

## **DOCaMEx - Développement d'un prOgiciel de Capitalisation et de Mobilisation du savoir-faire et de l'Expérience fromagers en filière valorisant leur terroir**

**Notz E.<sup>1</sup>, Bel N.<sup>2</sup>, Buche P.<sup>3</sup>, Paysant B.<sup>4</sup>, Polturat B.<sup>5</sup>, Charles C.<sup>6</sup>, Couteaux J.<sup>7</sup>**

<sup>1</sup> Centre Technique des Fromages Comtois (CTFC), 9 Av. Wladimir Gagneur, F-39800 Poligny

<sup>2</sup> Actalia, 419, route des Champs laitiers, F-74250 La Roche sur Foron

<sup>3</sup> INRAE, IATE, 2 place Pierre Viala, F-34000 Montpellier

<sup>4</sup> Actalia, Rue de Versailles, F-39801 Poligny

<sup>5</sup> Ceraq, Maison de l'Agriculture et de la Forêt, 40 rue du Terraillet, F-73190 Saint Baldoph

<sup>6</sup> ENILV, 419, route des Champs laitiers, F-74250 La Roche sur Foron

<sup>7</sup> I2M, Université de Bordeaux, 351 Cours de la Libération, Bât A33, F-33405 Talence

**Correspondance** : e-notz@ctfc.fr

### **Résumé**

Le projet DOCaMEx s'est attaché à développer un outil informatique innovant permettant de recueillir, structurer et remobiliser des savoirs et savoir-faire fromagers d'une filière ou d'une entreprise. Le collectif des vingt partenaires techniques et scientifiques réuni a élaboré des méthodologies et des outils informatiques permettant une structuration des connaissances utilisable pour une consultation sous la forme d'outils d'aide au raisonnement technologique ou de formations internes et continues. Après 4 années de travail, l'outil finalement développé constitue un formidable système informatique de capitalisation et de transmission des compétences professionnelles. Le projet s'est terminé en fin 2020 et un séminaire de clôture s'est déroulé le 10 septembre 2021 (contenus vidéos<sup>1</sup>). Les partenaires travaillent aujourd'hui au déploiement de ce dispositif à l'ensemble des acteurs du secteur de l'industrie laitière française.

**Mots-clés** : savoir, savoir-faire, expérience fromagère, recueil, capitalisation, exploitation numérique.

### **Abstract : DOCaMEx - Development of a software program for the Capitalization and Mobilization of expertise of cheese makers in the sector enhancing their terroir**

The DOCaMEx project focused on developing an innovative Informatic tool making it possible to collect, structure and gather knowledge and expertise concerning cheese in a sector or a company. The consortium, which gathered 20 technical and scientific partners, divided methodologies and Informatic tools allowing a structuring of knowledge usable as a consultation in the form of tools helping with technological reasoning or as continuous internal training. After 4 years of development, this tool is now forming an amazing computer system for the capitalization and transmission of business skills. The project was completed at the end of 2020 and a closing seminar took place on September 10th, 2021 (video content<sup>1</sup>). The partners are now working on the implementation of this system to all the players of the French dairy industry.

**Keywords**: knowledge, cheese expertise, collection, capitalization, digital exploitation.

---

<sup>1</sup> Vidéos: <http://www.rmtfromagesdeterroirs.com/projets-de-r-et-d/docamex/colloque-fromages-au-lait-cru/>

## Introduction

Les procédés traditionnels de fabrication fromagère bénéficiant d'une Indication Géographique : Appellation d'origine protégée (AOP) et Indication géographique protégée (IGP), reposent sur une multitude de savoirs, de savoir-faire et d'expériences (connaissances), forgés au cours du temps. Au niveau de la transformation, les fromagers-affineurs, par leurs savoir-faire, adaptent leurs pratiques aux variations des caractéristiques des laits et des fromages. Ce positionnement engendre une richesse de savoir-faire des acteurs issus de leur propre expérience dont la transmission est essentiellement assurée par la voie de l'apprentissage sur site de production (faire pour savoir). Des évolutions internes aux appellations, en particulier en termes de renouvellement et de formation des opérateurs, fragilisent fortement la préservation et la transmission de ces savoir-faire.

Dans ce cadre, le projet Docamex a été élaboré. Son objectif est de développer des méthodologies de recueil et de structuration spécifiques des connaissances fromagères associées à la mise au point d'un progiciel permettant la capitalisation, la consultation et la mise à jour des informations collectées régulièrement. La possibilité de capitaliser et de valoriser de manière durable l'expérience fromagère des praticiens ainsi que l'expérience technique et les connaissances scientifiques capitalisées à l'échelle d'une filière ou d'une entreprise fromagère, sera prouvée.

Par de nouvelles méthodes de recueil et de gestion numérique des connaissances, le projet Docamex s'est organisé en 4 actions :

1. **Développement d'une démarche de recueil et de structuration des connaissances** sous la forme de 2 réservoirs. Un livre des connaissances et une base d'arborescences de raisonnement dont l'entrée se fait par descripteurs de qualité ou de défaut des fromages.
2. **Construction d'un progiciel opérationnel** hébergeant les 2 réservoirs avec les outils informatiques associés et leurs interconnexions pour gérer et explorer les connaissances.
3. **Valorisation et transfert des méthodes et des outils développés dans le progiciel** avec l'objectif de permettre une consultation aisée des connaissances par les futurs utilisateurs cherchant une aide à la décision (fromagers, conseillers), ou à s'informer ou se former. La pérennité devant aussi être assurée par des fonctionnalités d'enrichissement des nouvelles connaissances et des contenus garantissant un déploiement facilité du progiciel.
4. Communication et pilotage avec la réalisation du pilotage général du projet, de communications grands publics ou dans la presse spécialisée, et l'animation des groupes de travail.

Ces outils d'aide à la décision ou à la formation des fromagers et des conseillers en fromagerie représentent un enjeu majeur pour le maintien des savoirs et savoir-faire fromagers au service du pilotage de la qualité sensorielle des fromages traditionnels. La durabilité des filières fromagères et le maintien de l'activité agricole qu'elles permettent dans des zones géographiques souvent difficiles en dépendent fortement. La crédibilité de ce projet est renforcée par le montage d'un consortium regroupant 20 partenaires qui sont les suivants :

- 5 filières fromagères AOP : Comté (Comité Interprofessionnel de Gestion du Comté), Reblochon (Syndicat Interprofessionnel du Reblochon), Emmental de Savoie (Savoicime), Cantal et Salers (Comité Interprofessionnel des Fromages du Cantal) ;
- 4 Ecoles Nationales d'industries laitières (ENILs) : Aurillac, Poligny-Mamirolle et la Roche-sur-Foron ;
- 4 organismes techniques : Actalia, CTFC (Centre Technique des Fromages Comtois), Ceraq (Centre de ressources pour l'agriculture de qualité et de montagne), Pôle fromager AOP Massif central ;
- 7 partenaires scientifiques : Unité EDUTER Recherche UP «Développement Professionnel et Formation» (UR DPF) d'Agrosup Dijon ; université de Bordeaux avec le laboratoire « Institut de

Mécanique et d'Ingénierie de Bordeaux » (I2M) ; unité Mixte de Recherche INRAE Montpellier Ingénierie des Agropolymères et Technologie Emergente (IATE) ; CNRS et son équipe GraphiK du laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier (LIRMM) ; CNRS et son équipe de l'UMR Heudiasyc de Montpellier ; INRAE URF d'Aurillac, INRAE URTAL de Poligny ;

- 2 partenaires supplémentaires ont été associés au comité de pilotage du projet : le Conseil National des Appellations d'Origine Laitières (CNAOL), en tant qu'organisme chef de file du RMT Filières Fromagères Valorisant leur Terroir et l'animateur(rice) de ce RMT.

Le projet Docamex, porté et animé par le CTFC de 2017 à 2020, a été financé par le Casdar « innovation et partenariat » 2016. Son inscription dans les axes de travail prioritaires du RMT «Fromages de Terroirs» garantit, au-delà du projet et des trois régions prises en compte, le transfert de ses résultats à l'ensemble de la communauté des AOP fromagères et du secteur laitier français.

## 1. Développement du recueil et de la structuration de l'expérience fromagère

L'objectif de cette partie était de développer une méthodologie de recueil permettant une structuration cohérente de l'expérience fromagère tout en consolidant son contenu scientifique. La terminologie de l'expérience fromagère sera utilisée, elle intègre les connaissances scientifiques et techniques (savoir) ainsi que l'expériences du métier de fabrication des fromages (savoir-faire).

En plus des méthodes de recueil usuelles (entretiens individuels ou collectifs) déjà employés en filière fromagère, deux méthodes ont été explorées auprès des détenteurs de savoir, savoir-faire et expérience fromagers. L'entretien d'explicitation et la didactique professionnelle. Les informations collectées ont ensuite été structurées sous la forme d'un espace contenant des arborescences de raisonnement et d'un espace intitulé « livre de connaissances » contenant toutes les sources d'informations (études, illustrations vidéos, photos, ...). Pour s'assurer de la représentativité des informations collectées, plusieurs défauts et/ou qualités de produits fromagers ont été renseignés en veillant à la complémentarité inter- et intra-filières. Le recueil de données a été réalisé par les référents techniciens fromagers désignés dans chacune des cinq filières du projet et dans les ENILs.

Chacune des 5 filières a donc instruit avec ses référents et ses professionnels le choix des descripteurs de défauts et/ou de qualités de produits fromagers à explorer pour entamer la mise en application des méthodes de recueil et de structuration de l'expérience fromagère. Chaque filière a choisi ses critères :

- Le Cantal : « Obtenir une pâte typique » ;
- Le Salers : « Avoir une gerle en bois qui fonctionne bien » ;
- Le Reblochon : « Bombé à la coupe »
- L'Emmental de Savoie : « Maturation du lait insuffisante », « Bec de lainure », « pâte trop ferme »
- Le Comté : « le décaillage » et « Les soins en préaffinage à la fromagerie ».

Les ENILs, avec le concours des référents filières et des experts de l'INRAE et d'Actalia, ont élaboré des « Arborescences génériques » sur le concept de l'acidification et de l'égouttage.

### 1.1 Développement d'une méthodologie de recueil de l'expérience fromagère

#### 1.1.1 Développement de la méthodologie de l'entretien d'explicitation (GREX 2)

##### 1.1.1.1 Méthodologie de l'entretien d'explicitation

La méthode d'entretien d'explicitation a été développée par le Groupe de Recherche sur l'Explicitation (GREX2). Ce sont des chercheurs universitaires formés et certifiés à cette méthode mise au point par Vermersch (2010). Dix référents des 5 filières fromagères et des écoles de laiteries ont été formés durant

3 jours à Paris par Frédérique BORDE de la société OFTEX actifs au sein du GREX2. Cette méthode consiste à interroger la personne détentrice du savoir-faire en lui permettant de se remémorer le contexte du moment choisi (une tâche professionnelle par exemple) pour qu'il verbalise le sens porté par son activité (Borde, 2017). La technique de l'entretien consiste à écouter pour discriminer les informations utiles à partir de critères déterminés en posant des questions permettant de distinguer les informations descriptives de l'activité de celles plus subjectives (non observables). Elle active la description du détail où réside la spécificité de l'acte pour établir une description verbale précise et chronologique de l'activité investiguée.

### **1.1.1.2 Résultats et discussion**

La mise en application de la méthode des entretiens d'explicitation par les référents dans chacune de ses filières s'est déroulée durant la suite du projet. Elle a permis d'améliorer la performance du recueil de l'expérience fromagère. L'approche n'a pas été spécifiquement appliquée mais plutôt intégrée dans le recueil effectué lors des entretiens individuels ou collectifs libres, semi-dirigés, dirigés ou même lors de l'application de la méthode de la didactique professionnelle. La rédaction d'un guide méthodologique finalise ce travail en détaillant le protocole permettant l'application sur le terrain des méthodes de recueil par des entretiens individuels ou collectifs libres, semi-dirigés ou dirigés en explicitation ou en didactique professionnelle (Bel et al., 2017a).

## **1.1.2 Développement de la méthodologie de la didactique professionnelle**

### **1.1.2.1 Méthodologie de la didactique professionnelle**

La Didactique Professionnelle développée par l'équipe de l'UR DPF d'AgroSup Dijon (Olry, 2008) considère que le discours des personnes sur leur propre activité ne suffit pas à comprendre les chemins empruntés dans leurs raisonnements. Cette approche permet de comprendre l'activité des fromagers et d'identifier les stratégies de régulation et d'adaptation qu'ils exécutent face aux risques d'apparition d'un défaut. Elle se traduit par le captage vidéo des tâches exécutées par le fromager en situation réelle, puis par un entretien d'explicitation du sens porté par la gestuelle du fromager face aux images sélectionnées au préalable. Une comparaison des explications données est ensuite possible pour les mêmes actions mises en œuvre par différents fromagers dans leur atelier de fabrication. Cette méthode chronophage aboutit à un véritable recensement des savoir-faire fromagers. Elle permet de structurer des informations importantes tout en archivant de nombreux supports illustratifs facilement valorisables pour une retransmission (vidéos, photos, sons).

Deux filières ont choisi d'explorer cette méthode de recueil. Le Salers avec le critère « Avoir une gerle en bois qui fonctionne bien », et le Comté avec « le décaillage en cuve » et « Les soins en préaffinage à la fromagerie ». Les chercheurs dijonnais ont assuré la formation des référents de ces deux filières et l'accompagnement pour sa mise en œuvre et pour son déploiement à l'ensemble des partenaires.

### **1.1.2.2 Résultats et discussion**

Un retour d'expérience collectif a été réalisé au sein du groupe des utilisateurs référents des filières fromagères et de la formation. Elle a permis d'adapter et de valider la robustesse de ces méthodes. La rédaction d'un guide méthodologique finalise ce travail en détaillant le protocole permettant l'application sur le terrain de cette méthode de recueil (Renard et al., 2020). Deux articles scientifiques ont aussi été publiés (Chrétien et al., 2020 ; Olry et al., 2021).

## **1.2 Structuration et validation de l'expérience fromagère recueillie**

L'objectif était de structurer et de valider tous les types d'informations recueillies grâce aux méthodes de recueil développées. Après avoir défini des règles préalables de capitalisation des informations, la structuration s'est effectuée de deux manières : (i) sous la forme d'arborescences de raisonnement pour les informations intégrant des mécanismes explicatifs, et (ii) sous la forme d'un livre de connaissances

pour les autres informations de type documentaires, sons et images. La validation des informations s'est effectuée grâce à des réunions spécifiques entre les référents techniciens fromagers des filières et les formateurs.

### **1.2.1 Méthodologie préalable pour faciliter la structuration**

#### **1.2.1.1 Méthodologie préalable**

La définition préalable de règles de conduites est impérative pour faciliter une structuration durable des données de l'expérience fromagère recueillie. Il est important d'harmoniser le vocabulaire utilisé, d'analyser l'impact de l'échantillonnage des personnes enquêtées dans la filière, et de cadrer le diagramme de fabrication du produit concerné. Enfin, il la méthode de gestion des documents capitalisés dans les outils de structuration doit être définie.

#### **1.2.1.2 Résultats**

Un travail collectif regroupant les référents techniciens fromagers et les formateurs a permis la rédaction de 4 guides méthodologiques qui détaillent les précautions nécessaires pour effectuer une structuration cohérente des informations (Bel et al., 2017b-c-d ; Bel et Notz, 2017).

### **1.2.2 Méthodologie de structuration sous forme d'arborescence de raisonnement**

#### **1.2.2.1 Méthodologie des arborescences de raisonnement**

L'objectif était de structurer les raisonnements techniques recueillis par les entretiens sous la forme d'arborescences de raisonnement. Anciennement utilisée en fromagerie sous la forme d'un système expert (Cretin-Maitenaz, 1991), cette méthode a été développée en filière Comté puis transférée en filière du Reblochon. La méthode consiste à interroger l'expertise des professionnels fromagers ou techniciens sur les éléments de raisonnement pouvant expliquer l'apparition de défauts ou l'élaboration de certains critères de qualité des fromages. La structuration des données sous la forme d'arborescences de raisonnement intègre ensuite les mécanismes explicatifs fromagers tout en représentant des relations de cause à effet entre les descripteurs et les leviers d'intervention corrective.

#### **1.2.2.2 Résultats et discussion**

Un travail collectif regroupant les référents techniciens des filières Comté et Reblochon ainsi que des experts de l'INRAe IATE a permis la rédaction de 2 guides méthodologiques qui détaillent le protocole d'élaboration de la structuration en arborescences (Bel et Notz, 2018).

Un travail collectif regroupant les référents techniciens fromagers et les formateurs a permis ensuite la transmission au travers de deux séminaires. Le premier séminaire méthodologique a été réalisé à Montpellier le 30 et 31 mai 2017 pour l'appropriation des méthodes d'organisation et de structuration des savoir-faire fromagers recensés et pré-testés. Le second séminaire méthodologique réalisé à en Haute-Savoie au Plateau des Glières le 26 et 27 juin 2018 a permis la prise en main des premiers outils informatiques et d'échanger autour de la pertinence des méthodologies développées.

### **1.2.3 Méthodologie de structuration sous forme d'un livre de connaissance**

#### **1.2.3.1 Méthodologie du livre de connaissance**

L'objectif était d'organiser les informations techniques et scientifiques de type images, sons, interview, études, bibliographies scientifiques, fiches défauts, etc., sous la forme d'un livre de connaissances afin d'en faciliter l'accès. Le principe consiste à développer un document hypertexte qui compile l'ensemble des informations sous la forme de cartes conceptuelles (CMap), de graphes d'influence et de fiches de connaissances liés par des liens hypertextes. La méthodologie a été transmise par les experts de l'université de Bordeaux (I2M) qui ont développé ce concept de structuration des connaissances déployé par exemple dans le secteur des céréales (Amadou, 2012).

### 1.2.3.2 Résultats et discussion

Les experts de l'université de Bordeaux ont transmis leur méthodologie dans le cadre du travail collectif regroupant les référents techniciens fromagers et les formateurs (2 séminaires). Ils ont également rédigé un guide pour la construction et l'administration du livre de connaissance appliqué à la filière fromagère (Baudrit *et al.*, 2019).

#### 1.3 Résultats et livrables sur le recueil et la structuration de l'expérience fromagère

Le travail de recueil et de structuration de l'expérience fromagère intègre aussi la formation aux méthodes de chaque référent des filières fromagères et des ENILs. Chaque filière dispose pour finir d'un corpus de documentations organisé sous la forme d'arborescences et d'éléments du livre de connaissances. Pour s'assurer de l'évolutivité et de la reproductivité de la démarche, des guides méthodologiques de recueil et de structuration des connaissances ont été rédigés avec l'appui des équipes de recherche et validés par le collectif des utilisateurs-référents. Le secteur de la formation a travaillé plus spécifiquement sur le contenu socle assimilable à des concepts génériques utilisables pour les formations en technologie fromagère et pour le déploiement de l'outil à d'autres utilisateurs. Ces contenus socles élaborés avec le concours des experts de l'INRAE et d'Actalia servent de matière première au travail de création et de personnalisation des contenus filières.

**Tableau 1** : Résultats du recueil et de la structuration de l'expérience fromagère dans les filières et la formation

	Arborescences de raisonnement	Livre de connaissance			Formations et guides
<b>Livrables prévus</b>	3 par filière	Corpus organisé de documentations			Un référent par filière formé aux méthodes de recueil
<b>Livrables réalisés</b>	<b>Arborescences élaborées</b>	<b>Cartes conceptuelles (CMaps)</b>	<b>Graphes de processus</b>	<b>Fiches de connaissance</b>	<b>Guides et formations</b>
<b>Reblochon</b>	37	34	1	21	<b>13 guides élaborés</b>  1 Guide didactique professionnelle 7 Guides recueil et gestion des données 5 Guides pour la construction et l'administration des arborescences et du Livre de connaissance 3 séminaires de formation
<b>Comté</b>	43	9	1	67	
<b>Emmental de Savoie</b>	17	20	1	41	
<b>Cantal</b>	5	24	1	120	
<b>Salers</b>					
<b>Formation</b>	7 génériques socles	84	1	41	
<b>TOTAL</b>	<b>109</b>	<b>171</b>	<b>5</b>	<b>290</b>	

## 2. Construction d'un progiciel opérationnel

L'objectif était d'élaborer les deux outils numériques de gestion des connaissances et de construire un dispositif permettant leur hébergement pour la navigation des utilisateurs. Un « Livre de connaissances électronique » et un « Moteur de raisonnement par arborescence » ont été structurés et organisés comme

des documents hypermédias sur le lait et les fromages. Le recueil de données apporte un très grand nombre d'informations qu'il faut pouvoir représenter et structurer pour le rendre lisible et compréhensible rapidement par un plus grand nombre de personnes intéressées. A partir des données collectées lors du recueil et des connaissances génériques existantes au sein des organismes de recherche, des centres techniques et de formation, les modalités d'interconnexion entre les deux outils ont été développées et testées. Une plateforme web a été créée pour héberger les outils et les fonctionnalités informatiques qui ont été développées pour faciliter la navigation des utilisateurs dans les connaissances capitalisées au sein du portail commun.

## *2.1 Construction électronique du livre de connaissance et des arborescences*

### **2.1.1 Méthodologie de construction électronique du livre de connaissance**

La notion de livre de connaissances électronique s'appuie sur les travaux publiés par Chaillot et Ermine (1997). Le logiciel appelé MakeBook© a été développé sur ce principe par I2M pour construire et maintenir des livres de connaissances (LdC). Son adaptation au contexte des filières fromagères et des écoles de laiterie constitue le principal travail effectué dans ce projet. L'objectif étant d'obtenir un outil électronique hypermédia organisé suivant des formats de documents prédéfinis (CMap canonique, fiches de connaissances, Graphe d'influence), assemblés en réseau sémantique hypertexte. En collaboration avec les référents des filières, l'INRAE et ACTALIA, un membre de l'équipe I2M a transmis la méthodologie ayant permis la construction du contenu socle contenu dans le livre de connaissances des écoles de laiterie et des livres propres à chaque filière fromagère.

Des CMaps « type » ont été construites à partir du travail des référents filières. Elles proposent, pour chaque thématique du livre socle, une structure type et des relations ontologiques adaptées. Ces CMaps sont présentes dans le guide méthodologique.

Les fiches de connaissances nécessaires pour compléter le livre socle ont été identifiées lors de la construction des CMaps. Elles ont été réalisées dans un second temps par des binômes d'experts qui se sont répartis les thématiques du livre de connaissances socles.

La méthodologie de construction du livre de connaissances de chaque filière fromagère se base sur les contenus socles développés en les adaptant aux spécificités des filières avec l'aide des guides méthodologiques. De nouveaux contenus spécifiques ont ainsi été élaborés. La méthodologie est adaptée au fonctionnement propre à chaque filière.

Lors de la construction progressive des livres, des commentaires et des propositions d'amélioration ont été émises régulièrement par les référents techniques au sujet des guides, du livre de connaissances socles et des outils informatiques développés. Ces propositions ont été transférées aux coordinateurs I2M et IATE qui ont assuré le développement informatique et la mise à jour des guides méthodologiques.

### **2.1.2 Méthodologie de construction électronique du moteur de raisonnement par arborescences**

Le principe de la structuration des données sous la forme d'arborescences de raisonnement consiste à représenter les mécanismes fromagers nécessaires à l'interprétation technologique (appelés situations explicatives) de critères de qualité ou de défaut d'un produit (appelés situations d'intérêts) en identifiant les liens de causes à effet possibles entre situations et les leviers d'actions recommandés.

La filière Comté a initié une collaboration dès 2011 avec l'INRAE de Montpellier, qui a débouché sur la réalisation d'un logiciel de démonstration intitulé CoGui-CAPEX fonctionnant comme une application sur poste de travail. Ce prototype a permis de valider la faisabilité de la démarche de représentation et de manipulation des connaissances expertes à l'échelle d'une filière (Buche et al., 2013).

La méthode consistait à construire les arborescences à partir d'un logiciel de mind mapping appelé FreePlane. Une fois élaborées, les arborescences doivent être traduites manuellement en règles logiques

puis être intégrées dans l'outil de gestion des arborescences CoGui-CAPEX (moteur de raisonnement). Mais cette phase est apparue très contraignante pour les référents ce qui a motivé INRAE IATE à concevoir un nouveau modèle de représentation de connaissances permettant d'importer automatiquement les arborescences FreePlane.

Par ailleurs, INRAE IATE a développé sous forme d'application Web un nouveau moteur de raisonnement appelé « Capex » qui intègre l'ensemble des fonctionnalités recherchées par les partenaires du projet. L'architecture logiciel de Capex a été entièrement développée durant le projet. Les arborescences sont enregistrées par Capex dans une base de données spécifique (Triple Store RDF), bien adaptée à la représentation des arbres.

Capex permet de visualiser les arborescences, les valeurs des variables analytiques associées aux situations explicatives. Il permet également de lister l'ensemble des situations d'intérêt associées à une action recommandée. Cette version de Capex a fait l'objet d'une publication dans une revue internationale en informatique (Buche et al., 2019).

## 2.1.3 Résultats et discussion

### 2.1.3.1 Livre de connaissance

L'université de Bordeaux (I2M) a adapté le logiciel MakeBook© existant pour l'édition de Livres de connaissances en élaborant un nouveau logiciel intitulé Cheeser\_MBK©. C'est un nouvel outil de création et d'assemblage du livre électronique de connaissances adapté pour les procédés traditionnels de fabrications fromagères. Ce dispositif électronique est hébergé sur un site web dédié et il gère les documents prédéfinis assemblés en réseau sémantique hypertexte au travers de menus d'accès aux utilisateurs (Figure 2).

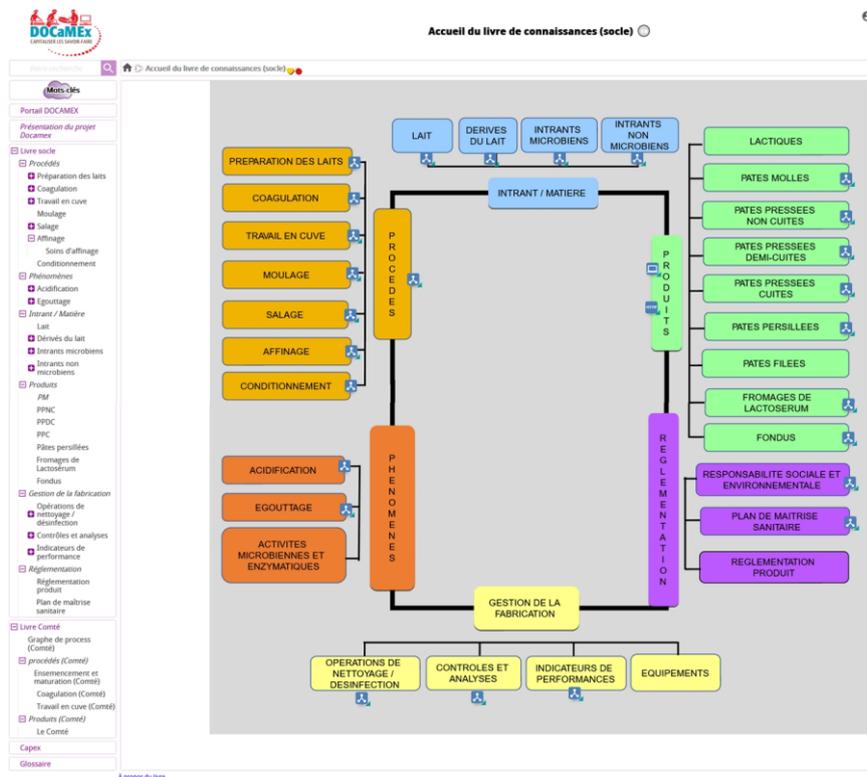


Figure 2 : Page d'accueil du livre de connaissance socle

Un séminaire de formation pour la construction et l'administration des contenus du livre de connaissance a été organisé à Paris le 12 et 13 juin 2019. Il a regroupé les référents des filières et des Experts du groupe socle (7 participants). Les guides méthodologiques ont également été présentés à cette occasion afin de les accompagner dans la prise en main de l'outil élaboré. D'autres sessions de formations aux

outils ont été menées à distance en visio-conférence. Chacun a pu ensuite travailler pour générer son livre de connaissance. Des CMaps « type » ont été proposées pour chaque thématique, ainsi qu'un guide des relations ontologiques. La vérification du vocabulaire a été réalisée pour tous les mots lors de la construction des CMaps ou des fiches de connaissances et avant la validation finale par chaque filière. Les résultats ont été obtenus en fin de projet pour chaque filière fromagère et en contenu socle pour les écoles de laiterie (Tableau 1).

### 2.1.3.2 Moteur de raisonnement par arborescences

Pour faciliter l'utilisation de l'outil informatique développé et les échanges entre les utilisateurs et les scientifiques, un séminaire a été organisé dans le Massif Central les 10 et 11 octobre 2019 (23 participants). Les filières ont ensuite pu adapter les contenus socle pour produire leurs propres arborescences en produisant de nouveaux contenus spécifiques à leur filière (Figure 3). L'organisation du travail a été la même dans les filières que pour les livres de connaissance. En fin de projet pour chaque filière fromagère et en écoles de laiterie des résultats ont été obtenus (Tableau 1).

La conception d'un modèle d'indicateurs d'efficacité technologique des leviers d'actions identifiés dans les arborescences de raisonnement a été effectuée lors d'un travail de stage encadré par l'Université de Montpellier (UMR Heudyasic) et l'INRAE (UMR IATE). Un système de notation avec une échelle de valeur de fiabilité des retours d'expérience des techniciens lors de la mise en œuvre des recommandations a été développé et testé par les utilisateurs qui l'ont validé.

The screenshot shows the Capex reasoning engine interface. The top navigation bar includes 'Liste des arborescences', 'Accueil', 'Livre de Connaissances', and 'Portail'. The main content area is titled 'Acidification lente' and is organized into three main categories, each with a minus sign indicating it is a negative factor:

- Environnement défavorable à l'acidification**
  - + Mauvais maintien des produits en température
  - + Température de l'atelier insuffisante
  - + Hygiène dans l'atelier défavorable
- Process défavorable à l'acidification**
  - + Diagramme thermique du produit inadapté
  - + Egouttage trop important
  - + Temps de contact caillé/sérum faible
  - + Préparation des laits défavorable
- Composition du lait défavorable**
  - + Composition microbiologique du lait déséquilibrée
  - + Composition chimique du lait déséquilibrée
  - + Taux de cellules élevé dans le lait
  - + Présence d'inhibiteurs dans le lait

The left sidebar shows a search bar and a list of search results, including 'Acidification lente', 'Manque d'égouttage', 'Acidification du fromage à 20h incomplète', 'Croûtage écuil', 'Forme haute-grosse', 'Goût amer', 'Gras sur Sec du fromage à 20h trop faible', 'Gras sur Sec du fromage à 20h trop élevé', 'Niveau d'égouttage du fromage à 20h trop élevé', 'Mille trous', 'Niveau de protéolyse du fromage affiné trop faible', 'Prise de sel à 15 jours trop faible', 'Prise de sel à 15 jours trop élevée', 'Pâte farineuse', 'Acidité du levain lactobacille trop faible', 'Acidité du levain lactobacille trop élevée', and 'Activité acidifiante des lactobacilles thermophiles faible'.

Figure 3 : Page d'accueil du moteur de raisonnement Capex

A partir d'un défaut ou d'une qualité d'un produit, l'outil final de raisonnement technologique se présente sous la forme d'arborescences avec des liens de type « s'explique par » et en fin d'arborescence, par des propositions d'actions correctives ou compensatoires. L'objectif étant d'accompagner l'utilisateur dans sa réflexion (aide à la décision). L'expertise du technicien ou du formateur réside dans sa capacité à adapter la réponse proposée au contexte professionnel concerné. La démarche et les outils informatiques permettant la structuration des informations en arborescence de raisonnement ont fait l'objet d'une publication scientifique (Buche et al., 2019).

## 2.2 Construction du progiciel et des interconnexions entre les outils numériques

L'objectif était ici d'élaborer le progiciel Docamex. Ce dispositif numérique est un logiciel qui rassemble des programmes paramétrables (livres de connaissances, moteur de raisonnement, autres ressources logiciels), et qui est destiné à être utilisé via un portail commun (site web). Ce travail a nécessité le développement des interconnexions entre les outils développés et avec différentes ressources externes mobilisées pour gérer la structuration et faciliter la navigation dans les connaissances capitalisées du progiciel Docamex. Afin d'assurer la confidentialité des données, un serveur d'authentification (CAS) a été mis en place. Il permet de définir des restrictions d'accès par login aux livres de connaissances et aux arborescences filières.

### 2.2.1 Méthodologie d'interconnexion

La méthodologie mobilisée du génie logiciel consiste à créer un catalogue numérique en utilisant les technologies issues de l'hypertexte avec une approche hypermédia. L'objectif étant de pouvoir explorer les informations multimédia (textes, sons, images) du livre de connaissance ainsi que les données contenues dans le moteur de raisonnement. Les liens hypertextes sont des éléments des pages web qui les lient entre elles et permettent de naviguer de l'une à l'autre lorsque l'on clique dessus. L'ensemble de liaisons hypertextes appliquées à des données multimédias (textes, sons, images) constitue l'approche hypermédia développée dans ce travail d'interconnexion. Le dispositif numérique finalement élaboré compile des applications hypermédiées qui permettent une exploration interactive des contenus du livre de connaissance et du moteur de raisonnement. C'est le progiciel Docamex (Figure 4).

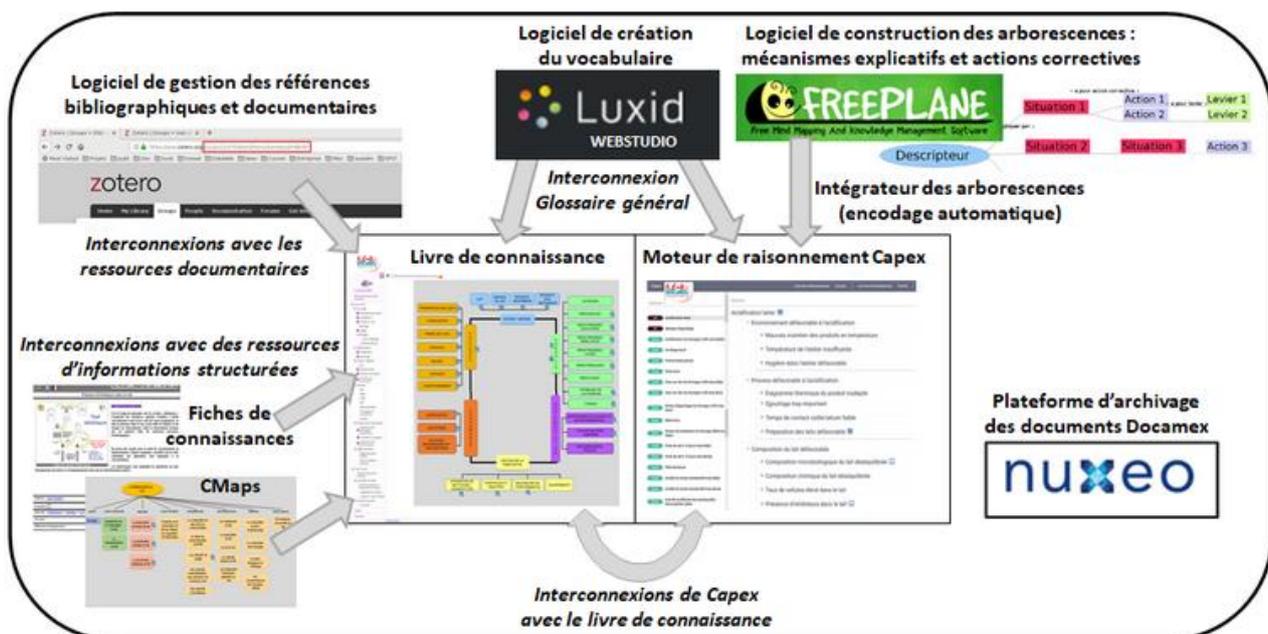


Figure 4 : Architecture et interconnexions des outils intégrés dans le progiciel Docamex

Le livre de connaissances et le moteur de raisonnement sont interconnectés pour faciliter la navigation dans les connaissances. Le moteur de raisonnement contenant les arborescences nécessite l'utilisation du logiciel FreePlane. Ces arborescences sont ensuite importées automatiquement dans la base de connaissances de Capex. Le livre de connaissances contient des outils numériques de structuration des informations en CMaps, des fiches de connaissances synthétiques, et des documents hypermédias de type textes (études, articles scientifiques, etc.), et multimédia (sons, photos et vidéos). Les interconnexions ont été développées entre ces éléments pour explorer les connaissances de manière interactive ou pour faciliter la compréhension en aidant l'utilisateur à trouver le sens des informations qui lui sont proposées. D'autres ressources externes ont aussi dû être mobilisées pour satisfaire les fonctionnalités du progiciel Docamex (notamment les liens internet).

La maîtrise de l'homogénéité du vocabulaire métier utilisé a nécessité l'utilisation d'un outil d'édition de vocabulaire (logiciel WebStudio disponible dans une plateforme web dédiée). Une base de vocabulaire existante dans le réseau des ENILs (WebAlim) a été enrichie par les référents durant la phase de recueil et de structuration des connaissances fromagères. Ce vocabulaire enrichi constitue la ressource du Glossaire général associé au livre de connaissances et au moteur de raisonnement Capex. Il est utilisé pour exécuter des recherches par mots clés.

La gestion des ressources documentaires a nécessité l'utilisation d'un logiciel externe appelé Zotero utilisable en ligne via un site dédié. Cet outil de gestion des références bibliographiques et des ressources documentaires a été intégré dans le progiciel Docamex via des interconnexions garantissant son utilisation directement en ligne. Enfin, l'ensemble des documents du projet Docamex ont été archivés dans une plateforme web dédiée intitulé Nuxeo. Une interconnexion avec le progiciel Docamex permet un accès immédiat dans cet espace pour retrouver l'historique documentaire du projet Docamex.

### **2.2.2 Résultats et discussion**

En résumé, 102 liens d'interconnexions entre les deux bases de connaissances (livre et moteur de raisonnement Capex) et avec les ressources externes mobilisées (Zotero, WebStudio, Nuxeo) ont été développés pour finaliser le progiciel Docamex. Les améliorations des fonctionnalités se sont construites progressivement de 2019 à 2020 en réunissant des référents utilisateurs. Un premier prototype du progiciel a été présenté le 5 février 2019 (14 participants), ainsi qu'une proposition du portail commun prenant en compte différents scénarii de navigation souhaités par des référents expert ou débutants. Un séminaire d'application collective réalisé dans le Cantal le 10 et 11 octobre 2019 a permis ensuite de transférer aux référents des filières fromagères et des ENILs toutes les méthodologies et outils informatiques développés. Le recueil des points critiques dans l'utilisation des outils a été consigné pour alimenter et optimiser le progiciel et les guides utilisateurs. Un système de notation avec une échelle de valeur de la fiabilité a été incorporé dans le moteur de raisonnement. Des tests utilisateurs de 3 filières (Comté, Reblochon et Emmental) ont permis de valider la pertinence du modèle d'évaluation de la fiabilité proposé. Des tests globaux du progiciel développé impliquant les référents des filières ont permis d'améliorer l'ergonomie et la capacité à s'orienter lors de la navigation dans le progiciel tout en validant le graphisme de sa page d'accueil).

Enfin, trois sessions de tests finaux d'évaluation du transfert de connaissance et de l'accompagnement au raisonnement technologique impliquant des utilisateurs de filières extérieures au projet (15 participants de Savoie, des ENILs et de la filière Comté) ont été organisés. Les résultats montrent qu'au cours de la navigation dans le progiciel, les participants arrivent à évoluer dans son contenu sans avoir une charge cognitive importante, avec une désorientation négligeable, et beaucoup de facilité pour aller chercher des contenus techniques précis. Une nette amélioration des performances du raisonnement technologique a aussi été constaté lors de l'utilisation du moteur de raisonnement Capex (58% de bonnes réponses supplémentaires avec l'outil sur les valeurs analytiques, et 27% de bonnes réponses supplémentaires sur les actions correctives). Ce bilan confirme que les performances attendues par ce nouveau dispositif d'exploration des connaissances fromagères sont satisfaites.

### 3. Valorisation et transfert des outils développés dans le progiciel

L'objectif était ici de développer les conditions permettant une valorisation cohérente du progiciel Docamex élaboré. Les utilisateurs ciblés étant les filières et les écoles de laiterie participant au projet, mais aussi d'autres filières AOP/IGP ou entreprises laitières potentiellement intéressées par son utilisation.

Le travail s'est attaché à rendre compatible les fonctionnalités développées par le progiciel avec les attentes des utilisateurs tout en créant une réflexion sur les modalités de transfert et de valorisation du dispositif informatique développé. Les besoins des utilisateurs ont été collectés (cahier des charges pour la navigation et l'interface, modules de formation pour une utilisation pédagogique). Puis sur la base de plusieurs modèles d'utilisation identifiés avec les filières fromagères en 2017, le cahier des charges des spécifications fonctionnelles a été travaillé et testés de 2018 à 2020 en lien étroit avec les équipes informatiques de l'INRAE IATE et de l'I2M de Bordeaux en charge du développement du progiciel.

Une réflexion sur les différentes modalités de valorisation du progiciel a également été instruite avec pour ambition de faciliter son déploiement au sein des filières et des écoles partenaires et auprès d'autres filières ou entreprises laitières. Une boîte à outils permettant le transfert de la démarche auprès des utilisateurs actuels ou futurs (guides et mode d'emploi des outils informatiques) a été réalisée. Une valorisation comme outil d'animation a aussi été imaginée pour stimuler les échanges partagés sur l'expertise fromagère dans les filières fromagères. L'utilisation de Docamex est sécurisée par des accès liés à des droits propres à chaque utilisateur. D'autres éléments d'enrichissement du progiciel ont été identifiés comme la gestion des retours d'expérience ou de nouvelles connaissances scientifiques permettant de fiabiliser les informations intégrées. Les types de modèles économiques envisagés pour la valorisation ont été réfléchis avec tous les partenaires et certains services juridiques gérant les propriétés des résultats. Le Conseil National des Appellations d'Origine Laitière, membre associé au comité de pilotage, nous a aussi offert une tribune indispensable pour promouvoir le projet Docamex tout au long de son déroulement et il a aussi participé de manière active aux réflexions sur la valorisation future du progiciel Docamex. L'instruction s'est terminée par la définition d'un plan de valorisation du progiciel Docamex reposant sur une licence d'exploitation libre et exploitée par un éditeur de logiciels avec une gouvernance pilotée par les partenaires du projet. L'objectif étant de continuer le développement technique et commercial du progiciel Docamex.

### Conclusion

Le projet Docamex s'est attaché à développer un outil informatique innovant permettant de recueillir, structurer et remobiliser des savoirs et savoir-faire fromagers d'une filière ou d'une entreprise. Le collectif des 20 partenaires techniques et scientifiques réuni a élaboré des méthodologies et des outils informatiques permettant une structuration des connaissances utilisables pour une consultation sous la forme de menus pour une aide au raisonnement technologique ou au déroulement de formations internes et continues. Après 4 années de travail, l'outil finalement développé constitue un formidable système informatique de capitalisation et de transmission des compétences professionnelles. Ce dispositif numérique innovant est configuré sur une plateforme hébergeant un socle commun consultable par tous ou de manière privative en naviguant dans des partitions confidentielles propres à chaque filière. Les outils développés s'adressent à des techniciens experts ou débutants (service technique d'une filière ou d'une entreprise), des fromagers, des animateurs de filière ou des responsables d'usine, ainsi qu'à des formateurs et apprenants (formation initiale et continue). Un progiciel fonctionnel et structuré incrémenté de données dites « génériques » rendues publiques permet d'envisager le déploiement de l'outil vers d'autres filières ou entreprises laitières.

Ce projet s'est terminé en décembre 2020 puis s'est poursuivi pour formaliser plus spécifiquement les conditions de déploiement et pour définir un accompagnement humain personnalisé pour les futurs

utilisateurs. L'enjeu est de créer un dispositif qui puisse se déployer de manière accessible aux plus petites filières fromagères AOP/IGP, aux grosses entreprises laitières et aux Ecoles Nationales de l'Industrie du Lait (ENILs). Dans ce cadre, le CNAOL et une partie des partenaires du projet initial ont souhaité continuer le développement technique et commercial du progiciel Docamex. L'enjeu étant de passer du « prototype » à un « produit commercialisable » afin de le déployer de manière opérationnelle auprès des acteurs de la filière laitière française.

## Remerciements

Nous tenons à remercier le ministère de l'agriculture pour son financement par le dispositif CASDAR, tous les partenaires qui ont contribué à la réalisation et à l'enrichissement du projet DOCaMEx ainsi que le Conseil National des Appellations d'Origine Laitières (CNAOL), organisme chef de file du RMT Filières Fromagères Valorisant leur Terroir, qui nous a apporté le soutien de l'animateur(rice) du RMT et l'hébergement sur leur site web des communications auprès des AOP françaises<sup>2</sup>.

## Références bibliographiques

- Baudrit C., Couteaux J., Fernandez Ch., Meymy E., Monier H., N'Diaye A., 2019. Guides pour le recueil et la structuration. Sous-action 2.2 - Structuration des informations recueillies en livre de connaissance - Tâche 3 : Construction et administration du livre de connaissance.
- Bel N., Hulin S., Notz E., 2017a. Guides pour le recueil et la structuration. Sous-action 1.1 - Recueil des savoirs, des savoir-faire et de l'expérience. Tâche 1 : Méthodologie de recueil des données.
- Bel N., Hulin S., Notz E., 2017b. Guides pour le recueil et la structuration. Sous-action 1.1 - Recueil des savoirs, des savoir-faire et de l'expérience - Tâche 3 : Analyse de l'impact de l'échantillonnage et du mode de recueil.
- Bel N., Notz E., 2017. Guides pour le recueil et la structuration. Sous-action 1.2 - Structuration des informations recueillies et intégration de données scientifiques et statistiques - Tâche 2 : Diagramme de fabrication – Opérations unitaires.
- Bel N., Notz E., 2018. Guides pour le recueil et la structuration. Sous-action 2.1 - Structuration des informations recueillies en arborescences de raisonnement - Tâche 2 : Construction des arborescences avec Freeplane.
- Bel N., Notz E., Buche P., 2017c. Guides pour le recueil et la structuration. Sous-action 1.2 - Structuration des informations recueillies et intégration de données scientifiques et statistiques - Tâche 1 : Harmonisation du vocabulaire / Glossaire.
- Bel N., Notz E., Fernandez Ch., 2017d. Guides pour le recueil et la structuration. Sous-action 1.2 - Structuration des informations recueillies et intégration de données scientifiques et statistiques - Tâche 3 : Gestion des données documentaires.
- Borde F., 2017. L'entretien d'explicitation et les obstacles à la description de l'activité. Le journal de l'association GREX2 Groupe de recherche sur l'explicitation n° 113 janvier.
- Buche P., Cuheval V., Diattara A., Fortin J., Gutierrez A., 2013. Implementation of a Knowledge Representation and Reasoning Tool Using Default Rules for a Decision Support System in Agronomy Applications. GKR 2013.
- Buche P., Cuq B., Fortin J., Sipieter C., 2019. Expertise-based decision support for managing food quality in agri-food companies. Computers and Electronics in Agriculture 163 (2019) 104843.
- Chaillot M., Ermine J.L., 1997. Le livre de connaissances électronique. Document Numérique, Vol 1, 1997, pp. 75-98 (Hermes ed.).

---

<sup>2</sup> site web des AOP françaises <http://www.rmtfromagesdeterroirs.com>

Chrétien F., Métral J.F., Olry P., 2020. La fabrication du regard dans l'apprentissage du métier « Voir ce qui ne se voit pas », Revue d'anthropologie des connaissances, 14-3 : 2020, mis en ligne le 01 septembre 2020, URL : <http://journals.openedition.org/rac/10523>.

Couteaux J., Bel N., Notz E., Buche P., 2020. Guides pour le recueil et la structuration. Sous-action 2.1 - Structuration des informations recueillies en arborescences de raisonnement - Tâche 1 : Construction et administration des arborescences.

Cretin-Maitenaz P., 1991. Place de l'intelligence artificielle dans la maîtrise de la qualité des fromages. Gruyex, un témoignage. Actes du XXIII Congrès International de Laiterie, Tome 2, 1712-1724.

N'Diaye A., 2012. Déploiement de livres de connaissances dans les industries céréalières. Intervention au 63ème congrès des Journées Techniques des Industries des Céréales – Octobre 17-18, 2012 – Reims.

Notz E., Bel N., Buche P., Paysant B., Polturat B., Charles C., Couteaux J., 2021. Séminaire de clôture du projet DOCAMEX, déroulé le 10 septembre 2021 à la Maison du Lait à Paris en présence de 35 professionnels sur place et 51 en visioconférence. Les contenus vidéos de ce séminaire sont disponibles sur le site suivant du RMT Filières Fromagères Valorisant leur Terroir : <http://www.rmtfromagesdeterroirs.com/projets-de-r-et-d/docamex/colloque-fromages-au-lait-cru/>

Olry P., 2008. Analyser l'action pour comprendre l'activité. Education Permanente, n°174.

Olry P., Métral J.F., Chrétien F., 2021. L'usage des vidéos en didactique professionnelle : statuts technique, pragmatique, épistémique et acceptabilité sociale. Savoirs 2021/1 (N° 55), pages 59 - à 75.

Renard Y., Cucheval V., Notz, E., Chrétien F., Métral J.F., Olry P., Rabanne F., Lascroux L., Hulin S., 2020. Guides pour le recueil et la structuration. Sous-action 1.1 : Recueil des savoirs, des savoir-faire et de l'expérience Tâche 2 : Utilisation de la méthode par la didactique professionnelle.

Vermersch P., 2010. L'entretien d'explicitation, ESF éditeur Issy-les-Moulineaux.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL)