



Revue AE&S 15-2 - Circulation des savoirs et décisions des agriculteurs : quelles évolutions face à la diversité des systèmes agricoles et agri-alimentaires? - décembre 2025

Revue à comité de lecture et en accès libre éditée par l'Association Française d'Agronomie sous le numéro ISSN 1775-4240. Plus d'informations www.agronomie.asso.fr/aes

Pour soutenir cette démarche, faites connaître AE&S, adhérez à l'association et faites adhérer votre organisme et vos collègues !



Construire des arbres d'exploration pour faciliter l'accès aux connaissances et la conception de systèmes agroécologiques

Paola Salazar¹, Louis Bourdin¹, Frédérique Angevin^{2,3}, Julie André^{1,4}, Gentiane Maillet¹, Marie-Hélène Jeuffroy¹

¹ Université Paris-Saclay, AgroParisTech, INRAE, UMR Agronomie,

² INRAE, Direction Scientifique Agriculture

³ INRAE, Info&Sols,

⁴ Institut Technique de l'Agriculture et de l'Alimentation Biologiques (ITAB),

Email - contact auteurs : paola.salazar@inrae.fr

Résumé

Afin d'accompagner l'évolution des pratiques agricoles et réussir la transition agroécologique, un travail de reconception des modes de production est incontournable. Ce processus s'appuie sur une exploration large de solutions techniques en faisant appel à des connaissances de différentes natures. Pour stimuler la capacité d'exploration des acteurs souhaitant transformer leur(s) propre(s) système(s), nous avons développé, en partenariat avec des chercheurs et des acteurs de la R&D agricole, des arbres de connaissances. Ces outils de structuration des connaissances permettent de centraliser une diversité de ressources techniques pour atteindre un objectif donné, mais également d'identifier des trous de connaissances. Dans cet article, nous proposons une structure générique et des étapes clés pour construire ces arbres en les illustrant avec plusieurs cas d'étude. Ces travaux visent à sensibiliser et encourager les acteurs de la R&D et les agriculteurs à la capitalisation collective de connaissances pour la conception de systèmes agroécologiques.

Mots clés : formalisation de connaissances, conception collective d'outils, arbres d'exploration, capitalisation de ressources, GECO

Abstract

In order to support changes in farming practices and make a success of the agroecological transition, it is essential to redesign production methods. This process relies on a broad exploration of technical solutions, drawing on different types of knowledge. To stimulate the capacity for exploration of stakeholders wishing to transform their own system(s), we have developed knowledge trees in partnership with researchers and agricultural R&D advisors. These tools for structuring knowledge can be used to centralize a variety of technical resources to achieve a given objective, but also to identify gaps in knowledge. In this article, we propose a generic structure and key steps for building these trees, illustrating them with several case studies. The aim of this work is to raise awareness and encourage R&D stakeholders and farmers to collectively capitalize on knowledge to design agroecological systems.

Introduction

Pour réussir la transition agroécologique (TAE), un changement profond des modes de production est nécessaire (Duru et al., 2015). Ce changement peut être stimulé en engageant, avec les acteurs concernés (du conseil, de la production, de l'expérimentation...), un processus de conception innovante (Hatchuel and Weil, 2003 ; Prost et al., 2017) visant à satisfaire de nouveaux objectifs ambitieux (Masson et al., 2010). Ce processus suppose d'explorer un spectre large de solutions innovantes pour sortir des « sentiers battus » (Reau et al., 2012). Une telle exploration peut être alimentée par des connaissances disponibles dans différents types de ressources¹ (Jeuffroy et al., 2022 ; Quinio et al., 2021). Ces ressources visent à (i) stimuler l'exploration de nouvelles pratiques par les acteurs, en limitant l'effet de fixation qui entrave fréquemment l'innovation, (ii) outiller les acteurs dans la conception des pratiques qui seront les plus adaptées à leur contexte et à leurs objectifs, et (iii) partager des connaissances nouvelles, sous différentes formes, entre les acteurs participant au processus de conception.

Si de telles connaissances sont en partie déjà produites, elles restent dispersées entre de très nombreux acteurs (Prost et al., 2017 ; Quinio et al., 2021). Elles sont disponibles dans une multitude de plateformes recensant des ressources (Osaé, R&D agri, EcophytoPic...). Il y a donc un enjeu majeur à (i) les identifier, (ii) les structurer et les centraliser dans des outils adaptés et facilement disponibles et, (iii) les partager pour les rendre plus visibles et accessibles aux acteurs souhaitant transformer leurs systèmes. Ce travail d'identification, de structuration et de partage est indispensable pour soutenir l'étape d'exploration de nouvelles solutions.

Or, des travaux de recherche sur la conception ont montré que cette exploration est entravée par des effets de fixation, qui affectent tout concepteur et qui le poussent à privilégier spontanément des solutions familières, souvent issues de ses expériences passées, au détriment d'approches nouvelles (Agogué et al., 2014). Cependant des recherches montrent que ces effets de fixation peuvent être contrés, en partie, par la façon de formaliser et structurer les connaissances (Brun et al., 2016). La manière de formaliser les connaissances portant sur des innovations à caractère systémique pour aider à la conception de nouveaux systèmes de culture et d'élevage par les acteurs, est ainsi devenue un front de recherche (Brun, 2017 ; Prost et al., 2017). Ces travaux de recherche pluridisciplinaires à l'interface de l'agronomie, de l'ergonomie et des sciences de la conception ont ainsi permis l'émergence de méthodes et d'outils visant à aider les acteurs de la R&D, du conseil et les agriculteurs à concevoir de nouvelles pratiques et/ou de nouveaux agroécosystèmes, adaptés localement et contribuant à une trajectoire de transition agroécologique. C'est notamment le cas des arbres d'exploration de connaissances qui s'avèrent particulièrement pertinents pour faciliter l'identification, le partage et l'appropriation des connaissances utiles à la conception de nouvelles pratiques ou de nouveaux systèmes pour l'agroécologie (Quinio et al., 2022). Un arbre d'exploration est une représentation graphique d'une gamme d'options techniques mobilisables par des acteurs cherchant à transformer des pratiques. Elle recense des ressources (sous différents formats et issues de différentes origines) pour répondre à un problème donné, en proposant une diversité de voies possibles de conception (Quinio et al., 2021). Cette arborescence permet (i) de soutenir le processus de conception, en guidant les acteurs utilisateurs (à la manière d'un GPS) dans leurs recherches d'informations et (ii) de capitaliser et d'identifier des trous de connaissances.

En nous appuyant sur des travaux d'ergonomie, montrant l'intérêt de mobiliser les utilisateurs d'un nouvel objet dès la phase de sa conception pour favoriser son usage (Béguin et Rabardel, 2000), nous avons construit plusieurs arbres d'exploration en partenariat avec des acteurs de la R&D agricole. Pour travailler sur la généralité de la structure et de l'organisation du contenu des arbres d'exploration, nous avons ainsi pu nous appuyer sur une diversité de cas d'étude portant sur différentes thématiques et échelles : l'autonomie azotée des exploitations agricoles, l'autonomie

¹ Ressource : Support pédagogique (quel que soit son format : écrit, audiovisuel...) qui présente et met en valeur des connaissances.

protéique et fourragère en élevage de ruminants ou encore le bien-être des animaux dans les systèmes d'élevage. Les premiers arbres d'exploration ont été conçus à la demande d'utilisateurs potentiels qui souhaitent naviguer plus facilement dans les nombreux résultats de projets, et connaissances ou ressources produites concernant l'autonomie protéique et azotée des exploitations. Cette approche a permis ensuite de développer des espaces thématiques dans la plateforme web collaborative « Gestion des Connaissances » (GECO²). En effet, cette dernière contient une grande quantité de ressources décrivant des pratiques contribuant à la transition agroécologique, correspondant à différentes thématiques, et les utilisateurs ont plusieurs fois mentionné la difficulté à repérer de manière efficace les informations répondant à leurs besoins. Cette approche de capitalisation, proposée par Quinio et al. (2021), se concrétise aujourd'hui grâce au travail coordonné par l'UMR Agronomie et mené dans le cadre de la Cellule « Recherche-Innovation-Transfert »³ (RIT), qui a fourni un cadre privilégié pour avancer dans la construction et le développement des arbres d'exploration avec la participation des acteurs de la R&D agricole.

Cet article présente en premier lieu la méthodologie de construction de ces arbres et de leur structure générique. L'application à des cas d'étude est ensuite illustrée et l'usage de ces outils est discuté. Enfin, les perspectives de ces travaux sont évoquées.

Méthodologie pour construire un arbre d'exploration

Cas d'étude mobilisés

Dans cet article, nous nous appuyons sur trois cas d'étude abordés dans le cadre de la Cellule RIT. Le premier est le chantier thématique « autonomie protéique et bouclage du cycle de l'azote », au cours duquel deux arbres permettant de cartographier et d'explorer des solutions techniques éprouvées et des retours d'expériences d'agriculteurs ont été construits : (i) tendre vers l'autonomie azotée (exemple 1) et (ii) contribuer à l'autonomie protéique et fourragère en élevage de ruminants. Le troisième cas s'inscrit dans le chantier thématique « bien-être animal » qui a permis la construction d'un arbre d'exploration visant à améliorer le bien-être des animaux en élevage (exemple 2).

Structure générique d'un arbre d'exploration

Des travaux récents ont permis de proposer des règles pour faciliter l'organisation des connaissances dans des arbres d'exploration (Quinio et al., 2021). Nous nous inspirons de ces travaux et proposons une structure générique des arbres d'exploration de connaissances et d'options techniques contribuant à la transition agroécologique (Figure 1). Toutefois, cette structure n'est pas figée et peut être adaptée en fonction des cas d'étude, des usages et du public ciblé.

² <https://geco.ecophytopic.fr/> : cette plateforme est un outil collaboratif de gestion de connaissances dédié à la TAE

³ La Cellule RIT a été créée en 2018 entre trois partenaires du continuum Recherche-Développement, INRAE, Acta et Chambres d'agriculture - France. Son objectif principal est de faciliter la diffusion des solutions opérationnelles en raccourcissant le temps de transfert afin de répondre efficacement aux besoins des exploitations agricoles.

Sur la base de ces cas d'étude, nous proposons une structuration générique pour les arbres d'exploration :

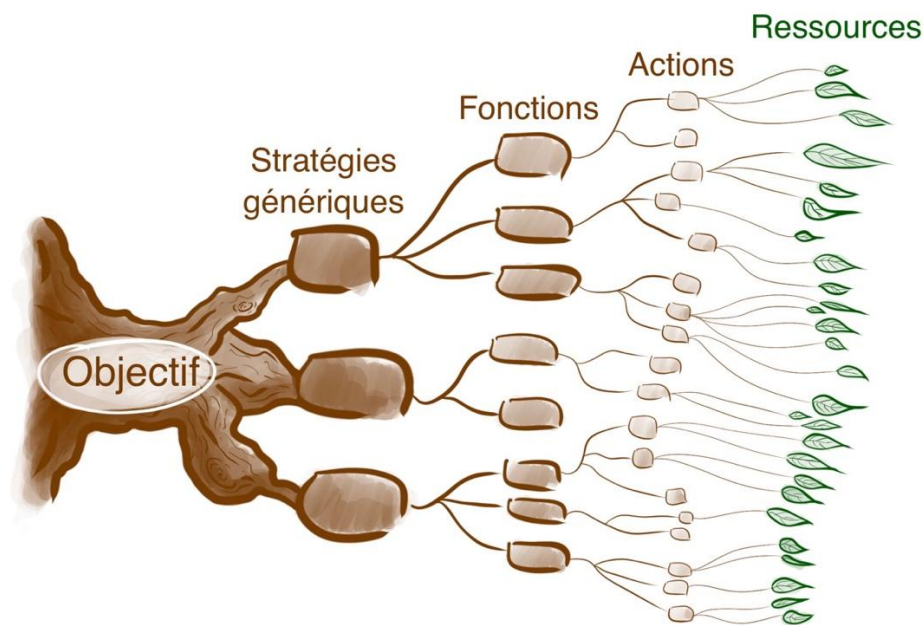


Figure 1 : structure générique d'un arbre d'exploration présentant la position des différents niveaux hiérarchiques qui le composent

- Le tronc de l'arbre (à gauche) indique un objectif. Il peut s'agir d'un problème à résoudre, d'une finalité ou d'un état de la culture ou du sol que l'on souhaite atteindre. Selon l'usage envisagé et le public ciblé, l'objectif peut être très spécifique et bien défini ou avoir un périmètre plus vaste.
- Les branches charpentières représentent des grands types de stratégies génériques, connues ou imaginées, pour atteindre l'objectif. Ces stratégies correspondent à des manières d'aborder la question ou le problème à résoudre. Ce sont des voies d'entrée conduisant à des fonctions ou à des actions permettant de répondre à l'objectif. Les stratégies ne s'excluent pas les unes les autres.
- Les branches secondaires indiquent des fonctions à activer pour mettre en œuvre une stratégie donnée et atteindre ainsi l'objectif de départ. Les fonctions peuvent faire référence à des processus, qu'ils soient biologiques, physiques et/ou chimiques.
- Les branches tertiaires représentent des actions. Ce sont des moyens à déployer (par exemple, des actes techniques) pour activer une fonction et/ou agir sur une stratégie donnée. Une action peut être directement liée à une stratégie dans le cas où aucune fonction n'est indiquée.
- Les feuilles (à droite) regroupent des ressources (fiches techniques, retours d'expérience formalisés, vidéos, podcasts, ...) disponibles sur internet, et accessibles à partir de l'arbre. Ces ressources, choisies sur la base de critères décrits plus loin, correspondent à des supports opérationnels décrivant des pratiques et innovations (validées, prometteuses, exploratoires) contribuant à l'objectif initial. Elles sont organisées selon les actions, fonctions et stratégies auxquelles elles répondent.

Étapes clés pour la construction d'un arbre d'exploration

Les étapes clés sont présentées ci-dessous. Elles sont illustrées par deux exemples mobilisés dans nos travaux : « *Tendre vers l'autonomie azotée* » (exemple 1) et « *Améliorer le bien-être des animaux en élevage* » (exemple 2). Pour des raisons de lisibilité, les étapes ci-dessous sont décrites de manière linéaire. Toutefois, il est important de signaler que la construction du thésaurus d'un arbre est itérative et nécessite de nombreux allers-retours entre étapes pour définir les différents niveaux hiérarchiques de l'arbre (stratégies, fonctions, actions).

Étape 0 : Constituer le collectif de travail. C'est autour de ce collectif que vont s'organiser les réflexions et les décisions sur la construction d'un nouvel arbre d'exploration. Dans la mesure du possible, il est conseillé de réunir une diversité d'experts sur la thématique étudiée.

Ex. 2 : la création du chantier thématique « Bien-être animal » (BEA) dans la cellule RIT a permis de mobiliser une diversité d'experts de la R&D travaillant sur ce sujet. Ils s'accordent sur le fait que les résultats issus de leurs projets sont dispersés et difficilement trouvables. Un groupe de travail a ainsi été créé avec des partenaires qui ont participé de manière continue ou ponctuelle à la conception de cet arbre d'exploration (LIT OUESTEREL, Métaprogramme INRAE SANBA, CNR BEA, IFIP – Institut du porc, Chambres régionales de Bretagne (CRAB) et Pays de la Loire (CRA PdL))⁴.

Étape 1 : Définir le périmètre de l'arbre. Le collectif commence par identifier et préciser à quoi servira l'arbre, à qui il est destiné et à partir de quelle base de connaissances il sera construit.

Ex. 1 : à partir d'un inventaire des ressources existantes dans GECO sur la thématique du bouclage du cycle de l'azote, des experts ont manifesté le besoin de structurer ces ressources (et donc ces connaissances) afin de faciliter l'accès pour les acteurs intéressés par cette thématique (conseillers, animateurs, agriculteurs).

Étape 2 : Formuler l'objectif à atteindre (tronc de l'arbre). Pour certaines thématiques, il est possible de construire un arbre ciblé, où l'on se concentre sur un seul objectif. Si la thématique à aborder est très vaste, il est pertinent de formuler d'abord un enjeu, puis de réfléchir à un ensemble d'objectifs permettant de répondre en partie à celui-ci (ces objectifs deviennent plusieurs troncs de l'arbre). Dans ce cas, pour répondre complètement à l'enjeu, l'ensemble des objectifs doivent être atteints.

Ex. 2 : L'arbre conçu par le collectif visait l'enjeu large « d'améliorer le bien-être des animaux en élevage ». Pour répondre complètement à cet enjeu, cinq objectifs (5 troncs) correspondant aux libertés fondamentales des animaux ont été formulés.

Étape 3 : Identifier et analyser les ressources existantes (susceptibles de devenir les feuilles de l'arbre) sur la thématique étudiée pour aider à définir une première structure de l'arbre. Ces ressources décrivent, par exemple, des pratiques, des innovations, des exemples de mise en œuvre. On peut commencer par questionner le rôle des innovations ou pratiques recensées en se demandant en quoi ou comment chacune contribue de manière concrète à l'objectif (ce qui permet de définir progressivement les 3 niveaux des branches de l'arbre). Cet exercice permet souvent de faire émerger une gamme d'actions (branches tertiaires) et de regrouper des ressources selon celles-ci afin d'initier une première structure de l'arbre. Cette étape aide ensuite à envisager tous les niveaux hiérarchiques possibles (les 3 niveaux de branches) pour (1) structurer le thésaurus de l'arbre et, (2) positionner chaque ressource à l'intérieur de cette structure.

⁴ Le laboratoire d'Innovation Territoriale (LIT) Ouesterel est un dispositif ouvert de recherche-développement-innovation-action qui place au cœur de sa démarche les éleveurs, les consommateurs et les citoyens. Il regroupe des chambres régionales d'agriculture, instituts techniques du domaine animal, acteurs économiques agro-alimentaires, des acteurs spécialistes de l'innovation, des distributeurs, des abattoirs, des vétérinaires ou encore des associations du bien-être animal : <https://www.assolitouesterel.org/>

Métaprogramme (MP) INRAE SANBA : <https://sanba.hub.inrae.fr/>

Centre national de référence pour le bien-être animal : <https://www.cnr-bea.fr/>

La pertinence des ressources choisies pour alimenter les arbres d'exploration a été évaluée à partir d'une grille de critères inspirée, en partie, des composantes de la logique d'action (Quinio et al., 2021 ; Salembier et al., 2021 ; Salazar et al., 2025) et dans l'ambition de faciliter la diffusion de pratiques innovantes dans des ressources synthétiques mais suffisamment complètes pour servir de source d'inspiration et accompagner la mise en œuvre par d'autres acteurs. La grille de critères est présentée dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Grille de critères pour qualifier et choisir des ressources actionnables pertinentes à insérer dans un arbre d'exploration pour l'agroécologie

Caractéristiques et contenu de la ressource	Précisions / Observations
Cohérence/correspondance avec la thématique	Le contenu de la ressource est adapté à notre objectif et périmètre d'étude
Éléments du contexte et caractéristiques de la situation	Informations suffisantes et nécessaires sur le lieu (ferme ou station expérimentale) pour comprendre le contexte dans lequel la pratique a été mise en œuvre
Objectifs de l'agriculteur ou l'expérimentateur / Services attendus par la mise en œuvre de la pratique	La pratique a été mise en œuvre pour résoudre une problématique ou atteindre un objectif lié à notre thématique et périmètre d'étude
Description de la pratique	Description factuelle mais suffisamment détaillée pour comprendre ce que l'agriculteur ou l'expérimentateur a mis en œuvre chez lui pour répondre à l'objectif en question
Indicateurs de suivi/de pilotage de la pratique	Indicateurs sur lesquels l'agriculteur ou l'expérimentateur s'appuie pour prendre des décisions et déclencher des actions (ex. règles de décision)
Conditions de réussite	Toute action ou opération impérative pour garantir l'atteinte des résultats / les performances de la pratique
Points de vigilance	Impacts négatifs éventuels de la pratique mise en œuvre sur d'autres pratiques ou éléments du système
Critères de satisfaction / Indicateurs d'évaluation	L'agriculteur ou l'expérimentateur évalue à partir de ses propres critères son niveau de satisfaction vis-à-vis de la pratique mise en œuvre et identifie des pistes d'amélioration s'il le juge nécessaire
Longueur	Ressources synthétiques et pédagogiques

Étape 4 : A partir d'un ensemble d'actions cohérentes, formuler la stratégie générique (branche charpentière) à laquelle elle peut contribuer OU, à partir d'une stratégie générique, chercher par quelles actions (branches tertiaires) elle peut être atteinte. Dans cette étape, il s'agit d'identifier la diversité de chemins possibles pour satisfaire l'objectif à atteindre (le tronc) qui a été défini lors de l'étape 2. Pour cela, (i) la connaissance de solutions innovantes par le collectif et/ou (ii) le recensement et l'analyse fine de ressources déjà existantes sont essentiels. Ce travail de structuration peut se faire dans les deux sens, soit en partant des ressources regroupées en actions ciblées pour remonter progressivement vers le tronc de l'arbre (objectif à atteindre), soit en commençant par formuler une gamme de grands types de stratégies génériques (branches charpentières) et en décomposant l'objectif pour ensuite chercher les niveaux hiérarchiques inférieurs.

Dans les cas étudiés, nous avons observé que la construction de ces niveaux hiérarchiques est un processus itératif nécessitant plusieurs allers-retours et des comparaisons entre les niveaux en cours de définition, afin d'aboutir à une structure stabilisée et satisfaisante.

Étape 5 : Les stratégies peuvent être explicitées par une déclinaison de fonctions (branches secondaires). Pour rappel, ces fonctions correspondent à des processus biologiques, physiques et/ou chimiques à activer pour contribuer à une stratégie donnée et atteindre ainsi l'objectif de départ.

Ex.1 : En choisissant « d'introduire des espèces à faibles besoins en engrais azotés » (stratégie), on peut chercher à « limiter l'assimilation d'azote par l'implantation de cultures à faibles besoins azotés » (fonction 1) ou bien à « planter des cultures fixant l'azote de l'air » (fonction 2).

Remarques générales :

- Une action peut être directement liée à une stratégie sans être forcément associée à une fonction comme niveau hiérarchique intermédiaire.
- Il est important de ne pas construire un chemin déterministe dans l'arbre qui associerait un parcours d'exploration à une seule ressource et donc à une seule pratique/innovation. Ceci limiterait la capacité d'exploration (Brun et al., 2018 ; Quinio et al., 2021). En effet, plusieurs ressources complémentaires peuvent généralement être mobilisées pour agir sur un chemin donné et, inversement, une même ressource peut ouvrir plusieurs chemins possibles car une pratique peut contribuer à l'objectif par différents biais. Mettre en évidence cette diversité permet d'établir un inventaire des options techniques (et des fonctions agronomiques qu'elles permettent de remplir), élargissant ainsi le champ des alternatives et suggérant des solutions inédites, parfois non envisagées initialement.
- Une ressource peut être affiliée à plusieurs actions et donc se retrouver dans différents chemins (multi-positionnement dans l'arbre). *Ex.1 : Une fiche technique sur la pratique de l'agroforesterie peut appartenir au groupe de ressources de l'action « Cultiver des espèces ayant des systèmes racinaires complémentaires », associée à la fonction « Favoriser l'assimilation de l'azote disponible en élargissant la zone d'exploration du sol » qui permet, entre autres, d'agir en faveur de la stratégie « Optimiser l'utilisation de l'azote disponible dans le sol ». Mais elle peut aussi être affiliée à l'action « Cultiver des espèces pérennes associées aux espèces annuelles » permettant d'activer la fonction « Augmenter la quantité de matière à minéraliser » de la stratégie « Fournir de l'azote organique dans le système ».*
- Il n'est pas impératif de chercher à construire un arbre exhaustif dès le départ. Il peut en effet évoluer et être enrichi progressivement avec des nouvelles ressources par la contribution des utilisateurs, à partir de leurs propres connaissances et expériences. Cette caractéristique « d'incomplétude » permet également d'identifier des trous de connaissances et/ou d'encourager les acteurs à imaginer de nouvelles solutions encore inconnues pour eux (Quinio et al., 2021).

Résultats : construction des arbres d'exploration dans les trois cas d'étude

Dans le présent article, nous nous appuierons sur la description des trois cas d'étude mentionnés précédemment, issus de nos travaux, pour illustrer le processus de construction de ce type d'outil, ainsi que les usages observés et pressentis. Les résultats reprendront les étapes décrites précédemment.

Arbres d'exploration sur l'autonomie protéique et le bouclage du cycle de l'azote

Les deux arbres ont été alimentés grâce à un travail de veille technique dans GECO et grâce aux multiples échanges avec les membres du comité de pilotage de ce chantier thématique. En effet, ces acteurs, appartenant à divers organismes de R&D agricole (IDELE, Chambre d'Agriculture des

Pays de la Loire, INRAE, ITAB, ...), nous ont guidés en partageant leur expertise ainsi que des ressources issues d'une diversité de projets réalisés sur ces sujets. Ceci nous a permis d'identifier, d'analyser et de choisir les ressources jugées les plus pertinentes (et décrites dans une forme actionnable la plus proche de ce qui est recommandé pour GECO) dans le but de les centraliser pour mieux les valoriser et les rendre plus facilement accessibles au public intéressé.

(a) Arbre d'exploration « Tendre vers l'autonomie azotée »

La construction de cet arbre a démarré par un inventaire des ressources (fiches techniques et exemples de mise en œuvre) publiées dans GECO. Puis, un travail de réflexion sur la structuration de ces ressources a été mené en mobilisant l'expertise scientifique de l'UMR Agronomie sur le thème du bouclage du cycle de l'azote et en s'inspirant des travaux réalisés par Quinio durant sa thèse (2021). Comme le montre la Figure 2, pour répondre à l'**objectif** formulé : « *tendre vers l'autonomie azotée* », les exploitations agricoles peuvent s'appuyer sur une des cinq **stratégies** proposées (par exemple : *éviter les pertes d'azote par lixiviation*). Chacune de ces stratégies permet d'activer des **fonctions** biologiques, physiques, chimiques (par exemple : *favoriser l'absorption de l'azote disponible dans le sol*) jouant sur des processus clés pour favoriser le bouclage du cycle de l'azote à l'échelle de la parcelle ou de la ferme. Des **actions** peuvent ensuite être envisagées par l'agriculteur en fonction de son contexte pédoclimatique, des caractéristiques de son système de production et/ou de ses objectifs individuels (par exemple : *avoir un couvert absorbant non récolté* ou *avoir une culture de rente à forte capacité d'absorption*). Ce chemin d'exploration permet d'accéder à une diversité de ressources techniques faisant appel à des **innovations** que l'agriculteur pourrait mettre en œuvre chez lui. Ces ressources ont été sélectionnées parce qu'elles donnent à voir un panel d'alternatives possibles pour atteindre l'objectif initial. Elles sont présentées sous des formats écrits ou audiovisuels et ont pour intention d'inspirer les agriculteurs et les acteurs qui les accompagnent dans leurs démarches de conception et d'évolution des pratiques agricoles. A ce jour, 72 ressources (principalement issues de GECO sous forme de fiches techniques et des exemples de mise en œuvre) sont centralisées dans cet arbre d'exploration.

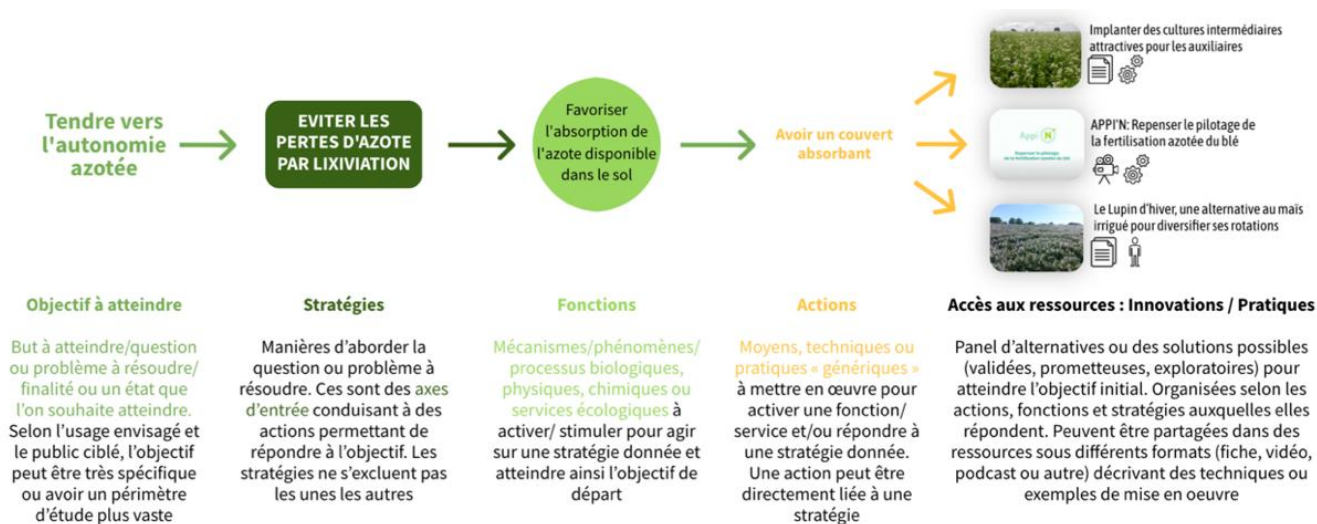


Figure 2 : Guide de lecture de l'arbre d'exploration sur l'autonomie azotée, sur la base d'un extrait de l'arbre

En parallèle de ce travail de veille technique pour la construction et l'alimentation de l'arbre, un travail de prototypage pour améliorer sa mise en forme a été engagé. Ceci avait pour but de rendre cet outil plus intuitif et de faciliter l'accès et la prise en main par des utilisateurs extérieurs (conseillers, ingénieurs de la R&D, agriculteurs, enseignants, apprenants...). Plusieurs outils informatiques ont été testés et pour des raisons ergonomiques (dont notamment les possibilités d'interactivité), l'outil Genially⁵ a été retenu.

⁵ <https://genially.com/>

L'arbre d'exploration obtenu (Figure 3) est disponible dans GECO dans l'espace thématique⁶ « Tendre vers une autonomie azotée » (<https://geco.ecophytopic.fr/tendre-vers-l-autonomie-azotee>).

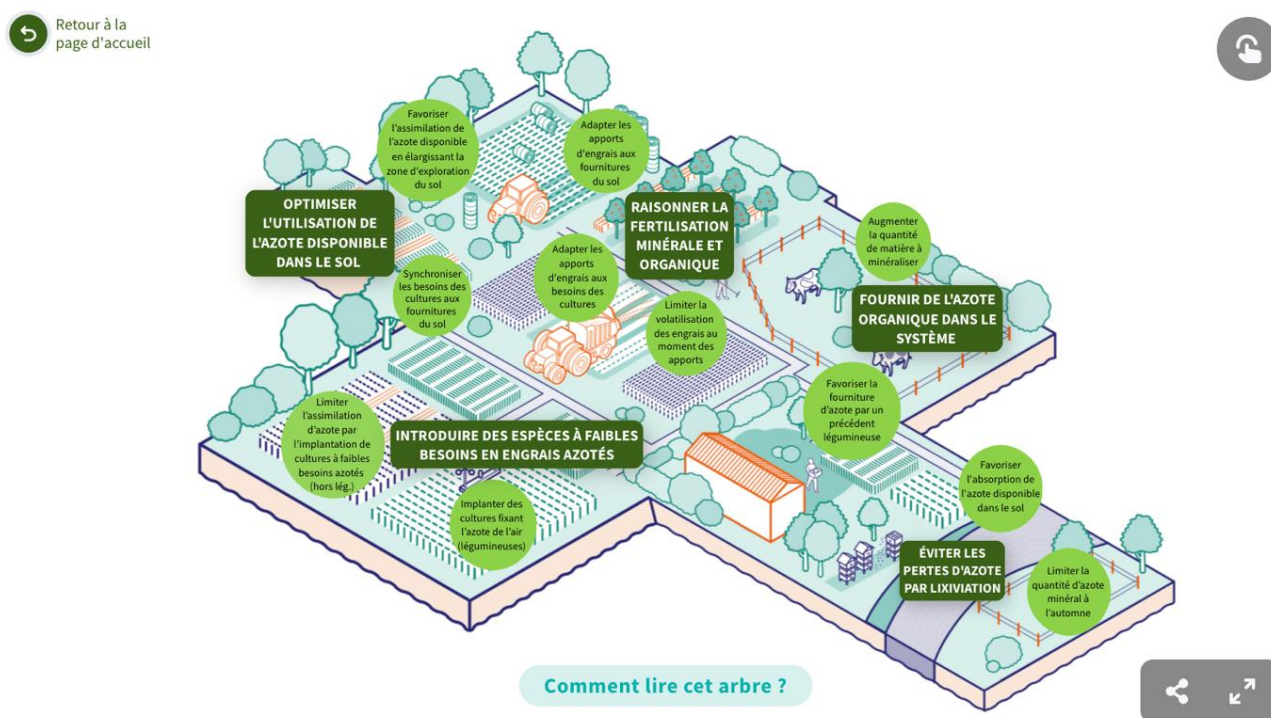


Figure 3 : Visuel d'un extrait de l'arbre d'exploration « Tendre vers l'autonomie azotée » disponible sur GECO. (On visualise ici les branches charpentières, en couleur vert foncé, correspondant aux stratégies ; en cliquant sur chaque branche, on a accès aux branches inférieures)

(b) Arbre d'exploration « Contribuer à l'autonomie protéique et fourragère en élevage de ruminants »

Sur la base des propositions collectives d'une diversité de ressources issues de différents projets traitant de cette thématique, la construction de l'arbre et l'organisation de son contenu a suivi la même démarche. Ainsi, un travail de veille technique dans et hors GECO a été initié afin de repérer des ressources susceptibles d'alimenter l'arbre d'exploration. Puis une étape d'analyse et choix des ressources, sur la base des critères décrits dans le Tableau 1, a été réalisée. Ce travail a été validé par le comité de pilotage du chantier thématique « autonomie protéique et bouclage du cycle de l'azote » de la Cellule RIT. De même, la structure de l'arbre, ainsi que la formulation de ses niveaux hiérarchiques, ont été soumises, au cours de plusieurs ateliers, à trois experts issus de l'IDEL, de l'ITAB et de la Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, afin de vérifier la cohérence et la pertinence des parcours d'exploration proposés aux utilisateurs.

Dans cet arbre d'exploration, l'**objectif** à atteindre consiste à « contribuer à l'autonomie protéique et fourragère en élevage de ruminants ». Il se décline à deux échelles : celle de l'exploitation agricole et celle du territoire. A l'échelle de l'exploitation agricole, cinq **stratégies génériques** ont été formulées pour atteindre l'objectif en question (par exemple : « Produire et valoriser l'herbe »). A l'échelle du territoire, trois stratégies ont été définies pour satisfaire l'objectif (par exemple : « Favoriser les synergies entre agriculteurs »).

⁶ Les espaces thématiques ont été mis en place pour faciliter la navigation dans la plateforme GECO. Ils répondent à une demande des utilisateurs et ont été rendus possibles grâce à l'utilisation d'arbres d'exploration.

Pour chaque stratégie, plusieurs **actions** ciblées peuvent être envisagées. A titre d'exemple, pour la stratégie qui s'inscrit à l'échelle de l'exploitation agricole « Produire et valoriser l'herbe », il est possible de « Valoriser l'herbe pâturée », « Valoriser l'herbe récoltée » ou bien encore de « Pérenniser la ressource en herbe ». Pour « Favoriser les synergies entre agriculteurs » (stratégie à l'échelle du territoire), il est proposé, entre autres, de « Mettre en place des accords à bénéfices réciproques » ou « Mettre en place des arrangements fonciers ». Enfin, un ensemble de ressources techniques sont accessibles dans « les feuilles » de l'arbre pour illustrer de manière concrète la diversité de pratiques ou d'innovations pouvant être mises en œuvre par les éleveurs pour atteindre l'objectif initial. Cet arbre d'exploration (Figure 4) est disponible dans GECO dans l'espace thématique « Contribuer à l'autonomie fourragère et protéique en élevage de ruminants » (<https://geco.ecophytopic.fr/contribuer-a-l-autonomie-protéique-et-fourragère-en-élevage-de-ruminants>).



Figure 4 : Visuel d'un extrait de l'arbre d'exploration « Contribuer à l'autonomie protéique et fourragère en élevage de ruminants » disponible sur GECO. (On visualise ici les branches charpentières correspondant aux stratégies ; en cliquant sur chaque branche, on a accès aux branches inférieures).

Arbre d'exploration sur le bien-être des animaux en élevage

Dans le chantier thématique bien-être animal (BEA) de la Cellule RIT, un arbre d'exploration a été conçu de manière collective via des ateliers participatifs avec des experts du sujet. Sur la base de ressources déjà existantes, nous avons travaillé à cette construction dans l'optique de cartographier des innovations repérées par le LIT OUESTEREL lors d'un travail de traque aux innovations dans des élevages bovins, porcins et de volailles.

Deux ateliers en présentiel ont été organisés pour tester l'adaptation de cette démarche aux productions animales, ainsi que la prise en compte du bien-être au travail dans l'ensemble de la filière (élevage, transport, abattoir). A l'issue de ces ateliers, certains participants du LIT OUESTEREL se sont appropriés la méthodologie et ont pris en main les étapes de mise en forme, d'enrichissement et d'améliorations de l'arbre.

Les échanges entre experts de la structuration des connaissances et experts thématiques ont permis de déterminer les évolutions nécessaires dans le but de rendre l'arbre conçu utile et mobilisable par le public cible. Ce prototype d'arbre d'exploration mettant en lumière les résultats d'une traque aux innovations a été informatisé et publié par Le LIT OUESTEREL sur leur site web.

Ce travail exploratoire nous a permis de faire la preuve du concept et nous a encouragé dans notre objectif de développer un espace dédié à cette thématique dans la plateforme GECO. Pour cela, le chantier thématique BEA de la Cellule RIT s'est poursuivi en 2024 et 2025 avec une participation plus importante du MP INRAE SANBA et des acteurs de la R&D travaillant principalement sur la filière porcine (IFIP, CRAB, CRA PdL). Le LIT OUESTEREL est aussi associé à ce travail. S'il est vrai que nos partenaires au moment du développement de cet espace thématique dans GECO sont plus concernés par la filière porcine, l'arbre d'exploration est générique pour l'ensemble des espèces animales en élevage (bovins, caprins, porcins, volailles, lapins...). Il pourra être enrichi à l'avenir avec des connaissances produites par les acteurs des différentes filières.

Les ressources au sein de cet arbre d'exploration sont organisées autour des cinq libertés fondamentales reconnues par l'Organisation Mondiale de la Santé Animale (bon état de santé physique, expression des comportements naturels, accès à l'eau et à l'alimentation, confort, absence de peur et d'anxiété). Ces libertés correspondent à des **objectifs** (cinq troncs) à atteindre pour répondre à l'**enjeu global** d'améliorer le bien-être des animaux en élevage. Chaque objectif est décomposé en six **stratégies** génériques (C'est-à-dire qu'on les retrouve à l'identique au sein de chaque objectif). A titre d'exemple, pour répondre aux cinq objectifs, il est possible d'agir directement sur l'animal, ou d'agir sur l'environnement en milieu ouvert et/ou claustré, ou encore d'agir sur la conduite d'élevage. Pour consulter l'arbre d'exploration (Figure 5) complet et accéder à l'ensemble des ressources disponibles, se référer à l'espace thématique dédié dans GECO « Améliorer le bien-être des animaux en élevage » (<https://geco.ecophytopic.fr/ameliorer-le-bien-etre-des-animaux-en-elevage>).



Figure 5 : Visuel partiel de l'arbre d'exploration « Améliorer le bien-être des animaux en élevage » disponible sur GECO. (On visualise ici les cinq troncs correspondant aux objectifs ; en cliquant sur chacun, on a accès aux branches charpentières).

Discussion et perspectives

Nos travaux sur le développement d'arbres d'exploration de connaissances visent à sensibiliser et encourager les acteurs de la R&D et les agriculteurs à la capitalisation collective de connaissances pour la conception de systèmes agroécologiques.

Les arbres, dont la construction et la forme ont été présentés dans cet article, ont alimenté différentes situations d'usage : l'animation d'ateliers de conception, support de formation sur une thématique donnée, ou outil de soutien au conseil agricole. Nos travaux et interactions avec divers acteurs de la R&D nous ont permis également d'identifier un usage potentiel de cet outil de structuration de connaissances : répertoire des ressources produites en interne dans une perspective d'explorer des nouvelles questions de recherche au sein d'une même structure, pour alimenter la transition agroécologique. Cette diversité d'usages est permise car les arbres stimulent l'exploration d'idées génériques et centralisent des ressources choisies, en partageant des connaissances utiles à l'action, faciles d'accès et gratuites.

Si la preuve du concept a été faite, et si les arbres d'exploration ont montré leur intérêt auprès d'une diversité d'acteurs de la R&D agricole, la question sur l'enrichissement de ces outils avec des nouvelles connaissances reste posée. En effet, les arbres d'exploration présentés dans cet article sont accessibles gratuitement en ligne dans la plateforme GECO. Toutefois, une animation collective pour garantir les mises à jour et leur pérennité semble indispensable. Pour pallier cette difficulté, une piste prometteuse consisterait à proposer aux animateurs des Réseaux Mixtes Technologiques⁷ (RMT) travaillant sur les thématiques abordées dans les arbres d'exploration existants de s'emparer de ces arbres comme un outil d'animation phare dans leurs activités. Ces dispositifs semblent être les plus pertinents, notamment par leurs actions visant à contribuer à la transformation des résultats de recherche en connaissances, méthodes et outils actionnables, et à favoriser leur appropriation par les opérateurs (utilisateurs, public intéressé).

Dans cette perspective de faire vivre les arbres d'exploration de manière collective par des acteurs de la R&D, le RMT ClimA souhaite assurer l'animation et l'actualisation de l'espace thématique GECO « Adaptation au changement climatique ». Des interactions avec les RMT Bouclage et BEA sont à engager pour enrôler ces acteurs dans la future animation des espaces thématiques GECO « Tendre vers l'autonomie azotée » et « Améliorer le bien-être des animaux en élevage ».

Par ailleurs, la démarche de construction d'arbres d'exploration a été mobilisée par d'autres acteurs sur des sujets différents. C'est le cas de l'espace thématique « Leviers d'adaptation au changement climatique »⁸ créé dans GECO. A l'occasion du Varenne de l'eau, le concept d'arbre d'exploration a servi de source d'inspiration pour structurer et centraliser des ressources contenant des connaissances sur la gestion du stress hydrique et thermique à différentes échelles (exploitation, parcelle, animal). L'inventaire réalisé a permis d'alimenter la base de connaissances de GECO et d'identifier les trous de connaissances à combler. Les présentations de l'outil à différents publics (lors de webinaires organisés par l'ACTA et le pôle de compétitivité Végépolys Valley, par exemple) ont confirmé l'intérêt de cette approche. Des travaux menés en 2025 – également inspirés de la démarches des arbres d'exploration – ont fait l'objet de la création d'autres arbres et de la mise en ligne dans GECO des espaces thématiques « Reconnecter élevage et cultures pérennes⁹ » et « Mobiliser les plantes de services¹⁰ ». Enfin, d'autres travaux sont en cours, par exemple sur la diversification des cultures.

⁷ Les Réseaux mixtes technologiques (RMT) sont des outils de partenariat scientifique et technique originaux, créés et soutenus par le ministère en charge de l'Agriculture, sous la coordination de l'ACTA et de la [Chambre d'Agriculture France](#). Ils ont pour vocation de favoriser la collaboration entre les acteurs de la recherche, de la formation et du développement autour de thématiques à forts enjeux socio-économiques et environnementaux.

⁸ <https://geco.ecophytopic.fr/adaptation-changement-climatique>

⁹ https://geco.ecophytopic.fr/reconnecter_l_elevage_et_l_animal

¹⁰ <https://geco.ecophytopic.fr/mobiliser-les-plantes-de-services>

Conclusion

Le développement d'outils et de méthodes pour constituer un corpus de connaissances formalisées permettant d'imaginer et de mettre en œuvre des systèmes agroécologiques suppose de conduire plusieurs actions. Celles-ci s'inscrivent dans une dynamique globale de capitalisation de connaissances via l'implication de collectifs en intégrant, dans la mesure du possible, l'ensemble des acteurs du monde agricole y compris de l'amont et de l'aval. L'implication d'une diversité d'acteurs dès la phase de conception des outils de capitalisation est essentielle pour favoriser leur utilisation et pour proposer un panel large de ressources pertinentes et opérationnelles en vue d'inspirer d'autres acteurs et d'encourager ainsi l'évolution des pratiques vers des systèmes agroécologiques, par l'échange et le partage collectif d'expériences. La démarche de structuration, présentée dans cet article, permet d'outiller les acteurs pour certaines étapes de la transition agroécologique, grâce à la capitalisation de connaissances de natures diverses. Cela favorise l'accompagnement *ad hoc* vers la transition agroécologique. C'est une approche nouvelle qui diffère de la simple communication de résultats et nécessite plus de temps en premier lieu, mais s'avère un investissement utile à moyen et long terme.

Remerciements

Les auteurs remercient les participants aux ateliers, ainsi que les experts thématiques pour leur implication dans les réflexions collectives qui ont conduit à la construction et au développement des arbres d'exploration présentés dans cet article : Jérôme Pavie, Fabienne Launay (IDELE-Institut de l'élevage) ; Gwénoél Le Quintrec (ITAB) ; Emmanuel Mérot, Anne-Laure Boulestreau-Boulay (Chambre d'agriculture Pays de la Loire) ; Raphael Paut (INRAE, UMR Agronomie) ; Hervé Guyomard, Clémence Bitu, Estelle Leroux, Morgane Leroux, Agathe Bortoluzzi, Charlie Deroite, Romain Piovan (LIT OUESTEREL) ; Julie Hervé, Catherine Belloc (Oniris) ; Belén Barrio (INRAE, MP SANBA) ; Geneviève Aubin-Houzelstein, Alain Boissy (CNR BEA) ; Marie-Laurence Grannec (Chambre d'agriculture Bretagne) ; Yvonnick Rousseliere (IFIP).

Bibliographie

- Agogué, M., Poirel, N., Pineau, A., Houdé, O., Cassotti, M., 2014. The impact of age and training on creativity: A design-theory approach to study fixation effects. *Think. Ski. Creat.* 11, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2013.10.002>
- Béguin, P., Rabardel, P., 2000. Designing for instrument-mediated activity. *Scandinavian Journal of Information Systems* 12.
- Bos, A.P., Koerkamp, P.W.G.G., Gosselink, J.M.J., Bokma, S., 2009. Reflexive interactive design and its application in a project on sustainable dairy husbandry systems. *Outlook Agric.* 38, 137–145. <https://doi.org/10.5367/000000009788632386>
- Brun, J., 2017. Modéliser le pouvoir expansif de la structuration des connaissances en conception innovante : mise en évidence des effets génératifs du K-preordering grâce à l'étude du non-verbal (These de doctorat). Paris Sciences et Lettres (ComUE).
- Brun, J., Le Masson, P., Weil, B., 2018. Getting inspiration or creating inspiration? the role of knowledge structures in idea generation, in: *DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference*. Presented at the DESIGN 2018 - 15th International Design Conference, pp. 1793–1804. <https://doi.org/10.21278/idc.2018.0196>
- Brun, J., Masson, P.L., Weil, B., 2016. Designing with sketches: the generative effects of knowledge preordering. *Des. Sci.* 2, e13. <https://doi.org/10.1017/dsj.2016.13>
- Cerf, M., Jeuffroy, M.-H., Prost, L., Meynard, J.-M., 2012. Participatory design of agricultural decision

support tools: taking account of the use situations. *Agron. Sustain. Dev.* 32, 899–910. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0091-z>

Cross, N., 2008. *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design*. John Wiley & Sons Inc, Chichester Weinheim.

Doré, T., Makowski, D., Malézieux, E., Munier-Jolain, N., Tchamitchian, M., Tiftonell, P., 2011. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: Revisiting methods, concepts and knowledge. *Eur. J. Agron.* 34, 197–210. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.02.006>

Duru, M., Therond, O., Fares, M., 2015. Designing agroecological transitions; A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0318-x>

Hatchuel, A., Weil, B., 2003. A new approach of innovative design : an introduction to c-k theory. 31 Proc. ICED 03 14th Int. Conf. Eng. Des. Stockh. 109-110 (exec.summ.), full paper no. DS31_1794FPC.

Jeuffroy, M.-H., Loyce, C., Lefeuvre, T., Valantin-Morison, M., Colnenne-David, C., Gauffreteau, A., Médiène, S., Pelzer, E., Reau, R., Salembier, C., Meynard, J.-M., 2022. Design workshops for innovative cropping systems and decision-support tools: Learning from 12 case studies. *Eur. J. Agron.* 139, 126573. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126573>

Masson, P.L., Weil, B., Hatchuel, A., 2010. *Strategic Management of Innovation and Design*. Cambridge University Press.

Meynard, J.-M., 2017. L'agroécologie, un nouveau rapport aux savoirs et à l'innovation. OCL 24, D303. <https://doi.org/10.1051/ocl/2017021>

Prost, L., Berthet, E.T.A., Cerf, M., Jeuffroy, M.-H., Labatut, J., Meynard, J.-M., 2017. Innovative design for agriculture in the move towards sustainability: scientific challenges. *Res. Eng. Des.* 28, 119–129. <https://doi.org/10.1007/s00163-016-0233-4>

Quinio, M., 2021. Repenser la capitalisation et le partage des connaissances pour le changement de pratiques vers l'agroécologie : proposition d'un cadre socio-cognitif à partir d'une démarche centrée utilisateur (These de doctorat). université Paris-Saclay.

Quinio, M., Guichard, L., Salazar, P., Détiègne, F., Jeuffroy, M.-H., 2022. Cognitive resources to promote exploration in agroecological systems design. *Agric. Syst.* 196, 103334. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103334>

Quinio, M., Salazar, P., Gardarin, A., Petit, M.-S., Jeuffroy, M.-H., 2021. Capitaliser les connaissances avec les acteurs pour concevoir des systèmes agroécologiques. *Agron. Environ. Sociétés* 11. <https://doi.org/10.54800/cca118>

Reau, R., Monnot, L.-A., Schaub, A., Munier-Jolain, N., Pambou, I., Bockstaller, C.C., Cariolle, M., Chabert, A., Dumans, P., 2012. Les ateliers de conception de systèmes de culture pour construire, évaluer et identifier des prototypes prometteurs. *Innov. Agron.* 20, 5–33. <https://doi.org/10.17180/b4qz-sj66>

Salazar, P., Bourdin, L., Angevin, F., André, J., Berne, C., Mérot, E., Jeuffroy, M.H., 2025. Valoriser les savoirs des agriculteurs pour accompagner la transition agroécologique : analyser, formaliser et partager leurs logiques d'action. *Agron. Environ. Sociétés* 15-2.

Salembier C., Segrestin B., Weil B., Jeuffroy M.H., Cadoux S., Cros C., Favrelière E., Fontaine L., Gimaret M., Noilhan C., Petit A., Petit M.S., Jean-Yves Porhriel J.Y., Sicard H., Reau R., Ronceux A., Meynard J.M., 2021. A theoretical framework for tracking farmers' innovations to support farming system design. *Agro. Sustain. Dev.* 41 :61. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00713-z>