



HAL
open science

Vers un changement de pratique dans une filière céréalière : apport de la modélisation de l'environnement

Valérie Saint-Dizier de Almeida, Antonietta Specogna, David Gouyon, Eric
Levrat, Florence Dumarçay, Emmanuel Rondags, Xavier Framboisier

► To cite this version:

Valérie Saint-Dizier de Almeida, Antonietta Specogna, David Gouyon, Eric Levrat, Florence Dumarçay, et al.. Vers un changement de pratique dans une filière céréalière : apport de la modélisation de l'environnement. *Psychologie Française*, 2019, 64 (2), pp.141-158. 10.1016/j.psfr.2019.02.004 . hal-02950132

HAL Id: hal-02950132

<https://hal.science/hal-02950132>

Submitted on 27 Sep 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.

Titre : Vers un changement de pratique dans une filière céréalière : apport de la modélisation de l'environnement

Title: Towards a change of practice in a grain sector: contribution of the modeling of the environment

V. Saint-Dizier de Almeida^{a,*}, A. Specogna^a, D. Gouyon^b, E. Levrat^b, F. Dumarçay^c, E. Rondags^d, X. Framboisier^d

^a 2LPN EA7489, campus lettres et sciences humaines, université de Lorraine, 23, rue Albert 1^{er}, B. P. 13397, 54000 Nancy, France ^b CRAN UMR CNRS 7039, faculté des sciences et technologies, université de Lorraine, B. P. 70239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy cedex, France ^c SRSMC UMR CNRS 7565, faculté des sciences et technologies, université de Lorraine, B. P. 70239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy cedex, France ^d LRGP UMR CNRS 7274, plateforme sciences du vivant et santé, université de Lorraine, plateforme sciences du vivant et santé, 13, rue du Bois-de-la-Champelle, 54500 Vandoeuvre-lès-Nancy, France

Revue Psychologie Française, 2019, 64/2, 141-158.

Mots clés : modélisation, environnement, développement durable, agriculture, changement de pratique

Key words: modeling, environment, sustainable development, agriculture, change in practice

Résumé :

L'intervention ergonomique dans le champ du développement durable requiert la prise en compte d'un environnement dépassant largement l'environnement de travail afin d'y intégrer des composants supra relevant de dimensions environnementale, sociale, économique, législative, etc. pouvant impacter ou être impacté par l'activité. Les ergonomes et psychologues ergonomes sont alors conduits à développer des cadres de modélisation permettant d'appréhender et de rendre davantage intelligible cet environnement complexe. L'étude sur laquelle nous nous basons ici s'inscrit dans ce cadre et vise l'identification des freins et leviers à la mise en place d'une nouvelle pratique en matière de traitement antifongique pour la filière orge-malt-bière. Pour cette investigation, nous nous référons notamment à la modélisation de Thatcher et Yewo (2016). L'enjeu est de présenter le processus de recueil et d'analyse sous-jacente à la modélisation et de poursuivre par une réflexion quant à l'emploi de ces formes de modélisation au cours d'un processus d'intervention.

Abstract

Project management, especially in the field of sustainable development, requires to take into account not only the working environment *stricto sensu*, but also supra components of environmental, social, economic, legislative, etc. dimensions, that may strongly interact with the concerned activity. Ergonomists and psychologists are then led to be interested in, and to develop modeling frameworks to better understand and to make more intelligible this complex environment. The study presented here, which requires taking into account this environment, aims at setting up a novel practice for improving the food safety of a cereal chain in a global context of sustainable development, protection of the environment (flora and fauna) and the health of farmers and consumers.

As part of this study, a quick fungal contamination diagnostic tool and a corresponding decontamination process have been developed for an application in the barley-malt-beer food chain. However, the use of these processes may change the agricultural practices in antifungal treatments with the regular and high dose treatments replaced by fine targeted applications only where and when necessary. In relation with this technological development, the challenge is to identify the components of the environment that may become brakes and levers to the

implementation of this new practice. In this scope, this investigation mobilizes the modeling of the environment of Thatcher and Yewo (2016). This paper is consequently aimed at presenting the underlying process to this construction, and this in relation with the characteristics of the study. At last, a discussion is initiated concerning the further use of such modelling practices for purposes other than the decision-making processes on ergonomic intervention purposes.

1. Introduction

La psychologie ergonomique francophone, inscrite dès son émergence dans un paradigme systémique, pose que l'activité résulte d'un couplage entre l'individu et la tâche à accomplir. La tâche inclut l'environnement de travail (les conditions techniques et organisationnelles). Les projets, notamment dans le champ du développement durable, requièrent la prise en compte d'un environnement dépassant largement l'environnement de travail afin d'y intégrer des composants supra relevant de dimensions environnementale, sociale, économique, législative, etc., pouvant impacter ou être impactées par l'activité concernée. Les ergonomes et psychologues ergonomes sont alors conduits à s'intéresser et à développer des cadres de modélisation permettant d'appréhender et de rendre davantage intelligible cet environnement complexe. L'étude sur laquelle nous nous basons ici et qui requiert la prise en compte de cet environnement, vise un changement de pratique pour l'Amélioration de la Sécurité Alimentaire d'une filière Céréalière. L'étude CHAPRASAC (Accompagnement d'un CHangement de PRatique pour l'Amélioration de la Sécurité Alimentaire d'une filière Céréalière) est un projet exploratoire premier soutien de l'Université de Lorraine (PEPS-UL¹) d'une durée d'une année qui implique une équipe pluridisciplinaire incluant des biologistes, chimistes, automaticiens et psychologues ergonomes. L'étude s'inscrit dans une optique de développement durable, de protection de l'environnement (faune et flore) et de la santé des agriculteurs et des consommateurs. Dans le cadre de cette étude, un outil de diagnostic rapide et un procédé écologique de décontamination fongique pour la filière agro-alimentaire orge-malt-bière ont été développés et ont été validés en laboratoire, leur validation in vivo est en perspective.

L'enjeu pour les psychologues ergonomes est de concourir à l'acceptabilité et à la mise en œuvre de ces nouveaux procédés. En amont, il s'agit d'identifier les composants de l'environnement qui peuvent potentiellement constituer des freins et/ou des leviers à la mise en place de cette nouvelle pratique. Pour cette investigation, nous nous référons à la modélisation de Thatcher et Yewo (2016) qui vise la formalisation de l'environnement et nous nous inspirons de la théorie de Ajzen (1985) pour l'identification de composants pouvant avoir une incidence sur la propension aux changements de pratique. Dans une première partie, l'étude de cas et son contexte sont exposés ; dans une deuxième sont présentés les modèles mobilisés et la méthodologie de recueil et de traitement des données nécessaires à l'instanciation des modélisations ; la troisième restitue les résultats et se poursuit par une discussion.

2. L'étude de cas

2.1. Le contexte en matière de traitement fongique

¹ Les PEPS-UL visent à faire émerger des projets de recherche et des collaborations interdisciplinaires qui associent des unités de recherche de l'Université de Lorraine ; ils sont financés par l'Université de Lorraine et le CNRS.

Une analyse des performances des filières agricoles majeures fait apparaître un taux de perte global supérieur ou égal à 10 % provenant d'une cause unique : les contaminations fongiques. En effet, les produits agricoles sont obtenus dans des conditions très éloignées de l'asepsie, et sont donc sujets à des contaminations microbiennes en général, et fongiques en particulier. Ces contaminations ont pour conséquence directe une diminution parfois drastique des rendements agronomiques. Les moisissures, en parallèle de leur action directe sur les matières premières, sont aussi susceptibles de produire des métabolites secondaires extrêmement problématiques appelés mycotoxines. La présence de ces molécules pathogènes pour les plantes, les animaux en général et l'Homme est à l'origine du déclassement vers de l'alimentation animale et de la destruction d'importantes quantités de matières premières agricoles.

Une des pistes d'action permettant à la fois d'améliorer quantitativement et qualitativement l'alimentation humaine repose sur le contrôle des infections fongiques et de leurs conséquences. Ce contrôle repose sur un double suivi, avec d'une part l'identification et la numération des contaminants fongiques et, d'autre part, le dosage des mycotoxines produites. Ce double suivi est rendu nécessaire par l'absence de relation directe entre moisissures et mycotoxines, la production de ces dernières n'étant pas obligatoirement associée à la croissance fongique et l'élimination des moisissures n'étant pas systématiquement associée à une destruction des mycotoxines. Les identifications et numérations fongiques peuvent être réalisées, soit à l'aide de techniques microbiologiques traditionnelles, avec un délai moyen de deux semaines et nécessitant du personnel qualifié, soit par amplification spécifique et quantitative de génomes, avec une réactivité plus grande, mais nécessitant ici encore du personnel qualifié, des amorces spécifiques pour certaines espèces non encore disponibles, avec des coûts analytiques très élevés. Les dosages de mycotoxines reposent quant à elles sur des techniques chromatographiques couplées à de la spectrométrie de masse. Ces dosages, bien que rapides à effectuer, sont encore très coûteux, et font appel à des matériels complexes et des personnels qualifiés. Ils peuvent, dans le cas d'analyses non réglementaires, être substitués par des tests immuno-enzymatiques réalisables sur site par des personnels peu qualifiés, mais qui sont caractérisés par leur grande imprécision.

Cette situation analytique défavorable en termes de délais et coûts influe négativement sur l'efficacité du contrôle du développement mycologique dans les filières agro-alimentaires, qu'il s'agisse d'actions en amont ou préventives, ou en aval, dites curatives. Cet état de fait est rendu plus critique encore par la conjonction de facteurs climatiques, écologiques, technologiques et politiques. En premier lieu, des changements climatiques bien réels font que les conditions de culture et de récolte évoluent défavorablement (température et surtout humidité), en augmentant les niveaux de contamination fongique et, par voie de conséquence, de contamination mycotoxicologique. En dehors de cet aspect quantitatif, une émergence de populations fongiques nouvelles et parfois hautement toxigènes est observée, avec par exemple le binôme *Fusarium langsethiae* / mycotoxine T2 pour les filières céréalières. Cette émergence semble d'ailleurs être renforcée par l'utilisation déraisonnée de certains produits phytosanitaires (doses, temps, périodes et répétitions d'application inadaptées). A ces facteurs déjà difficiles à intégrer s'ajoutent des problèmes d'ordre politique et sociologique sur le pilotage de la qualité dans les filières agricoles, avec une opposition de principe entre les tenants du contrôle chimique par le biais de produits phytosanitaires, et les partisans de l'agriculture biologique.

En parallèle à cette situation analytique défavorable, il faut aussi noter qu'en dehors de l'utilisation de produits phytosanitaires de type antifongiques, l'éventail des mesures curatives ou aval est peu développé, avec en particulier peu de procédés permettant l'élimination efficace des mycotoxines une fois celles-ci produites. Cette carence est extrêmement dommageable économiquement pour les filières agro-alimentaires car, pratiquement, une fois les mycotoxines produites à un seuil élevé au sein d'une matière première, il n'existe pas, pour sa gestion, de solution alternative au déclassement et/ou à la destruction.

2.2. Le test de diagnostic et le procédé de décontamination

Le laboratoire Structure et Réactivité des Systèmes Moléculaires Complexes (SRSMC – Université de Lorraine) est engagé depuis de longues années dans le développement de dérivés fonctionnalisés de cyclodextrines (CDs). Ces molécules d'origine naturelle, sous forme native ou fonctionnalisée, ont une forme de « tore » dont l'intérieur de la cavité est hydrophobe et permet l'encapsulation par inclusion de molécules apolaires. Les CDs présentent donc un fort potentiel de complexation avec nombre de mycotoxines (Catucci, 2013 ; Peles-Lemli, 2015). L'intérêt des CDs et de leurs dérivés réside dans le fait que les matières premières pourraient être décontaminées directement par le biais d'extractions solide-liquide classiques. Les analyses physico-chimiques type RMN (Résonance Magnétique Nucléaire), disponibles au laboratoire SRSMC, ont permis de vérifier la complexation des mycotoxines par les cyclodextrines.

En parallèle à cette recherche de traitements curatifs, le Laboratoire Réactions et Génie des Procédés (LRGP – Université de Lorraine) a mis en place une technique d'identification rapide des moisissures par MALDI-TOF couplée à une interrogation de bases de données (Heit, 2015). L'analyse des spectres de masse obtenus a permis de mettre en avant la capacité de cette technique à détecter les mycotoxines produites par ces micro-organismes. Ces résultats montrent la capacité de cette technique analytique à haut débit à apporter une analyse rapide du risque fongique et toxicologique d'un échantillon donné. En effet, en l'espace d'une semaine et à l'aide d'un personnel technique d'un niveau Bac+2, il est possible de connaître pour cet échantillon la nature des contaminants fongiques majeurs et leur pouvoir toxigène.

3. Le cadre théorico-méthodologique

3.1. Modélisation de l'environnement

Thatcher et Yewo (2016) développent un modèle de système de systèmes qui renvoie à la modélisation de l'environnement pouvant impacter ou être impacté par un changement de pratique. Ils partent de la thèse selon laquelle les problèmes associés à la durabilité ne peuvent se limiter à la prise en compte du contexte local mais doivent s'étendre à des contextes distribués dans l'espace et le temps. L'approche vise la compréhension de cet environnement, de sa composition et des interrelations entre ses composants ou sous-systèmes. L'enjeu des chercheurs est de pouvoir anticiper l'impact d'interventions ergonomiques sur le système global afin d'opérer des choix d'intervention en conséquence. Leur modèle emprunte des éléments aux travaux de Costanza et Patter (1995) sur la hiérarchisation des systèmes complexes (différentes strates (niveau micro, méso, macro) sont considérées, chacune renvoie à un système comportant des sous-systèmes), aux travaux d'Elkington (1997) qui développe des axes transversaux permettant d'interroger les sous-systèmes du système sous trois angles (capital économique, capital social, capital naturel), à ceux de Maier (1998) qui mentionne cinq caractéristiques d'un système de systèmes, en l'occurrence :

- 1) Chaque composant doit avoir une indépendance opérationnelle (cela ne signifie pas que le composant est entièrement indépendant, mais plutôt que le système peut exister sans la nécessité d'être intégré à un système de systèmes) ;
- 2) Chaque composant opère indépendamment, il n'y a pas de dépendance à d'autres composants, toutefois les composants s'influencent mutuellement ;
- 3) Le système des systèmes évolue au fil du temps ;
- 4) Le système de systèmes génère des caractéristiques et des effets de bord non

- anticipables ;
5) Les systèmes sont dispersés dans l'espace.

Thatcher et Yewo (2016) traitent également de la durée de vie des systèmes. Selon eux, plus un sous-système intègre un niveau supérieur, plus il est complexe et plus sa durée de vie est longue. L'affectation d'un sous-système à un système dépend de ses caractéristiques internes (complexité, durée de vie) et de sa finalité.

Ces modélisations fondées sur la hiérarchisation d'un environnement pouvant impacter ou être impactées par un changement de pratique, ont pour fonction d'aider les chercheurs et les praticiens à prendre des décisions quant aux stratégies d'intervention, relativement à leurs potentielles incidences sur le système global (étude des impacts en cascade).

3.2. Le changement de pratique

Ajzen (1985) a développé une théorie (la Théorie du Comportement Planifié) qui explique en partie les comportements humains. Les déterminants mentionnés dans sa théorie nous paraissent pouvoir donner des indications sur les déterminants d'une intention de changement de pratique. Sur cette base, l'intention de changer de pratique va dépendre de trois éléments : 1) les normes subjectives qui renvoient à la pression sociale (ce que la personne pense que l'on va penser de lui s'il opte pour la nouvelle pratique), le « on » renvoie aux personnes importantes pour lui ; 2) l'attitude à l'égard de la nouvelle pratique (favorable ou défavorable), 3) le contrôle comportemental en raison d'éléments extérieurs difficilement contrôlables.

La référence à ce cadre théorique permettra d'identifier parmi les sous-systèmes, ceux qui potentiellement peuvent constituer des freins et/ou des leviers à la mise en place de la nouvelle pratique.

3.3. Méthodologie de recueil et d'analyse des données

L'équipe de chercheurs impliqués dans cette étude étant pluridisciplinaire et les psychologues et automaticiens n'étant pas au fait du domaine de l'agriculture, un travail de compréhension des pratiques actuelles en matière de traitement antifongique a été nécessaire. Un travail d'extraction d'expertise en réunion conduit auprès des chercheurs experts de la filière orge-malt-bière a été opéré. L'expertise recueillie a été enrichie par trois chercheurs de l'INRA au cours d'une demi-journée de travail dans le cadre du projet.

Ensuite, trois entretiens ont été conduits auprès d'acteurs de la filière sélectionnés pour leur expertise et expérience respectives dans le but de recueillir des informations sur la filière, sur les agriculteurs, sur les potentiels freins et les leviers à la mise en place de ce changement de pratique. Les entretiens sont exploratoires. On leur présente brièvement le projet en cours, son avancée, on leur précise que nous sommes novices dans ce champ et que nous avons besoin d'avoir une meilleure compréhension du fonctionnement de la filière pour identifier des freins et des leviers à la mise en place de cette nouvelle pratique. Des relances sont utilisées pour fixer l'intercompréhension, obtenir des développements, des approfondissements, des illustrations.

Les entretiens ont fait l'objet d'une analyse de contenu thématique – entretiens et analyse de contenu forment une méthodologie permettant d'accéder aux contenus d'une représentation et d'identifier les éléments qui vont avoir une incidence sur l'attitude de l'interviewé à propos de l'objet (Négura, 2006). Les représentations mêlent opinion (registre référentiel) et attitude

(registre modal : valence positive, neutre ou négative affectée aux contenus). L'analyse de contenu thématique consiste à identifier des unités de sens (idées), de leur reformuler dans un format plus générique en ne retenant que le contenu référentiel (les jugements, avis ne sont pas considérés) et de les catégoriser (Négura, 2006). A ce niveau du processus l'enjeu est d'identifier les éléments référentiels qui constituent la représentation et les angles à travers lesquels l'objet est investi/interrogé.

4. Résultats

4.1. Formalisation de l'expertise en matière de traitement antifongique

L'expertise a été formalisée par le CRAN (automaticiens) sous forme de boucles causales. Pour rendre davantage lisible la formalisation, une première référence au modèle de Thatcher et Yewo (2016) a été effectuée. Les strates du modèle de Thatcher ont été reprises et adaptées à l'étude. Plus précisément, en nous basant d'une part sur les différents niveaux (micro, méso, macro) et les deux illustrations produites dans Thatcher et Yewo (2016) (approche *top-down*) et d'autre part sur les caractéristiques de notre étude de cas identifiées lors de la phase d'extraction d'expertise (approche *bottom-up*), cinq niveaux ont été considérés. Le niveau micro renvoie à la pratique agricole en matière de traitement antifongiques. Le premier niveau méso renvoie aux partenaires pouvant avoir une incidence directe sur la pratique agricole. Le deuxième niveau méso renvoie aux groupes d'influence dont l'incidence avec la pratique agricole est moins directe. Le troisième niveau méso renvoie aux aspects législatifs, dont l'influence est à moyen terme. Le niveau macro renvoie à l'environnement dont l'impact des pratiques humaines se révèle à plus long terme.

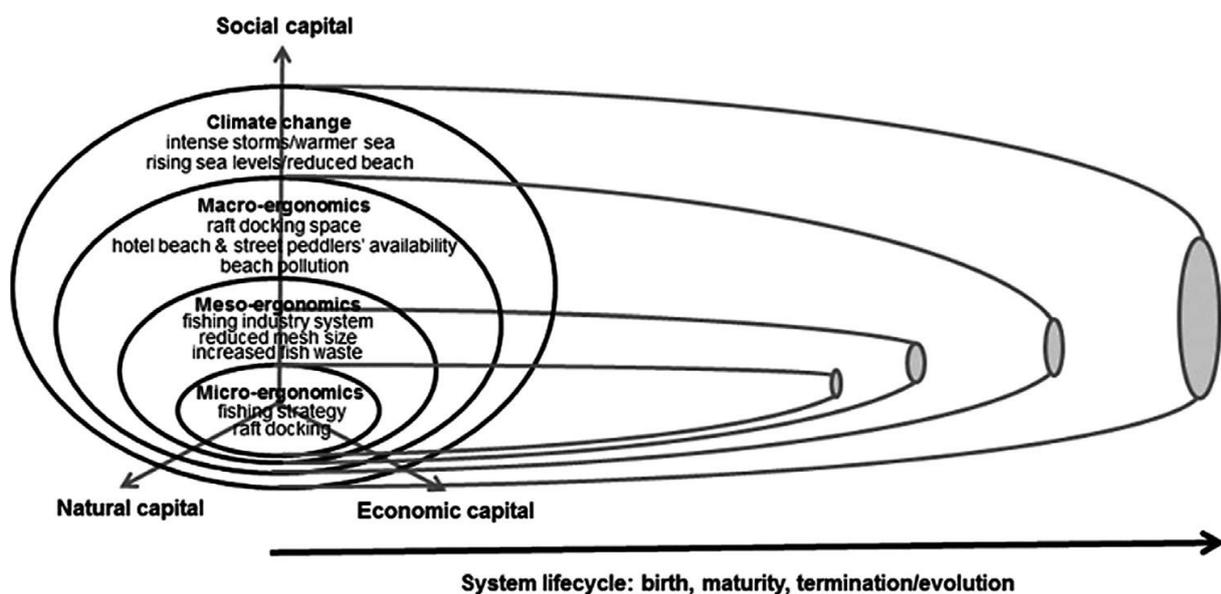


Figure 1 : Formalisation en boucles causales de l'expertise en matière de traitement antifongique

Fig 1: Formalization in causal loops of expertise in antifungal treatment

Légende : dans les boucles causales, les rectangles désignent des « réservoirs » pour lesquels un niveau évolue en fonction de taux d'entrée et de sortie, ces taux étant influencés par des variables et d'autres niveaux.

Cette figure, issue de la modélisation de l'expertise en matière de traitement antifongique, montre les facteurs influant sur le taux effectif de traitement phytosanitaire, ce dernier ayant un impact direct sur la dégradation de la santé du consommateur et de l'agriculteur, ainsi que sur le niveau de pollution. Le diagramme a été construit progressivement à partir du niveau micro, c'est-à-dire en modélisant en premier les éléments les plus proches de la pratique de l'exploitation, en passant les différents niveaux méso (du plus proche de l'exploitation au plus lointain, respectivement groupe/équipe, filière/influence et législation), pour finir par intégrer les influences réciproques avec l'environnement au niveau macro. Il montre tout d'abord que, pour agir sur la quantité de traitement appliqué, les facteurs sur lesquels il est possible d'agir sont bien à tous les niveaux. Elle montre également que, si ces différents niveaux semblent s'inclure hiérarchiquement les uns dans les autres, les relations d'influence peuvent être directes entre des niveaux qui ne sont pas directement liés, comme par exemple des influences directes entre les niveaux micro et macro.

4.2. Modélisation d'un système de systèmes

Les informations utilisées pour construire le système de systèmes propres à notre étude proviennent des réunions visant l'extraction d'expertise et la conduite d'entretiens exploratoires. Les personnes interviewées en entretien ont été sélectionnées sur la base de leur statut professionnel, de leurs compétences et connaissances :

- Le responsable céréalier d'une coopérative agricole ;
- Un technicien d'une coopérative agricole ;
- Un agriculteur sélectionné pour son spectre de connaissances : l'agriculteur appartient à une famille d'agriculteur établie depuis plusieurs générations. Il est passé d'une agriculture céréalière intensive à l'agriculture biologique dernièrement et fait également de la vente directe.

L'analyse des données ainsi récoltées a permis d'identifier des sous-systèmes propres à chacun des niveaux (le niveau micro, les trois niveaux méso et le niveau macro). Ces sous-systèmes peuvent potentiellement avoir une incidence plus ou moins directe sur la pratique agricole en matière de traitements antifongiques.

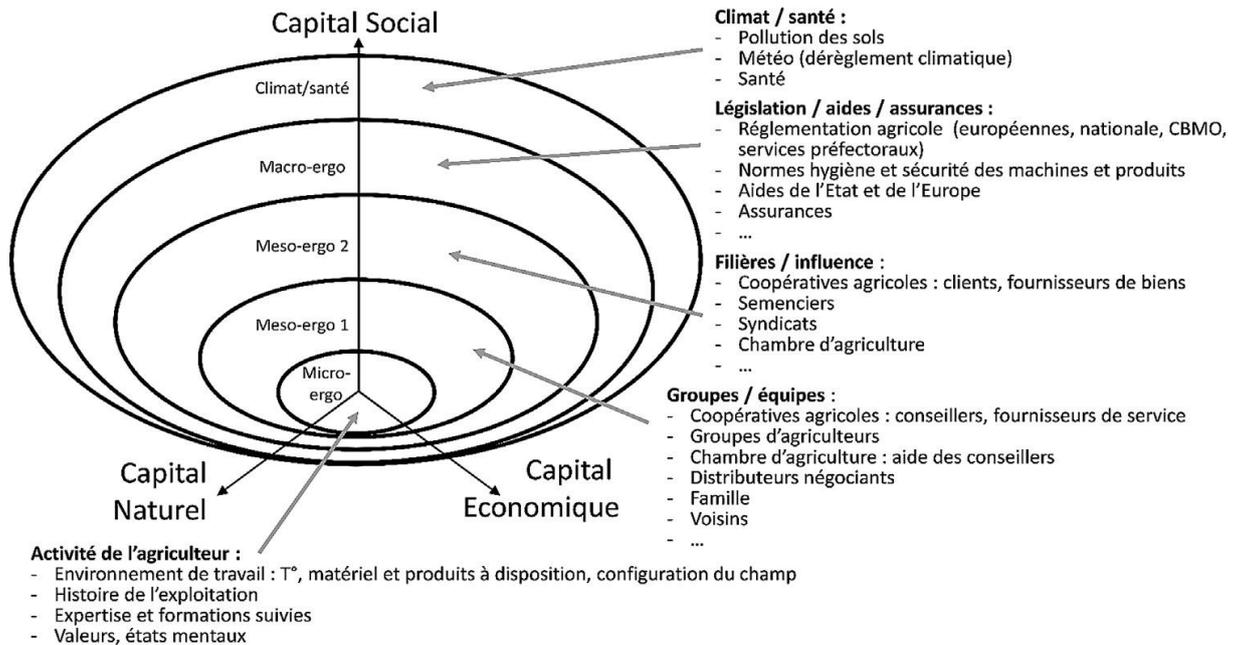


Figure 2 : Modélisation du système de systèmes pour CHAPRASAC.
 Fig 2: Modeling of the system of systems for CHAPRASAC.

Le niveau micro renvoie à la pratique en matière de traitement antifongique déterminée notamment par les conditions de travail, l'expertise de l'agriculteur en la matière, ses états mentaux et affectifs.

Le premier niveau méso renvoie aux sous-systèmes pouvant avoir une incidence directe sur la pratique agricole, par exemple des échanges avec les voisins peuvent conduire l'agriculteur à ne pas épandre les mercredis, samedis et dimanches (les enfants jouant dehors et à proximité), l'agriculteur dans sa pratique prend en compte les périodes d'épandage définies en coopérative, il met en place des consignes produites par les conseillers des chambres d'agriculture (alternance blé/orge pour réduire le risque de contamination fongique)...

Le deuxième niveau méso renvoie à des systèmes qui ont une incidence moins directe sur la pratique agricole. Cela renvoie à des groupes d'influence (syndicats, coopératives, chambres d'agriculture, lobbies, etc.).

Le troisième niveau méso renvoie à la législation (par exemple interdiction de traiter les produits récoltés), aux aides de l'état ou de l'Europe (aide pour le passage à l'agriculture biologique), aux assurances (pour couvrir les pertes en cas d'emploi d'un procédé expérimental non polluant).

Le niveau macro renvoie à l'environnement (impact de la pratique sur la pollution des sols, sur la santé...).

4.3. Des déterminants de l'intention de changer de pratique

En nous inspirant de la théorie de Ajzen (1985), l'intention de changer de pratique va dépendre notamment 1) du contrôle comportemental, 2) des pressions sociales, 3) de l'attitude vis-à-vis de la nouvelle pratique.

Le contrôle comportemental renvoie à des éléments extérieurs qui empêcheraient/altéreraient la mise en place de la pratique. En l'occurrence, il faudra s'assurer que les tests et le procédé seront commercialisables et commercialisés en quantité suffisante, que l'approvisionnement

sera assuré *via* les distributeurs négociants et les coopératives, que les coopératives disposent de laboratoire et de techniciens à même d'acquérir le maniement du test et qu'il y aura suffisamment de techniciens pour procéder aux prélèvements et tests.

Concernant les pressions sociales, les données recueillies ont permis d'identifier des sous-systèmes pouvant potentiellement avoir une influence sur la décision des agriculteurs quant au changement de pratique (cf. sous-systèmes des niveaux méso 1 et 2 de la figure 2), en l'occurrence la famille, les voisins, les distributeurs négociants, d'autres agriculteurs, les coopératives, les chambres d'agriculture, les syndicats, les experts comptables, etc. Ces différents acteurs ont déjà été identifiés dans le domaine agricole (Barbier, Cerf & Lusson, 2016) ; des études ont montré par ailleurs l'impact de ce réseau social sur l'amorçage du processus de changement et son maintien (Cerf & Magne, 2007), par exemple un agriculteur pourrait ne pas s'engager dans un changement pour ne pas rompre avec une tradition familiale, pour ne pas être exposé à des critiques d'autres agriculteurs, etc. Les entretiens qui seront conduits ultérieurement auprès des agriculteurs céréaliers permettront de cibler parmi ces différents acteurs ceux qui ont un poids dans leur prise de décision quant au changement de pratique.

Concernant l'attitude à l'égard de la nouvelle pratique, on note que la pratique est interrogée sous différents angles qui correspondent aux trois axes transversaux de d'Elkington (1997): 1) capital économique (la nouvelle pratique est-elle plus ou moins coûteuses que la pratique traditionnelle ?), 2) capital social (le coût humain de la nouvelle pratique - nécessite-t-elle de nouveaux apprentissages, un matériel particulier ? nécessite-t-elle de nouvelles formes de coordination entre les acteurs de la filière sachant que les grandes coopératives ont plus de difficulté à se mettre en lien direct avec les agriculteurs ?), 3) capital naturel (le coût environnemental - la nouvelle pratique préserve-t-elle davantage l'environnement (air, sol, céréales) que les pratiques classiques ?).

5. Discussion

5.1. Apports et adaptations du modèle de Thatcher et Yewo

L'équipe de recherche étant pluridisciplinaire, les psychologues et les automaticiens étant étrangers au domaine agricole, un travail de partage de l'expertise a été nécessaire. Sur la base d'informations communiquées par les chercheurs de la filière et des chercheurs de l'INRA, les automaticiens ont formalisé cette expertise en exploitant le formalisme des boucles causales. Pour rendre davantage lisible l'expertise, la référence au niveau micro, méso et macro du modèle de Thatcher et Yewo (2016) a permis d'organiser le schéma sur cette base. On notera que ce premier travail a révélé que des sous-systèmes de niveaux distants (exemple micro – macro) pouvaient être en lien direct ; par exemple des intempéries (niveau macro) vont directement impacter la pratique de l'agriculteur et ses récoltes (niveau micro), sans pour autant avoir une incidence immédiate sur les niveaux intermédiaires. Cet aspect n'est pas envisagé par Thatcher et Yewo (2016). En effet pour ces auteurs, la transformation d'un sous-système doit impacter en premier lieu les sous-systèmes des niveaux proximaux qui vont à leur tour modifier les sous-systèmes des niveaux qui leur sont proximaux (effets en cascade). Pour rendre compte de ces relations distales, on envisage de combiner le formalisme des boucles causales et le modèle de Thatcher et Yewo (2016). La modélisation aurait pour objectif de mettre en exergue des modifications de sous-systèmes et leur impact direct sur d'autres sous-systèmes pouvant être distants. Par exemple si des modifications en matière de réglementation s'opèrent ; comme

la possibilité d'utiliser des traitements curatifs une fois l'orge récolté (ce qui n'est pas autorisé actuellement) ; cette disposition aurait alors une incidence sur la pratique de l'agriculteur qui ne procéderait plus à l'épandage de la solution en champ.

En outre, nous envisageons de rendre compte du degré de stabilité des sous-systèmes. En référence aux travaux de Bronfenbrenner (1986) - qui a développé une modélisation de l'environnement dans le champ de la psychologie du développement -, certains sous-systèmes sont stables et d'autres sont marqués par des instabilités dans le temps. Nous posons que la prise en compte de cette caractéristique interne aux sous-systèmes, présente un intérêt. Il est en effet possible que l'efficacité d'une intervention ergonomique sur un sous-système fluctue selon les modalités de cette caractéristique. Les systèmes instables pourraient être représentés par des ronds en pointillé (cf. figure 3).

Enfin contrairement à Thatcher et Yewo (2016), nous envisageons que les sous-systèmes d'un même niveau n'aient pas les mêmes durées de vie ; par exemple on peut imaginer l'émergence de groupes de pression ponctuels (niveau méso 3) face à une nouvelle disposition législative. La prise en compte de la temporalité reste néanmoins essentielle notamment dans une optique de changement de pratique, pas pour rendre compte de la durée de vie des systèmes, mais pour rendre visible des modifications de sous-systèmes dans le temps, générées notamment par le processus d'intervention.

5.2. Apport de la construction d'un système des systèmes à l'étude de cas

La conduite et l'analyse d'entretiens exploratoires auprès d'acteurs de la filière ont permis d'identifier les sous-systèmes propres à chacun des niveaux. La structuration de ces données a facilité l'identification de composants pouvant fonctionner comme potentiels leviers ou comme freins voire verrous² dans la mise en place de la nouvelle pratique.

Au préalable de la conduite de ces entretiens visant l'identification de freins effectifs, il nous faudra poursuivre les investigations afin de pouvoir fournir les informations nécessaires pour que les acteurs puissent se positionner en connaissance de cause. Plus précisément,

- au niveau économique, il conviendra d'estimer le coût financier de cette nouvelle pratique comparée à la pratique classique. Cela suppose de développer des scénarios et pour chacun de calculer leur coût. Pour ce calcul, il faudra en outre prendre en compte les éventuelles aides de l'état et de l'Europe par exemple dans le cadre du passage à des procédés plus écologiques, d'apprécier si des assurances pourraient couvrir les éventuels préjudices si le procédé s'avérait moins performant que les techniques traditionnelles...
- au niveau écologique, le tore qui encapsule les mycotoxines se compose d'amidon, molécule glucidique non ou peu polluante et aisément biodégradable. Elle ne devrait donc pas avoir d'impact négatif majeur sur les sols et les nappes phréatiques. De plus, lorsque le tore va se dégrader, il est possible que cette source potentielle de carbone et d'énergie favorise l'activité de dégradation des mycotoxines libérées, par la flore du sol. Ces éléments seront évidemment à vérifier en laboratoire et en champ relativement au taux de présence de mycotoxines.

² Un verrou est un frein qu'il est difficile de dépasser ; par exemple une pratique qui nécessite l'emploi d'une technologie incompatible avec la technologie standard ou qui remet en cause une coordination entre acteurs bien établie (Meynard *et al.*, 2013).

- au niveau social, l'emploi du test nécessite un niveau bac+2. Il repose sur des prélèvements et leur traitement en laboratoire. Les coopératives disposent habituellement de techniciens et de laboratoires permettant d'effectuer les prélèvements et de procéder à des tests. Les moments où procéder à des prélèvements pourraient être déterminés par les coopératives relativement à la pluviométrie et/ou l'alerte de certains agriculteurs. Pour le technicien interrogé, il ne devrait pas y avoir de frein à ce niveau ; néanmoins le responsable céréalier d'une coopérative de taille modeste met en garde concernant les grandes coopératives qui n'auraient peut-être pas suffisamment de techniciens à disposition.

Quant au procédé de décontamination, il repose sur les techniques d'épandage traditionnelles et ne nécessitent pas d'achats en matériel supplémentaires, ni de compétences particulières.

Ce qui va changer pour les agriculteurs en termes de pratique, ce sont les moments d'épandage des solutions antifongiques qui ne seront plus fixés *a priori* en coopérative, mais seront définies ponctuellement en fonction des résultats au test et de la pluviométrie. L'organisation du travail s'en trouvera modifiée et nécessitera davantage d'interactions entre les agriculteurs et leur coopérative. En référence aux travaux de Barbier, Cerf et Lussou (2015), ces nouvelles formes de coordination pourraient ne pas être un frein mais un levier – les réunions, rencontres pouvant être source de plaisir. Aussi, si le travail d'extraction d'expertise opéré en amont du projet avait pour enjeu premier de partager des connaissances et de créer un espace intersubjectif nécessaire au travail coopératif, il a permis d'une part d'instruire davantage le niveau micro (notamment l'expertise sous-jacente à la pratique agricole en matière de traitement) et d'autre part de prendre connaissance de bonnes et de mauvaises pratiques en lien avec le développement fongique (par exemple l'alternance blé-orge atténuant la présence fongique, en revanche certains produits phytosanitaires ont pour effet d'accentuer la prolifération de certains champignons). Ces éléments nous conduisent à compléter les guides d'entretien de façon à pouvoir s'enquérir des pratiques des agriculteurs en matière d'alternance et d'emploi de produits phytosanitaires. L'enjeu, en complément de l'emploi des nouveaux procédés, étant de conduire les agriculteurs à développer des pratiques minimisant les proliférations fongiques et mycotoxiques.

Conclusion

L'enjeu de cet article était de présenter le processus méthodologique mis en place pour construire un système de systèmes *via* une étude de cas. En effet, si Thatcher et Yewo présentent des illustrations de système de systèmes dans leur article de 2016, le processus pour développer ces construits n'est pas mentionné. Le processus mis en place dans cette étude combine une approche top-down (référence aux différentes strates du système de Thatcher et Yewo (2016)) et bottom-up (données produites en réunion auprès des experts de la filière) qui a permis de qualifier chacun des niveaux du système. Pour identifier et couvrir au maximum les sous-systèmes propres à chaque niveau, nous avons sollicité des personnes de la filière ayant des statuts différents et une expertise spécifique.

Si, comme l'envisagent Thatcher et Yewo (2016), la modélisation permet à l'ergonome de cerner les composants de l'environnement pouvant impacter ou être impactés par la nouvelle pratique, nous montrons à travers cette étude qu'elle constitue également une ressource pour l'identification de déterminants du changement de pratique et l'identification de potentiels leviers, freins voire de verrous. Elle fournit également une base de données pour la construction de guides d'entretien qui permettront de recueillir l'opinion et surtout l'attitude (valence

affectée aux contenus) des acteurs interviewés. Sur cette base, l'identification des freins perçus par profils d'acteurs permettra d'engager des processus d'accompagnement adaptés.

Aussi, l'implication des parties prenantes étant une garantie du processus d'engagement des acteurs dans la mise en place de nouvelles pratiques (Lewin, 1952), nous envisageons de mettre en place des *focus-group* visant à trouver des solutions définies collectivement afin de pallier les freins identifiés. Dans ce cadre, le système de systèmes constituera une mémoire externe qui permettra d'interroger de manière plus exhaustive les sous-systèmes pouvant impacter le changement de pratique et d'identifier les impacts que pourrait avoir la modification d'un sous-système sur les sous-systèmes d'autres strates.

Enfin à travers cette étude et à l'instar de Prost, Berthet, Jeuffroy, Labatut et Meynard (2017), nous notons que le domaine agricole au vu de ses caractéristiques (en l'occurrence l'agriculteur responsable d'une exploitation travaille en relative autonomie, il décide des modes opératoires, du matériel, des intrants..., néanmoins il subit de nombreuses influences et contraintes qui ne proviennent pas de son environnement de travail immédiat mais d'un environnement plus global) est particulièrement propice à faire évoluer les cadres théoriques et à enrichir les débats en ergonomie.

Bibliographie

- Ajzen, I. (1985). From intention to actions: a theory of planned behavior. In J. Kuhl & J. Beckmann (eds.), *Action-Control: From Cognition to Action* (pp. 11-39). Heidelberg : Springer.
- Bronfenbrenner, U. (1986). Ecology of the Family as a context for human development: research perspectives. *Developmental Psychology*, 22 (6), 723-742.
- Barbier, C., Cerf, M., & Lusson, J.-L. (2015). Cours de vie d'agriculteurs allant vers l'économie en intrants : les plaisirs associés aux changements de pratiques. *Activités*, 12 (2), 26-52. <http://www.activites.org/v12n2/V12n2.pdf>
- Catucci, L. (2013). Interactions between cyclodextrins and fluorescent T-2 and HT-2 toxin derivatives: a physico-chemical study. *J. Incl. Phenom. Macrocycl. Chem*, 75, 285-292. doi.org/10.1007/s10847-012-0130-z
- Cerf, M., & Magne, M.-A. (2007). Comment les agriculteurs mobilisent-ils des interventions de développement ? *Activités*, 4(1). <http://www.activites.org/v4n1/cerf-FR.pdf>
- Costanza, R., & Patten, B. C. (1995). Defining and Predicting Sustainability. *Ecological Economics*, 15 (3): 193–196. doi:10.1016/0921-8009(95)00048-8.
- Elkington, J. (1998). *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Oxford: Capstone.
- Lewin, K. (1952). Group decision and social change. In G. Swanson, T. Newcomb & E. Hartley (eds.), *Readings in social psychology* (pp. 459-473). New York: Henry Holt.
- Maier, M. W. (1996). Architecting Principles for Systems-of-Systems. *Systems Engineering*, 1 (4), pp. 267-284.
- Meynard, J.M., Messéan, A., Charlier, A., Charrier, F., Fares, M., Le Bail, M., Magrini, M.B., & Savini, I. (2013). Freins et leviers à la diversification des cultures. Etude au niveau des exploitations agricoles et des filières. Synthèse du rapport d'étude, INRA, 52 p.
- Négura, L. (2006). L'analyse de contenu dans l'étude des représentations sociales. *SociologieS*. Revue en ligne : <https://sociologies.revues.org/993#quotation>
- Peles-Lemli, B. (2015) Interaction of mycotoxin zearalenone with human serum albumin. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 151, 63-68. DOI :10.1016/j.jphotobiol.2017.03.016

Prost, L., Berthet, E.T.A., Jeuffroy, M.-H., Labatut, J., & Meynard, J.-M. (2017). Innovative design for agriculture in the move towards sustainability: scientific challenges. *Research in Engineering Design*, 28 (1), 119-129.

Thatcher, A. & Yeow, P.H.P. (2016). A sustainable system of systems approach: a new HFE paradigm. *Ergonomics*, 59 (2), 167-178. DOI:10.1080/00140139.2015.1066876