<tr><td><L'environnement institutionnel> (Conseiller de coopérative, de négoce, étudiant, Chambre d'agriculture, Institut technique, Recherche, Lycée agricole, Enseignement supérieur...)</td><td>Propose un sujet, écrit un billet, tague un billet avec des métadonnées, modifie voire supprime ses propres billets, poste des commentaires sur tous les billets</td></tr>
<tr><td><Système de connaissance agricole> (Chambre d'agriculture, Institut technique, Recherche, Lycée agricole, Enseignement supérieur)</td><td>Modifie les métadonnées de n'importe quel billet, gère l'arborescence des sujets, valide un résultat</td><td>Rédige une nouvelle page, annote une page avec une métadonnée, modifie n'importe quelle page, gère le statut d'une page[203]</td></tr>
<tr><td rowspan="2">><Modérateur> Chambre d'agriculture, Institut technique, Recherche, Lycée agricole, Enseignement supérieur</td><td>Modifie ou supprime n'importe quel billet</td><td>Bloque une page, supprime une page</td></tr>
<tr><td colspan="2">Gère les métadonnées et leur arborescence
Modère le contenu avec l'utilisation d'un robot qui détecte les mots d'une « liste noire », affecte ou retire un rôle aux utilisateurs</td></tr>
<tr><td><L'administrateur> Informaticien</td><td colspan="2">Gère les droits associés aux types d'utilisateur, gère l'architecture du système</td></tr>
</table>

Tableau V-1 : les cas d'utilisation sur KOFIS des cinq types d'utilisateurs

Les cas d'utilisation ci-dessous détaillent les fonctionnalités associées aux cinq types d'utilisateurs mais aussi les fonctionnalités attendues du système. Par défaut, les cas

[203] Dans l'outil SMW, à partir du moment où un utilisateur peut « modifier » une page, il peut « annoter », car la barre d'annotation sémantique est accessible à partir de l'éditeur WYSIWYG. Elle apparaît lorsqu'il modifie une page. De même, dans l'outil SMW, la gestion des pages implique la gestion de leur statut.

d'utilisation sont déjà opérants dans KOFIS. Nous précisons ceux qu'il serait utile de développer dans un outil final.

Description des cas d'utilisation		Commentaires
IK	**I Fonction relative à l'accès respectif de l'espace de connaissance [K] et de l'espace d'innovation [I]**	
IK-10	Le système propose une page d'accueil sur l'espace de connaissance [K] ; le système permet à tout moment d'accéder à un espace d'innovation [I].	- L'espace [K] capitalise les savoirs. - L'espace [I] est essentiellement un lieu d'échange entre acteurs pour produire de nouvelles solutions, pour enrichir/critiquer des solutions existantes.
IK-20	L'espace [I] favorise un dialogue et un échange le plus ouvert possible. Pour intervenir dans cet espace, le système propose a minima à l'utilisateur de créer un compte du type <environnement institutionnel>. Ce compte n'est pas nécessairement nominatif pour ne pas brider l'expression sur la partie innovation du système. Dans ce cas, l'utilisateur fournit un pseudo. Le système est en mesure de l'identifier uniquement par son adresse IP. Toutefois, il lui sera conseillé par la suite de fournir le nom réel dans l'optique d'un passage d'un compte <environnement institutionnel> à un compte du type <système de connaissance agricole>.	La création de compte se fait dans un seul des deux espaces [I] ou [K].
IK-30	L'espace [K] est plus contrôlé. Pour écrire dans cet espace, l'utilisateur doit avoir un compte nominatif ; le compte n'est créé que si l'utilisateur (personne physique) est associé à une personne morale identifiée.	Dans SMW, cette fonctionnalité d'associer une personne morale à une personne physique n'est pas contrôlable. C'est un <modérateur> qui s'engage lors du passage de <l'environnement institutionnel> à <système de connaissance agricole> ou de <système de connaissance agricole> à <modérateur>. C'est un <administrateur> qui s'engage pour créer un autre <administrateur>. *Le lien entre personne physique et personne morale n'est pas présent dans KOFIS.*
IK-40	Par défaut, un <visiteur> a un droit de lecture dans l'espace d'innovation et dans l'espace de connaissance.	
IK-50	Pour un usager autre que le <visiteur>, le système demande un login/mot de passe à l'utilisateur pour être connecté et ainsi avoir accès à des fonctionnalités supplémentaires définies dans ce document ; en fonction des identifiants, le système donne à l'utilisateur un rôle (voir tableau ci-dessus).	Il y a un seul et unique compte pour les 2 espaces.

Description des cas d'utilisation		Commentaires
IK-60	Le <visiteur> peut demander au système la création d'un compte <environnement institutionnel>. Le système propose au préalable la lecture des droits et devoirs de l'utilisateur. Le visiteur doit approuver les conditions d'utilisation. Une fois celles-ci approuvées, le système propose au <visiteur> de se créer un login/mot de passe.	L'étape d'approbation n'est pour le moment pas possible. Sur la page de création de compte, un lien vers un fichier PDF contenant les conditions d'utilisation sera fait. Il sera mentionné également sur la page de création de compte, qu'il faut lire ces conditions d'utilisation. *Pas présent dans KOFIS*
IK-70	Les comptes du type <système de connaissance agricole>, <modérateur> et <administrateur> sont créés uniquement par un <modérateur> ou un <administrateur>. Le <modérateur> propose au préalable la lecture des droits et devoirs de l'utilisateur. Le compte doit approuver les conditions d'utilisation. Le compte doit se décrire. Une fois approuvé, le <modérateur> propose à l'utilisateur de se créer un login/mot de passe.	Pour l'instant, la description d'un compte est facultative. Chaque compte peut créer une page dans SMW pour se décrire, exposer ses centre d'intérêt, ses problèmes…Les champs peuvent être sémantiques.
IK-80	Le système propose à l'utilisateur s'il appartient à <l'environnement institutionnel> ou au <système de connaissance agricole> un formulaire sémantique où il peut s'identifier à partir de champs sémantiques.	*Pas présent dans KOFIS*
IK-90	Le système rend accessible la liste des noms des comptes du type <administrateur>, <modérateur> et <système de connaissance agricole> avec leurs coordonnées, dans une page de l'espace [K].	
IK-100	Le système propose d'associer des métadonnées respectivement aux espaces [I] et [K]. Ces métadonnées sont associées à une taxonomie ou à une ontologie.	Ces métadonnées permettent de retrouver facilement des billets ou des éléments de connaissance. Le thésaurus Agrovoc proposé par la FAO sera plus particulièrement étudié comme possible ressource sémantique pour tagger les billets dans Drupal. Cela ne serait pas techniquement possible dans SMW. Par contre, il sera possible d'y développer une ontologie.
IK-110	Le système homogénéise les métadonnées des deux espaces.	Dans [I] (Drupal), les métadonnées sont des tags, dans [K] (SMW) ce sont des catégories et des propriétés. Il faudrait homogénéiser la taxonomie des tags et celle des catégories. *Pas présent dans KOFIS*
IK-120	Dans les deux espaces, la présence ou l'absence d'accents et la casse ne peuvent pas avoir d'impact sur les résultats de recherche.	*Pas présent dans KOFIS*

Description des cas d'utilisation		Commentaires
IK-130	Régulièrement, le système scanne le contenu des deux espaces. A partir d'une liste noire, il recherche des mots indésirables. Dès qu'un mot de la liste noire est détecté, le système en informe le <modérateur> et <l'administrateur>.	Cette liste est définie par le <modérateur> et <l'administrateur>. Elle est validée par <l'administrateur>. Elle cible plutôt l'espace [I], puisque l'espace [K] est davantage contrôlé. *Pas présent dans KOFIS*
IN	**II Fonctions relatives à l'espace d'échange [I]** Pour les échanges, il y a 2 types de sujet : - un "sujet de discussion" associé à une page déjà remplie dans l'espace [K]. La liste des sujets de discussion est regroupée comme un sommaire dans la page d'accueil ; - un "sujet innovant" qui n'a pas de correspondance dans l'espace [K].	Définition : un sujet de discussion est associé à n'importe quelle page de l'espace [K]. Un sujet est constitué d'une arborescence de solutions rédigées chacune dans un billet ; dans Drupal, chaque billet est un blog. Un billet peut faire l'objet de commentaires.
IN-10	Le système propose une présentation du contenu de chaque sujet sous forme d'arborescence de billets. A tous niveaux, le système permet le déploiement ou la réduction de l'arborescence.	*Pas présent dans KOFIS*
IN-20	Dans l'espace [I], lorsqu'un sujet de discussion est créé, le système propose un sommaire type pour ce sujet. Ce sommaire se construit en miroir des différentes parties de la page associée.	Dans le prototype, c'est possible mais uniquement manuellement.
IN-30	Dans l'espace [I], le système retrouve des sujets de deux façons possibles i.e. à partir de : • mots-clés qui ne sont pas nécessairement des métadonnées, • spécifiquement par des métadonnées.	Dans Drupal, une métadonnée est un tag.
IN-40	A partir d'un mot-clé, le système propose d'abord les sujets dont le titre comprend ce mot, il propose ensuite les sujets dont les textes, y compris les titres des blogs, contiennent le mot.	Grâce à une analyse syntaxique des sujets
IN-50	A partir d'une métadonnée, le système propose d'abord les sujets qui ont été annotés avec cette métadonnée puis les sujets dont des blogs ont été annotés avec cette métadonnée.	
IN-60	A tout moment, le système propose à un <environnement institutionnel> de taguer un billet qu'il a créé, quelle que soit sa position dans l'arborescence.	
IN-70	Les métadonnées constituent une taxonomie. Il existe une arborescence de métadonnées, i.e. une hiérarchie des tags entre eux. Si chaque tag original vient l'enrichir, le <modérateur> contrôle la pertinence de leur ajout.	L'arborescence n'est pas faite automatiquement. Les métadonnées utilisées pour taguer les billets de blogs sont rajoutées automatiquement à la taxonomie (liste des termes) mais ce sont les <modérateurs> qui doivent construire la hiérarchie.

Description des cas d'utilisation		Commentaires
IN-80	Le système propose à <l'environnement institutionnel> des patrons de requête sémantique. Une requête, une fois instanciée, va interroger l'espace [K]. Si le système récupère des résultats, il fournit ces ressources cognitives sous la forme d'adresses URI affichées dans le nouveau sujet. Ces ressources peuvent être des pages associées à des connaissances ou à des personnes.	Requêtes type sous forme de patron de requête avec des listes fermées issues de [K] sur les cultures, les bioagresseurs, les auxiliaires.
IN-90	Sur un sujet, un <système de connaissance agricole> peut récupérer les résultats pertinents de la discussion de l'espace [I] pour créer ou enrichir la page idoine dans l'espace [K].	
IN-100	Le système garde la traçabilité des échanges.	Date, heure, identifiant
IN-110	Lorsqu'un sujet est épuisé, le système permet l'archivage des échanges.	Un module existe mais il est en test. *Pas présent dans KOFIS*
K	**III Fonctions relatives à la base documentaire [K] : (1) Consultation, (2) Constitution et annotation**	
K	**III (1) Fonctions relatives à la consultation des informations contenues dans la base documentaire [K]**	
K-10	Systématiquement, à une nouvelle page de connaissance de l'espace [K], le système ouvre un espace d'échange dans l'espace [I]. Le système permet à n'importe quel utilisateur identifié de réagir dans cet espace. Cette dimension est présente dans la partie [I] grâce aux blogs.	L'ouverture d'un espace d'échange n'est pas automatique, il nécessite la création d'un plugin. Existe manuellement.
K-20	Le système a vocation à retrouver des pages de deux façons possibles à partir de : • mots-clés, un mot-clé peut être une métadonnée mais pas uniquement ; • métadonnées (catégorie, propriété). Un outil sémantique facilite la recherche.	
K-30	A partir d'un mot-clé, le système propose d'abord les pages dont le titre comprend ce mot, il propose ensuite les pages dont le texte contient le mot.	Grâce à une analyse syntaxique des pages
K-40	La recherche d'une page peut se faire par l'intermédiaire d'une interface de requête sémantique.	Pour pouvoir raisonner dans [K], il faut rajouter des extensions à SMW.
K-50	A partir des pages de connaissance, le système permet d'accéder à des sous-parties. Le système peut les présenter sous la forme d'un sommaire.	Dans SMW, construction automatique d'un sommaire grâce à la gestion du format
K-60	Le système doit proposer la liste de toutes les pages.	Hors celles produites par les robots

Description des cas d'utilisation		Commentaires
K-70	Le système permet d'accéder à des informations complémentaires à partir de liens hypertextes (documents, site web) ou vers des fichiers (format PDF, Word, image...) stockés sur le système.	SMW peut jouer le rôle de serveurs de fichiers. Possibilité de liens vers des PDF par exemple
K	**III 2) Fonctions relatives à la constitution et à l'annotation de la base documentaire [K]**	
K-80	Le système propose un langage de rédaction du type Word facilement accessible à l'utilisateur avec des fonctionnalités d'édition du type : "What you see is what you get" (WYSIWYG).	
K-90	Le système propose sur chaque page un certain nombre d'informations dont la traçabilité des modifications (date, auteur), le statut de la page...	Une page peut comprendre plusieurs onglets qui lui sont associés ; ici un module = un onglet.
K-100	Les modules de saisie s'enchaînent (exemple édition de la page, références associées à la page, commentaires…). Chaque module peut être ignoré par le <système de connaissance agricole>.	
K-110	Le système trace les différentes interventions des utilisateurs du type <système de connaissance agricole> sur n'importe quelle page. Pour engager l'utilisateur, cette trace est construite par le nom, prénom de l'utilisateur ainsi que la date de l'intervention.	Pas de gestion sémantique de l'historique
K-120	Le système peut proposer un masque de saisie pour remplir une page. Il peut y avoir plusieurs types de masque de saisie.	Le masque de saisie facilite la construction et la recherche de page type : "les cultures", "les bioagresseurs", "les auxiliaires".
K-130	Dans les pages sans masque de saisie, le système propose au <système de connaissance agricole> de structurer la page et de créer un sommaire.	Dans l'outil SMW, le <système de connaissance agricole> peut ainsi n'avoir accès en mode modification qu'à une partie de la page.
K-140	Le système propose aux utilisateurs d'annoter n'importe quelle page par des métadonnées.	
K-150	A chaque modification proposée sur une page, les autres comptes du type <système de connaissance agricole> de cette page peuvent être alertés de la modification et un lien rapide leur permet d'aller voir directement ces modifications.	Dans l'outil SMW, voir l'utilisation de l'outil de suivi des pages offerte à chaque usager
K-160	En cas de saisie erronée, le système permet de revenir à un état précédent acceptable.	

Description des cas d'utilisation		Commentaires
K-170	Chaque page peut avoir plusieurs statuts. Le <système de connaissance agricole> gère ce changement de statut. Trois statuts sont proposés "En cours de rédaction" // "Aboutie" // "Polémique". • "En cours de rédaction" : des parties de la page sont à compléter. • "En cours de rédaction" : certains éléments font encore débat. • "En cours de rédaction" : références insuffisantes • "Aboutie" : à la fois complète et relativement consensuelle parmi les comptes du type <système de connaissance agricole>. Cette page est « diffusable » comme toutes les pages mais le lecteur sait qu'elle est relativement complète ! • "Polémique" : s'il y a débat sur cette page, et que les comptes du type <système de connaissance agricole> ne peuvent pas se mettre d'accord, un statut "Polémique" sera affiché, ce qui entraînera le blocage de la page par un <modérateur>.	L'idée est d'alerter le lecteur sur la « qualité » de l'information, tout en lui laissant la possibilité d'avoir accès à une information peu développée (qu'il peut alors éventuellement enrichir). Voir notamment les statuts des pages wiki avec leur bandeau
K-180	Le système propose régulièrement aux utilisateurs de noter une page ayant le statut "En cours de rédaction". Si la note est élevée, un <système de connaissance agricole> peut faire évoluer la page vers le statut "Aboutie".	
K-190	Si une page est bloquée, le système interdit une modification de la page.	
K-200	Avant de « valider » sa contribution et ainsi de la mettre à disposition sur le site, le système peut proposer une prévisualisation au <système de connaissance agricole>, à partir de laquelle il modifie ou accepte les informations saisies.	
K-210	Dès que de nouvelles connaissances sont saisies, les utilisateurs y accèdent immédiatement.	
K-220	Les personnes ayant contribué à rédiger des pages de connaissance sont mises en valeur ; par exemple, le système pourrait proposer la liste des comptes du type <système de connaissance agricole> les plus actifs par un système de compteur autant dans l'espace [I] que dans l'espace [K].	Idée d'un système de récompense à mettre en place par l'affichage des noms des utilisateurs actifs. La démarche d'identification engage également les auteurs autant qu'elle est une forme de reconnaissance. Elle permettrait aussi d'identifier les <environnements institutionnels> les plus pertinents. Dans SMW (espace [K]) cela existe, dans l'outil Drupal (espace [I]) nécessiterait un développement spécifique.

Description des cas d'utilisation		Commentaires
K-230	Le système propose automatiquement de regrouper les pages communes par certaines de leurs catégories et propriétés sémantiques.	*Présent dans l'outil Agro-Peps* *Pas présent dans KOFIS*
S	**IV Fonctions relatives aux « sorties » disponibles**	
S-10	Dans l'espace [I], le système propose une édition "papier". Il est possible d'imprimer l'arborescence des billets associée à un sujet ainsi que n'importe quel billet avec les commentaires associés.	Par contre il n'y a pas de numérotation, ni de style particulier, donc pour distinguer clairement les sous-titres, les rédacteurs de billets doivent par exemple numéroter les titres des billets (exemple 1. une pomme de terre sans chardon, 1.1 jouer sur la rotation, 1.2 l'écimage, etc.)
S-20	Dans l'espace [K], à partir d'une requête, le système propose une sauvegarde électronique. Il n'est possible de sauvegarder qu'une page entière.	C'est-à-dire que la sauvegarde (téléchargement) ne peut se faire que pour une page entière et non pour un extrait de cette page.
S-30	Dans l'espace [K], à partir d'une requête, le système propose une édition « papier ». Il n'est possible d'imprimer qu'une page entière.	A partir du moment où une page est publiée, donc visible, elle peut être imprimée.
VNI	**V Fonctions du <visiteur>**	
VNI-10	Dans l'espace [I], un <visiteur> peut accéder en lecture à la liste des sujets et à leurs billets associés ; il peut imprimer l'arborescence des billets associés au sujet ainsi que chaque billet avec ses commentaires.	
VNI-20	Dans l'espace [K], un <visiteur> peut accéder en lecture à toutes les pages de connaissance ; il peut les imprimer quel que soit leur contenu. Le statut de la page l'informe de son degré de maturité.	
VI	**VI Fonctions de <l'environnement institutionnel>**	
VI-10	Pour <l'environnement institutionnel>, le système récupère automatiquement les droits des utilisateurs du type <visiteur>.	<l'environnement institutionnel> est un visiteur qui s'est identifié. Voir cas d'utilisation IK-80

Description des cas d'utilisation		Commentaires
VI-20	Dans l'espace [I], <l'environnement institutionnel> peut proposer des sujets innovants. Il annote le sujet qu'il propose y compris avec de nouveaux termes. Le système recherche s'il n'existe pas des sujets proches à partir de ces métadonnées. Si c'est le cas, le système propose les sujets trouvés à <l'environnement institutionnel>. Celui-ci évalue la proximité thématique de ces sujets. Il maintient ou non la création du sujet innovant. S'il maintient ce sujet, le système ouvre un nouveau billet point de départ de l'arborescence du sujet.	Possible manuellement
VI-30	Dans l'espace [I], <l'environnement institutionnel> peut proposer une solution qui enrichisse un sujet innovant ou un sujet à discussion. Il peut proposer cette solution à n'importe quel niveau de l'arborescence d'un sujet. Un billet s'ajoute à l'arborescence de billets associée au sujet.	Dans Drupal, un billet est un blog.
VI-40	Dans l'espace [I], <l'environnement institutionnel> tague n'importe quel nouveau sujet ou billet qu'il crée.	
VI-50	Dans l'espace [I], <l'environnement institutionnel> peut rajouter, modifier, supprimer les métadonnées associées aux billets qu'il a créés.	
VI-60	Dans l'espace [I], <l'environnement institutionnel> peut uniquement modifier, voire supprimer les billets dont il est l'auteur.	Cette suppression peut être assortie de conditions, par exemple cette suppression peut être empêchée s'il existe des commentaires.
VI-70	Dans l'espace [I], <l'environnement institutionnel> peut commenter n'importe quel billet en postant des commentaires. Seul <l'environnement institutionnel> peut modifier ou supprimer ses propres commentaires.	Sauf, si ce commentaire s'inscrit dans un fil de discussion
VI-80	Le système hiérarchise les commentaires selon le fil de l'échange, les réponses doivent être décalées par rapport au commentaire auquel elles répondent. Sinon, elles doivent être classées par ordre chronologique.	*Pas présent dans KOFIS*
VI-90	Un <environnement institutionnel> peut demander l'accès au statut de <système de connaissance agricole> : il effectue une demande par mail auprès d'un <modérateur>. Au préalable, il doit avoir rempli sa fiche utilisateur. Cette fiche comprend des renseignements comme son organisme, sa qualité, sa commune, son nom complet, etc. Le <modérateur> peut accepter cette évolution du statut du compte. S'il l'accepte, le <modérateur> transforme le compte de <l'environnement institutionnel> en compte <système de connaissance agricole> suivant les mêmes processus que décrits au cas d'utilisation IK-70.	Quelles sont les règles qui vont régir ce passage ? Un échange de mail a lieu entre un <modérateur> et <l'environnement institutionnel> et c'est le <modérateur> qui décide (l'échange de mail est externe à l'application, car il n'y a pas encore de serveur mail).

Description des cas d'utilisation		Commentaires
C	**VII Fonctions du <système de connaissance agricole>**	
C-10	Pour le <système de connaissance agricole>, le système récupère automatiquement les droits des utilisateurs du type <visiteur> et <environnement institutionnel>.	
C-20	Dans l'espace [I], un <système de connaissance agricole> peut modifier les métadonnées associées à n'importe quel billet.	
C-30	Dans l'espace [I], un <système de connaissance agricole> peut gérer l'arborescence d'un sujet. Il peut déplacer tous les billets.	
C-40	Dans l'espace [I], un <système de connaissance agricole> peut proposer au <modérateur> la suppression d'un billet.	Drupal ne permet pas la réinitialisation d'un billet s'il est supprimé.
C-50	Dans l'espace [K], un <système de connaissance agricole> peut proposer une nouvelle page.	
C-60	Dans l'espace [K], un <système de connaissance agricole> peut enrichir n'importe quelle page de connaissance, sauf si la page est bloquée.	
C-70	Dans l'espace [K], un <système de connaissance agricole> annote n'importe quelle page. Il peut rajouter une nouvelle annotation dans une page. Il peut modifier ou supprimer une annotation d'une page.	L'annotation repose sur des catégories et leurs propriétés. Le service Web Agrovoc n'est pas disponible pour SMW.
C-80	Dans l'espace [K], un <système de connaissance agricole> peut proposer au <modérateur> de supprimer une page de connaissance si elle aborde un sujet trop sensible, par exemple de la publicité.	Dans l'espace wiki, il y a une possibilité de réinitialiser la page.
C-90	Dans l'espace [K], un <système de connaissance agricole> évalue l'état général de la page (niveau de maturité des connaissances exposées, insuffisance des références…). Il affecte un statut à la page parmi les 3 statuts possibles.	Voir le cas d'utilisation K-170 Même si la page n’est pas complète, elle est diffusable.
C-100	Dans l'espace [K], un <système de connaissance agricole> modifie le statut d'une page de "En cours de rédaction" à "Aboutie" s'il évalue que son niveau a atteint une certaine maturité. Une page "Aboutie" peut toujours être modifiée, mais cette dénomination indique au lecteur que la page est complète et diffusable.	
C-110	Dans l'espace [K], si une page est bloquée et qu'un <système de connaissance agricole> considère qu'il y a des éléments de connaissance supplémentaires qui pourraient être apportés, un <système de connaissance agricole> exprime son souhait auprès d’un <modérateur> afin que celui-ci débloque la page.	Le <système de connaissance agricole> doit expliciter les « éléments de connaissances » qu’il souhaite ajouter.

Description des cas d'utilisation		Commentaires
C-120	Dans l'espace [K], chaque modification ou changement de statut d'une page peuvent être accompagnés d'une procédure d'alerte automatisée des comptes associés à cette page du type <système de connaissance agricole>.	Voir la fonctionnalité "liste de suivi" de l'outil SMW qui fonctionne sans mail
C-130	Un <système de connaissance agricole> peut signaler à un <modérateur> tout utilisateur ne respectant pas le code de bonne conduite.	
M	**VIII Fonctions du <modérateur>**	
M-10	Pour un <modérateur>, le système récupère automatiquement les droits des utilisateurs du type <visiteur>, <environnement institutionnel> et <système de connaissance agricole>.	
M-20	Dans l'espace [I], si le niveau des échanges devient trop polémique, un <modérateur> peut modifier ou supprimer n'importe quel billet.	
M-30	Dans l'espace [I], si le niveau des échanges devient trop polémique, le <modérateur> peut ne plus afficher les commentaires autour de la rédaction d'un sujet ou d'un billet. Dans ce cas, une information est fournie aux utilisateurs « les commentaires ne sont plus visibles compte tenu de … ».	
M-40	Dans l'espace [I], le <modérateur> peut supprimer des billets.	
M-50	Dans l'espace [I], un <modérateur> gère l'arborescence des métadonnées. Il peut rajouter, modifier ou supprimer des mots à la taxonomie de l'espace [I]. Il gère la hiérarchie des mots entre eux.	
M-60	Dans l'espace [I], si le <modérateur> modifie un mot de la taxonomie, le système répercute cette modification sur les billets tagués.	On ne peut pas modifier un terme du thésaurus Agrovoc. *Pas présent dans KOFIS*
M-70	Dans l'espace [I], si le <modérateur> supprime un mot de la taxonomie, et que ce mot tague un billet, le système empêche sa suppression.	
M-80	Dans l'espace [K], en cas de polémique ou dans le cas où une page aboutie est suffisamment complète pour ne plus être modifiée, un <modérateur> peut bloquer une fiche. Sur une page bloquée, le système affiche le statut "Aboutie" ou le statut "Polémique" selon le cas.	Une page bloquée ne peut plus être modifiée.
M-90	Dans l'espace [K], un <modérateur> peut débloquer une page.	
M-100	Dans l'espace [K], un <modérateur> peut supprimer une page.	
M-110	Dans l'espace [K], lors de la création d'une page, le système alerte le <modérateur> par mail.	*Pas présent dans KOFIS, car pas de serveur mail*

Description des cas d'utilisation		Commentaires
M-120	Dans l'espace [K], un <modérateur> gère l'ontologie. Il accède au navigateur d'ontologie. Il peut rajouter, modifier ou supprimer une catégorie ou une propriété. Il accède au système de requête sémantique.	Le système interdit à un <système de connaissance agricole> de créer une page "Catégorie" ou "Propriété".
M-130	Dans l'espace [K], si le <modérateur> modifie une catégorie ou une propriété, le système répercute cette modification sur les pages annotées.	*Pas présent dans KOFIS*
M-140	Dans l'espace [K], si le <modérateur> supprime une catégorie ou une propriété et qu'elle est associée à une page, le système empêche cette suppression.	La suppression est effective, mais les pages déjà annotées continuent de l'être. *Pas présent dans KOFIS*
M-150	Dans l'espace [K] comme dans l'espace [I], le <modérateur> propose au système de regrouper les contributions de chaque utilisateur.	Cette fonctionnalité facilite l'évaluation d'un utilisateur.
M-160	Le <modérateur> crée les comptes du type <modérateur> et <système de connaissance agricole>. Pour chaque nouvel utilisateur, il lui propose d'approuver les conditions d'utilisation. Une fois approuvées, le <modérateur> propose au nouvel utilisateur de créer un login/mot de passe.	
M-170	Le <modérateur> peut changer le statut des comptes.	
M-180	Le <modérateur> peut bloquer des comptes.	
M-190	Le <modérateur> peut renommer un utilisateur.	Si <l'environnement institutionnel> dispose uniquement d'un pseudo et qu'il souhaite devenir <système de connaissance agricole>, son pseudo peut être renommé.
A	**IX Fonctions de <l'administrateur>**	
A-10	Pour un <administrateur>, le système récupère automatiquement les droits des utilisateurs du type <visiteur>, <environnement institutionnel>, <système de connaissance agricole> et <modérateur>.	
A-20	<L'administrateur> peut supprimer un compte, s'il est considéré comme un compte vandale.	La suppression des comptes se fait via la base de données.
A-30	<L'administrateur> peut archiver les échanges de l'espace [I] autour des sujets innovants.	*Pas présent dans KOFIS*
A-40	<L'administrateur> peut modifier les droits types des quatre autres types d'usager, dans le sens qu'il peut décider de ce qu'un type d'usager peut faire ou voir.	
A-50	<L'administrateur> peut modifier l'architecture des deux espaces.	

V-4 ANNEXE 4 : DESCRIPTION D'UNE PROPOSITION INNOVANTE D'APPARIEMENT

A un instant donné, dans KOFIS, ses deux vocabulaires d'annotation divergent. Pour pouvoir exprimer des requêtes, nous devons coupler les termes de ces deux vocabulaires. Nous présentons une méthode d'appariement originale issue de la technique du Similarity Flooding.

V-4-1 Technique d'appariement du Similarity Flooding

La description du SF (Similarity Flooding) est reprise de l'article de (Melnik, Garcia-Molina et al. 2002). SF combine l'approche terminologique et l'approche structurelle. L'idée maîtresse de SF est la suivante : si deux termes "a" et "b" ont leurs voisinages respectifs proches, alors "a" et "b" sont proches. A partir de l'exemple présenté dans la Figure V-6, nous allons expliciter l'algorithme de SF. Nous allons comparer deux termes "a" et "b" en analysant le degré de similitude de leur voisinage. Les deux graphes "A" et "B" représentent respectivement le voisinage de "a" et celui de "b". Les termes de "A" [a, a_1 et a_2] sont reliés par deux types de relation l1 ou l2. Chacune de ces deux relations est orientée. De la même manière, l1 et l2 gouvernent les liens entre les termes [b, b_1 et b_2] de "B".

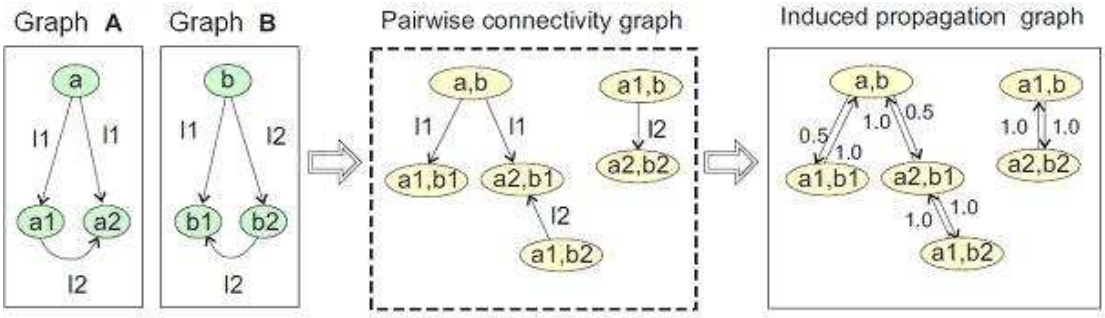


Figure V-6 : exemple illustrant l'algorithme d'appariement de Similarity Flooding
(Melnik, Garcia-Molina et al. 2002)

La mesure de similarité de l'algorithme SF suit les phases suivantes :

- A partir de deux termes issus respectivement du graphe "A" puis du graphe "B", le système construit des paires. Le graphe "G", intitulé "Pairwise connectivity graph", associe tous les couples possibles basés sur le même type de relation entre les termes respectifs de chaque paire. Ainsi, depuis "a" et "b", la relation l1 est orientée respectivement vers "a_1" et "b_1". Le système propose donc une relation l1 entre les deux couples (a,b) et (a_1,b_1). Dans un second temps, le système calcule le poids de chaque arête dans "G". Depuis le couple (a,b), deux relations sont possibles vers (a_1,b_1) et (a_2,b_1). Toutes les deux sont aussi probables. Pour chacune des deux arêtes émanant de (a,b), le coefficient de propagation, intitulé pc, porte donc la valeur de 0.5.

- Pour chaque couple (a_i,b_j) présent dans "G", le système mesure la proximité terminologique des deux termes a_i et b_j. La fonction σ^0_{SF} (a_i,b_j) calcule cette proximité. Elle renvoie une valeur comprise entre 0 et 1. Plus les deux termes a_i et b_j sont proches, plus la valeur de σ^0_{SF} (a_i,b_j) est voisine de 1.
- Une fois initialisée chaque valeur σ^0_{SF} (a_i,b_j), le système calcule la proximité terminologique des deux voisinages de "a" et "b" par la fonction σ^{i+1}_{SF}(a,b). Celle-ci est obtenue par itération successive grâce à la formule présentée ci-dessous :

  σ^{i+1}_{SF}(a,b) = σ^{i}_{SF}(a,b) +

  $$\sum_{((a_j,b_m),l_e,(a,b))\in G} \sigma^i_{SF}(a_j,b_m)\times pc\left((a_j,b_m)\times l_e\times(a,b)\right) + \sum_{((a,b),l_e,(a_k,b_n))\in G} \sigma^i_{SF}(a_k,b_n)\times pc\left((a_k,b_n),l_e,(a,b)\right)$$

  Par exemple, pour le calcul respectif de σ^1_{SF}(a,b) et de σ^2_{SF}(a,b), nous obtenons les équations suivantes :

  σ^1_{SF}(a,b) = σ^0_{SF}(a,b) + σ^0_{SF}(a_1,b_1) x 1.0 + σ^0_{SF}(a_2,b_1) x 1.0

  σ^2_{SF}(a,b) = σ^1_{SF}(a,b) + σ^1_{SF}(a_1,b_1) x 1.0 + σ^1_{SF}(a_2,b_1) x 1.0

  Avec σ^1_{SF}(a_1,b_1) = σ^0_{SF}(a_1,b_1) + σ^0_{SF}(a,b) x 0.5

  et σ^1_{SF}(a_2,b_1) = σ^0_{SF}(a_2,b_1) + σ^0_{SF}(a,b) x 0.5 + σ^0_{SF}(a_1,b_2) x 1.0
- .La phase suivante est celle de la normalisation. A chaque étape, ici (i+1), chaque résultat σ^{i+1}_{SF}(a_i,b_j) est divisé par la valeur σ^{i+1}_{SF} la plus élevée. Le résultat obtenu est ainsi compris dans l'intervalle [0,1].
- Chaque nouvelle étape explore la structure du graphe "G" un peu plus profondément. Le calcul informatique s'arrête lorsque la différence entre σ^{i+1}_{SF} et σ^{i}_{SF} est inférieure à un seuil prédéfini "α". Si le résultat ne converge pas, l'utilisateur de l'algorithme prédétermine le nombre maximal d'itérations.

V-4-2 <u>Notre proposition innovante</u>

Dans (Chhuo, Roussey et al. 2012), nous avions fait une proposition innovante en particulier pour construire le graphe "G" de connexion des paires. Dans ce paragraphe, nous avançons une nouvelle proposition d'appariement et notamment un second mode original de construction de "G".

A <u>Les étapes de l'appariement</u>

Dans l'espace [I] de KOFIS, les tags "t_i" issus de son thésaurus Agrovoc+ sont à comparer aux catégories "c_j" de l'ontologie de l'espace [K]. Dans la méthode SF, par le mode même de construction de "G", certains couples (t_i,c_j) sont impossibles. Nous proposons donc de construire la fonction $\sigma_{\mathrm{mod}\,if}(t_i,c_j)$ en rajoutant la méthode terminologique à la méthode du Similarity Flooding pour ne pas écarter certains couples de l'analyse. Les deux fonctions $\sigma_{term}(t_i,c_j)$ et $\sigma_{SF}(t_i,c_j)$ mesurent l'application de chacune de ces deux méthodes à la paire (t_i,c_j). Pour calculer la valeur de $\sigma_{\mathrm{mod}\,if}(t_i,c_j)$, nous faisons le choix d'une importance similaire du poids de ces deux méthodes.

$$\sigma_{\mathrm{mod}\,if}(t_i, c_j) = 0.5 \times \sigma_{term}(t_i, c_j) + 0.5 \times \sigma_{SF}(t_i, c_j) \quad (1)$$

La Figure V-7 ci-dessous illustre les différentes phases d'application de l'algorithme.

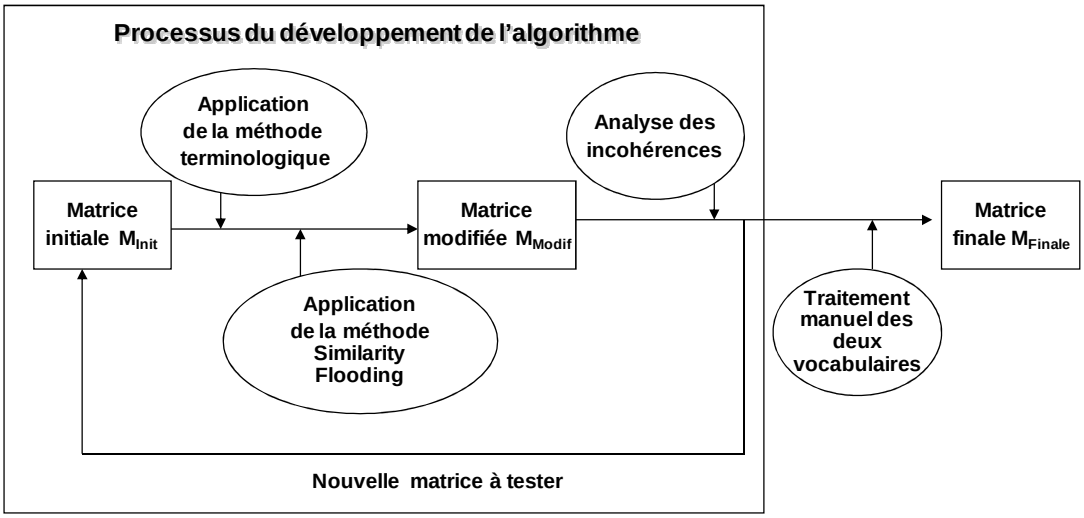


Figure V-7 : algorithme d'appariement entre les termes de [I] et les catégories de [K]

Nous allons décrire successivement ces différentes étapes :

- La matrice, "M_{Init}", stocke la mesure initiale de similarité par paire $\sigma_{initial}(t_i, c_j)$. "$M_{Init}$", comprend les paires ($t_i$,$c_j$), avec "$t_i$", appartenant à la taxonomie T[I] de l'espace [I], et "c_j" appartenant à l'ensemble des catégories T[K] de l'espace [K]. Certains appariements sont déjà détectés. Pour ces paires, leur valeur d'appariement est de 1. Si un terme "t_i" a déjà été identifié, alors ce même terme ne peut pas se retrouver dans une autre paire. Dans ce dernier cas, la valeur d'appariement du couple (t_i,c_m) est donc nulle. L'inverse n'est pas certain puisque le moindre contrôle de la taxonomie dans [I] peut y conduire à la présence de synonymes. La matrice initiale regroupe un ensemble de paires associées à la valeur 1 ou 0 et des paires dont la valeur $\sigma_{initial}(t_i, c_j)$ est inconnue.

$$\forall\ t_i \in T[I], \text{ si } \exists \text{ un } c_j \in T[K], \text{ tq } \sigma_{initial}(t_i, c_j) = 1$$
$$\text{Alors } \forall\ c_m \in T[K] \neq c_j,\ \sigma_{initial}(t_i, c_m) = 0$$
$$\text{Si } \sigma_{initial}(t_n, c_o) \neq 0 \text{ et } \neq 1 \text{ alors } \sigma_{initial}(t_n, c_o) = \text{inconnu} \quad (2)$$

- L'application de la méthode Similarity Flooding vient à la suite de la méthode terminologique car la première a besoin de la seconde pour se réaliser. Ces deux méthodes vont produire une nouvelle matrice "M_{Modif}". Là où $\sigma_{initial}(t_i, c_j)$ prend la valeur de 1, alors le système ne leur applique aucune des deux méthodes ainsi qu'à tous les couples (t_i,c_m) associés au même t_i.

$\forall$ $t_i \in$ T[I], si $\exists$ un $c_j \in$ T[K], tq $\sigma_{initial}(t_i, c_j) = 1$

Alors $\sigma_{\mathrm{mod}\,if}(t_i, c_j) = 1$

$\forall$ $c_m \in$ T[K] $\neq$ c_j, $\sigma_{\mathrm{mod}\,if}(t_i, c_m) = 0$ (3)

Par la méthode même de construction de "G", nous avons vu que certains couples sont impossibles. Nous posons que leur mesure de similarité σ_{SF} est égale à zéro.

Si $\sigma_{init}(t_n, c_o) \neq 0$ et $\neq 1$ et $(t_n, c_o) \in$ "G",

Alors $\sigma_{\mathrm{mod}\,if}(t_n, c_o) = \sigma_{term}(t_n, c_o) + \sigma_{SF}(t_n, c_o)$

Si $\sigma_{init}(t_n, c_o) \neq 0$ et $\neq 1$ et $(t_n, c_o) \notin$ "G",

Alors $\sigma_{\mathrm{mod}\,if}(t_n, c_o) = \sigma_{term}(t_n, c_o)$ (4)

- Le résultat identifie pour un "t_i" donné une valeur maximale $\sigma_{\mathrm{mod}\,if}(t_i, c_j)$. Cette valeur, si elle est significative i.e. supérieure à un seuil autorisé, va conduire le système à apparier "t_i" à "c_j". Or, le système peut proposer l'appariement de "t_i" à d'autres catégories. Il produit donc un certain nombre de résultats contradictoires que seule une intervention humaine peut corriger. Une nouvelle matrice M_{Init} est proposée à l'algorithme pour un nouveau test.
- Lorsqu'aucun appariement n'est possible, cette phase peut conduire à une proposition d'enrichissement des vocabulaires respectifs de [I] et de [K] mais aussi à des regroupements des tags synonymes.
- Enfin, nous aboutissons à la matrice finale "M_{Finale}", où un tag "t_i" est définitivement associé à une catégorie c_j,

$\forall$ $t_i \in$ T[I], $\exists$ seulement un $c_j \in$ T[K], tq $\sigma_{final}(t_i, c_j) = 1$

Sinon $\forall$ $c_m \in$ T[K] $\neq$ c_j, $\sigma_{final}(t_i, c_m) = 0$ (5)

Cette matrice finale sera le point de départ du prochain processus d'appariement, selon une fréquence liée à l'intensité d'utilisation de l'application KOFIS.

B Mode de construction du graphe de connexion des paires

Nous allons maintenant décrire une méthode de construction du graphe "G" qui est le cœur de notre proposition innovante. Dans la mesure où le vocabulaire d'annotation est libre, un utilisateur peut très bien simplifier la présentation d'un thème en omettant d'inscrire un sous-thème, que cela soit dans T[I] ou dans T[K]. Ainsi, Agrovoc+ contient les trois termes hiérarchisés "Bioagresseur", "Adventice" et "Chardon des champs" alors que dans [K], l'ontologie comprend la catégorie "Bioagresseur" puis les deux sous-catégories "Adventice" et "Chardon". Dans l'un ou l'autre de ces deux vocabulaires, le terme "Adventice" aurait pu ne pas apparaître. Cette absence d'un terme intermédiaire complique l'appariement. Rien ne permet actuellement dans la méthode SF de régler cette difficulté. Nous proposons donc de rajouter dans le graphe "G" de nouvelles paires basées sur la relation de transitivité des relations hiérarchiques. Dans (Chhuo, Roussey et al. 2012), nous avions

proposé de créer ces relations transitives uniquement pour les catégories de [K]. Ici, nous rajoutons ce type de relation transitive aussi bien dans [I] que dans [K] :

- Dans T[I], la relation est une relation hiérarchique informelle identique à la relation générique/spécifique d'un thésaurus. Nous intitulons cette relation *subTopic.* Les usagers de KOFIS vont créer ce type de lien entre les termes. Nous faisons l'hypothèse de sa transitivité.

  S'il $\exists$ t_i, t_k, $t_l \in$ T[I], tq *subTopic* $(t_i,t_k) \in$ T[I] et *subTopic* $(t_k,t_l) \in$ T[I] alors :

  $$subTopic\ (t_i,t_l) \in T[I] \quad (6)$$

- Dans T[K], la relation est identifiée par une relation formelle *subClassOf* proposée par le langage d'ontologie OWL[204]. Cette relation hiérarchise deux catégories. Elle est transitive, i.e. :

  S'il $\exists$ c_i,, c_k, $c_l \in$ T[K], tq *subClassOf* $(c_i,c_k) \in$ T[K] et *subClassOf* $(c_k,c_l) \in$ T[K] alors :

  $$subClassOf(c_i,c_l) \in T[K] \quad (7)$$

Nous allons plus particulièrement détailler notre proposition d'adaptation de SF, en nous aidant de la Figure V-8.

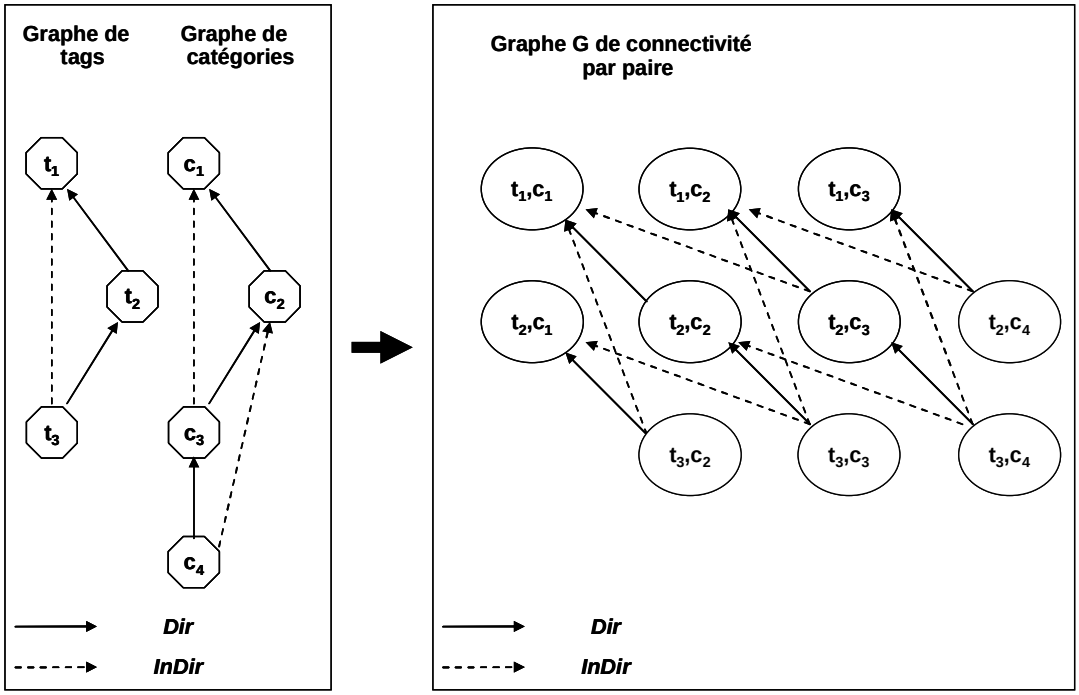


Figure V-8 : construction du graphe de connectivité par paire

Ces deux relations *subTopic et subClassOf* sont des relations hiérarchiques transitives. Nous les considérons donc comme équivalentes. Nous appelons *Dir* cette relation commune à T[I] et T[K]. Lors de la création du graphe "G", nous allons créer une relation du même type. Cette relation reprend le principe de construction des

[204] W3C. (2004). "OWL Web Ontology Language Reference (Document Status Update, 12 November 2009) http://www.w3.org/TR/owl-ref/."

relations dans le Pairwise Connectivity Graph (PCG) selon la méthode du SF. Elle est construite selon la formule :

$$<t_i,Dir,t_j> \in T[I],\ <c_m,Dir,c_n> \in T[K] \Leftrightarrow <(t_i,c_m),Dir,(t_j,c_n) \in \text{"G"} \qquad (8)$$

Maintenant, nous allons traiter le cas où l'utilisateur n'a pas décrit un niveau hiérarchique soit dans T[I], soit dans T[K], alors même que celui-ci est présent dans l'un ou l'autre de ces deux vocabulaires. Pour ce faire, nous rajoutons une relation *InDir* dans T[I] et T[K] en jouant sur la propriété transitive de la relation *Dir.* Cette nouvelle relation *InDir* va ignorer un seul niveau hiérarchique. Ainsi, dans notre exemple, aucune relation *InDir* ne va être créée entre c_4 et c_1. Cette nouvelle relation *InDir* repose sur l'appariement entre les termes des deux paires reliés par une relation du type *Dir* et une autre relation du type *InDir*.

$$<t_i,Dir,t_j> \in T[I],\ <c_m,InDir,c_n> \in T[K] \Leftrightarrow <(t_i,c_m),InDir,(t_j,c_n) \in \text{"G"}$$

Ou

$$<t_i,InDir,t_j> \in T[I],\ <c_m,Dir,c_n> \in T[K] \Leftrightarrow <(t_i,c_m),InDir,(t_j,c_n) \in \text{"G"} \qquad (9)$$

Par contre, la combinaison de deux relations indirectes suppose que la même hiérarchie est respectée dans les deux vocabulaires. Pour que cette combinaison apporte de la valeur ajoutée, il faudrait que les deux termes intermédiaires soient mal appariés, alors même que l'appariement serait correct à un niveau inférieur, ce qui est intuitivement improbable. Ce type de combinaison n'est donc pas retenu.

Maintenant que nous avons construit le graphe "G", nous calculons le degré de propagation de ses arcs. Nous ne pouvons pas mettre sur le même plan les relations directes et les relations indirectes, les premières étant plus probables que les secondes. Nous posons donc que le poids d'une relation directe est le double d'une relation indirecte.

Soit n = NDir + $\frac{1}{2}$ x NIndir avec NDir nombre de relations *Dir* et NIndir nombre de relations *InDir*.

$$Pc = \begin{cases} \frac{1}{n} \text{ pour une relation directe Dir} \\ \frac{1}{2n} \text{ pour une relation indirecte InDir} \end{cases} \qquad (10)$$

Avec cette adaptation innovante de SF, les besoins en ressources informatiques sont plus importants. En effet, même si nous avons limité la suppression à un seul niveau hiérarchique, nous démultiplions le nombre de relations dans "G". Par contre, plus l'algorithme est appliqué fréquemment, plus les termes ayant une fonction $\sigma_{initial}(t_i, c_m)$ égale à 0 ou 1 sont nombreux, ce qui simplifie les besoins en calcul. Ainsi, en partant d'un alignement initial entre le terme "t_2" et la catégorie "c_3", le graphe "G" épuré, présenté dans la Figure V-9, se résume à 7 paires dont une identifiée et 6 relations contre 10 paires et 13 relations précédemment dans le graphe "G" non épuré.

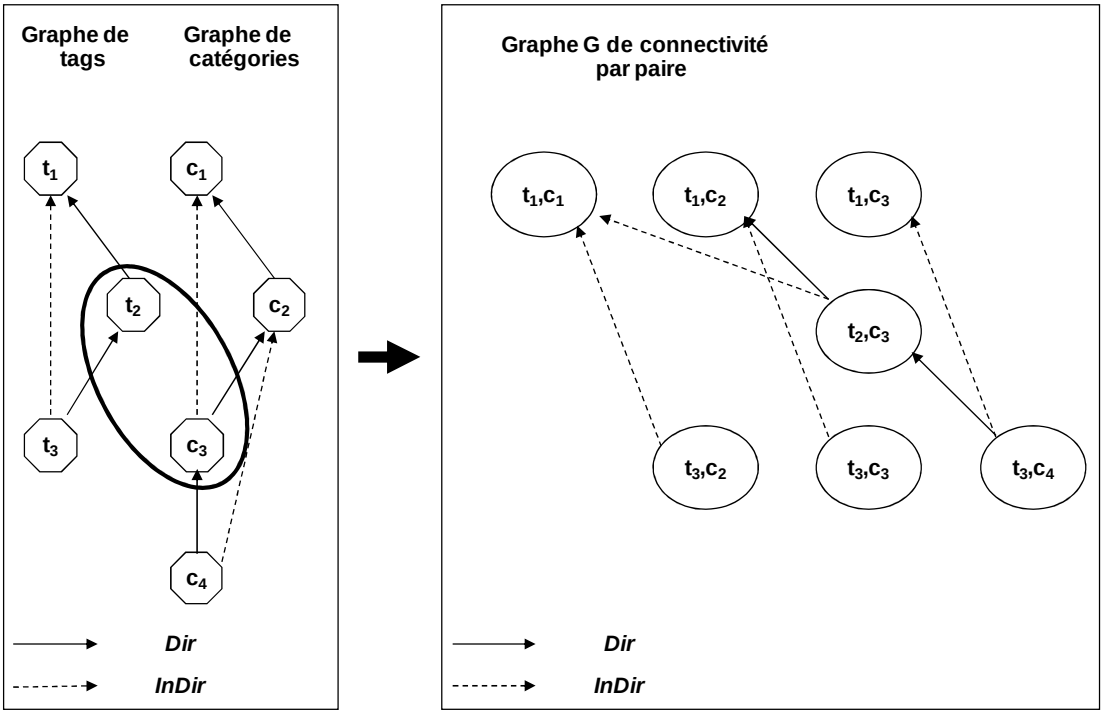


Figure V-9 : épuration du graphe de connectivité par paire

BIBLIOGRAPHIE

Abd-el-Kader, Y. (2006). Conception et exploitation d'une base de métadonnées de traitements informatiques, représentation opérationnelle des connaissances d'expert : Application au domaine géographique. Caen, Université de Caen**:** 253 pages.

Abt, V. (2008). Des enjeux de gestion actuels à la nécessité de disposer d'un cadre méthodologique pour la représentation métier de l'entreprise agricole Contexte et enjeux de la recherche (Document provisoire) 58 pages.

Abt, V. (2010). Une approche méthodologique et de modélisation des exploitations agricoles dans une perspective d'ingénierie d'entreprise et de système d'information. Paris, Dauphine Université 665 pages

ACTA (2007). Mes documents sur l'exploitation Description et éléments de gestion. Paris 384 pages.

AFNOR (1985). Analyse de la valeur Recommandations pour sa mise en oeuvre, NF X50-153.

AFNOR (1990). Analyse de la valeur. analyse fonctionnelle. Vocabulaire. NF X 50-150.

AFNOR (1990). Analyse de la valeur. Caractéristiques fondamentales, NF X 50-152.

AFNOR (2000). Outil de management - Capitalisation d'expérience, FD X50-190.

Aggeri, F. et A. Hatchuel (2003). "Ordres socio-économiques et polarisation de la recherche dans l'agriculture : pour une critique des rapports science/société." Elsevier Sociologie du travail 45: Pages 113-133.

Alavi, M. et D. Leidner (2001). "Knowledge management and knowledge management systems : Conceptual foundations and research issues." MIS Quarterly Vol.25 n°1 : pages 107-136.

Alberti, P. (2009). La créativité en conception industrielle : notions et méthodes. Paris, Techniques de l'ingénieur Edition T.I.

Alter, N. (2000). L'innovation ordinaire. Paris, Puf/Sociologie Quadrige - Essais débats.

Altshuller, G. (1984). Creativity as an exact science : the theory of the solution of inventive problems. Amsterdam, Gordon and Breach Publ.

Altshuller, G. (1997). 40 Principles : TRIZ Keys to technical Innovation. Worcester, Ma USA, Technical Innovation Center.

Ameglio, F. (2005). Les lois d'évolution de Triz Pour une nouvelle méthode de veille prospective. Centre de recherche rétrospective de Marseille, Université Paul Cézanne Aix-Marseille III (UPCAM) Master recherche.

Andro, T., J. Bachacou, P. Delhotal, G. Fayet, J. Le Renard et J.-P. Rellier (1987). Un ensemble de systèmes experts pour l'aide au diagnostic des maladies des plantes cultivées en France. 7e Journées Internationales : Les systèmes experts et leurs applications, Avignon, France.

Argyris, C. (1994). "Good communication that blocks learning." Harvard Business Review.

Aubertin, G. (2007). Cartographier les connaissances critiques : une démarche stratégique pour l'entreprise. Management des connaissances en entreprise. Lavoisier. Paris, Hermes Science Pages 125-144.

Aubertot, J. N., J. M. Barbier, A. Carpentier, J. J. Gril, L. Guichard, P. Lucas, S. Savary, I. Savini et M. Voltz (2005). Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux, Expertise scientifique collective, synthèse du rapport. France, INRA et Cemagref 64 pages.

Baker, T. et J. Keizer (2010). Linked Data for Fighting Global Hunger : Experiences in setting standards for Agricultural Information Management Linked Enterprise Data, Springer US**:** Pages 177-201.

Ballot, R., L. Guichard, J. Halska, E. Lambert, S. Minette et V. Soulignac (2011). Agro-PEPS - Un outil web collaboratif d'informations techniques et d'échanges Poster. Colloque RMT Systèmes de culture innovants Vers des systèmes de culture innovants et performants : de la théorie à la pratique pour concevoir, piloter, évaluer, conseiller et former. Paris.

Balmisse, G. (2006). Outil du KM Panorama, choix et mise en oeuvre Seconde édition actualisée, Knowledge consult 81 pages.

Barjolle, D., D. Bourdin et E. Waldmeier (2010). Comparaison entre les systèmes de connaissances agricoles de sept pays européens. ISDA 2010 Agriculture and Food, Montpellier.

Baumeister, J., J. Reutelshoefer, K. Nadrowski et A. Misok (2007). Using knowledge wikis to support scientific communities. 1st Workshop on scientific communities of practice (SCOOP), Bremen, Germany.

Bazile, D., I. Besson et J.-C. Bureau (2009). Nourrir les hommes, un dictionnaire, Editions Atlande.

Bazin, G. (2002). Les voyages en France d'un agronome ou trente années d'évolution de l'agriculture française vue par René Dumont. Un agronome dans son siècle. Paris, Karthala-INAPG Pages 56-68.

Beck, U. (1986). La société du risque sur la voie d'une autre modernité, Flammarion.

Benhamou, P., J.-L. Ermine, J.-P. Taran, T. Tounkara et A. Waeters (2001). Evolution des connaissances et innovation Application à une technologie laser à l'Onera. Extraction des connaissances et apprentissage, Hermes science publications Pages 279-290.

Benmahamed, D. et J.-L. Ermine (2007). Concevoir des dispositifs de transfert de savoir-faire métiers dans une démarche de management des connaissances : Cas pratique. Management des connaissances en entreprise. Lavoisier. Paris, Hermes Science Pages 289-307.

Bernard de Raymond, A. (2003). Des Halles Centrales de Paris aux Marchés d'Intérêt National La construction sociale d'un marché national des fruits et légumes, Ecole Nationale Supérieure de Cachan 217 pages.

Berners-Lee, T., J. Hendler et L. Ora (2001). The semantic Web. Scientic American, **:** Volume 284(285) Pages : 234-243.

Beylier, C. (2007). Une approche collaborative de gestion des connaissances Application à une PME du secteur de l'ingénierie mécanique, Université Joseph Fourier Grenoble 200 pages.

Bezard, J.-M. (2007). Gestion des connaissances et innovation. Management des connaissances en entreprise. Lavoisier. Paris, Hermes Science Pages 229-235.

Billam, R. et F. Pathy (2002). Amélioration continue dans l'entreprise. Paris, Techniques de l'ingénieur Edition T.I.

Binot, C. et A. Dudezert (2007). Place du KM dans les nouveaux modes organisationnels : la "network centric enterprise". Vers le KM 2.0 Quel management des connaissances imaginer pour faire face aux défis futurs. Vuibert. Paris Pages 151-166.

Bizer, C., T. Heath et T. Berners-Lee (2009). "Linked Data - The Story So Far." Elsevier International Journal on Semantic Web and Information Systems 5(3), Pages 1-22.

Bockstaller, C., M.-B. Galan, M. Capitaine, B. Colomb, J. Mousset et P. Viaux (2008). Comment évaluer la durabilité des systèmes en production végétale. Systèmes de culture innovants et durables Quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ? E. éditions. Paris Pages 29 à 51.

Bortzmeyer, M., S. Couvreur, J.-M. Meynard, P. Mischler, C. Mouchet, S. Pageot, C. Raiffaud et P. Viaux (2011). Communiqué. Conférence de consensus : "Quel référentiel pour l'Agriculture Biologique" Paris.

Boughzala, I. (2007a). Communautés professionnelles virtuelles et gestion des connaissances. Management des connaissances en entreprise. Lavoisier. Paris, Hermes Science Pages 167-188.

Boughzala, I. (2007b). Ingénierie de la collaboration pour le KM. Vers le KM 2.0 Quel management des connaissances imaginer pour faire face aux défis futurs ? Vuibert. Paris**:** Pages 21-33.

Boughzala, I. et J.-L. Ermine (2007). Management des connaissances en entreprise. Paris, Lavoisier.

Bourdon, I. (2004). Les facteurs de succès des systèmes intégratifs d'aide à la gestion des connaissances. Montpellier, Université Montpellier II Sciences et techniques du Languedoc 397 pages.

Boutaud, A. (2002). Elaboration de critères et indicateurs de développement durable (CIDD) pour les collectivités locales. Ecole des mines de Saint Etienne/centre Site. Saint Etienne 59 pages.

Brives, H. (2006a). La voie française entre l'Etat et profession, l'institution du conseil agricole. Conseiller en agriculture. Paris, INRA, Educagri éditions Pages 15-30.

Brives, H. (2006b). Les conseillers agricoles et l'environnement : Quelles compétences ? Conseiller en agriculture, INRA, Educagri éditions Pages 169-182.

Brossier, J., E. Chia et E. Marshall (1990). Recherche en gestion : vers une théorie de la gestion de l'exploitation agricole. Modélisation systémique et système agraire Décision et organisation. Paris INRA Pages 65-92.

Brossier, J., B. Vissac et J.-L. Le Moigne (1990). Modélisation systémique et système agraire Décision et organisation. Versailles, INRA.

Brown, J. S. et P. Duguid (2000). "Organizing knowledge." Harvard Business Review.

Brundtland, G. H. (1987). Our Common Future, United Nations 374 pages.

Buffa, M., G. Ereteo et F. Gandon (2007). Wiki et Web sémantique. 18e journées francophone d'Ingénierie des Connaissances, Grenoble.

Butault, J. P., C. A. Dedryver, C. Gary, L. Guichard, F. Jacquet, J. M. Meynard, P. Nicot, M. Pitrat, R. Reau, B. Sauphanor, I. Savini et T. Volay (2010). Ecophyto R&D Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides. Paris, INRA 90 pages.

Buzon, L. (2006). Contribution à la structuration des échanges de connaissances dans le cadre de relations de collaboration dans les chaînes logistiques. Lyon, Université Lumière-Lyon II 182 pages.

Calvo-Iglesias, S., R. Crecente-Maseda et U. Fra-Paleo (2006). "Exploring farmer's knowledge as a source of information on past and present cultural landscapes A case study from NW Spain." Elsevier ScienceDirect Landscape and urban planning 78: pages 334-343.

Caquard, S. (2000). “Information et gestion participative de l'eau - Comment communiquer quelle information à quels acteurs ?”. L'eau, l'aménagement du territoire et le développement durable, Paris.

Cardon, D. (2008). "La vigilance participative. Une interprétation de la gouvernance de Wikipedia." Réseaux 6 n°152 : pages 7-17.

Cavallucci, D. (1999). L'approche altshullerienne de la créativité. Paris, Techniques de l'ingénieur Edition T.I.

Cerf, M., D. Gibbon, B. Hubert, R. Ison, J. Jiggings, M. Paine, J. Proost et N. Röling (2000). Cow up a tree Knowing and learning for change in agriculture, Case studies from industrialised countries. Paris, INRA.

Cerf, M. et D. Lenoir (1987). Le développement agricole en France, Presses universitaires de France Que sais-je ?

Cerf, M. et F. Maxime (2006). La coproduction du conseil : un apprentissage difficile. Conseiller en agriculture, INRA, Educagri éditions Pages 137-152.

Cerf, M. et J.-M. Meynard (2004). Les outils d'aide à la décision pour la conduite des cultures. "Agronomes et Innovations" enjeux, outils et méthodes, perspectives, Journées Olivier de Serres les entretiens du Pradel.

Cerf, M., F. Papy, C. Aubry et J.-M. Meynard (1990). Théorie agronomique et aide à la décision. Modélisation systémique et système agraire Décision et organisation. Paris, INRA Pages 181-202.

Cerf, M. et M. Sebillotte (1988). Le concept de modèle général et la prise de décision dans la conduite de culture. Séance du 15 juin 1988, Paris, Académie d'agriculture de France.

Cerf, M. et M. Sebillotte (1997). "Approche cognitive des décisions de production dans l'exploitation agricole." Economie rurale Volume 239 Numéro 1: pages 11-18.

Chambre régionale d'agriculture de Bourgogne (2009). Rosace Bourgogne Du terrain...à la prospective. Dijon 5 pages.

Charlet, J., M. Zacklad, G. Kassel et D. Bourigault (2000). Ingénierie des connaissances : recherches et perspectives. Ingénierie des connaissances Evolutions récentes et nouveaux défis. Paris, Eyrolles Pages 1-22.

Chebel-Morello, B. (2008). Définition d'un modèle générique des systèmes de retour d'expérience en entreprise. 7e Conférence Internationale de MOdélisation et SIMulation, Paris.

Chhuo, V., C. Roussey, V. Soulignac, S. Bernard et J. P. Chanet (2012). Une nouvelle méthode d'appariement entre deux vocabulaires d'annotation. 12e Conférence Internationale Francophone sur l'Extraction et la Gestion des Connaissances, Bordeaux.

Chilin Charles, Y. (2008). Analyse et modélisation des systèmes d'information en protection des cultures Cas de l'agriculture conventionnelle Mémoire de fin d'études d'ingénieur. Aubière, Enitac, Cemagref 115 pages.

Cohendet, P. et J.-L. Gaffard (2010). Coordonner plutôt qu'inciter pour connaître. 3e Conférence Francophone Gestion des Connaissances, Société et Organisations 2010, Strasbourg.

Cohendet, P. et P. Llerena (1999). "La conception de la firme comme processeur de connaissances." Revue d'économie industrielle Volume 88 Numéro 1: pages 211-235.

Collongues, A., J. Hugues et A. Laroche (1986). Merise Méthode de conception, Dunod Informatique.

Colson, F. (2006). L'Etat et les conseillers agricoles Des Etats généraux du développement aux CTE : les enjeux politiques de l'encadrement technique de l'agriculture. Conseiller en agriculture. Paris, INRA, Educagri éditions Pages 59-69.

Compagnone, C., F. Hellec, K. Macé, P. Morlon, N. Munier-Jolain et L. Quéré (2008). "Raisonnement des pratiques et des changements de pratiques en matière de désherbage : regards agronomiques et sociologiques à partir d'enquêtes chez des agriculteurs." Innovations agronomiques: pages 89-105.

Compagnone, C., F. Kockmann, B. Lémery, P. Moretty et S. Petit (2010). Quelle structuration des activités des chambres d'agriculture ? L'émergence d'une grille d'analyse. Colloque SFER "Conseil en agriculture: acteurs, marchés, mutations", Dijon.

Conein, B. (2003). Communauté épistémique et réseaux cognitifs : coopération et cognition distribuée, Revue d'Economie Politique : économie des communautés médiatées 25 pages.

Cour des comptes (2008). Rapport public : les aides au développement agricole.

Courteille, A., P. Allot, J.-P. Tarditi, J.-L. Ermine et M. Le Coq (2002). Ingénierie des connaissances et innovation Application dans le domaine de l'automobile. Extraction des connaissances et apprentissage, Hermes.

Dacos, M. et P. Mounier (2010). L'édition électronique. Paris, La découverte.

Darré, J.-P. (1999). La production de connaissance dans les groupes locaux d'agriculteurs. L'innovation en agriculture : Questions de méthodes et terrains d'observation. IRD**:** Pages 93-112.

Darré, J.-P. (2004b). Bases théoriques et antécédents de l'étude des formes de connaissances dans les activités pratiques. Le sens des pratiques, Conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes. Paris, INRA Pages 53-69.

Darré, J.-P. (2004c). La conduite des entretiens et le choix des cas. Le sens des pratiques, Conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes. Paris, INRA Pages 77-84.

Darré, J.-P., A. Mathieu et J. Lasseur (2004a). Le sens des pratiques, Conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes. Paris, INRA.

Davenport, T. et L. Prusak (1998). Working knowledge : how organizations manage what they know, Havard Business Press.

David, C., P. Viaux et J.-M. Meynard (2004). "Les enjeux de la production du blé tendre biologique en France." Le Courrier de l'environnement de l'INRA n°51 pages 43-51.

David, J.-M. (1995). "Les systèmes experts de seconde génération ou de l'importance de la modélisation dans la construction de systèmes à base de connaissances." Technique et science informatiques Volume 14 n°4/1995 Pages 435-471.

De Rosnay, J. (1975). Le macroscope, vers une vision globale. Paris, Seuil.

Debaeke, P., M.-S. Petit, M. Bertrand, P. Mischler, N. Munier-Jolain, J.-M. Nolot, R. Reau et N. Verjux (2008). Evaluation des systèmes de culture en stations et en exploitations agricoles : où en sont les méthodes ? Systèmes de culture innovants et durables Quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ? E. éditions. Paris Pages 149-168.

Dieng-Kuntz, R. (2007). Capitalisation des connaissances via un web sémantique d'entreprise. Management des connaissances en entreprise. Lavoisier. Paris, Hermes Science Pages 255-272

Djaiz, C. et N. Matta (2007). "Traceability and capitalization of project memory." Journal of Universal Computer Science (J.UCS) (A paraître).

Do, H.-H., S. Melnik et E. Rahm (2003). Comparison of Schema Matching Evaluations, Springer Berlin / Heidelberg Volume 2593 221-237.

Do, H.-H. et E. Rahm (2002). Coma - A system for flexible combination of schema matching approaches. 28th VLDB Conference, Hong Kong.

Doppler, W. (1996). Farming and rural Systems -state of the art in research and development -. 2th European IFSA Symposium "Technical and social systems approaches for sustainable rural development", Granada (Spain), IFSA.

Doré, T., M.-H. Jeuffroy et S. De Tourdonnet (2006). La connaissance du fonctionnement du champ cultivé, base de l'évolution des systèmes de culture. L'agronomie aujourd'hui. E. Quae. Versailles Pages 43-56.

Doré, T., M. Le Bail, P. Martin, B. Ney et J. Roger-Estrade (2006). L'agronomie aujourd'hui. Versailles.

Drucker, P. (1998). "The Coming of the New Organization." Havard Business Review 9 pages.

Dudezert, A. (2007b). Comment évaluer la performance du Knowledge Management. Management des connaissances en entreprise. Lavoisier. Paris, Hermes Science Pages 147-160.

Dudezert, A. et I. Boughzala (2007a). Introduction. Vers le KM 2.0 Quel management des connaissances imaginer pour faire face aux défis futurs. Paris, Vuibert.

Dufy, L., V. Abt et P. Poyet (2006). "GIEA : gestion des informations de l'exploitation agricole. Un projet au service de l'interopérabilité sémantique de la profession agricole." Ingénieries - E A T, n°48 : Pages 27 à 36.

Durand, J., P. A. Weite, C. Gazo et P. Lutz (2007). Proposition de passerelles inter-méthodologiques entre la démarche d'intervention TRIZ et les autres méthodes de conception. 7e congrès international de génie industriel, Trois Rivières Québec Canada.

Duru, M., F. Papy et L.-G. Soler (1988). Le concept de modèle général et l'analyse du fonctionnement de l'exploitation agricole. Séance du 15 juin 1988, Paris, Académie d'agriculture de France.

Earl, M. (2001). "Knowledge Management Strategies : Toward a taxonomy." Journal of Management Information Systems Volume 18: Pages 215-233.

Earl, M., A. Hatchuel et B. Stymne (2000). "Knowledge management in the innovative firm, a new approach to organizing. A manifesto." Revue 2000 ue ensam: pages 336-341.

Engel, P. (1990). "Knowledge management in agriculture: Building upon diversity." Knowledge, Technology & Policy **3**(3): 28-35.

Enita de Bordeaux (2003). Agriculture biologique Ethique, pratiques et résultats. Paris, Lavoisier.

Epingard, P. (2007). Peut-on identifier et mesurer le capital immatériel de l'entreprise ? Management des connaissances en entreprise. Lavoisier. Paris, Hermes Science Pages 89-109

Ermine, J.-L. (1996, 2e édition 2000). Les systèmes de connaissances. Paris, Editions Hermès.

Ermine, J.-L. (1998). "Capter et créer le capital savoir." Annales des mines: Pages 82-86.

Ermine, J.-L. (2003). Initiation à la méthode Mask Capitalisation et partage de connaissances. Troyes, Centre d'Innovation Pédagogique Université de Technologie Troyes.

Ermine, J.-L. (2007a). Introduction au Knowledge Management. Management des connaissances en entreprise. Lavoisier. Paris, Hermes Science Pages 23 à 45.

Ermine, J.-L. (2007b). La gestion des connaissances, un nouveau modèle pour les entreprises. Management des connaissances en entreprise. Lavoisier. Paris, Hermes Science Pages 47-82.

Ermine, J. L. (2008). Management et ingénierie des connaissances : Modèles et méthodes. Paris, Hermes Lavoisier.

Fayard, P. (2007). La voie japonaise de la création du savoir Management des connaissances en entreprise. Lavoisier. Paris, Hermes Science Pages 335-349.

Férat, F. (2007). Rapport d'information sur la place de l'enseignement agricole dans le système éducatif français, Sénat 90 pages.

Février Quésada, T., F. Darses et M. Lewkowicz (2003). Modèliser les activités cognitives de coopération pour concevoir un système coopératif d'aide à l'innovation. Actes du XXXVIIIe Congrès de la SELF, "Modèles et pratiques de l'analyse du travail : 1988-2003 15 ans d'évolution" Paris.

Fleurat-Lessard, F. (2002). "Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach." Journal of Stored Product Research **38**: 191-218.

Foray, D. (2004). Economics of knowledge. Cambridge, Mit Press.

Fortino, G. (2008). Analyse des dispositifs existants à l'étranger (sur les systèmes d'information portant sur les systèmes de culture économes en produits phytosanitaires), INRA/AgroParisTech (document provisoire) 25 pages.

Fransman, M. (1994). "Information, Knowledge, Vision and theories of the firm." Industrial and Corporate Change 3: Pages 1-45.

Garvin, D. A. (1993). "Building a Learning Organization." Harvard Business Review: 16 pages.

Girard, N. et M. Navarrete (2005). "Quelles synergies entre connaissances scientifiques et empiriques ? L'exemple des cultures du safran et de la truffe." Nature Sciences Sociétés 13: Pages 33-44.

Gondran, N. (2001). Système de diffusion d'information pour encourager les PME-PMI à améliorer leurs performances environnementales, Institut national des sciences appliquées de Lyon Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Etienne 376 pages.

Gourlay, S. (2006). "Conceptualizing knowledge creation : a critique of Nonaka's theory." Journal of management studies 43: Pages 1415-1436.

Griffon, M. (2002). Agriculture, écologie et équité, une trajectoire à poursuivre. Un agronome dans son siècle Actualités de René Dumont. Paris, Karthala - INAPG Pages 187-194.

Grudin, J. (1994). "Groupware and social dynamics : Eight challenges for developers." Communications of the ACM: Volume 37, n°31 Pages 92-105.

Grundstein, M. (2000a). Management des connaissances de l'entreprise : problématique, axe de progrès, orientations, MG Conseil.

Grundstein, M. (2000b). From capitalizing on company knowledge to knowledge management. Knowledge Management : Classic and Contemporary Works. M. Press, Daryl Morey, Mark Maybury,and Bhavani Thuraisingham 451 pages.

Grundstein, M. (2002). Gameth : un cadre directeur pour repérer les connaissances cruciales pour l'entreprise, Lamsade Université Paris-Dauphine 18 pages.

Guillebaud, J.-C. (1999). La refondation du monde, Editions du Seuil.

Guyot, B. (2002). "Mettre en ordre les activités d'information, nouvelle forme de rationalisation organisationnelle." Les enjeux, revue électronique du gresec, Université Stendhal.

Hamdouch, A. (2008). Economie - innovation, Encyclopédie Universalis.

Hansen, M. T., N. Nohria et T. Tierney (1999). "What's your strategy for managing knowledge ?" Harvard Business Review.

Haslhofer, B. (2009). Linked Data Tutorial

Hatchuel, A. (2004). La théorie C-K Une théorie de la conception innovante. Quels liens à Triz ? Journée Triz, Paris.

Hatchuel, A., P. Le Masson et B. Weil (2002). "De la gestion des connaissances aux organisations orientées conception." Revue internationale des sciences sociales 2002/1, N°171 : pages 29-42.

Hatchuel, A. et B. Weil (1999). Design-oriented organisations, toward a unified theory of design activities. 6th International Product Development Management Conférence, Cambridge, UK, Churchill College Pages 1-28.

Hatchuel, A. et B. Weil (2002). La théorie C-K Fondements et usages d'une théorie unifiée de la conception. Colloque "Sciences de la conception", Lyon.

Hémidy, L. et M. Cerf (2000). Managing change in advisory Services : controlling the dynamics of resource transformation and use. Cow up a tree Knowing and learning for change in agriculture, Case studies from industrialised countries. INRA. Paris Pages 351-368.

Hénin, S. et M. Sebillotte (2008). Agronomie. E. Universalis.

Hervieu, B. (2008). Les orphelins de l'exode rural Essai sur les agricultures et la campagne, Edition de l'Aube.

Hubert, B. (2004). Postface. Le sens des pratiques, Conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes. Paris, INRA Pages 305-309.

Hubert, B., R. L. Ison et N. Röling (2000). The 'problematique' with respect to industrialised-country agriculture. Cow up a tree Knowing and learning for change in agriculture, Case studies from industrialised countries. INRA. Paris**:** Pages 13-29.

Ikerd, J. E. (1993). "The need for a systems approach to sustainable agriculture." Agriculture, Ecosystems and Environment, 46: Pages 147-160.

INRA (2006). Sécheresse et agriculture Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective.

Institut français de l'environnement (2006). L'environnement en France - Edition 2006.

Ison, R. L., C. High, C. P. Blackmore et M. Cerf (2000). Theoretical frameworks for learning-based approaches to change in industrialised-country agricultures Cow up a tree Knowing and learning for change in agriculture, Case studies from industrialised countries. INRA. Paris Pages 31-53.

Jeuffroy, M.-H., J.-E. Bergez, C. David, F. Flénet, P. Gate, C. Loyce, F. Maupas, J.-M. Meynard, R. Reau et C. Surleau-Chambenoit (2008). Utilisation des modèles pour l'aide à la conception et à l'évaluation d'innovations techniques

en production végétale : bilan et perspectives. Produire autrement : réinventer les systèmes de culture. Paris, Educagri éditions Pages 109-128.

Jouineau, C. (1993). Analyse de la valeur. Paris, Techniques de l'ingénieur Edition T.I.

Journal Officiel (1er mars 2005). Loi constitutionnelle du 1er mars 2005 relative à la Charte de l'environnement n°2005-205.

Journal Officiel (3 août 2009). Loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement version consolidée au 1er juillet 2010

Journal Officiel (9 juillet 1999). Loi n°99-574 d'orientation agricole version consolidée au 6 janvier 2006.

Journal Officiel (12 juillet 2010). Loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 - art. 109 portant engagement national pour l'environnement.

Journal Officiel (12 septembre 2002). Décret n°2002-1187 du 12 septembre 2002 portant publication de la convention sur l'accès à l'information la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement faite à Aarhus le 25 juin 1998.

Journal Officiel (25 avril 2002). Décret n°2002-631 du 25 avril 2002 relatif à la qualification des exploitations agricoles au titre de l'agriculture raisonnée.

Kéfi, H., A. Schwarz et M. Kalika (2006). Modèle basé sur les processus versus Alignement stratégique : Quels facteurs explicatifs de la performance1 ? Actes du colloque de l'AIM, Luxembourg.

Keita, A. K. (2007). Conception Coopérative d'Ontologies Pré-Consensuelles : Application au domaine de l'Urbanisme. Institut National des Sciences Appliquées. Lyon, Ecole Doctorale Informatique et Information pour la Société 209 pages.

Khun, T. (2008). AceWiki : Collaborative Ontology Management in Controlled Natural Language. The 3rd Semantic Wiki Workshop, Tenerife.

Klerkx, L. et C. Leeuwis (2008). "Matching demand and supply in the agricultural knowledge infrastructure : Experiences with innovation intermediaries." Elsevier Food Policy 33: Pages 260-276.

Krogh Von, G. (2003). Knowledge sharing and the communal ressource. Handbook of organisational learning and knowledge management. M. Easterby-Smith and M. A. Lyles. Malden, Oxford, Melbourne, Berlin, Blackwell publishing Pages 372-392.

Krogh Von, G. et J. Roos (1996). Managing Knowledge. Perspectives on cooperation and competition. London, Sage Publications.

Labarthe, P. (2006). Thèse de doctorat en sciences économiques : La privatisation du conseil technique agricole en question. Evolutions institutionnelles et performances des services de conseil dans trois pays européens (Allemagne, France, Pays-Bas). Université de Marne-la-Vallée.

Lacot, X. (2005) "Introduction à OWL, un langage XML d'ontologie Web." DOI: http://lacot.org/public/introduction_a_owl.pdf.

Lamine, C., J.-M. Meynard, N. Perrot et S. Bellon (2009). "Analyse des formes de transition vers des agricultures plus écologiques : les cas de l'Agriculture Biologique et de la Protection Intégrée." Innovations agronomiques: Volume 4 Pages 483-493.

Lamine, C., P. Viaux et J.-M. Morin (2009). "Dynamiques de développement de l'agriculture biologique." Innovations agronomiques: Volume 4 Pages 307-312.

Lancini, A. (2007). Enjeux et perspectives du KM interorganisationnel. Vers le KM 2.0 Quel management des connaissances imaginer pour faire face aux défis futurs. Vuibert. Paris Pages 79-92.

Landais, E. et J. P. Deffontaines (1990). Les pratiques des agriculteurs Point de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique Modélisation systémique et système agraire Décision et organisation. Paris, INRA Pages 31-64.

Lanteigne, R. et V. Laforest (2007). "Specifications for an internet based clean technology information support system for SMEs." Elsevier ScienceDirect journal of Cleaner Production 15: pages 409-416.

Latour, B. (2004). "L'avenir du principe de précaution." Le Monde.

Laurent, C., P. Labarthe et M. Cerf (2006). L'Europe et le conseil agricole Evolutions récentes dans les six pays de l'UE. Conseiller en agriculture, INRA, Educagri editions Pages 103-118.

Le Boterf, G. (2008). Travailler efficacement en réseau une compétence collective, Eyrolles Editions d'organisation.

Le Gal, P.-Y. (2009). Agronomie et conception de systèmes de production innovants : concepts, démarches et outils. Symposium International "Agriculture durable en région Méditerranéenne (AGDUMED)", Rabat (Maroc).

Le Guen, R. (2006). Les relations employeurs-employés des affinités électives à la prise de distance. Conseiller en agriculture, INRA, Educagri éditions Pages 71-82.

Le Masson, P., B. Weil et A. Hatchuel (2006). Les processus d'innovation Conception innovante et croissance des entreprises. Paris, Hermes Lavoisier.

Le Moigne, J.-L. (1977). La théorie du système général, Presses Universitaires de France.

Le Moigne, J.-L. (1999). La modélisation des systèmes complexes. Paris.

Leidner, D. (2007). Préface. Vers le KM 2.0 Quel management des connaissances imaginer pour faire face aux défis futurs. Paris, Vuibert.

Lémery, B. (2006). Nouvelle agriculture, nouvelles formes d'exercice et nouveaux enjeux du conseil aux agriculteurs. Conseiller en agriculture, INRA, Educagri éditions Pages 235-252.

Leprêtre, O. (2007). Technologie et gestion des connaissances. Management des connaissances en entreprise. Lavoisier. Paris, Hermes Science Pages 237-253.

Lethève, X. (2003). Inventaire des logiciels et outils d'enregistrement de l'information agricole, Agro-Transfert-Picardie 13 pages.

Liang, A. C., B. Lauser, M. Sini, J. Keizer et S. Katz (2006). From AGROVOC to the Agricultural Ontology Service / Concept Server : An OWL model for creating ontologies in the agricultural domain. International Conference on Dublin Core and Metadata Applications, Mexico.

Liao, S. (2003). "Knowledge management technologies and applications - literature review from 1995 to 2002." Expert Systems with Applications, Volume 25: pages 155-164.

Ljung, M. (2002). An emerging practical theory to critically reflect and understand the role of collaborative learning processes for sustainable development of agriculture. 5th European IFSA Symposium "Farming and rural systems research and extension - Local identities and globalisation", Florence (Italy), IFSA.

Loyce, C. et J. Wery (2006). Les outils des agronomes pour l'évaluation et la conception de systèmes de culture. L'agronomie aujourd'hui. E. Quae. Versailles Pages 77-95.

Ludwig, L., D. O'Sullivan et X. Zhou (2004). Artificial Memory Prototype for Personal Semantic Subdocument Knowledge Management. 3rd International Semantic Web Conference, Hiroshima.

Madhavan, J., P. A. Bernstein et E. Rham (2001). Generic Schema Matching with Cupid. Redmond, Microsoft Research.

Magne, M.-A. (2007). Modéliser le système d'information des agriculteurs Le cas des éleveurs de bovins allaitants. Université Montpellier II Sciences et techniques du Languedoc Montpellier Supagro**:** 342 pages.

Martin, C. (2002). Inventaire des documents et outils existants en matière d'enregistrement des pratiques agricoles et de valorisation des données enregistrées. Aubière, Cemagref 69 pages.

Mathieu, A., J. Lasseur et J.-P. Darré (2004). Un projet d'agronome : accéder aux conceptions des agriculteurs pour comprendre les pratiques. Le sens des pratiques, Conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes. Paris, INRA Pages 19-33.

Mazoyer, M. (2002). Larousse agricole, Larousse.

McCown, R. L. (2002). "Locating agricultural decision support systems in the troubled past and social-technical complexity of models for management." Agricultural systems: pages 11-25.

Méhaut, P. (2004). Décentraliser la formation professionnelle : plus qu'un simple déplacement d'échelle, Enseignements à partir du cas français. LEST - UMR 6123 Aix-en-Provence, hal.archives-ouvertes.fr.

Meilender, T., N. Jay, J. Lieber et F. Palomares (2010). Les moteurs de wikis sémantiques : un état de l'art. Hyper Article en Ligne, Orpailleur - INRIA Lorraine - LORIA, A2ZI 14 pages.

Melnik, S., H. Garcia-Molina et E. Rahm (2002). Similarity flooding : a versatile graph matching algorithm and its application to schema matching. 18th conference on Data Engineering, San Jose.

Mendras, H. (1975). Eléments de sociologie. Paris.

Meynard, J.-M. (1985). Construction d'itinéraires techniques pour la conduite du blé d'hiver. Institut National Agronomique Paris-Grignon. Paris 297 pages.

Meynard, J.-M. (2008). Produire autrement : réinventer les systèmes de culture. Systèmes de culture innovants et durables. Paris, Educagri éditions Pages 11-27.

Mielnik, J.-C. et E. Félix (2007). Quel partage des connaissances en entreprise à l'heure du Web 2.0 et de l'intelligence collective ? Vers le KM 2.0 Quel management des connaissances imaginer pour faire face aux défis futurs ? Vuibert. Paris pages 35-44.

Ministère de l'agriculture (2011). Plans Régionaux de l'Agriculture Durable (PRAD) Circulaire DGPAAT/SDBE/C2011-3042 30 pages.

Ministère de l'agriculture de l'alimentation de la pêche (2006). GIEA Gestion des informations de l'exploitation agricole Présentation des données Thème Données permanentes de l'exploitation 57 pages

Ministère de l'agriculture de l'alimentation de la pêche (2011). Référentiel de diplôme Baccalauréat professionnel "conduite et gestion de l'exploitation agricole" 122 pages.

Ministère de l'agriculture de l'alimentation de la pêche et des affaires rurales, CNASEA et Ministère de l'écologie et du développement (2006). Agriculture, environnement et territoires Quatre scénarios à l'horizon 2025, La documentation française.

Ministère de l'agriculture de l'alimentation de la pêche et des affaires rurales, RMT Systèmes de Culture Innovants et Ministère de l'Ecologie de l'Energie du Développement durable et de la Mer (2011). Guide pratique pour la conception de systèmes de culture plus économes en produits phytosanitaires Application aux systèmes de polyculture 116 pages.

Ministère de l'agriculture et de la pêche (2009). Circulaire du 04 mars 2009 : Note d'orientation et de cadrage pour la mise en oeuvre d'un réseau d'épidémio-surveillance dans le domaine végétal.

Ministère de l'agriculture et de la pêche (2009). Objectif Terres 2020 Pour un nouveau modèle français 45 pages.

Ministère de l'alimentation de l'agriculture et de la pêche (2009). Circulaire DGPAAT/SDEA/C2009-3123 Habilitation des organismes de conseil pour le système de conseil agricole 22 pages.

Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement Comité de la prévention et de la précaution (2002). Risques sanitaires liés à l'utilisation de produits phytosanitaires. La documentation française. Paris 47 pages.

Ministère de l'écologie de l'énergie du développement durable et de la mer et Ministère de l'alimentation de l'agriculture et de la pêche (2009). Ecophyto R&D Vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires Volet 2 Tome IX : Conception d'un réseau d'acquisition de références et d'un réseau d'information Paris, INRA 100 pages.

Ministère de l'écologie et du développement durable (2005). Agriculture et environnement Rapport à la commission des comptes et de l'économie de l'environnement, La documentation française.

Ministère de la santé et des sports (2010). Ordonnance n° 2010-18 du 7 janvier 2010 portant création d'une agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Journal Officiel de la République Française.

Mohan, S. et N. Arumugam (1997). "Expert system applications in irrigation management : an overview." Computers and Electronics in Agriculture: Volume 17, pages 263-280.

Moity-Maïzi, P. et R. Bouche (2008). Researchers and collective know-how : looking at knowledge production through a lens. 8th European IFSA Symposium "Empowerment of the rural actors : A renewal of the farming systems perspective", Clermont-Ferrand (France), IFSA.

Moles, A. (2008). L'invention, Encyclopédie Universalis.

Morin, E. (2003). "Le défi de la globalité." ÉDUCATION & MANAGEMENT: 4 pages.

Morshed, A., J. Keizer, G. Johannsen, A. Stellato et T. Baker. (2010). "From AGROVOC OWL Model towards AGROVOC SKOS Model." E-prints in Library and Information Science http://hdl.handle.net/10760/15185.

Mounoud, E. et A. Dudezert (2007). Défis et opportunités : le KM entre technologies, comportement et organisations. Vers le KM 2.0 Quel management des connaissances imaginer pour faire face aux défis futurs. Vuibert. Paris**:** pages 179-198.

Muller, P. (2000). "La politique agricole française : l'Etat et les organisations professionnelles." Economie rurale Les cinquante premières années de la sfer. Quel avenir pour l'économie rurale ? N°255-256 : Pages 33-39.

Mundler, P. (2006). Les conseillers d'entreprise entre guichet et projet. Conseiller en agriculture, INRA, Educagri éditions Pages 119-135.

Nagel, U. (1979). "Knowledge flows in agriculture ; Linking Research, Extension and the farmer." *Zeitschrift fürAusländische Landwirtschaft 18.Jg.,Heft2*: Pages 135-150.

Neveu, A. (1991). Agriculture : économie de l'agriculture française en Europe : forces et faiblesses. Paris, Dunod.

Nonaka, I. (1994). "A dynamic theory of organizational knowledge creation." Organization Science Volume 5, n°1 : Pages 14-37.

Nonaka, I. et N. Konno (1998). "The concept of "Ba" : building a foundation for knowledge creation." California management review: Volume 40 n°43 Pages 40-55.

Nonaka, I. et H. Takeuchi (1995). "The Knowledge-Creation Company : How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation." New York/Oxford, Oxford University Press.

Nonaka, I. et R. Toyama (2003). "The knowledge-creating theory revisited : Knowledge creation as a synthesizing process " Knowledge Management Research & Pratice Volume 1: Pages 2-10.

Osty, P. L. (1978). "L'exploitation agricole vue comme un système Diffusion de l'innovation et contribution au développement." Ministère de l'agriculture Bulletin technique de l'information: N°326 Pages 343-349.

Osty, P. L. (1990). Le fait technique en agronomie. Modélisation systémique et système agraire Décision et organisation. Versailles, INRA Pages 19-28.

Ouni, A. (2007). Une étude expérimentale des usages des wikis en entreprise, dans la mouvance du Web 2.0. Vers le KM 2.0 Quel management des connaissances imaginer pour faire face aux défis futurs. Paris pages 55-75.

Parlement européen et Conseil de l'Union Européenne (2002). Règlement établissant les principes généraux et les prescriptions générales de la législation alimentaire, instituant l'Autorité européenne de sécurité des aliments et fixant des procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires, Journal Officiel des Communautés Européennes.

Parlement européen et du conseil (21 octobre 2009). Directive 2009/128/CE instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable, Journal Officiel de l'Union Européenne.

Passioura, J. B. (1996). "Simulation models : Science, snake oil, education, or engineering ?" Agronomy Journal n°88 : Pages 690-694.

Pellerin, S., S. Recous et J. Roger-Estrade (2006). La composante chimique. L'agronomie aujourd'hui. E. Quae. Versailles Pages 177-198.

Petit, M.-S., B. Omon, E. Bonnin, J. Brunet, J.-F. Dobrecourt, M. Geloen, L. Paravano, P. Robin, A. Villard, C. Vivier, P. Mischler, M.-N. Guillot, M. Cerf et P. Olry (2010). Vers un nouveau métier de conseiller en production intégrée : Développer des compétences d'accompagnement des agriculteurs. Colloque SFER "Conseil en agriculture : acteurs, marchés, mutations". Dijon.

Pichat, P. (2008). Innovation technologique, Encyclopaedia universalis.

Pinon, J. (1997). "De la vulgarisation du progrès technique au développement agricole (Document provisoire)." Origine et développement des organisations agricoles en France Témoignage et partages d'expériences

Pisani, E. (2004). Un vieil homme et la terre. Neuf milliards d'êtres à nourrir. La nature et les sociétés rurales à sauvegarder. Paris, Éditions du Seuil, L'histoire immédiate.

Polanyi, M. (1966). The tacit dimension. London, Routledge and Keoan Paul

Pornon, H. (1998). Systèmes d'information géographique, Pouvoirs et Organisations Géomatique et stratégie d'acteurs, l'Harmattan.

Quaddus, M. et J. Xu (2004). "Adoption and diffusion of knowledge management systems : field studies of factors and variables." Elsevier ScienceDirect Knowledge-Based Systems volume 18: Pages 107-115.

Quivy, R. et L. V. Campenhoudt (Mai 2002). Manuel de recherche en sciences sociales. Paris, Dunod.

Rakoto, H. (2004). Intégration du Retour d'Expérience dans les processus industriels Application à Alstom Transport, Institut National Polytechnique de Toulouse**:** 220 pages.

Randrianasolo, E. (2010). Master II Spécifications et réalisation d'un système d'aide à la production de connaissances en agriculture biologique grande culture. Clermont-Ferrand, Cemagref, Université Blaise Pascal 65 pages.

Rasovska, I. (2006). Contribution à une méthodologie de capitalisation des connaissances basée sur le raisonnement à partir de cas : Application au diagnostic dans une plateforme d'e-maintenance, UFR des Sciences et Techniques de l'Université de Franche-Comté 186 pages.

Reau, R. et T. Doré (2008). Systèmes de culture innovants et durables. Paris, Educagri éditions.

Reix, R. (2004). Systèmes d'information et management des organisations 5ième édition. Paris.

Rémy, J., H. Brives et B. Lémery (2006). Conseiller en agriculture. Paris, INRA, Educagri éditions.

Renard, A. (2005). Diagnostic des systèmes et outils de traçabilité dans les filières céréales/oléoprotéagineux et plantes aromatiques, Esitpa Acta Actia 99 pages.

Restrepo, T. (2006). Intégration d'outils CSCW en développement de produits : les mécanismes d'explicitation participative des besoins et d'accrochage comme vecteurs d'apprentissage. Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Paris, Ecole doctorale n°432 : Sciences des métiers de l'Ingé nieur 268 pages.

Rey, A. (2005). Dictionnaire culturel en langue française.

Rianantsoa, N., B. Yannou et M. Gardoni (2008). Formalisation de voies de conception basée sur la théorie CK et l'analyse structurelle. Association française pour l'analyse de la valeur**:** 9 pages.

Ricciardi, R. I., A. C. De Oliveira Barroso et J.-L. Ermine (2007). Analyse de processus et cartographie de domaines pour l'évaluation de la connaissance d'un centre de radiopharmacie. Management des connaissances en entreprise. Lavoisier. Paris, Hermes Science Pages 321 à 332.

RMT Systèmes de Culture Innovants (2008). Définition de Systèmes de culture innovants (version 1.0) 2 pages.

Robert, M. et B. Saugier (2003). "Contribution des écosystèmes continentaux à la séquestration du carbone." Comptes rendus Geoscience Volume 335, issues 6-7: Pages 577-595.

Robert, P., Rey Alain (2001). Petit Robert Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française, Société du nouveau littré Secrétaire général de la rédaction Alain Rey.

Roche, V. (2000). Impacts de l'incertitude et de l'ambiguïté sur la pratique des systèmes d'information à références spatiales. ENS des Mines de St Etienne**:** 355 pages.

Roger, C. (2001). Agriculture raisonnée, multifonctionnelle, biologique,...: quelles voies vers une "agriculture durable " ?, INRA département Sciences sociales, agriculture et alimentation, espace et environnement 5 pages.

Röling, N. (1988). "Extension Science, Information Systems in Agricultural Development." Cambridge University Press.

Roussey, C. (2001). Une méthode d'indexation sémantique adaptée aux corpus multilingues. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon Lyon, Ecole Doctorale Informatique et Information pour la Société 197 pages.

Royer, I. et P. Zarlowski (2003). Echantillon Méthode de recherche en management 2ème édition. Paris Raymond-Alain Thiétart, Dunod, pages 188-223.

Ruault, C. (2006). Le conseil aux agriculteurs "bio" : un analyseur des interrogations et évolutions du conseil en agriculture. Conseiller en agriculture, INRA, Educagri éditions Pages 183-204.

Ruault, C. et B. Lémery (2009). Le conseil de groupe dans le développement agricole et local : pour quoi faire et comment faire ? Conseil et développement en agriculture Quelles nouvelles pratiques ? Dijon, Educagri éditions/ Editions Quae Pages 71-96.

Schaffert, S., J. Eder, S. Grünwald, T. Kurz et M. Radulescu (2009). KiWi – A Platform for Semantic Social Software (Demonstration). The Semantic Web: Research and Applications, Springer Berlin / Heidelberg 5554**:** 888-892.

Schmitz, H. (2004). Partnership as a special case of participation : an experience of cooperation among farmers, researchers and extensionists in Brazil. 6th European IFSA Symposium "European farming and society in search of a new social contract - Learning to manage change", Vila Real (Portugal), IFSA.

Sebillotte, M. (2000). Contribution to an Epistemology of Research-in-Action. Cow up a tree Knowing and learning for change in agriculture, Case studies from industrialised countries. Inra. Paris Pages 461-474.

Sebillotte, M. (2006). Préface. L'agronomie aujourd'hui. E. Quae**:** Pages 1-21.

Sebillotte, M. (2008). Agronomie-systèmes de cultures. E. Universalis.

Sebillotte, M. et L.-G. Soler (1988). Le concept de modèle général et la compréhension du comportement de l'agriculteur. Séance du 15 juin 1988, Paris, Académie d'agriculture de France.

Seppänen, L. (2000). Activity theoretical view on crop rotation planning in organic vegetable farming. 4th European IFSA Symposium "European farming and rural systems research and extension into the next millenium : Environmental, agricultural and socio-economic issues", Volos (Greece), IFSA.

Seppänen, L. et H. Koskimies (2002). Farming across the years : Temporal and spatial dimensions of learning organic farming. 5th European IFSA Symposium "European farming and society in search of a new social contract - Learning to manage change", Florence (Italy), IFSA

Sève, B. (1990). "Hans Jonas et l'éthique de la responsabilité." Revue Esprit.

Shannon, C. E. (1949). "A Mathematical Theory of Communication." University of Illinois press: 54 pages.

Shvaiko, P. et J. Euzenat (2004). "A survey of schema-based matching approaches." Journal on Data Semantics, JoDS, IV.

Soergel, D., B. Lauser, A. C. Liang, F. Fisseha, J. Keizer et S. Katz (2004). "Reengineering Thesauri for New Applications : The AGROVOC Example." Journal of Digital Information Vol 4, N°4 : 23 pages.

Soltner, D. (2005). Les grandes productions végétales, Collection Sciences et techniques agricoles.

Soulier, E., M. Zacklad et J.-L. Ermine (2002). La gestion coopérative des connaissances. EGC'2002 Extraction et Gestion des Connaissances, actes de la session industrielle.

Soulignac, V. (2009). Systèmes de production des connaissances et conception de systèmes de culture durables. 12e journées STP du GDR MACS GT C2EI Session commune Easy-DIM, 28-29 octobre, Annecy, France.

Soulignac, V., J.-P. Chanet, D. O. Paris Jean-Luc et N. Gondran (2009). Knowledge management and innovative design, state of the art. 11th International Conference on the Modern Information Technology in the Innovation Processes of the industrial enterprises, Bergamo, Italy.

Soulignac, V., J.-L. Ermine, J.-L. Paris, R. Ballot, O. Devise et J.-P. Chanet (2012). "Gestion des connaissances pour une agriculture durable." Revue Economie & sociétés, séries "systèmes agroalimentaires" n°34 (En cours de soumission): 24 pages.

Soulignac, V., J.-L. Ermine, J.-L. Paris, O. Devise et J.-P. Chanet (2010a). "Gestion informatisée des connaissances pour une agriculture durable." International journal of Information Sciences for Decision Making ISDM n°40 : 3ème conférence francophone GEstion des Connaissances, Société et Organisations (GECSO) 25 pages.

Soulignac, V., J.-L. Ermine, J.-L. Paris, O. Devise et J.-P. Chanet (2010b). Un serveur de connaissances pour l'agriculture biologique. Colloque SFER "Conseil en agriculture : acteurs, marchés, mutations", Dijon, SFER.

Soulignac, V., J.-L. Ermine, J.-L. Paris, O. Devise et J.-P. Chanet (2012). A Knowledge Management System for Exchanging and Creating Knowledge in Organic Farming, The Electronic Journal of Knowledge Management Volume 10 Issue 2 pages 163-182 available online at www.ejkm.com.

Soulignac, V., E. Lambert, C. Roussey, J.-P. Chanet, J.-L. Ermine, J.-L. Paris et O. Devise (2012). A knowledge server for sustainable agriculture. 8th International Conference on Web Information Systems and Technologies, Porto, Portugal.

Soulignac, V., M.-A. Magne, Y. Chilin Charles et D. Lucas (2010). Modélisation des systèmes d'information en protection des cultures et perspectives d'outils informatiques de gestion des connaissances pour une agriculture durable. La réduction des pesticides agricoles enjeux, modalités et conséquences, Lyon, SFER.

Steffe, J. (1994). L'évolution des méthodes de gestion en Agriculture depuis 1945 Mémoire de DEA, IR.G.A.E de Bordeaux.

Tendron, J.-F. (2007). Le modèle de maturité cognitive. Management des connaissances en entreprise. Lavoisier. Paris, Hermes Science Pages 111-124.

Thomke, S. (2001). "Enlightened experimentation : The new imperative for innovation." Harvard Business Review: 10 pages.

Vadcard, p. (1996). Aide à la programmation de l'utilisation des outils en conception de produit en Génie Industriel. École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Thèse de doctorat. Spécialité Génie industrielle Paris.

Valceschini, E. (1990). Exploitation, filière et méso-système. Modélisation systémique et système agraire Décision et organisation. Paris, INRA Pages 269-282.

Vallespir, B., C. Braesch, V. Chapurlat et D. Crestani (2003). "L'intégration en modélisation d'entreprise : Les chemins d'UEML". 4e Conférence Francophone de Modélisation et Simulation (MOSIM'03), Toulouse.

Vedel, G. (2006). Développement agricole et conseil aux agriculteurs : de la productivité au développement durable. Conseiller en agriculture. Paris, INRA, Educagri éditions Pages 37-58.

Vernadat, F. (1996). Enterprise modeling and integration. Principles and applications. London, Chapman & Hall.

Vernadat, F. (1999). Techniques de Modélisation en Entreprise : Applications aux processus opérationnels. Paris, Gestion, Economica.

Viaux, P. (1999). Une troisième voie en grande culture Environnement Qualité Rentabilité. Paris, Editions France Agricole.

Vidal, J.-F. (2001). Sorties de crise et changements institutionnels : le cas des années 1873-1896. La lettre de la régulation**:** 6 pages.

Viola, J.-M. et H. Morin (2007). L'expérience de cartographie des connaissances critiques dans un organisme public du Québec. Management des connaissances en entreprise. Lavoisier. Paris, Hermes Science Pages 309-317.

Völkel, M., M. Krötzsch, D. Vrandecic, H. Haller et R. Studer (2006). Semantic Wikipedia. Proceedings of the 15th international conference on World Wide Web. Edinburgh, Scotland, ACM.

W3C. (2004). "OWL Web Ontology Language Reference (Document Status Update, 12 November 2009) http://www.w3.org/TR/owl-ref/."

Walker, D. H. (2002). "Decision support, learning and rural resource management." Agricultural systems: Volume 73 Pages 113-127.

Wallerand, G. (2007). Gestion des connaissances et gestion des compétences. Management des connaissances en entreprise. Lavoisier. Paris, Hermes Science Pages 215-226.

Wasson, J.-G., B. Villeneuve, N. Mengin, H. Pella et A. Chandesris (2006). "Quelle limite de « bon état écologique » pour les invertébrés benthiques en rivières ? Apport des modèles d'extrapolation spatiale reliant l'indice biologique global normalisé à l'occupation du sol." Ingénieries - E A T n°4 7: pages 3-15.

Wenger, E. (1998). Communities of practice : learning, meaning and identy New York, Cambridge University Press.

Wenger, E. C. et W. M. Snyder (2000). "Communities of practice : The organizational frontier " Havard Business Review.

Wielinga, H. E. et M. Vrolijk (2008). Language and tools for networkers. 8 th European International Farming Systems Association Symposium Clermont-Ferrand.

Woodcock, J. (1992). Le dictionnaire de l'informatique. Paris, Dunod.

Worley, J. H., H. Rakoto, B. Grabot et L. Geneste (2005). A Competence Approach in the Experience Feedback Process IFIP International Federation for Information Processing**:** Volume 160/2005, Pages 2253-2266.

Zimmermann, M. (2010). Workflow XML pour l'intéropérabilité des données, ISIMA diplôme d'ingénieur, Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand**:** 67 pages.