

Agronomie

environnement & sociétés

La revue de l'association française d'agronomie



Savoirs agronomiques pour l'action

Agronomie, Environnement & Sociétés

Revue éditée par l'Association française d'agronomie (Afa)

Siège : 16 rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05.

Secrétariat : 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2.

Contact : douhairi@supagro.inra.fr, T : (00-33)4 99 61 26 42, F : (00-33)4 99 61 29 45

Site Internet : <http://www.agronomie.asso.fr>

Objectif

AE&S est une revue en ligne à comité de lecture et en accès libre destinée à alimenter les débats sur des thèmes clefs pour l'agriculture et l'agronomie, qui publie différents types d'articles (scientifiques sur des états des connaissances, des lieux, des études de cas, etc.) mais aussi des contributions plus en prise avec un contexte immédiat (débats, entretiens, témoignages, points de vue, controverses) ainsi que des actualités sur la discipline agronomique.

ISSN 1775-4240

Contenu sous licence Creative commons



Les articles sont publiés sous la *licence Creative Commons 2.0*. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

Directeur de la publication

Marc BENOÎT, président de l'Afa, Directeur de recherches, Inra

Rédacteur en chef

Olivier RÉCHAUCHÈRE, chargé d'études Direction de l'Expertise, Prospective & Etudes, Inra

Membres du bureau éditorial

Pierre-Yves LE GAL, chercheur Cirad

Hervé SAINT MACARY, directeur adjoint du département Persyst, Cirad

Philippe PRÉVOST, directeur Agreenium Université en ligne

Danielle LANQUETUIT, consultante Triog et webmaster Afa

Comité de rédaction

- Marc BENOÎT, directeur de recherches Inra

- Valentin BEAUVAL, agriculteur

- Jacques CANEILL, directeur de recherches Inra

- Joël COTTART, agriculteur

- Thierry DORÉ, professeur d'agronomie AgroParisTech

- Sarah FEUILLETTE, cheffe du Service Prévision Evaluation et Prospective Agence de l'Eau Seine-Normandie

- Yves FRANCOIS, agriculteur

- Jean-Jacques GAILLETON, inspecteur d'agronomie de l'enseignement technique agricole

- François KOCKMANN, chef du service agriculture-environnement Chambre d'agriculture 71

- Marie-Hélène JEUFFROY, directrice de recherche Inra et agricultrice

- Aude JOMIER, enseignante d'agronomie au lycée agricole de Montpellier

- Jean-Marie LARCHER, responsable du service Agronomie du groupe Axérial

- François LAURENT, chef du service Conduites et Systèmes de Culture à Arvalis-Institut du végétal

- Francis MACARY, ingénieur de recherches Irstea

- Jean-Robert MORONVAL, enseignant d'agronomie au lycée agricole de Chambray, EPLEFPA de l'Eure

- Christine LECLERCQ, professeure d'agronomie Institut Lassalle-Beauvais

- Adeline MICHEL, Ingénieure du service agronomie du Centre d'économie rurale de la Manche

- Philippe POINTEREAU, directeur du pôle agro-environnement à Solagro

- Philippe PRÉVOST, directeur Agreenium Université en Ligne

- Hervé SAINT MACARY, directeur adjoint du Département Persyst, Cirad

Secrétaire de rédaction

Philippe PREVOST

Assistantes éditoriales

Sophie DOUHAIRIE et Danielle LANQUETUIT

Conditions d'abonnement

Les numéros d'AE&S sont principalement diffusés en ligne. La diffusion papier n'est réalisée qu'en direction des adhérents de l'Afa ayant acquitté un supplément

(voir conditions à <http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>)

Périodicité

Semestrielle, numéros paraissant en juin et décembre

Archivage

Tous les numéros sont accessibles à l'adresse <http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/>

Soutien à la revue

- En adhérant à l'Afa via le site Internet de l'association (<http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>). Les adhérents peuvent être invités pour la relecture d'articles.
- En informant votre entourage au sujet de la revue AE&S, en disséminant son URL auprès de vos collègues et étudiants.
- En contactant la bibliothèque de votre institution pour vous assurer que la revue AE&S y est connue.
- Si vous avez produit un texte intéressant traitant de l'agronomie, en le soumettant à la revue. En pensant aussi à la revue AE&S pour la publication d'un numéro spécial suite à une conférence agronomique dans laquelle vous êtes impliqué.

Instructions aux auteurs

Si vous êtes intéressé(e) par la soumission d'un manuscrit à la revue AE&S, les recommandations aux auteurs sont disponibles à l'adresse suivante :

<http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/pour-les-auteurs/>

À propos de l'Afa

L'Afa a été créée pour faire en sorte que se constitue en France une véritable communauté scientifique et technique autour de cette discipline, par-delà la diversité des métiers et appartenances professionnelles des agronomes ou personnes s'intéressant à l'agronomie. Pour l'Afa, le terme agronomie désigne une discipline scientifique et technologique dont le champ est bien délimité, comme l'illustre cette définition courante : « *Etude scientifique des relations entre les plantes cultivées, le milieu [envisagé sous ses aspects physiques, chimiques et biologiques] et les techniques agricoles* ». Ainsi considérée, l'agronomie est l'une des disciplines concourant à l'étude des questions en rapport avec l'agriculture (dont l'ensemble correspond à l'agronomie au sens large). Plus qu'une société savante, l'Afa veut être avant tout un carrefour interprofessionnel, lieu d'échanges et de débats. Elle se donne deux finalités principales : (i) développer le recours aux concepts, méthodes et techniques de l'agronomie pour appréhender et résoudre les problèmes d'alimentation, d'environnement et de développement durable, aux différentes échelles où ils se posent, de la parcelle à la planète ; (ii) contribuer à ce que l'agronomie évolue en prenant en compte les nouveaux enjeux sociétaux, en intégrant les acquis scientifiques et technologiques, et en s'adaptant à l'évolution des métiers d'agronomes.

Lisez et faites lire AE&S !

Sommaire

Avant-propos

P7- O. RÉCHAUCHÈRE (Rédacteur en chef) et M. BENOÎT (Président de l'Afa)

Éditorial

P9- P. PREVOST, M. CAPITAINE, L. PROST, B. OMON, M. CERF, C. COMPAGNONE (coordonnateurs du numéro)

Regards croisés sur la production des savoirs agronomiques

P15- Regard historique sur la production des savoirs agronomiques

N. JAS

P19- Les savoirs agronomiques pour le développement : diversité et dynamiques de production

J.M. MEYNARD

P29- La ferme et la clinique : remarques sur la molécularisation du vivant, l'innovation technologique et ses limites

J.P. GAUDILLIERE

P37- La ferme et la clinique : point de vue de deux agronomes sur le texte de J.P. Gaudillière

M.H. JEUFFROY et B. OMON

P39- Savoirs et connaissances : conseils pris par les agronomes auprès des sciences sociales

T. DORE et M. LE BAIL

P43- Les concepts et les méthodes des sciences sociales pour la production et le partage des savoirs agronomiques le point de vue de l'ergonomie

M. CERF

P45- Les concepts et les méthodes des sciences sociales pour la production et le partage des savoirs agronomiques le point de vue des sciences de gestion

N. GIRARD

P49- Les concepts et les méthodes des sciences sociales pour la production et le partage des savoirs agronomiques le point de vue de la sociologie

N. JOLY et F. PINTON

P53- Les concepts et les méthodes des sciences sociales pour la production et le partage des savoirs agronomiques le point de vue de la didactique professionnelle

P. OLRV

Itinéraires de production de savoirs : catégories de savoirs, cheminements des agronomes et efficacité pour l'action

P59- La co-conception d'itinéraires techniques économes en intrants en culture de colza

M. MORISON, J.B. LOZIER, C. RUAULT et C. LECLERCQ

P71- La construction d'un bien commun à travers une démarche de sélection participative : le cas du blé dur adapté à l'agriculture biologique

T. GARCIA-PARILLA, F. CHRETIEN, D. DESCLAUX, G. TROUCHE

P83- La construction et la mobilisation de schémas décisionnels dans le changement de systèmes de culture

R. REAU, C. CROS, B. LEPRUN, E. MEROT, B. OMON, L. PAVARANO

P93- Le groupe « vergers durables » produit et capitalise des connaissances pour concevoir et conduire des vergers autrement

M. CAPITAINE, S. PENVERN, A. CARDONA, J. SIMONNEAUX, Y. GUILBERT

P101- Co-conception de systèmes de culture valorisant le non labour et la couverture du sol en agriculture biologique : de l'intérêt d'une réflexivité en contexte multi-disciplinaire

M. VIDAL, B. OMON, P. MOITY-MAIZI

P107- L'agronomie : une science normale interrogée par la biodynamie ?

C. COMPAGNONE, P. PREVOST, L. SIMONNEAUX, D. LEVITE, M. MEYER, C. BARBOT

P115- Itinéraires de production de savoirs : spécificité des situations locales, dispositifs de production de savoirs et systèmes d'innovations

P. PREVOST, M. CERF et M. CAPITAINE

P119- Quels renouvellements des savoirs agronomiques ? Dialogue entre agronomes et zootechniciens

L. PROST, M. CAPITAINE et B. DEDIEU

Savoirs agronomiques et dispositifs de recherche, de formation et de développement

P131- Valorisation des résultats de projets de recherche pour les praticiens agricoles innovants en facilitant l'accès à l'information : le projet européen VALERIE

Y. HILY, L. BECHINI, J. INGRAM, N. KOENDERINK, P. SCHULER, H. TEN BERGE, E. JUSTES

P141- Construction d'un modèle sémantique pour organiser les connaissances dédiées à l'agro-écologie. Le cas d'Agro-PEPS/GECO

L. TROUCHE, S. AUBIN, V. SOULIGNAC, L. GUICHARD

P151- Les savoirs agronomiques dans les itinéraires de conception de référentiels de formation – Comment sont pris en compte les nouveaux enjeux sociétaux et les savoirs émergents ? Et quels rôles pour les agronomes ?

N. CANCIAN, P. PREVOST, F. CHRETIEN, L. SIMONNEAUX, P. OLRYS, J.F. METRAL, M. DAVID

P167- Connaître et penser, le défi d'intelligence des pratiques agroécologiques

P. MAYEN

P177- Transformations du conseil aux agriculteurs et innovations agronomiques, perspectives et débats européens

P. LABARTHE

P185- Renouveler la place du conseiller dans la production de savoirs agronomiques dans l'action : le rôle de dispositifs d'échange sur le métier

M. CERF, M.N. GUILLOT, P. OLRYS, B. OMON, M.S. PETIT

P193- L'activité de re-conception d'un système de culture par l'agriculteur : implications pour la production de connaissances en agronomie

Q. TOFFOLINI, M.H. JEUFFROY, L. PROST

P203- La production de références pour la diffusion de savoirs pour l'action

P. VISSAC

Notes de lecture

P209- Produire et mobiliser différentes formes de connaissances pour et sur la transformation des systèmes agricoles : regards interdisciplinaires – compte-rendu de l'école chercheurs « connaissance »

L. PROST

P211- Prospective de la recherche-développement à l'horizon 2025 – compte-rendu du colloque de restitution

B. OMON

Annexe

P215- Appel à contribution du numéro

VARIA

P219- Concepts et outils pour l'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes agricoles.

J. AUBERGER, A. AVADI, J. CHIFFE, M. CORSON, T. LABBE, C. MALNOE, V. RAIMBERT, T. TROCHET, H.M.G. VAN DER WERF



Construction d'un modèle sémantique pour organiser les connaissances dédiées à l'agroécologie Le cas d'Agro-PEPS/GECO

Luce TROUCHE* - Sophie AUBIN²
Vincent SOULIGNAC³, - Laurence GUICHARD¹

¹UMR Agronomie, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78850 Thiverval-Grignon, France

²INRA, UAR 1266 DIST. Centre de recherche Versailles-Grignon, Versailles, France

³Irstea, TR Motive, Clermont-Ferrand, France

*Auteur-correspondant - Courriel : luce.veiga-trouche@inra.fr

Résumé

Face aux besoins de reconception des modes de production agricoles, le Réseau Mixte Technologique SdCi (Systèmes de Culture Innovants) a lancé, dès 2008, le développement d'un outil web collaboratif, Agro-PEPS, pour aider les acteurs du terrain à concevoir, piloter, gérer et faire l'apprentissage de systèmes de culture innovants et performants.

En 2015, le ministère en charge de l'agriculture a décidé, dans le cadre du plan Ecophyto, de développer GECO, dispositif de GEstion des COnnaissances, en utilisant Agro-PEPS comme prototype. GECO est un outil web collaboratif de gestion des connaissances dédiées à l'agroécologie.

Le caractère nécessairement systémique et complexe de ce type de connaissances nous a conduits à développer un modèle sémantique. Ce modèle, dont une première version est présentée dans cet article, permet au moteur de recherche de fournir des réponses aux requêtes plus précises et dont la pertinence est hiérarchisée.

GECO sera mis en ligne dans sa version bêta début 2017.

Mots-clés

Agroécologie, connaissance, conception, modèle sémantique, outil collaboratif.

Summary

In 2008, the RMT SdCi (Joint Technological Network on Innovative Cropping Systems) launched the development of a collaborative web tool, named Agro-PEPS, in response to the needs to redesign the mode of agricultural production. This tool aims to help practitioners to design, pilot, manage and learn innovative and efficient cropping systems.

In 2015, the Ministry in charge of Agriculture decided to develop GECO within the framework of the ECOPHYTO plan. GECO is a collaborative knowledge management tool dedicated to agroecology. It is built up in using Agro-PEPS as a prototype. The necessarily systemic and complex nature of this type of knowledge leads us to develop a semantic model. This model allows the search engine to provide more accurate answers to queries and to sort them depending on their relevance. We present the first version of this model in this article.

GECO will be online in a beta version in early 2017.

Introduction

Depuis plusieurs décennies, le modèle agricole productiviste d'après la seconde guerre mondiale est remis en cause (Meynard, 2008). En réponse, d'autres modèles ont émergé parmi lesquels celui de l'agroécologie (Altieri, 1986). Altieri (1995) définit l'agroécologie comme « l'application de la science écologique à l'étude, à la conception et à la gestion d'agroécosystèmes durables ». Elle vise à « améliorer les systèmes agricoles en imitant les processus naturels ». Or, la conception et la mise en œuvre de tels systèmes requièrent de mobiliser des connaissances de natures diverses, éparpillées voire souvent non formalisées, car en partie détenues par des acteurs de terrain (Meynard et al., 2012a). L'engagement de ces praticiens, disposant de tels savoir-faire et connaissances localisés, est aujourd'hui largement reconnu comme une condition nécessaire au développement d'une agro-écologie en action (Warner, 2007). Ainsi, comme l'évoque De Schutter (2010), l'étude et la compréhension des interactions et des synergies biologiques nécessitent de nombreuses connaissances « qui ne sont pas fournies du sommet à la base mais mises au point à partir des connaissances et de l'expérience des agriculteurs ». Doré et al. (2011) proposent également d'utiliser les connaissances des agriculteurs pour aider à la conception de systèmes de culture. Aujourd'hui, il apparaît donc indispensable de recourir à des approches collaboratives pour favoriser l'interaction entre connaissances scientifiques et savoirs locaux, ainsi que le partage des connaissances, des expériences et des innovations entre les différents acteurs concernés par la conception de systèmes agricoles agro-écologiques.

En 2008, le RMT SdCi (Réseau Mixte Technologique Systèmes de Culture Innovants) s'est saisi de ces réflexions et a développé un outil web collaboratif de gestion des connaissances autour de l'agroécologie. L'outil, Agro-PEPS¹, vise à regrouper, organiser, discuter et diffuser ces connaissances éparpillées, dans le but d'aider à concevoir, gérer et faire l'apprentissage de systèmes de culture innovants. En 2015, le ministère en charge de l'Agriculture a décidé d'utiliser Agro-PEPS comme prototype du futur dispositif GECO, de Gestion des Connaissances du plan Ecophyto. GECO est actuellement en cours de développement par une « équipe projet » composée des acteurs d'Agro-PEPS (Chambres Régionales d'Agriculture de Bourgogne Franche-Comté et de Nouvelle Aquitaine, et INRA pour le volet agronomique, et IRSTEA pour le volet informatique), élargie à l'ACTA qui deviendra le maître d'ouvrage de GECO à terme. La programmation informatique de GECO est assurée par un prestataire extérieur. Mais le projet GECO vise à rayonner au delà de son équipe projet et à intégrer d'autres communautés agricoles, des RMT (Réseau Mixte Technologique), des GIS (Groupes d'Intérêts Scientifiques), des groupes d'agriculteurs (GIEE - Groupe d'Intérêt Economique et Environnemental-, Dephy), etc.

Agro-PEPS/GECO sera présenté dans une première partie. La seconde s'attachera à expliquer la méthode de construction du modèle sémantique de GECO, modèle qui sous-tend l'accès ciblé aux informations par les utilisateurs dans l'outil.

¹Pour plus de détails, il est possible de se référer à l'article de Guichard et al., 2015.

Agro-PEPS/GECO, un outil pour favoriser le partage, la diffusion et la conception de systèmes de production innovants

Quelques éléments de cadrage théorique

Les objectifs initiaux d'Agro-PEPS/GECO imposent deux choix principaux : (i) celui des types de connaissances mises à disposition, et des fonctionnalités de l'outil pour permettre de favoriser les processus de conception à partir de ces connaissances ; et (ii) celui de la structuration et de l'organisation des connaissances nécessaires pour une mobilisation efficace de l'outil.

Pour favoriser la conception, nous nous sommes inspirés de la théorie de la conception innovante, dite C-K (Concept-Knowledge) développée par Hatchuel et Weil (2009). Tout en n'excluant pas des processus plus « réglés » de conception (conception systématique), cette approche permet une ouverture sur une conception plus innovante, introduisant des ruptures inattendues dans l'identité des objets conçus (les systèmes de culture dans notre cas de figure) et sources de nouvelles connaissances.

Le développement informatique d'Agro-PEPS/GECO s'est appuyé sur les travaux de Soullignac (2012), qui s'est intéressé aux outils de gestion de connaissances utilisés dans le monde des entreprises ainsi qu'aux méthodes de conception développées dans les sciences du design. Ces travaux ont abouti à choisir la technologie du web sémantique (web 3.0) pour répondre à la question de l'organisation des con-

naissances. Cette technologie repose sur la modélisation des contenus informationnels sous la forme d'une ontologie, également appelée modèle sémantique. Grâce à cette modélisation où les connaissances sont liées entre elles via des liens qui sont caractérisés, les informations contenues dans l'outil acquièrent du sens, là où avant elles n'étaient que des données. Ainsi, l'ajout d'un sens permet d'améliorer la pertinence des réponses apportées par le moteur de recherche aux requêtes des utilisateurs (cf. chapitre intitulé L'élaboration du modèle sémantique de GECO).

Une architecture structurée autour de deux espaces : une bibliothèque et un forum

Agro-PEPS/GECO est composé (Fig. 1) :

- d'une bibliothèque de connaissances (espace K pour Knowledge, reprenant la théorie de la conception innovante d'Hatchuel et Weil (2009)) pour formaliser et proposer aux acteurs de terrain des outils, méthodes, connaissances fondamentales et une diversité de solutions en vue d'inspirer les acteurs de la production dans leur recherche d'expérimentation et de changement de pratiques (cf. ci-dessous) ;

- et un espace d'échanges (espace C pour Concept), présenté sous forme d'un forum ayant pour fonction de permettre aux utilisateurs de commenter la bibliothèque de connaissances, de partager leur expérience ou de formuler des commentaires sur des connaissances manquantes.

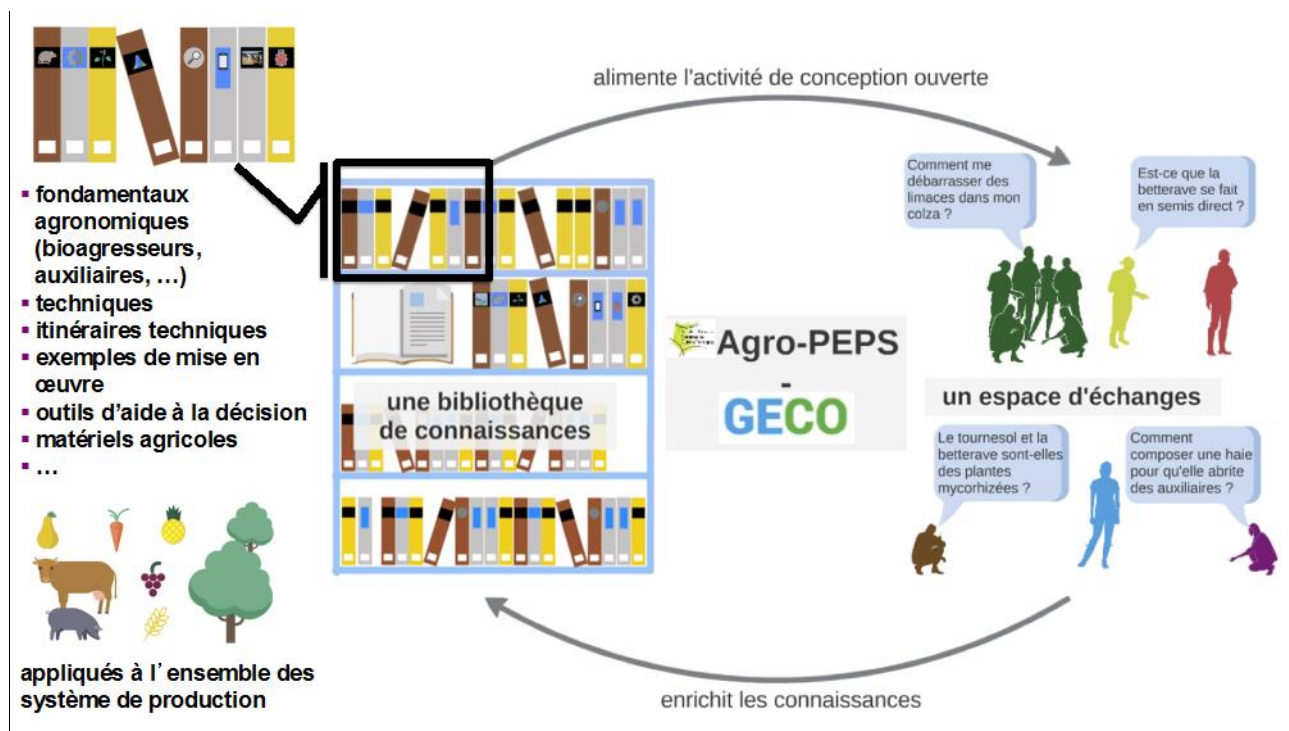


Figure 1 : Architecture générale d'Agro-PEPS/GECO

Ainsi, à la manière de la théorie de la conception innovante, l'ambition pour GECO est de générer des allers-retours entre les deux espaces que sont la bibliothèque et le forum afin de favoriser la conception de systèmes de culture innovants mais aussi de permettre l'enrichissement des connaissances des uns et des autres. En effet, suite à une interrogation de la bibliothèque, un utilisateur non satisfait par les éléments

de connaissances qui lui sont proposés pourra partager ses interrogations dans le forum. Des réponses apportées par d'autres utilisateurs pourront être reprises dans la bibliothèque, ce qui participera à son enrichissement.

La bibliothèque de connaissances, évolutive, est écrite de façon collaborative (à la manière d'un wiki) par des acteurs nommés « contributeurs » : tout utilisateur de Agro-

PEPS/GECO ne peut aujourd'hui pas être contributeur. En effet, la communauté agricole est beaucoup plus restreinte que la communauté wikipédia. Aussi, pour éviter des dérives d'écriture qui, du fait d'un faible trafic, pourraient ne pas être identifiées immédiatement (contenu faux, publicités commerciales, polémiques...), seules des personnes reconnues par leurs pairs peuvent aujourd'hui obtenir ce statut. Cette restriction ne porte que sur l'espace « bibliothèque de connaissance », tout utilisateur peut en effet donner son point de vue dans l'espace forum, sous réserve de s'identifier auparavant et demander un login (fourni à toute personne qui en fait la demande). Enfin, toutes les informations contenues dans Agro-Peps/GECO (forum et bibliothèque de connaissances) sont visibles (en mode lecture seule) par tout utilisateur.

Une bibliothèque de connaissances organisée

Selon Meynard *et al.* (2012b), pour répondre aux besoins de reconception des modes de production, il n'est pas envisageable de chercher à concevoir des systèmes de production 'idéaux' au vu de la diversité des situations agricoles et des visions des acteurs du terrain. Il faut, au contraire, proposer une diversité d'outils, de méthodes, de solutions regroupés dans une 'bibliothèque de connaissances' pour inspirer les acteurs de terrain et leur permettre d'innover. Faisant écho à ce constat, Agro-PEPS/GECO propose aux utilisateurs une telle bibliothèque, construite et enrichie de manière collaborative dans une vision large de la connaissance mise à disposition, intégrant l'action par des éléments de contexte et de mise en situation. En ce sens, Agro-PEPS/GECO s'inscrit dans le courant de pensée de l'épistémologie de la pratique qui considère la connaissance comme « *une activité située dans un contexte matériel, historique, social et culturel* », où les processus mentaux sont indissociables du contexte de l'action (Girard et Jankowski, 2016).

Agro-PEPS/GECO fournit une bibliothèque comprenant des ressources de différentes natures. Aujourd'hui, ce sont 150 pages (par exemple : technique du faux-semis, mise en place d'une bande enherbée en bordure de parcelle) sur des pratiques culturelles majoritairement orientées autour des grandes cultures (mais pour répondre à la demande des utilisateurs, la plateforme s'adressera, à terme, à l'ensemble des productions) et rédigées par environ 80 personnes, issues de différentes institutions (chambres d'agriculture, instituts techniques, organismes de recherche, établissements d'enseignement...). Ces pratiques touchent à différents pans de l'agro-écologie : la fertilité des sols, la protection des cultures, les régulations biologiques, la biodiversité, la gestion de l'eau, ...

Selon Salembier *et al.* (2015), différentes sources d'information sont utiles aux agriculteurs engagés dans un processus de changement : (i) des exemples de solution, d'itinéraire technique, de systèmes de culture ou de production qui leur servent de source d'inspiration, (ii) des ressources plus analytiques comme des solutions techniques ou des combinaisons de techniques qui permettent d'atteindre un objectif agronomique donné. Toffolini (2016) y ajoute également le besoin de mettre à disposition des agriculteurs des connaissances fondamentales afin d'aider les agriculteurs à décontextualiser les expériences mises en œuvre ailleurs de ma-

nière à ce qu'ils puissent les re-contextualiser, se les approprier et les mettre en pratique.

Dans la continuité de ces résultats, l'ambition pour Agro-PEPS/GECO est, à terme, de contenir aussi :

- Des exemples d'itinéraires techniques, de systèmes de culture ou de production ayant été mis en œuvre par des agriculteurs,
- Des combinaisons de techniques permettant d'atteindre un objectif donné,
- Des fondamentaux agronomiques (matériel, auxiliaires, bioagresseurs, accidents physiologiques et climatiques, régulation biologique, vie du sol, etc.),
- Des outils d'aide (par exemple : outil d'aide à l'estimation du nombre de bioagresseurs dans une parcelle, etc.)

Chaque page de connaissances est écrite de manière synthétique (un sujet donne lieu à une page uniquement) avec une même structure de page pour faciliter le repérage des rubriques par le lecteur. L'écriture est également collective (plusieurs auteurs par page) de manière à garantir une vision partagée de la connaissance proposée, et d'initier des dialogues favorables à la conception ; la technologie type wiki (écriture et mise à jour en ligne instantanée) permet à ces pages d'être évolutives afin de favoriser l'évolution continue des connaissances.

Un forum pour partager son expérience et ses questionnements

Renouveler le mode de production des connaissances agronomiques nécessite de concevoir de nouveaux modes de collaboration entre les différents acteurs du monde agricole (Hubert *et al.*, 2000). Girard et Navarette (2005) montrent l'intérêt de profiter de la synergie entre les connaissances empiriques des praticiens et les connaissances scientifiques. En ce sens, Agro-PEPS/GECO offre la possibilité à tout utilisateur de venir commenter ou interroger la communauté sur les pages de connaissances mises à disposition dans l'outil, mais aussi de poser des questions sur un sujet pour lequel il ne trouve pas d'information dans la bibliothèque. L'analyse des questions posées et des sujets concernés renseigne en premier lieu sur les principales préoccupations de la communauté des utilisateurs et leur évolution éventuelle. La réponse à ces questions peut prendre plusieurs formes : *a minima* une réponse dans le cadre du forum, mais aussi potentiellement l'initiation par un contributeur de l'écriture d'une nouvelle page de connaissances. Enfin, certaines questions peuvent révéler des manques de connaissances à combler *via* par exemple un programme de recherche ou des expérimentations dédiées.

Cet espace forum est trop récent dans sa mise en ligne pour nous permettre d'illustrer toutes ces situations. En revanche, la teneur des échanges déjà postés montre l'utilité et la richesse de cette fonctionnalité. Un utilisateur a par exemple remis en cause les connaissances rédigées sur les mycorhizes « *Vous citez le tournesol et les féveroles comme plantes mycorhizées. Etes-vous certains de ce fait (moi pas)? Y ajouter le sarrasin est une grosse erreur !!!!!* ». Après avoir reçu la réponse de l'un des contributeurs, l'utilisateur a remercié le contributeur pour lui avoir fourni des éléments de compréhension qu'il n'avait pas réussi à trouver jusque-là. « *Je suis hyper content par les précisions que vous m'apportez*

! La littérature de ce monde souterrain est tellement pauvre qu'il est difficile de trier le vrai du faux. M. X m'a confirmé la semaine dernière que la féverole ne mycorhize pas, » Et il finit par poser une nouvelle question « Celle qui me titille plus particulièrement actuellement est : Quelle est l'influence des traitements de semence sur céréales et l'assimilation du phosphore à l'automne ? ».

Pour organiser et structurer l'ensemble des informations mises à disposition aujourd'hui et demain dans la bibliothèque et le forum de GECO, et permettre leur mobilisation efficace, l'outil intègre un modèle sémantique présenté dans la section suivante.

L'élaboration du modèle sémantique de GECO

Les systèmes d'information se sont longtemps limités à une représentation informatique de l'information, sous la forme de pages de texte connectées par de simples liens hypertextuels. L'utilisateur pouvait utiliser un moteur de recherche ou des menus pour accéder à des pages contenant l'information recherchée. Aujourd'hui, pour faire face à la quantité et la richesse croissante de l'information disponible, nous avons besoin d'interfaces permettant l'accès non plus à des documents mais directement à des éléments d'information et de connaissance. Ceci est particulièrement vrai dans les domaines scientifiques et techniques tels que l'agroécologie qui font appel à de nombreuses notions et doivent permettre de répondre rapidement à des questions précises. Le fonctionnement de certains de ces nouveaux systèmes d'information repose sur une représentation ou modélisation du domaine qu'ils couvrent, à savoir une ontologie.

Quelques définitions

Dans ce travail, nous utiliserons « ontologie » dans son sens défini en ingénierie des connaissances comme un objet informatique structurant les concepts d'un domaine. Les concepts sont des représentations mentales de choses concrètes ou abstraites comme <Bioagresseur> ou <Fonction>. Tandis qu'un thésaurus liste les concepts en les présentant de manière hiérarchique (générique/spécifique) ou associative (« voir aussi »), l'ontologie définit des relations plus contraintes et plus précises. Ainsi, les relations hiérarchiques peuvent être de type « est un » ou « partie-tout » et les relations associatives sont porteuses de sens particuliers dans le

cadre du domaine, par exemple « favorise », « utilise » ou encore « s'attaque à ». Dans le modèle que nous présentons par la suite, chaque relation (ou prédicat) relie un concept source à un concept cible, formant ainsi des triplets [sujet(1), prédicat(2), objet(3)], par exemple [technique(1), favorise(2), auxiliaire(3)]. Ce modèle, que l'on commence en général par dessiner sur une feuille, est ensuite implémenté en OWL, langage standard de représentation des ontologies. Pour la rendre opérationnelle, cette ontologie a été peuplée par des instances : à chaque concept a été associée une liste d'objets nommés, par exemple une liste de plantes et d'insectes pour <Auxiliaire>, une liste de machines agricoles pour <Matériel>. Cette ontologie, que l'on dit instanciée, permet de construire et gérer le contenu du portail Agro-PEPS/GECO et participe à son fonctionnement. Elle est par exemple exploitée par le moteur de recherche qui fournit ainsi des réponses plus précises, ou encore mobilisée dans l'interface en permettant la création de filtres contextuels (aussi appelées facettes) qui donnent aux utilisateurs les moyens de sélectionner simplement un sous-ensemble de réponses à sa requête.

Selon Roche (2005), « définie pour un objectif donné et un domaine particulier, une ontologie est pour l'ingénierie des connaissances une représentation d'une modélisation d'un domaine partagée par une communauté d'acteurs ». Aussi, malgré l'existence de travaux antérieurs sur les ontologies en agroécologie, e.g dans le cadre du projet Organic.Edunet (voir plus bas), nous avons été contraints de construire notre propre ontologie, adaptée d'une part au domaine des pratiques en agroécologie et d'autre part aux spécificités de la plateforme Agro-PEPS/GECO en matière de gestion de la base de connaissances, des fonctionnalités de recherche et de navigation ainsi que de gestion des interfaces. Nous présentons dans un premier temps la méthode mise en œuvre pour ce travail de développement ainsi que l'ontologie obtenue. Par la suite, nous montrons la façon dont cette ontologie spécialisée permet d'accéder aux connaissances de la base et de les gérer.

Construire une ontologie : la méthode « Methontology »

Pour la construction de l'ontologie, nous avons appliqué la méthode « Methontology » décrite par Fernández-López, Gómez-Pérez et al. (1997) et reproduite dans la Figure 2.

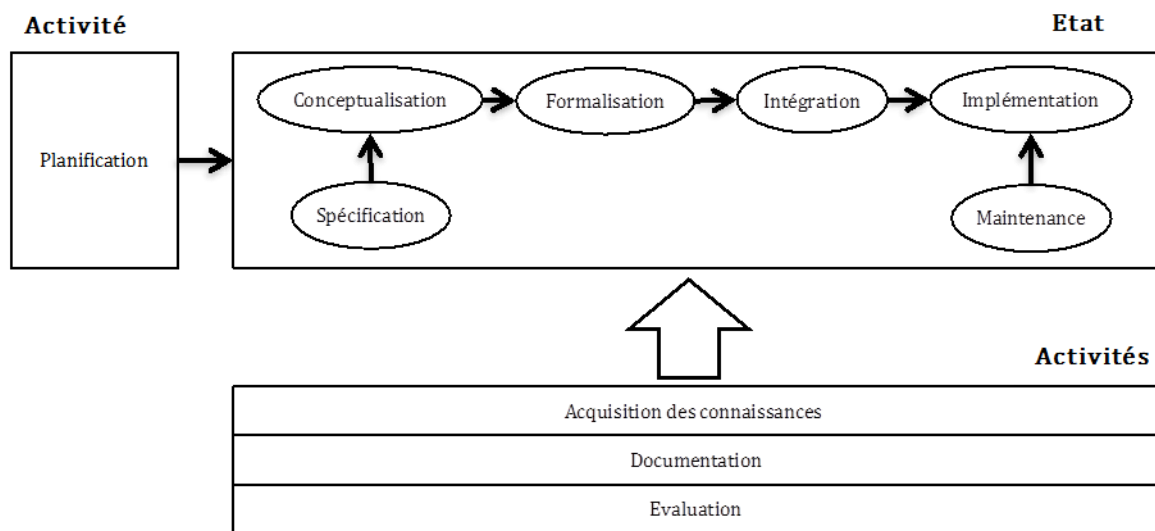


Figure 2 : Processus de développement d'ontologie avec METHONTOLOGY (source : Fernández-López, Gómez-Pérez et al., 1997)

La phase de spécification a consisté en la rédaction d'un document présentant le périmètre thématique, i.e. les systèmes de culture innovants et performants, ainsi que les principales fonctionnalités de GECO pour permettre un accès intelligent et une présentation adéquate des connaissances de la base : extension de la recherche aux synonymes, filtres et facettes par type de culture ou type de technique, etc. sur lesquels nous reviendrons dans la discussion.

Pour la phase de conceptualisation, un dessin manuscrit a été utilisé comme facilitateur pour échanger sur la vision de chacun du modèle conceptuel autour de l'agroécologie. Au fur et à mesure des échanges, le nombre de relations entre les concepts a augmenté, créant ainsi un véritable réseau de connaissances ouvrant la possibilité de nombreux parcours de navigation dans le futur portail. Lors de cette phase, les compétences et qualités complémentaires des membres du groupe projet ont permis de faire tendre le modèle vers l'équilibre entre

- 1) Expressivité, i.e. la capacité à retranscrire au mieux les réalités du terrain/domaine,
- 2) Utilisabilité au moment de la saisie d'une part et de la consultation d'autre part et
- 3) Contraintes de l'application afin de conserver ses performances en termes de maintenabilité pour l'administrateur et de temps de réponse pour les utilisateurs. Le modèle conceptuel final est présenté dans la section suivante.

La phase de formalisation qui consiste à exprimer le contenu du modèle conceptuel à l'aide de langages formels n'a pas été nécessaire. En effet, elle avait été réalisée préalablement par le prestataire qui a conçu l'ontologie cœur décrivant le fonctionnement générique du portail GECO et qu'il s'agissait pour nous d'étendre au domaine de l'agroécologie. Le formalisme choisi offrait les capacités de raisonnement dont nous avons besoin.

La phase d'intégration consiste à rechercher toute ontologie existante correspondant partiellement voire totalement au modèle conceptuel défini. L'objectif est de réduire le travail d'implémentation et de permettre l'interopérabilité du système et/ou des connaissances avec d'autres. Les chances de trouver une ontologie existante pour nos besoins étaient infimes voire nulles, comme l'expliquent Charlet et al.

(2004), assumant « une certaine non réutilisabilité des ontologies : en effet, les ontologies sont des artefacts construits en fonction d'une tâche précise et ne peuvent être réutilisées, en tant qu'objet formel, pour une autre tâche ». Nous avons tout au plus pu nous inspirer de quelques projets du domaine mettant en œuvre des ontologies telles qu'Organic Edunet² et Organic Lingua³ (dont les ontologies n'ont malheureusement pas été publiées) ou encore de ressources sémantiques comme Agrovoc⁴.

L'implémentation de l'ontologie a été faite dans l'éditeur Protégé⁵ qui permet l'utilisation du formalisme standard OWL. Pour l'ajout des instances de concepts, nous avons utilisé le logiciel Webstudio⁶ mis à la disposition du projet par la Délégation Information Scientifique et Technique de l'Inra dans le cadre du service LOVINra. Il a permis d'intégrer des listes de vocabulaires existants (thésauri, dictionnaires, listes de référence, etc.) et de les compléter par une extraction automatique à partir de textes fondateurs sur les notions d'agroécologie ou provenant du prototype AgroPEPS. Le standard RDF SKOS est utilisé pour représenter et organiser les listes d'instances de concepts. Ces listes seront donc réutilisables pour d'autres projets et d'autres applications dès lors qu'elles seront publiées dans des entrepôts publics tels AgroPortal⁷, portail pour le partage des ressources sémantiques en agriculture. L'ontologie quant à elle est d'ores et déjà consultable et téléchargeable sur AgroPortal à cette adresse : <http://agroportal.lirmm.fr/ontologies/GECO>.

La maintenance de l'ontologie, de ses instances et de la base de connaissances en cours de constitution sera assurée par l'administrateur de l'application avec des possibilités d'évolution en fonction des besoins d'amélioration et d'extension. Enfin, les activités liées à la documentation et à l'évaluation sont prévues dans le cadre du projet de développement du portail et sont réalisées conjointement par la maîtrise d'ouvrage et le prestataire.

Le modèle sémantique de GECO a été construit de manière très pragmatique avec des allers-retours entre les différents

² <http://www.organic-edunet.eu/en>

³ <http://www.organic-lingua.eu/>

⁴ <http://aims.fao.org/fr/agrovoc>

⁵ <http://protege.stanford.edu/about.php>

⁶ <http://www.expertsystem.com/cogito-products/luxid-webstudio/>

⁷ <http://agroportal.lirmm.fr/>

acteurs de l'équipe projet autour d'un modèle écrit sur une feuille de papier permettant de formaliser les liens possibles et intéressants pour l'utilisateur entre les différents concepts. Ce mode de travail s'oppose à d'autres méthodologies qui consistent à partir de techniques de text-mining via des logiciels qui analysent des textes et en font ressortir les liens existants entre les mots. Cette autre méthodologie (utilisée par exemple dans le projet Valérie, cf. article du même numéro) est souvent le fait de mathématiciens, et nécessite un important travail *a posteriori* de la construction du modèle sémantique pour trier les liens entre les concepts créés à juste titre et ceux qui ne le sont pas. Quelle que soit la méthode utilisée, la présence d'une équipe d'experts est nécessaire à un moment donné dans la construction pour s'assurer de la bonne cohérence de l'ensemble.

Un modèle sémantique évolutif

Agro-PEPS/GECO repose sur une ontologie d'application selon la définition proposée par Guarino (1998), considérant et décrivant les composants du système agricole uniquement dans ce contexte particulier (l'agroécologie telle qu'elle est pratiquée en France) et non de manière générale. L'ontologie comprend 28 types d'entités (ou classes dont les propriétés (ou caractéristiques) ainsi que les relations ont été définies de manière à représenter semi-formellement un certain nombre de connaissances : possibilité d'extrapolation d'une technique à d'autres types de sol ou de culture, son effet sur la productivité, sur la fertilité du sol, les bioagresseurs contre lesquels elle a été mobilisée, etc. Pour rendre compte de la complexité du système décrit, l'ontologie met en œuvre une variété de relations : « est un » (subsumption), « partie-tout » (méronymie) et relations spécialisées (e.g. « est appliqué à » ou « favorise »). La figure 3 ci-dessous présente cette ontologie.

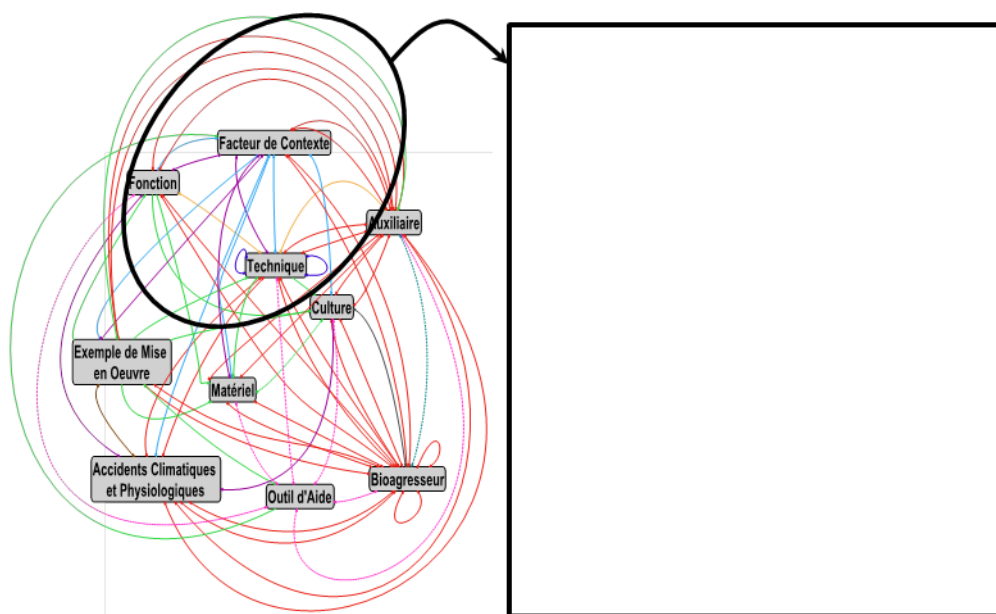


Figure 3 : Modèle sémantique de GECO et zoom sur un extrait de ce modèle

L'ontologie de GECO a été construite en ayant pour visée :

- de représenter au mieux le contenu actuel et futur d'Agro-PEPS/GECO, essentiellement constitué de pages au grain de la technique élémentaire,
- mais aussi qu'elle puisse apporter des réponses aux questions posées couramment par les acteurs du monde agricole. Des tests en situation d'usages effectués en 2012 ont fait ressortir notamment le besoin de pouvoir rechercher des informations avec une entrée bioagresseur, culture ou auxiliaire, ou de pouvoir combiner plusieurs objectifs (par exemple : limitation des herbicides et maintien du taux de matière organique) ou plusieurs critères de recherche (par exemple : culture, bioagresseur et objectif).

Ainsi, le concept « Technique » est relié à de nouveaux concepts « culture », « bioagresseur », « auxiliaire », « matériel », « facteur de contexte », « accident climatique et physiologique », « outil d'aide » et « fonction ». L'ambition est d'intégrer à terme des connaissances sur les autres productions agricoles dont les cultures maraîchères, l'arboriculture, l'élevage. Le modèle sera donc amené à évoluer et à être élargi en lien avec des experts des domaines concernés.

L'ontologie doit permettre de répondre aux besoins des utilisateurs et des administrateurs de la base de connaissances et de l'application dans son ensemble, tels qu'ils ont été décrits dans le document de spécifications rédigé en début de projet. Nous présentons et discutons ci-après les services rendus par l'ontologie.

Chaque fiche de la bibliothèque de connaissances ainsi que chaque discussion de l'espace d'échange est une instance, i.e. une réalisation concrète d'un concept de l'ontologie. Comme instance, elle hérite des propriétés du concept et de sa position relative aux autres concepts. L'ontologie permet ainsi d'organiser et de spécifier de manière univoque les unités de connaissance du système malgré sa complexité. Par ses fonctions organisationnelle et définitoire, l'ontologie guide les contributeurs du portail et facilite leur travail de saisie. Sont mis à leur disposition des formulaires types, chacun correspondant à un concept, proposant les relations et propriétés pertinentes ainsi que des listes d'instances possibles pour les renseigner.

Pour répondre aux besoins des visiteurs, les résultats d'une recherche au sein du portail s'appuient également sur l'organisation et les propriétés des concepts définis dans l'ontologie. Un premier exemple est l'exploitation de la synonymie lors d'une recherche : un visiteur, qu'il indique le nom vernaculaire (e.g. « staphylin ») ou le nom scientifique (e.g. « Staphylinidae » ou « Staphylinus ») d'un auxiliaire obtiendra les mêmes informations quel que soit le terme employé dans les fiches correspondantes. Les relations entre les concepts sont également exploitées pour proposer des résultats auxquels l'utilisateur n'aurait pas pensé en première intention. Ainsi, s'il cherche « lentille », Geco lui pro-

pose la fiche «Lentille» puis celle des techniques qui lui sont applicables ainsi que les bioagresseurs défavorisés par ces techniques dont « Bruche », redoutable prédateur de la lentille. La sélection de «Bruche » crée un sous ensemble au croisement des deux termes « Lentille » et « Bruche ». Ce sous ensemble regroupe 13 techniques qui s'appliquent à «Lentille» et qui défavorisent la «Bruche».

Ceci permet une meilleure restitution des informations, plus complète et plus cohérente quel que soit le niveau de connaissance du visiteur. Un second exemple est l'exploitation des types de concepts et des propriétés sous la forme de facettes et de filtres dans l'interface. A partir d'une recherche un peu générale, e.g. « carpocapse » (Fig. 4), le visiteur peut explorer les résultats progressivement en ciblant les concepts qui l'intéressent, comme la page de connaissance sur le bioagresseur « carpocapse » ou des critères plus précis comme la technique permettant de lutter contre le carpocapse « le filet monoparcelle alt'carpo » ou encore l'exemple d'une exploitation fruitière mettant en œuvre différentes actions pour lutter contre le carpocapse « Fiche trajectoire - Pomme : combiner différents leviers pour abaisser les IFT » ou enfin une discussion du forum « Avez-vous entendu parler du pristomerus contre le carpocapse ? ».



Figure 4 : Maquette d'un écran factice de résultat suite à une recherche sur le terme carpocapse

Enfin, une des grandes forces d'un système basé sur une ontologie est son évolutivité tant concernant le contenu et son périmètre thématique que les fonctionnalités du portail et l'adaptabilité aux besoins des utilisateurs. Même si l'agro-écologie repose sur un ensemble de concepts stables de l'agronomie, la manière de les considérer, de les évaluer et de les combiner est très susceptible de changer. Le système d'information mis en place pourra s'adapter par l'ajout ou la modification de propriétés et de relations, voire de concepts. Les technologies sémantiques mises en œuvre dans le portail ouvrent également la possibilité d'ajouter de nouveaux contenus provenant de sources extérieures et de les intégrer aisément et de manière dynamique au portail. Ainsi, photos, cartes géographiques, vidéos, définitions, fils d'actualités, jeux de données, etc. pourraient venir compléter et illustrer les fiches de connaissances déjà présentes ou à venir.

En perspective, l'évolutivité de l'outil à penser en fonction des besoins des utilisateurs

GECO est un outil pensé pour favoriser le partage, l'apprentissage et la conception de systèmes de production innovants et performants. Sa mise en ligne prévue au début de 2017⁸ sous une première version bêta, rend nécessaire de le tester auprès d'utilisateurs volontaires issus des différentes communautés visées par l'outil (des élèves, des enseignants, des agriculteurs, des conseillers) en situation d'usage, pour s'assurer de l'adéquation de l'outil aux différents besoins du terrain, et pouvoir le faire évoluer selon les résultats de ce test. Ce processus, qui s'apparente au « *dialogical design* » décrit par Cerf et al. (2012), visant à instaurer un dialogue entre les différents utilisateurs, les concepteurs, l'outil et les situations d'usage, avait déjà été mis en œuvre pour le prototype d'Agro-PEPS. Ces tests, menés en 2012, avaient fait émerger des besoins en termes d'amélioration de la forme (par exemple : insertion d'illustrations), du fond (par exemple : étendre aux autres systèmes de production) de l'ergonomie du site et des fonctionnalités de recherche, besoins qui ont été utilisés pour définir le cahier des charges de GECO. Plus récemment, en 2016, de nouveaux tests d'usage de Agro-PEPS auprès de deux conseillers ont permis de confirmer ces besoins et d'en dégager quatre points de vigilance pour GECO.

1) S'assurer, en amont de la transformation technique d'Agro-PEPS, du positionnement de l'outil en tant que support d'une réflexion portée par un objectif, un problème à construire ou à résoudre, des attentes, le dépassement d'un débat controversé, etc.

2) A ce titre l'architecture de l'outil doit permettre de penser concrètement une situation problème dans l'outil en offrant la possibilité de construire des liens entre les techniques, combinaisons de technique, enjeux et problématiques plus génériques, etc.

3) La conception de l'outil doit prioriser non seulement la façon d'aborder ses contenus, mais également celle de cibler les usagers et leur niveau d'expertise.

4) Enfin, les formats d'information mobilisés par l'outil doivent rester « parlants » pour le plus grand nombre, ce qui impose une exigence rédactionnelle.

Ces orientations peuvent trouver réponse pour partie à travers les possibilités qu'offre l'intégration du modèle sémantique. Ainsi, la technologie du web sémantique offre plusieurs avantages :

- Pouvoir questionner intuitivement : mots-clés, combinaison de mots, partie de phrase, question.

- Afficher des résultats triés et ordonnés par pertinence (pertinence calculée selon la présence du terme recherché dans le titre, dans le contenu de la fiche, ou son lien avec d'autres concepts du modèle sémantique, etc.). Les critères de pertinence pourront être ajustés en fonction des retours des utilisateurs.

- Resserrer les résultats via des filtres, ce qui permet à l'utilisateur de choisir le contenu qui lui semble approprié en fonction de son niveau d'expertise.

- Et proposer à l'utilisateur, grâce au modèle sémantique qui relie les différentes connaissances, des résultats auxquels il n'aurait pas forcément pensé.

L'autre question mise en exergue par ces tests et qui représente un des fondements de l'outil Agro-PEPS/GECO porte sur l'activité de conception qu'un tel outil peut favoriser. Nous appuyant sur les travaux de Toffolini (2016) et de Reau (dans ce même numéro), nous travaillons sur l'introduction d'un nouveau concept dans le modèle sémantique, intitulé « fonction ». Au travers de ce contenu, il s'agit de proposer à l'utilisateur de visualiser, pour une fonction donnée (un service attendu, un objectif à satisfaire, par exemple être autonome en azote), les différentes voies possibles, indépendantes ou à combiner, qui contribuent à cette fonction. Dans le portail GECO, ce type de page prendra la forme d'une carte heuristique, véritable « arbre à idées » à enrichir par les utilisateurs, cette visualisation, qui offre une alternative à une entrée centrée sur une liste de techniques ou de solutions, permet une triple fonction : elle offre à l'utilisateur la possibilité de se représenter en les formalisant les liens entre les processus et les connaissances en jeu, à partir d'une question qui peut être complexe et à réponse multiple, donc de favoriser son apprentissage et sa compréhension du problème. Elle peut aussi permettre de travailler en collectif et de construire ou enrichir d'idées nouvelles les cartes déjà présentes. Cette visualisation sous forme de carte heuristique favorise en ce sens la créativité, indispensable dans une dynamique de conception. Enfin, elle donne accès de façon rapide à un lien direct entre la question posée et l'ensemble des techniques/solutions qui contribuent à la résolution du problème.

Ainsi, 2017 verra la mise en ligne de GECO accompagnée d'une série de tests pour confronter l'outil aux usagers et vérifier que les solutions techniques apportées, en particulier le modèle sémantique, répondent aux besoins ressortis des tests sur Agro-PEPS. Au-delà de l'évaluation de l'adéquation des choix techniques réalisés, ces tests seront aussi l'occasion d'évaluer dans quelle mesure cette nouvelle manière (plus ouverte) d'interroger les connaissances favorise une meilleure appropriation du portail par les utilisateurs et les aide dans leur activité de conception.

⁸ Adresse web de GECO : <http://www.geco.ecophytopic.fr>

Conclusion

Relativement innovant par ses caractéristiques (web sémantique, connaissances adossées à un forum, aide à la conception), GECO l'est aussi, et surtout, par son caractère très ouvert et collaboratif. En ce sens, il bouscule le fonctionnement des institutions et acteurs agricoles en organisant une construction de connaissances en réseau. Mais c'est aussi le défi qu'il nous faudra relever : celui de parvenir à créer, maintenir et développer une dynamique collaborative spontanée et bénévole d'acteurs qui ont chacun des savoirs et connaissances à partager, mais qui restent aujourd'hui majoritairement cloisonnés dans leur fonctionnement par des dynamiques encore très institutionnelles et de projets. GECO sera-t-il demain le « bien commun » de la communauté des acteurs de l'agroécologie ?

Remerciements

Agro-PEPS a bénéficié du soutien du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (projet « SolRECI » - Ressources techniques et règles de décision pour Inventer, conseiller, gérer et piloter des systèmes de culture innovants, CasDAR mesure d'accompagnement 2011, animation du RMT Systèmes de culture innovants sur la période 2007-2018) et du GIS GCHP2E (projet Rédupest 2011-2012). GECO est une action pilotée par le ministère chargé de l'Agriculture avec l'appui financier de l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto.

Nous remercions par ailleurs les partenaires techniques pour leur contribution à l'espace de connaissances dans la phase prototype. Nous remercions également Pauline Bonnet, et ses co-encadrants Paul Olry et Fanny Chrétien, dont le stage a contribué à la réalisation de tests en 2016. Enfin, nous souhaitons particulièrement adresser des remerciements aux autres membres de l'équipe GECO composée de Marie-Sophie Petit (Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne Franche-Comté), Sébastien Minette (Chambre Régionale d'Agriculture de Nouvelle Aquitaine), Eva Lambert (IRSTEA), Pascal Aventurier et Sylvie Cocaud (INRA), Raphaëlle Ulrich, Frédéric Boyer et Philippe Delval (tous les trois ACTA) ainsi qu'aux acteurs de la « première heure », les membres du RMT SdCi, contributeurs pionniers à la réflexion sur Agro-PEPS.

Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'institut IDEAS (*Initiative for Design in Agrifood Systems*), réseau inter-unités de développement de thématiques de recherche et d'actions communes autour de la conception et de l'innovation dans les systèmes agri-alimentaires.

Bibliographie

Altieri, M.A., 1986. *L'agroécologie. Bases scientifiques d'une agriculture alternative*, Paris, Editions Debarde.

Altieri, M.A., 1995. *Agroecology : The Science of Sustainable Agriculture*. 2nd ed, Boulder, Colorado, Westview Press.

Cerf, M., Jeuffroy, M.-H., Prost, L., Meynard, J.-M., 2012. Participatory design of agricultural decision support tools :

taking account of the use situations. *Agronomy sustainable development*, 32 (4), 899-910.

Charlet, J., Bachimont, B., Troncy, R., 2005. Ontologies pour le Web sémantique. *Revue Information, Interaction, Intelligence* 13.

De Schutter, O., 2010. Agroécologie et le droit à l'alimentation. *Rapport présenté à la 16ème session du Conseil des droits de l'homme de l'ONU*. Rapport du Rapporteur spécial sur le droit à l'alimentation.

Doré, T., Makowski, D., Malézieux, E., Munier-Jolain, N., Tchamitchian, M., TITTONELL, P., 2011. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy : revisiting methods, concepts and knowledge. *European Journal of Agronomy*, 2011, 197-210.

Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A., Juristo, N., 1997. METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. *AAAI Technical Report*, Stanford University, EEUU, American Association for Artificial Intelligence, SS-97-06.

Gavard-Perret, M. L., Gotteland, D., Haon, C., Jolibert, A., 2012. *Méthodologie de la recherche en sciences de gestion*. Pearson, Montreuil.

Girard, N., Navarette M., 2005. Quelles synergies entre connaissances scientifiques et empiriques ? L'exemple des cultures du safran et de la truffe. *Natures Sciences Sociétés* 13, 33-44.

Girard, N., 2015 Knowledge at the boundary between science and society: a review of the use of farmers' knowledge in agricultural development. *Journal of Knowledge Management*, 19(5).

Girard N., 2016. Connaissances, action, vérité, croyances, expériences... Eléments pour engager une réflexion épistémologique. Conférence à l'Ecole-chercheurs Connaissances, Port-Barcarès, 31 mai 2016.

Girard N., Jankowski F., 2016. Recueillir et formaliser des connaissances en toute conscience. Conférence à l'Ecole-chercheurs Connaissances, Port-Barcarès, 31 mai 2016.

Guarino, N., 1998. Formal Ontology in Information Systems. *Proceedings of FOIS'98*, Trento, Italy, 6-8 June 1998. Amsterdam, IOS Press, pp. 3-15.

Guichard, L., Ballot, R., Halska, J., Lambert, E., Meynard, J.M., Minette, S., Petit, M.S., Reau, R., Soullignac, V., 2015. Agro-PEPS, un outil web collaboratif de gestion des connaissances pour Produire, Echanger, Pratiquer, S'informer sur les systèmes de culture durables. *Innovations Agronomiques* 43 (2015), 83-94.

Hatchuel, A., Weil, B., 2009. C-K design theory: an advanced formulation. *Research in Engineering Design*, 19, 181-192.

Hubert, B., Ison, R.L., Röling, N., 2000. *The « problématique » with respect to industrialised-country agriculture*. LEARN Group (Eds), Cow up a tree. Knowing and Learning for Change in Agriculture. Case Studies from Industrialised Countries, Paris, INRA, Editions, 13-29.

Meynard, J.M., 2008. Introduction générale : Produire autrement : réinventer les systèmes de culture. In: Raymond Reau, Thierry Doré , *Systèmes de culture innovants et durables : Quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ?* p. 11-27. Transversales. Dijon, FRA : Educagri Editions.

Meynard, J.M., 2012a. Innovating in cropping and farming systems. In Coudel, E., Devautour, H., Soulard, C.T., Faure, G., Hubert, B.,(Eds), *Renewing innovation systems in agriculture and food: How to go towards more sustainability ?*, Wageningen Academic Publishers, 5, 89-108.

Meynard, J.M., Dedieu, B., Bos, A.P., 2012b. Re-design and co-design of farming systems. An overview of methods and practices. *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic*. pp 405-429.

Meynard, J.M., Jeuffroy, M.H., 2014. *Méthodes de conception de systèmes de culture innovants*. Intervention à l'Académie d'Agriculture, séance du 5 février 2014.

Roche, C., 2005. Terminologie et ontologie. *Langages*, 39^e année, n°157, 2005. La terminologie : nature et enjeux, sous la direction de Loïc Depecker. pp. 48-62.

Salembier, C., Elverdin, J. H., Meynard, J. M., 2016. *Tracking on-farm innovations to unearth alternatives to the dominant soybean-based system in the Argentinean Pampa*. *Agronomy for Sustainable Development*, 36 (1).

Soullignac, V., 2012. *Un système informatique de capitalisation de connaissances et d'innovation pour la conception et le pilotage de systèmes de culture durables*. Thèse de l'École Doctorale Sciences pour l'Ingénieur de Clermont-Ferrand.

Toffolini Q., 2016. *Produire des connaissances actionnables pour la reconception pas à pas de systèmes de culture vers l'agro-écologie*. Thèse de l'École Doctorale ABIES.