

☐ Rapport intermédiaire

☒ Rapport final

Période concernée :
1^{er} décembre 2020 – 31 décembre 2024

Référence du projet : 20AIP1582703

Acronyme et titre du projet : MOCA

COMPTE-RENDU TECHNIQUE

Date d'élaboration du compte rendu : décembre 2025 – révisé septembre 2026



Organisme chef de file : Grab, Groupe de recherche en agriculture biologique

Nom, coordonnées et organisme du chef de projet :

Laetitia Fourrié, Chef de projet
Grab - Domaine de Gotheron
460 Chemin de Gotheron
F 26 320 – Saint Marcel-lès-Valence – France
laetitia.fourrie@grab.fr

François Warlop, Chef de projet adjoint
Maison de la Bio
255 chemin de la Castelette - BP 11283
F 84 911 – AVIGNON Cedex 9 – France
francois.warlop@grab.fr

A propos de ce document

Résumé

Ce document présente le projet MOCA, débuté en décembre 2020 et terminé en décembre 2024, et la réalisation des travaux par les partenaires : le Grab (pilote), Agroof, la Chambre d'agriculture de l'Hérault, le CFPPA de Die, l'INRAE (UMR Biofora, UE Gotheron, Ecodéveloppement). Piloté par le Grab et financé par le CASDAR (2020-2024), ce projet a associé INRAE, UNILASSALLE, AGROOF, le CFPPA de Die et la Chambre d'agriculture de l'Hérault

Les systèmes agroforestiers (SAF) sont des systèmes complexes. L'association des arbres avec des productions annuelles engendre une multitude d'interactions entre des éléments biologiques, physiques et humains, qui évoluent dans le temps et selon les conditions environnementales.

La phase de conception d'un système agroforestier est cruciale pour à la fois appréhender cette complexité et, également, répondre pleinement aux besoins et aux envies du porteur de projet tout en vérifiant que le système souhaité est réalisable.

Pour soutenir les porteurs de projets et leurs conseillers dans la conception des systèmes agroforestiers, le projet MOCA a combiné deux approches complémentaires : le développement de 3 outils utiles pour concevoir et se projeter sur les futurs systèmes en agroforesterie, et l'élaboration d'un plan de formation à la co-conception, adapté à différentes situations de conception.

A partir d'entretiens auprès d'une cinquantaine de producteurs en agroforesteries et d'une vingtaine de conseillers ou formateurs, MOCA a apporté une meilleure compréhension des démarches de conception des porteurs de projets en agroforesterie et des situations d'accompagnement à la conception de ces systèmes.

Il a permis de produire 3 nouvelles versions d'outils d'aide à la conception de systèmes en agroforesterie.

DEXIAF est un modèle qui aide à finaliser le prototype de SAF et permet d'évaluer la durabilité d'un système agroforestier avant son implantation.

EcoAF est un logiciel qui permet représenter en 3D des différents éléments d'une parcelle agroforestière (cultures, haies, lignes d'arbres, mares, bosquets, etc.) et de simuler sur plusieurs années le développement spatio-temporel d'une plantation et ses conséquences comme les effets d'ombrages sur les cultures.

DIAFnostic est une application qui permet de prédire le développement d'arbres de bois d'œuvre dans une jeune plantation agroforestière, à partir de 10 à 30 mesures.

Un plan de formation à la co-conception outillée des systèmes agroforestiers (CoCOSAF) a été construit et décliné pour différents publics et combinaisons « formateurs # apprenants » : agriculteurs, élèves ingénieurs, conseillers agroforestiers et porteurs de projets (BPREA). Un document complet à destination des formateurs présente ce plan de formation CoCOSAF et les pistes pour leur déploiement. Six cas documentés viennent illustrer, pour des systèmes agroforestiers en place, la démarche de conception, les repères agrotechniques et les simulations obtenues avec les outils MOCA.

Mots clés :

Agroforesterie, système agroforestier, co-conception, outil d'aide à la décision et à la conception (OADC), agencement spatial, évaluation, durabilité, formation

Pour citer ce document :

Fourrié L., Alaphilippe A., Grandgirard D., Santi F., 2025. Compte rendu technique final du projet MOCA (décembre 2020 – décembre 2024). Volet technique. Décembre 2025. 32 p.

Publication	Décembre 2025
Rédaction	Laetitia Fourrié, Aude Alaphilippe, David Grandgirard, Frédérique Santi,
Contributions	Benoît Aimoz, Alice Bouhassoun, Fabien Liagre, Romain Roche, François Warlop
Mise en page	Laetitia Fourrié
Droit d'usage	Licence CC BY SA Tous les contenus de ce document sont mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons CC BY SA (Attribution et Partage dans les mêmes conditions). Cela signifie que ces contenus sont réutilisables et modifiables par quiconque et ce gratuitement, moyennant le fait qu'il mentionne le nom des auteurs et qu'il partage son œuvre sous les mêmes conditions (licence CC BY SA).
Diffusion	<u>Volet technique</u> : Publique

1- Rappel des objectifs du projet

Comment concevoir des systèmes agroforestiers (SAF) performants, reflétant la diversité des attentes (économiques, sociales, environnementales) et tenant compte de la dynamique spatiale et temporelle liée aux SAF ?

Le projet MOCA s'intéresse à l'agroforesterie dans toute sa diversité (inter et intraparcellaire mais sans élevage). Les travaux portent ainsi sur l'amélioration de la conception de systèmes agroforestiers pour aller vers des systèmes les plus performants et durables possibles. Si une démarche type de conception a été conceptualisée dans le cadre du RMT Agroforesteries, il existe une diversité de situations de mise en œuvre concrètes par les porteurs de projet et leurs conseillers.

L'objectif du projet MOCA est de proposer une **démarche globale d'accompagnement à la co-conception de systèmes agroforestiers (SAF)**, associant le porteur de projet et son conseiller et intégrant des outils permettant de se projeter sur le devenir et les performances du SAF conçu. La méthode suivie propose une amélioration itérative des SAF prototypes pour répondre aux objectifs de durabilité et ce, avant implantation. Le second objectif de ce projet est de **familiariser les porteurs de projets, apprenants et conseillers à (i) l'évaluation des performances** de leurs prototypes selon les trois piliers du développement durable, (ii) tout en les aidant à **se projeter** dans des SAF à maturité productive.

Enfin, MOCA vise à **capitaliser et agréger un ensemble de références technico-économiques** disponibles mais peu accessibles tout en complétant les manques de données et en qualifiant les incertitudes à l'aide des connaissances expertes, empiriques et scientifiques. La mise à disposition en libre accès de la démarche globale d'aide à la conception de SAF et des supports nécessaires à sa mise en œuvre sous des formes ludiques (e.g. plateforme de type wiki DEXiMASC, guide interactif ...) doit permettre aux apprenants et conseillers stagiaires d'apprendre par l'expérimentation virtuelle et d'en assurer la diffusion vers le plus grand nombre ; la portée pédagogique de ces outils étant un élément important pour la formation des futurs agriculteurs et des conseillers.

2- Méthodologie mise en œuvre

La démarche développée dans le projet MOCA vise à organiser la consolidation d'outils d'aide à la décision, au sein d'une démarche de conception de SAF. Elle comporte quatre actions opérationnelles et une action transversale de coordination (*axe 5, non développée ici, cf Volet « Pilotage et valorisation du projet »*) :

- L'action 1 vise à mieux comprendre la diversité des trajectoires agroforestières et affiner la démarche de (co-)conception des SAF par les porteurs de projets et leur.s conseiller.s (analyse des besoins et des informations disponibles à chaque étape, des situations d'accompagnements, etc.).
- Les actions 2 et 3 portent sur le développement (et l'adaptation) de 3 outils pour aider à la conception des systèmes agroforestiers :
 - o EcoAF : outil de prédiction de la croissance d'arbres forestiers à l'échelle de la parcelle.
 - o DIAFnostic : outil de simulation de la production de bois d'œuvre
 - o DEXiAF, outil d'évaluation multicritère de la durabilité d'un système agroforestier.
- L'action 4 porte sur la construction de formation à la co-conception de systèmes agroforestiers, outillée par les outils développés dans le projet MOCA.

Action 1 : Démarche de co-conception et définition des contraintes & opportunités

Coordination : Grab et UniLaSalle

Il s'agit de formaliser la démarche globale de conception et ses différentes étapes : objectifs, contexte de l'exploitation (atouts et contraintes) puis moyens disponibles (choix structurels de plantation et conduite technique).

Afin de mieux comprendre la diversité des trajectoires de conception de systèmes agroforestiers, des enquêtes ont été réalisées en 2021, complétées par quelques autres en 2022. Ces enquêtes ont visé à recenser (i) les éléments et contraintes de la conception ainsi que (ii) les besoins « agriculteurs / conseillers » mais aussi « apprenants / formateurs », pour définir les dimensions constitutives des outils, les critères d'entrée et la pondération des éléments à considérer pour traduire ces priorités et préfigurer de leurs modes d'usage.

Ce travail a été conduit dans le cadre :

- du stage d'Arthur Masson (2021) : élaboration du questionnaire d'enquête et réalisation des enquêtes
- du stage de Léa Moisan (2022) : analyse des résultats des enquêtes.

Action 2 : Développement de l'outil EcoAF / DIAFnostic

Coordination INRAE BioForA et AGROOF

Une première version de EcoAF et DIAFnostic a été réalisée par l'INRAE et Agroof en 2019. Dans MOCA, l'objectif est d'améliorer les versions pré-existantes (issues du monde forestier), les tester et susciter la capitalisation des données en mode collaboratif.

Le simulateur EcoAF permet de répondre en partie aux besoins identifiés par les conseillers en agroforesterie : dessiner des haies et lignes intraparcellaires intégrant arbres/arbustes forestiers, préparer les fichiers de commande. En 2020, des premiers ateliers ont été organisés pour apporter des premières corrections et améliorations techniques, en particulier pour adapter l'outil aux vergers maraîchers, simuler l'impact des arbres sur la luminosité résiduelle et améliorer les fichiers et procédures.

Pour DIAFnostic, les modifications prévues étaient la collecte de données adaptées aux situations en agroforesterie (dynamique de croissance des arbres en peuplement agroforestier, paramétrage de nouvelles espèces, ...), l'intégration des métadonnées dans EcoAF, la création d'une procédure semi-automatisée de retours personnalisés vers les utilisateurs, la gestion des données, la structuration et présentation des résultats collectifs. En outre, des améliorations ergonomiques ont permis de prendre en compte les retours des utilisateurs.

Action 3 : Outils d'évaluation multicritère de SAF et référentiels

Coordination INRAE Gotheron et Grab

L'outil DEXiAF, version 2017, initialement conçu avec des connaissances expertes, présentait des lacunes et était trop complexe pour un usage pratique. Dans le cadre du projet MOCA, une nouvelle version a été développée en quatre étapes clés. La première a simplifié l'arborescence de l'évaluation de la durabilité, en prenant en compte les spécificités des systèmes agroforestiers et en renforçant la branche sociale grâce à des ateliers interdisciplinaires. La deuxième étape a adapté l'outil à deux situations d'usage : le conseil après diagnostic et la formation des porteurs de projets agroforestiers, avec une nouvelle structuration des critères d'entrée. La troisième phase a porté sur un rééquilibrage statistique pour améliorer la sensibilité de l'outil, à l'aide de simulations Monte Carlo. Enfin, la quatrième étape a produit des supports pratiques, tels que des manuels et des macro Excel, pour faciliter l'utilisation et l'interprétation des résultats, avec des exemples concrets.

Par ailleurs, différentes actions ont été menées pour ouvrir l'accès à l'outil pour les utilisateurs : mise en ligne, DI-RV, licence, communication ...

Action 4 : Intégration de la démarche et des outils, tests & déploiement

Coordination UniLaSalle et CFPPA Die

Il s'agit de positionner justement et réalistement les deux types d'outils dans la démarche de co-conception et de construire un programme de formation visant à former les conseillers stagiaires à la démarche globale et faire monter en compétences des conseillers référents, voire des porteurs de projet autodidactes.

Pour cela, la démarche de conception de SAF balisée au sein de l'action 1 et les outils développés par les actions 2 et 3 sont intégrés au sein du programme de formation dans l'action 4.

Un travail avec les porteurs de projets agroforestiers de natures diverses est conduit pour (1) définir les règles et le séquençage d'utilisation, (2) évaluer l'intérêt et les modalités d'usage envisagés, (3) analyser la facilité d'usage comme l'ergonomie.

Un travail complémentaire avec des conseillers agroforestiers, en devenir comme référents, est mené pour (1) s'assurer du réalisme technico-financier du déploiement de la démarche (marché du conseil, coûts de la prestation), (2) du réalisme agrotechnique des diagnostics et des résultats d'évaluation ex ante, (3) du respect comme de la plasticité de la démarche face aux postures « porteur de projet » et « conseiller agroforestier ». Enfin, un travail avec des apprenants, enseignants agricoles et des personnels scientifiques doit permettre d' (1) évaluer les modes de passation et facilité d'acquisition, (2) tester la praticabilité in situ, (3) délimiter les conditions et limites de mobilisation des outils comme en définir des versions adaptées à des situations inhabituelles de conception de SAF.

Des supports pédagogiques sont prévus pour accompagner les apprenants et les porteurs de projet, au sein de classes, d'ateliers et en situation de conseil. Les modalités et formats d'utilisation les plus propices à l'intégration de la conception-évaluation ex ante de systèmes agroforestiers durables restent à définir.

Inflexions opérées par rapport au projet déposé

Pas de changement majeur de méthodologie.

3- Synthèse des résultats obtenus par action

Action 1 : Démarche de co-conception et définition des contraintes & opportunités

Compréhension des démarches de conception des SAF

Les enquêtes réalisées

63 agriculteurs et porteurs de projet agroforestier ont été enquêtés en 2021. Quelques entretiens complémentaires ont été réalisés courant 2022. Le questionnaire mis en place (figure ci-dessous) est structuré en 4 parties et permet une compréhension fine de la trajectoire des exploitations, de la démarche de conception puis de la trajectoire de vie des systèmes agroforestiers hébergés ; il a permis aussi d'évaluer la perception à date des performances des systèmes telle que ressentie par les agroforestiers :

- [Histoire], qui revient sur l'historique de l'exploitation, et le parcours de l'exploitant.e
- [Typologie], qui vise à décrire l'exploitation puis le/les systèmes agroforestiers présent(s)
- [Retour d'expérience], dont l'objectif est de recueillir tout le processus de conception du système agroforestier, depuis la réflexion jusqu'à son entretien après mise en place
- [Bilan des performances], qui revient sur l'atteinte ou non des objectifs ciblés à la conception et sur la découverte ou non de risques inconsidérés à la conception mais avérés aux cours du cycle de vie du système, puis sur les services et disservices fournis actuellement par le système agroforestier, après plusieurs années d'existence (de 2 à 51 ans d'âge).

La contrepartie de ce guide d'entretien très complet est qu'il nécessite des durées d'entretien et de traitement des données importants.

Après une première analyse statistique partielle en 2021, sur 20 exploitations du fait de données non encore toutes complètes et renseignées, une seconde analyse a été conduite en 2022 sur les réponses de 55 porteurs de projet ayant implanté un système agroforestier entre 1971 pour le SAF le plus ancien et 2020 pour le plus récent. Parmi les 55 enquêtés, 46 sont localisés dans les Hauts-de-France, 4 en région Occitanie, 3 en Nouvelle-Aquitaine, 1 est localisé en Provence-Alpes-Côte d'Azur et 1 en Auvergne-Rhône-Alpes. Enfin, en termes d'orientation technico-économique, une seule exploitation pratique l'élevage, tandis que 33 sont en polyculture-élevage, 10 en polyculture, 9 en grandes cultures et 2 en maraîchage.

Les étapes pour (co-)concevoir un SAF

Cette enquête a permis de caractériser les démarches de création de SAF, d'identifier les besoins des porteurs de projet ainsi que des éléments de satisfaction et insatisfaction vis-à-vis des SAF mis en place.

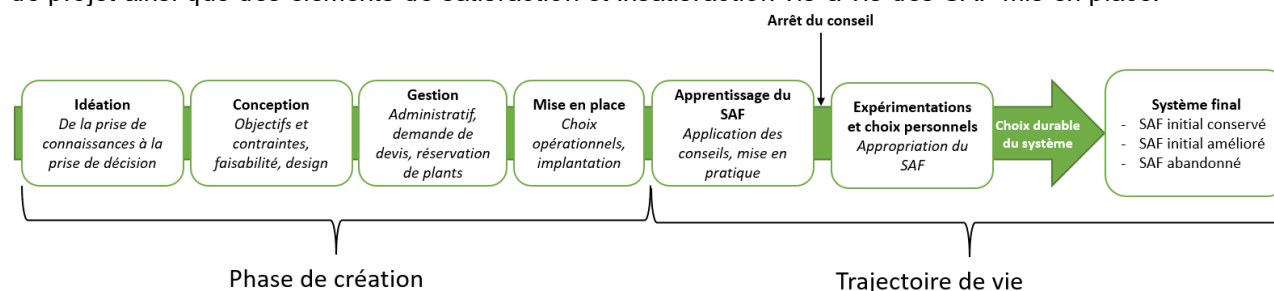


Figure 1 : Les étapes chronologiques de l'existence d'un système agroforestier (Moisan, 2022 ; adapté de Grandgirard & Liagre, 2015)

L'analyse des démarches adoptées par les porteurs de projet révèle 4 classes qui se distinguent par **des degrés différents d'implication des porteurs de projet**, et le fait que généralement des diagnostics ne sont pas ou peu menés par le porteur de projet ou le conseiller. De plus, la conception technique du projet (prototypage et design du SAF) est souvent intégralement déléguée au conseiller, voire au conseiller et à ses fournisseurs, bien que cela provoque une frustration chez certains porteurs de projet qui souhaitent s'impliquer dans les décisions techniques, mais qui estiment, pour 55,2% du panel, ne pas avoir les connaissances nécessaires pour le faire, notamment sur les caractéristiques des différentes essences, leur potentiel de productivité et leur adaptabilité au contexte pédoclimatique.

Tableau 1: Tableau descriptif des classes obtenues par classification ascendante hiérarchique (CAH)

Classe		1	2	3	4
Niveau d'implication du PP		Forte délégation	Délégation	Co-conception ou implication	Forte implication
Présence d'un conseiller à l'idéation et/ou à la conception		*	*	*	Absence de conseiller à l'idéation et à la conception
Conception	Techniques	*	Conseiller	*	PP
	Diagnostics physiques et biologiques (type de sol, circulation eaux, enracinement, climato...)	*	Conseiller ou aucun	*	*
Gestion	Une étude de faisabilité technico-économique	*	*	Aucun	*
	Administratif	*	Conseiller	Au moins le PP	PP
	Demande de devis	Conseiller ou aucun	Conseiller	PP	PP
	Réservation des plants	*	Conseiller ou aucun	Au moins le PP	PP
Mise en œuvre	Traçage sur la parcelle	Conseiller	PP ou aucun	*	PP
	Réception des plants	Conseiller	*	*	PP
	Maître d'œuvre à la plantation	Conseiller	Au moins le PP	*	*
	Planning technique	*	Conseiller ou aucun	Au moins le PP	PP
Entretien et suivi	Suivi des reprises	*	*	*	PP
	Taille de formation sur les 3-4 premières années	Conseiller	*	*	*
	Formation aux tailles	Conseiller	*	*	*
	Diagnostics sanitaires des plants	*	*	*	PP

PP = Porteur de projet /agriculteur
 * = Pas de sur/sous-représentation des modalités associées dans la classe décrite.
 Les lignes blanches du tableau correspondent à des variables illustratives.

Les porteurs de projet mettent également en avant l'absence ou la faible visibilité des formations en agroforesterie (36,2%), ainsi que leur souhait d'accéder plus aisément et de manière plus fréquente à des interlocuteurs pour disposer et commenter des retours d'expérience (37,9%). Cette analyse a également confirmé l'intérêt des porteurs de projet pour des outils comme DexiAF (pour 31% du panel) et EcoAF (pour 46,6% du panel).

Démarche de conception d'un système agroforestier

Pour résumer, la démarche de conception d'un système en agroforesterie peut se schématiser en 4 étapes précédant la mise en place effective (Figure 2). Ces étapes se répartissent au sein d'une première phase appelée « démarche de conception » dont le bouclage est l'obtention d'un système agroforestier complet, prototypé, évalué et désigné très exactement. Le dossier technique est rédigé et peut avoir été déposé. Toute nouvelle action relèvera de la mise en œuvre, puis de la trajectoire de vie du système.

La première étape est dite de « **Idéation** » : c'est une étape durant laquelle l'intention agroforestière émerge pour le porteur de projet. Elle est régulièrement subdivisée en 2 moments clefs :

La seconde étape dite de « **Cadrage** » : elle est réservée à l'objectivation précise du projet, puis à la priorisation des objectifs, enfin à la menée d'un diagnostic agronomique multi-échelle et multi-thématique.

La troisième étape dite de « **Prototypage** » comprend à la fois le design structurel (strates et composition des strates, proportions, typologie d'agencement arboré), au design spatialisé (cartographié et schématisé), à la redéfinition des rotations culturales, pratiques attenantes voire aux règles de décision de la nouvelle rotation, enfin à l'évaluation de la durabilité du prototype co-conçu ; cette étape de cadrage est itérativement menée jusqu'à satisfaction des parties : porteur du projet et accompagnant ; elle peut nécessiter de remonter jusqu'à la phase d'objectivation précédente.

La dernière étape dite de « **Finalisation** » est une tâche non réellement de co-conception puisqu'elle regroupe les moments de montage du dossier technique et de ses chiffrages, identification des fournisseurs, origines, variétés porte-greffe(s) et respect des cahiers des charges ; de préparation et passage de commandes, de chiffrages, et de préparation du dossier technique et de demandes des subventions publiques ou privées. Un calendrier des mises en jauge, tailles racinaires de préparation, opérations de tris, conditionnement, pralinage puis de plantations est fourni. Des plans d'organisation sur le chantier de plantation peuvent être fournis. Le piquetage et l'accompagnement de la plantation pouvant faire partie aussi de la prestation mais est souvent déléguée au planteur : une entreprise spécialisée telle les pépiniéristes, les associations de planteurs volontaires ou autres.

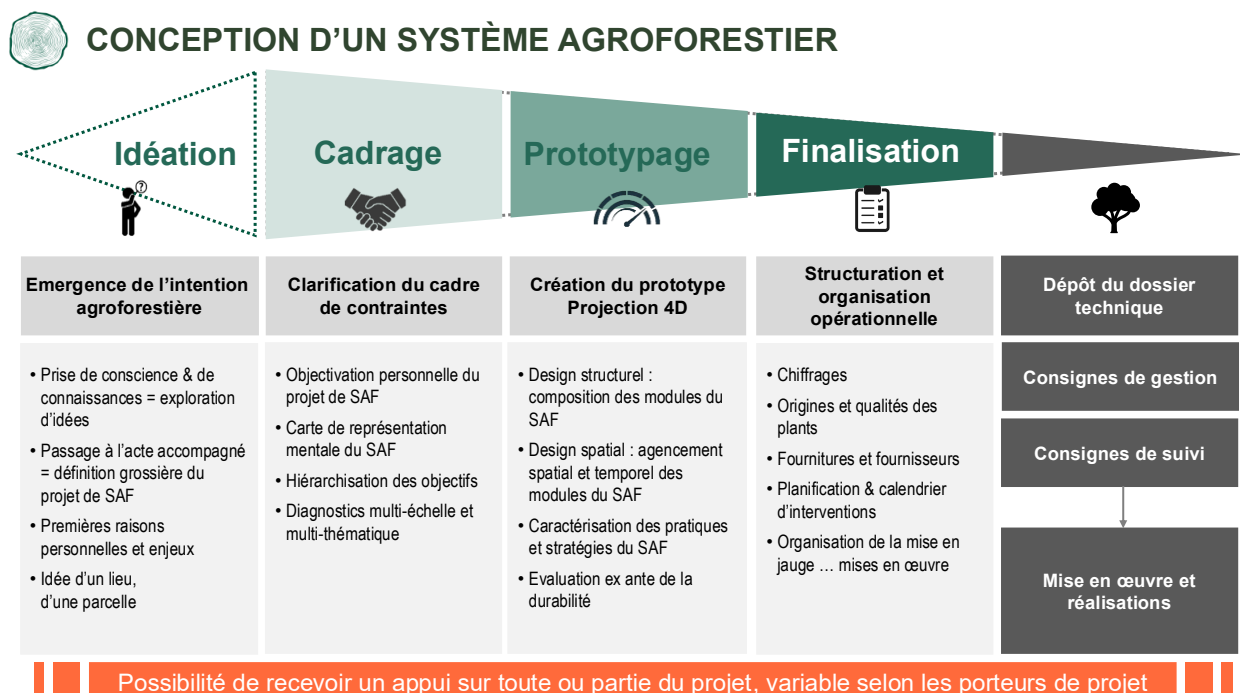


Figure 2 : Schéma de la démarche de conception d'un système agroforestier

Diversité des situations d'accompagnement à la conception de SAF et de potentiel déploiement du plan de formation CoCOSAF

Quatre parcours d'accompagnement à la conception

Dès le début du projet MOCA, 4 situations majeures de conception de systèmes de cultures agroforestiers ont été retenues. En effet, en dehors de la recherche fondamentale, la conception participative de systèmes innovants et performants est portée par quatre grandes catégories d'intervenant :

- les conseillers lors d'ateliers individuels ou collectifs de conception ; le conseiller est majoritairement presté (un contrat, une convention est établie) par le porteur de projet ou par un tiers (collectivité par exemple) et est présent pour établir la faisabilité et concevoir un prototype d'agroforesterie qui sera quasi à coup sûr mis en place (cas de la prestation individuelle) ; cette situation est dénommée ci-après « **B-to-B** »
- les enseignants et maîtres de conférence qui dans le cadre de module de formation initiale comme continue mettent en œuvre les méthodologies technique et opérationnelle de co-conception de système ; cet acte peut répondre à une demande d'un tiers (un agriculteur) qui aimerait disposer d'un premier prototype évalué et designé voire de plusieurs prototypes comparés ; cette situation est dénommée ci-après « **MINEURE** » ;
- les formateurs qui dans le cadre du BPREA (Brevet Professionnel Responsable d'Entreprise Agricole) accompagne des stagiaires en reconversion et en réflexion au long cours de leur future structure agricole ; lors de cette structuration de l'exploitation, un temps peut être dédié à imaginer la mise en place d'un atelier agroforestier au sein de l'exploitation. Cette situation est dénommée ci-après « **UCARE** = Unité Capitalisable d'Adaptation Régionale à l'Emploi » ;
- enfin, plusieurs entités et groupements en France propose à des salariés en poste, à des personnes en reconversion, ayant déjà exercé un emploi de type « conseiller » ou proche, de se spécialiser au conseil agroforestier ; l'écosystème de formation professionnelle est large et de nombreux types de formation professionnelle, et formats existent. Nous avons fait le choix d'en étudier quelques-unes parmi les plus renommées ; elles représentent en outre un spectre large de formations professionnelles. Cette dernière situation est dénommée ci-après « **CERTIFIANTE** » puisqu'elle donne parfois droit à une certification ou est elle-même certifiée (e.g. Qualiopi) ; une version alternative dédiée uniquement à des experts agroforestiers et/ou agroécologie existe aussi au sein de MOCA : elle concerne la seule partie où l'utilité, l'usage et le fonctionnement des outils MOCA sont explicités et leur mobilisation à des fins d'expertise de systèmes existants ou prototypés et leur reformulation par des experts est l'objectif ; elle est dénommée « **EXPERTE** ».

Description des pratiques d'accompagnement

En écho à ces 4 parcours d'accompagnement à la conception, un certain nombre de formateurs/conseillers (et donc de « formations ») qui aujourd'hui déjà accompagnent des apprenants, des agriculteurs, des personnes en reconversion, ont été mobilisés et enquêtés : 5 acteurs de la formation de conseiller agroforestier ou équivalent, 4 acteurs de l'enseignement supérieur, 3 formateurs participant aux UCARE et, pour le format du conseil aux porteurs de projet, 11 experts conseillers.

Ces enquêtes réalisées ont permis d'identifier les principales caractéristiques des **différentes situations de mobilisation potentielle des outils d'aide à la conception de type DEXiAF, EcoAF ou encore DiAFnostic**.

Les situations de formation enquêtées présentent une forte diversité organisationnelle (durée totale, nombre de rendez-vous, durée d'un rendez-vous, proportion visites et terrains) comme de planification (concentré sur une période, ventilé sur 10 périodes dans l'année...). Seule les situations B-to-B présentent, certainement par soucis de rentabilité et de disponibilité, un format très peu divergent, allant de 1,5 à 2,5 jours en moyenne selon les dimensions et la complexité du projet, mais pouvant atteindre 5 jours pour un projet agroforestier scientifique à concevoir en lycée agricole par exemple.

C'est l'acquisition des connaissances initiales qui est à l'origine de ces écarts organisationnels. En effet, si une semaine semble suffisante à un expert pour passer du stade « *je sais à peu près comment se conçoit un système agroforestier* » au stade « *je sais concevoir selon la norme en cours un système, le présenter voire le déposer* », c'est parce que les connaissances initiales sont déjà acquises, et que seule la méthodologie de conception assistée ou non est à acquérir ou à renforcer. Aussi avons-nous fait le choix de ne pas chercher à intégrer le temps de la formation initiale (par exemple les années de Licence pour un étudiant de Master 1) et de prendre en compte le temps (re)pris dans le cadre de chaque situation de formation à revenir sur les connaissances initiales, qu'on les acquière pour la première fois ou qu'on les revoit.

En dehors de l'acquisition de connaissances amont et des visites, les étapes d'idéation jusqu'à la finalisation sont beaucoup moins diversifiées. Lorsqu'exprimée en %, la différence principale réside en ce que la phase de prototypage est beaucoup plus conséquentes en situation B-to-B de conseil alors qu'elle l'est moins pour la situation « scolaire » MINEURE. Surprenant est le fait que la situation CERTIFIANTE met moins l'accent sur le prototypage alors que l'on pourrait s'attendre à ce qu'elle suive la situation B-to-B. Ceci est principalement dû au fait qu'elle mise plus sur l'apprentissage des méthodologies, des outils, qu'elle donne du temps à un travail logique et progressif, avec de nombreux retours sur ses pas alors qu'en situation de contrat, de prestation pour un porteur, ces aller-retours peuvent être nombreux mais ils restent cependant contraints dans un temps donné de prestation réaliste e.g. 2-3 jours de prestation au total ! Enfin, la phase « finalisation » est très diversement accomplie selon que l'on soit en situation « CERTIFIANTE & B-to-B » ou en mode « MINEURE & UCARE » du fait que, pour les premiers, cela fait partie de la prestation et des savoir-faire cruciaux du conseiller (en devenir) alors que pour les seconds, une évaluation souvent collective (par petits groupes) des connaissances, un test des postures à emprunter et des savoir-faire à mobiliser donc de la formation elle-même s'y substituera souvent.

Enfin, l'étape d'évaluation des performances du prototype (PROTOTYPAGE – Évaluation) n'est pas du tout mise en œuvre, avec DEXiAF ou tout autre moyen, pour les situations B-to-B ; qu'il s'agisse de la condition « prestation réelle » ou qu'il s'agisse de la formation collective commanditée par une collectivité pour les agriculteurs locaux.

Écarts éventuels avec les objectifs décrits dans le dossier déposé et les résultats attendus

Les travaux ont été conformes au prévisionnel, l'enquête a fourni les résultats escomptés, malgré l'absence de stagiaire en 2023.

Action 2 : Développement des outils EcoAF et DIAFnostic

EcoAF

Finalité et principe de l'outil

EcoAF est un outil visant à simuler le développement spatio-temporel d'une plantation agroforestière. Il permet de dessiner en détail (arbre par arbre pour plus de 200 espèces, plus des bandes de végétation) les futures parcelles agroforestières. A destination et co-construit avec des conseillers agroforestiers, cet outil répond à des besoins exprimés pour éclairer le futur attendu des plantations d'arbres fruitiers ou forestiers : simulations de croissance, d'aléas, prédictions concernant l'ombrage des arbres sur la culture en inter-rang.

L'outil est hébergé sur la plateforme CAPSIS, site qui rassemble des outils de simulation pour les modèles de croissance et de dynamique forestière, créé pour les scientifiques forestiers, les gestionnaires forestiers et les enseignants. Il est téléchargeable ici : https://capsis.cirad.fr/capsis/help_en/ecoaf. La documentation y est également téléchargeable sous forme de pdf. La documentation est transcrite ici : <https://docs.models-agroforestry.eu/ecoaf/presentation>.

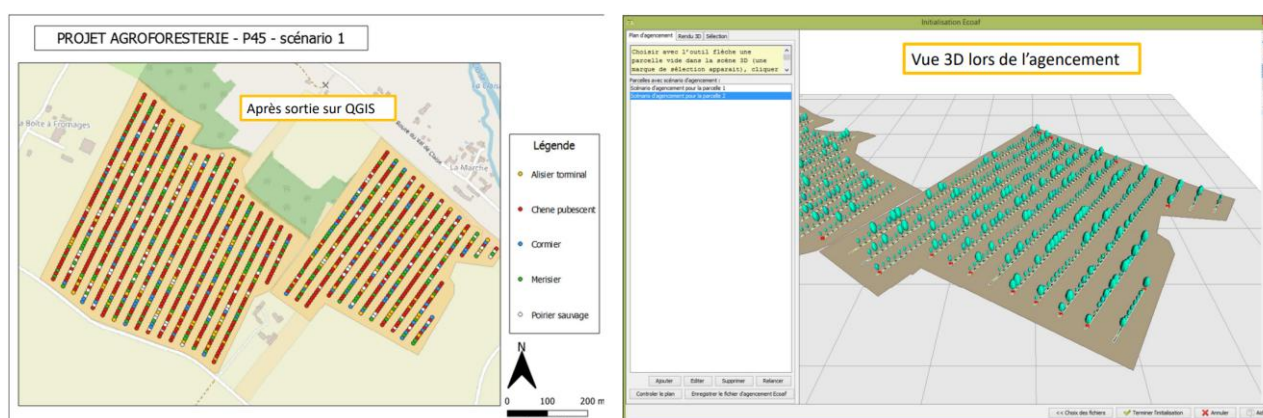


Figure 3 : Exemples de sorties de CAPSIS-EcoAF. Source : documentation EcoAF

https://capsis.cirad.fr/capsis/help_en/ecoaf

Intérêt d'EcoAF dans la conception d'un SAF

EcoAF est pertinent dans la phase de prototypage, notamment pour affiner le design spatial de la future parcelle non seulement à la plantation mais il permet des projections temporelles grâce aux modèles de croissance associées. Sa mobilisation peut être directe (utilisation du modèle, par un public « expert ») ou indirecte en mobilisant des exemples en rapport avec les situations de conception concernée.

Développement réalisé dans MOCA

La plateforme CAPSIS sur laquelle est implémentée EcoAF a un principe de co-développement original et très efficace. Les modélisateurs (pour EcoAF : Frédérique Santi, Fabien Liagre et collègues d'Agrooof, François Warlop du Grab) travaillent plusieurs fois par an sous forme de sessions de co-développement de 2-3 jours avec le développeur java François de Coligny, responsable de CAPSIS (<https://capsis.cirad.fr>). Les modules de simulation sont ainsi réalisés en collaboration très étroite et dynamique avec les chercheurs et principaux utilisateurs, ce qui permet de bien répondre aux besoins. Par ailleurs, des ateliers avec les utilisateurs (Grab et Agrooof) ont été organisés en 2021, 2022 et 2023 : un co-développement où chaque proposition est examinée et discutée, afin que les besoins soient au mieux respectés, mais sans que les implications d'écriture soient trop lourdes.

CAPSIS : un cœur et des modules partagés

- ✓ Parties communes en constant développement
- ✓ Chaque module est co-développé par un groupe de modélisateurs (définissent les besoins, les modèles) avec les développeurs (conseillent, négocient, écrivent)
- ✓ Besoins puis retours : vus entre modélisateurs et utilisateurs
- ✓ <http://capsis.cirad.fr/capsis/presentation>

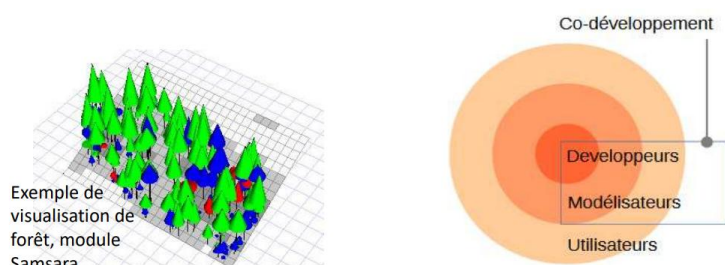


Figure 4 : Méthode de codéveloppement mobilisée pour CAPSIS-EcoAF. Source : documentation EcoAF https://capsis.cirad.fr/capsis/help_en/ecoaf

Avant MOCA, EcoAF avait été commencé, avec les arbres forestiers principaux. En priorité durant MOCA (en 2021), l'attention a été portée sur les arbres fruitiers, pour répondre aux besoins des parcelles mélangées fruitiers/maraîchage en particulier. Des valeurs de référence ont ainsi été implémentées pour les espèces fruitières en termes de croissance et de port des arbres, de volume d'arbres, de rendements annuels par arbre et par espèce et type de variétés sur la durée de vie commerciale d'un verger (20 ans). La production par espèce et par année peut ainsi être montrée, en même temps que la croissance en 3D.

Le **dessin d'une parcelle agroforestière** a été améliorée et les besoins identifiés avec les partenaires de MOCA ont pu être implémentés par François de Coligny : en particulier des modules répétables à placer en début, au milieu, à la fin d'une ligne et la possibilité de découpage d'une zone d'exclusion.

La **modélisation des ombrages (et pour cela, de la croissance et de la forme des houppiers par espèce)** a fait l'objet de beaucoup de travaux durant MOCA, et a occupé l'essentiel des stages encadrés par Frédérique Santi. Dans des parcelles connues avec les lignes d'arbres déjà existants, le simulateur d'ombrage qui existait déjà sur la plateforme CAPSIS SamsaraLight, a été utilisé. Pour les arbres à modéliser, l'outil SamsaraLight a été intégré dans EcoAF (par appel caché). Les travaux sur les formes ont été essentiellement réalisés en 2023 (modélisation des formes et transparences, sur la base de calculs faits à partir de photos). Pour les arbres fruitiers, le Grab a participé à la collecte de photos (forme et transparence), tandis que pour les autres espèces, les observations mesures étaient réalisés par Biofora. Les données de croissance issues de l'IFN ont également été utilisées, en choisissant des âges et densités de parcelles adaptées, mais également les données partagées sur les arbres en ville (stages en 2024).

Après tests par Frédérique Santi et débogages par François de Coligny, un **test utilisateur** a été réalisé par Agroof au printemps 2023, puis un **atelier bêta-testeurs** (avec le Grab, la CA 34, le CFPPA de Die et UniLasalle) a été organisée le 12 octobre 2023. Des tests sont réalisés également hors sessions spécifiques. De nouveaux installateurs sont produits une à deux fois par an ; le dernier en cours, disponible sur la plateforme CAPSIS date de mai 2025.

La rédaction des modes d'emploi, qui tient compte des retours d'utilisateurs et des nouvelles implémentations, est actualisée et mise en ligne sous forme de documentation PDF tous les ans sur la plateforme CAPSIS. En 2024, ces modes d'emploi ont été transcrits par Rémi de Chazelle d'Agroof sur <https://docs.models-agroforestry.eu/ecoaf/presentation> : ce site apporte une plus value essentielle pour faciliter la prise en main de cet outil plutôt « expert ».

Perspectives

En dehors de débogages éventuels, l'essentiel des futures améliorations sera d'améliorer la prise en compte de la forme des houppiers et de la croissance des arbres, pour les espèces où de nouvelles données seraient devenues disponibles. Un stagiaire (A. Delaneau) a déjà exploré en 2024 l'exploitation des données gratuites de Lidar-HD (couverture de la France entière prévue pour fin 2026), en collaboration avec A. Piboulle de l'ONF, responsable de la plateforme Computree.

Ecarts éventuels avec les objectifs décrits dans le dossier déposé et les résultats attendus

Les travaux ont été conformes au prévisionnel : les développements prévus ont été réalisés..

DIAFnostic : « DIAMètre, AgroForêt, diagnostic de production future »

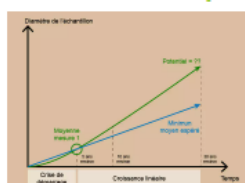
Finalité et principe de l'outil

L'application DIAFnostic vise à estimer le nombre d'arbres exploitables en bois d'œuvre au fil du temps, en donnant les diamètres estimés d'une espèce de la parcelle entière, à partir de 10 à 30 mesures effectives vers 5-10 ans. L'outil est destiné aux agriculteurs et leurs conseillers ayant planté des arbres dans ou au bord de leurs parcelles agricoles. Il s'adresse à tous ceux qui ont des besoins d'estimation de la croissance en diamètre d'arbres forestiers, y compris des élèves de l'enseignement agricole n'ayant pas encore beaucoup de connaissances.

Pourquoi ?

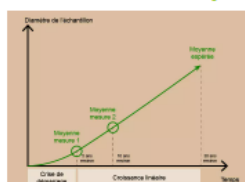
Pourquoi des mesures ?

Première mesure, premières indications



Mesurer la circonférence de 10 à 30 arbres après leur prise de démarrage permet d'estimer la moyenne minimale 10 à 30 ans plus tard. Il est certain que nous manquerons de bois dans le futur, mais il est impossible de transcrire cela en €. Toutefois, les résultats, fournis sous forme de diamètres exploitables, donnent une idée du revenu potentiel.

Deuxième mesure plus précise, estimation des services écosystémiques



Après au moins trois années, une deuxième mesure permet d'estimer de manière plus réaliste un nombre indicatif d'arbres à couper 10 à 30 ans plus tard.

La croissance en diamètre est une indication du volume de l'arbre : tronc, mais aussi houppier et racines. Ce volume est proportionnel à de nombreux services écosystémiques rendus par l'arbre.

Un arbre est exceptionnel ?

Figure 5 : Explication du principe de DIAFnostic issue du nouveau site web DIAFnostic

A partir de mesures de diamètres d'arbres, DIAFnostic permet d'estimer la production de bois (via les diamètres des arbres) d'une parcelle d'agroforesterie en fonction du temps, et ainsi d'estimer grossièrement quand des troncs pourront être vendus : c'est le retour « personnel » principal fourni à la personne qui mesure quelques arbres. L'application est destinée principalement aux conseillers forestiers, qui peuvent ainsi accumuler à titre personnel, ou pour leur structure, des références utiles pour de futurs projets avec la même espèce et le même type de contexte. Elle peut aussi être utilisée par les agriculteurs, ce qui implique de répondre à des intérêts un peu différents. Le partage de certaines statistiques issues des données saisies est un retour « collectif » de métadonnées proposé par l'application. Différentes structures et utilisateurs peuvent référencer leurs parcelles et ainsi posséder un large éventail de métadonnées à l'échelle nationale. Il y a un lien entre les outils DIAFnostic et EcoAF : les statistiques issues de DIAFnostic peuvent être utilisées pour modéliser la croissance des arbres simulés via EcoAF.

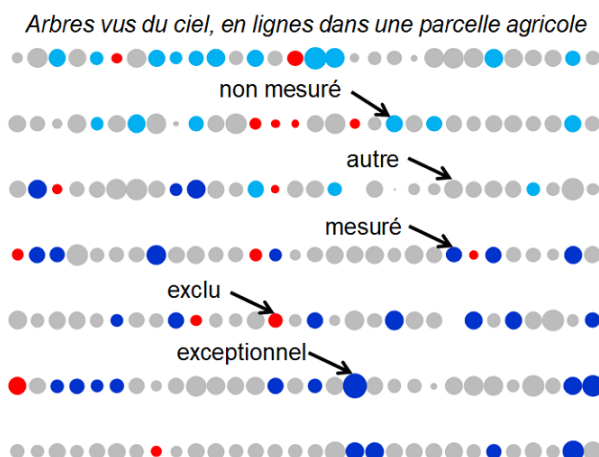


Figure 6. Repérage des arbres mesurés dans une parcelle agroforestière. source https://archive.softwareheritage.org/browse/origin/?origin_url=https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03592676)

Intérêt de DIAFnostic après la conception d'un SAF

DIAFNOSTIC s'appuyant sur des mesures de circonférences de tronc, son usage se positionne une fois le système agroforestier implanté. Il pourra aussi, grâce aux métadonnées partagées, fournir des exemples concrets de volumes de bois qu'on peut espérer, en fonction de tel ou tel scénario ou telle ou telle espèce.

Développements réalisés dans MOCA

Une **première version de l'outil** (application web) a été développée en 2019 et hébergée sur Ephytia (<http://ephytia.inra.fr/fr/Home/index>), une plateforme d'hébergement d'applications gérée par l'Unité Mixte de Recherches SAVE de l'INRAE de Bordeaux (<https://www6.bordeaux-aquitaine.inrae.fr/sante-agroecologie-vignoble>).

Le **test et l'amélioration de DIAFnostic** a fait l'objet du stage de Yannick Yang (licence en Informatique parcours Miage au sein de l'Université d'Orléans) d'avril à juillet 2022. Au départ, l'objectif global était de modifier l'ergonomie de l'application, avec comme contenus « (1) Co-analyse des modifications nécessaires, (2) Modifications, (3) Tests » en vue du lancement opérationnel de l'application.

Une **première analyse technique** a révélé que l'amélioration de l'application n'était possible qu'à la marge car le portail Ephytia sur lequel elle était développée ne pouvait pas être modifié. Il a donc été proposé en 2022 de **quitter la plateforme Ephytia** et redévelopper l'outil, avec un site web et une application mobile au design épuré et très faciles d'utilisation, afin de répondre aux besoins identifiés en 2020 et 2021 : importation manuelle de mesures, interface mobile, simulation avec parcelles multiespèces, etc.

Aussi, si le modèle associé à l'outil n'a pas fait l'objet de modification, l'interface utilisateur a été totalement revue, avec de nouvelles fonctionnalités répondant aux besoins des utilisateurs (ateliers tests « utilisateurs potentiels » (Grab, CA 34, Agroof et CFPPA Die) en avril puis juillet 2022).

Le site web a été développé avec les frameworks Symfony et Bootstrap. Une base de données Mysql a également été développée. Un formulaire de saisie unique, quel que soit le nombre d'espèces mesurées a été conçu ainsi qu'un template de fiche de retours par espèce.

En 2023, après quelques tests utilisateurs (notamment avril 2023), l'interface a été optimisée et les rapports de résultats programmés (prise en compte des retours utilisateur sur le contenu et format du rapport de simulation).

Aujourd'hui, le nouveau site est hébergé sur le serveur de Agroof, en accord avec les partenaires du projet MOCA. Les données saisies resteront confidentielles, seules les métadonnées sont partagées.

>> Nouvelle version de DIAFNOSTIC disponible ici : <https://diafnostic.projet-agroforesterie.net/> .

L'application mobile n'est pas indispensable, mais était souhaité. Elle doit être une version générique du site donc une PWA (Progressiv Web App), avec quelques fonctionnalités en plus. Le développement a été engagé à l'automne 2023 par Rémi de Chazelle, mais n'est pas complètement terminé.

Exemple de résultats

Extrait d'un rapport PDF (2 pages)

DIAFnostic : données (recto), résultats simplifiés
Espèce : **merisier**

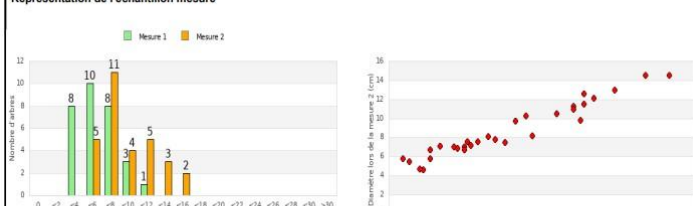
Formulaire n° : 530 Test
Nom : **stjean-021-30arbres1except**
Etiquettes : 1 - 30
Nombre total d'arbres (mesurés + à estimer) : 60
Nombre d'arbres mesurés, mesure 1 : 30 ; mesure 2 : 30

Hiver de plantation des arbres : 1991/1992
Mesure 1 : 31/12/1998 après 7 années de croissa
Mesure 2 : 31/12/2001 après 3 années de croissa
Arbre exceptionnel signalé ? **oui**
Métadonnées (moyenne, écart-type, localisation tr

Commentaire
Mesure 1 public : **FORESTIER**; privé : **vide**
Mesure 2 public : **FORESTIER**; privé : **vide**

Localisation GPS **48.942509/3.024923** Commune **Saint-Jean-les-Deux-Jumeaux** Département **Seine-et-M**

Représentation de l'échantillon mesuré



Résumé

Les diamètres d'au moins 10 arbres d'une même espèce poussant dans un lieu sont répartis selon une courbe « normale », avec une moyenne et un écart-type. Si le diamètre d'un arbre, y compris l'arbre exceptionnel signalé, s'écarte trop de la moyenne (voir « Comment ont été obtenus les résultats »), moyenne et écart-type sont recalculés sans lui.

Mesure 1 : **pas de problème détecté**

Mesure 2 : **pas de problème détecté**

Statistiques	Circonférence_cm		Diamètre_cm											
	Mesure 1	Mesure 2	Estimé après mesure 1						Estimé après mesure 2					
Age après plantation	7 ans	10 ans	7 ans	Gain/an	17 ans	27 ans	37 ans	10 ans	Gain/an	20 ans	30 ans	40 ans	50 ans	
Nombre d'arbres mesurés	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
Nombre d'arbres dia > 50cm					0	0	1			0	0	0	8	
Coupes des dia > 50cm					0	0	1			0	0	0	8	
Minimum	76	144	2	0.3	5	8	11	5		10	15	20		
Maximum	321	456	10	1.4	24	38	52	15		31	47	63		
Moyenne	173	275	6	0.8	13	21	29	9	1.1	20	30	41		
Ecart-type	68	88	2	0.3	5	8	11	3		6	9	12		

Croissance future potentielle des arbres mesurés et simulés

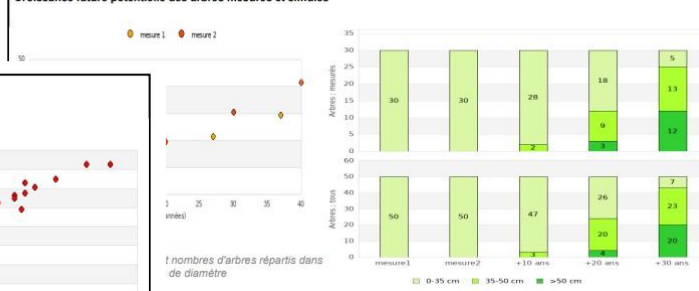


Figure 7. Exemple de résultats fournis par DIAFnostic

Perspectives

L'application est utile déjà seulement en usage personnel. L'addition partagée localement des retours personnels accumulés par différents conseillers agroforestiers d'une structure est un usage semi-collectif. En usage vraiment collectif, national (quand l'utilisateur signale qu'il est d'accord pour partager des métadonnées), le potentiel nous semble important, mais il faudra attendre les ajouts de beaucoup de personnes pour que les intérêts deviennent intéressants.

Écarts éventuels avec les objectifs décrits dans le dossier déposé et les résultats attendus

Les travaux sont conformes au prévisionnel. A noter, les étapes de reprogrammation de l'application et de changement d'hébergement ont été ajoutées pour mieux répondre aux objectifs visés.

La rédaction de la documentation d'accompagnement par AGROOF, en lien étroit avec la conceptrice apporte une réelle plus value.

Action 3 : Outil d'évaluation multicritère de SAF et référentiels

Finalité et principe de l'outil

DEXiAF est un outil d'évaluation de la durabilité de systèmes agroforestiers avant leur mise en place. Appartenant à la famille des outils DEXi, des critères environnementaux, sociaux et économiques sont identifiés, priorisés et pondérés pour permettre d'aboutir à un arbre de calcul de la performance *ex ante*. Une note globale de durabilité est calculée ainsi que pour l'ensemble des critères qui la compose. Cette évaluation permet d'identifier les points faibles et les points forts du système agroforestier évalué. Utilisé dans la phase de conception, il permet d'une part de finaliser le système agroforestier en invitant le porteur de projets à compléter une liste de 87 critères couvrant les 3 piliers de la durabilité et d'autre part à analyser les forces et faiblesses du prototype conçu. Des boucles de conception-évaluation pour optimiser les prototypes de SAF et fournit une vision heuristique du SAF au porteur de projet qui n'a pas forcément ce recul à ce stade de la conception.

Développement réalisé dans MOCA

L'outil DEXi-AF version 2017 a été créé en mobilisant un savoir 'expert' mais présentait à la fois des trous de connaissances, et était trop lourd pour un usage d'aide à la conception.

Les travaux conduits dans le cadre du projet MOCA ont produit une nouvelle version de DEXiAF. Quatre étapes de travail ont été nécessaires pour aboutir à cette version finale.

La **première étape** de travail a permis de simplifier l'arborescence d'évaluation de la durabilité en veillant à ce que les spécificités des systèmes agroforestiers soient bien prises en compte et que l'outil offre une bonne sensibilité aux informations renseignées (2022). Il a fallu par ailleurs travailler sur la branche sociale qui ne tenait pas suffisamment compte des spécificités et des défis des systèmes agroforestiers en lien avec leur complexité. Pour ce faire, une série d'ateliers (2022-2023) associant plusieurs scientifiques de disciplines sociales et agronomiques et des experts agroforestiers ont été organisés. Cela a permis d'aboutir à une nouvelle version de la branche sociale.

Dans un **second temps**, l'outil a été positionné dans deux situations d'usages et des évolutions ont été faites pour que DEXiAF s'y inscrivent.

Dans le cadre de l'activité de conseil, l'outil a été positionné après la phase de diagnostic. Les critères d'entrée ont été adaptés pour correspondre aux données collectées dans cette phase de diagnostic initial. La méthodologie s'appuyait sur des questionnaires et entretiens auprès de conseillers et ont été conduits dans le cadre d'un stage de M2 (M. Brindeau)

Dans la formation de porteurs de projets agroforestiers (UCARE Agroforesterie - BPREA Maraichage biologique CFPPA Die), deux besoins ont été identifiés : produire une liste de critères d'entrée avec classes bien définies pouvant servir de checklist pour les porteurs de projets, et structurer des rapports de résultats.

2 utilisations de DEXiAF

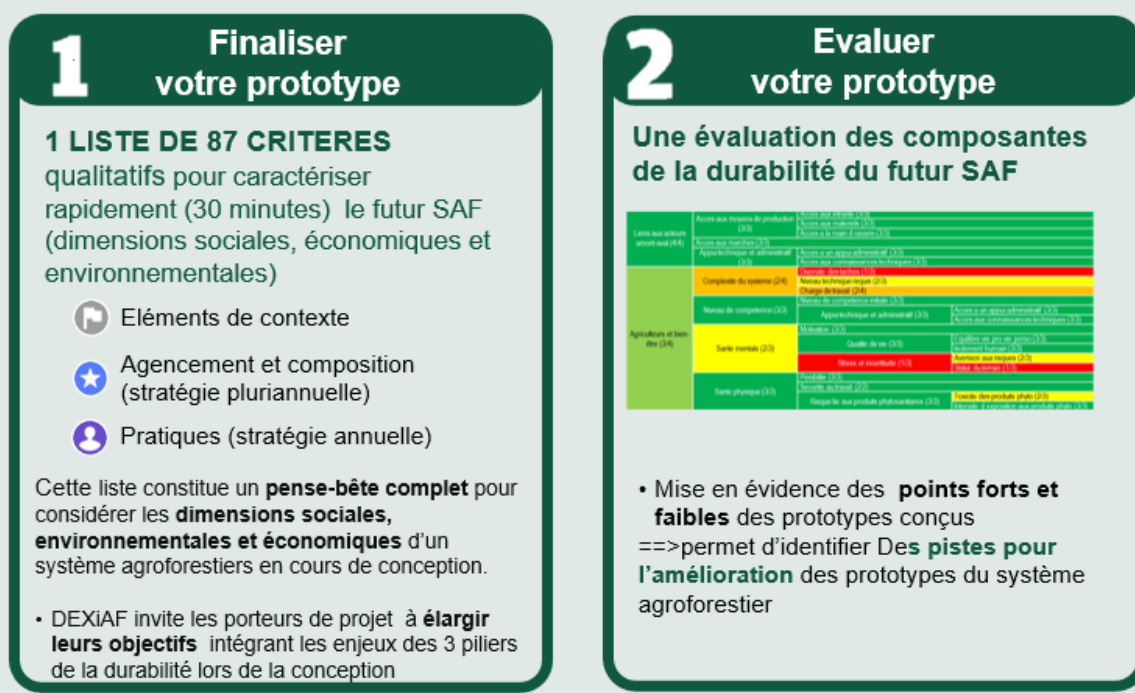


Figure 8. Les 2 usages de DEXiAF

Phase 3. Une fois le modèle hiérarchique stabilisé, un travail d'équilibrage statistique a été conduit. Il a mobilisé l'interface IZI-Eval développé dans le projet E-DISC (Projet Ecophyto R&I, 2020-2024). Une trentaine d'analyses de Monte Carlo ont été réalisées amenant, pour chacune d'elle, des propositions de rééquilibrage portant sur les classes (nombre de classes), sur les pondérations et les fonctions d'utilité, en retravaillant les tables de contingence. L'objectif global est d'assurer non seulement un bon équilibrage de l'outil (toutes les classes sont accessibles et correspondent aux attendus définis par les experts) et d'autre part une bonne sensibilité de l'outil aux critères d'entrée définis.

Phase 4. Une fois l'outil stabilisé et en lien avec les situations d'usage identifiées en phase 2, pour accompagner l'utilisation de l'outil, nous avons développé des supports pour sa prise en main (mode d'emploi et tuto vidéo) mais également des supports pour générer des résultats (macro excel) et les interpréter. Pour ce dernier point, il s'agit de faire le lien entre les critères d'entrée (éléments de contexte, agencement et pratiques culturelles) et les résultats. Deux exemples structurés sous forme de cas documentés ont été produits pour cela.

Perspectives

Avec la mise en ligne de DEXiAF et des supports d'utilisation, les objectifs du projet sont atteints. De nouveaux ateliers de prise en main de l'outil seront proposés ou organisés à la demande. Ils permettront également de capitaliser, sous forme de systèmes documentés, les données de caractérisation de systèmes forestiers dans leur contexte et les données de performances issues de l'évaluation DEXiAF. Cette phase d'accompagnement à l'utilisation de l'outil permet également d'identifier des pistes d'amélioration de l'outil (pour une prochaine version) et de ses supports, ce qui alimentera le projet d'informatisation prévu sur 2025 et 2026 visant à améliorer l'ergonomie de l'outil.

Enfin, l'outil a été traduit et sa diffusion à l'international a débuté en s'appuyant notamment sur le projet DigitAF.

Ecarts éventuels avec les objectifs décrits dans le dossier déposé et les résultats attendus

Les travaux sont conformes au prévisionnel, même si le temps de développement a été supérieur à celui estimé lors du montage de projet. L'outil a pu être mis en ligne avec des supports de prise en main et des exemples d'utilisation. L'outil n'a cependant pas pu être fourni avec des systèmes référents par type de systèmes agroforestiers, mais des systèmes types présentés sous forme de cas documentés peuvent être mobilisés comme référence ou comme illustrations de l'utilisation de DEXiAF. Enfin la phase test a révélé que l'ergonomie actuelle n'était pas optimale aux regards des utilisations prévues et une demande de financement dédié à son informatisation est en cours (appel pré-maturation).

Action 4 : Intégration de la démarche et des outils, tests & déploiement

Diagnostic des usages des outils et des 4 situations d'accompagnement à la conception/formation.

Faisant écho aux quatre situations de conception majeures identifiées, nous avons participé et/ou mis en place une situation test pour évaluer le réalisme d'un plan de formation outillé lors (Figure 9) :

- d'une UCARE de 10 jours (option) avec des porteurs de projet en BPREA du CFPPA de Die (2023, 2024),
- d'une MINEURE de 9 jours ouvrés (option) avec des ingénieurs en M1 (formation initiale, UniLaSalle 2024) ; le préformatage du plan de formation MINEURE a été engagé à l'automne 2023, à la fois pour le tester en 2024, mais également pour servir de cadre de réflexion aux 3 autres situations étudiées ;
- d'une formation certifiante (5 jours) à destination des futurs conseillers en agroforesterie (Agrooof, Techniciens de territoire, 2024),
- d'une prestation de conseil en agroforesterie sur 2 jours (accompagnement de 4 porteurs de projet SAFARRI, Initiatives Paysannes et Planteurs Volontaires) et d'une prestation de conseil collective pour 7 agriculteurs par 3 conseillers dans le cadre de l'AMI Plantons des haies (DRAAF Hauts-de-France, 2021), enfin, d'une journée de (re)conception de SAF existant par des groupes d'experts en agroforesterie et agroécologie, des systèmes de cultures innovants (Valence, 2024).

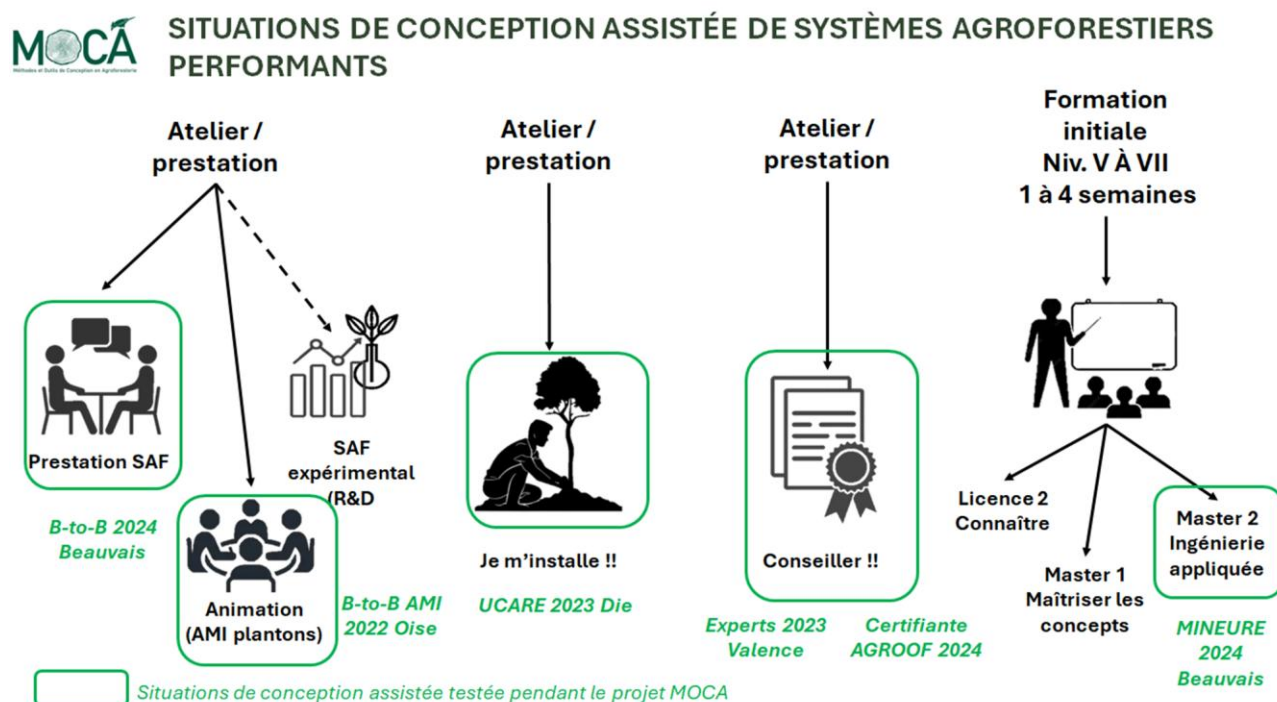


Figure 9. Diversité des apprenants et des situations de conception de SAF testées au sein de MOCA

L'analyse des enquêtes aux conseillers, concepteurs, formateurs ou enseignants sur base de retours d'expérience et de description de l'offre a permis de détailler les **quatre types majeurs de mise en œuvre d'ateliers de co-conception de systèmes agroforestiers**. Ces entretiens ont permis, entre autres, d'identifier les modules ainsi que les granules pédagogiques déployés, leur durée et les modes de validation déployés au cours de ces situations. Nous avons également mis en place un référentiel de niveaux de compétences en 6 niveaux pour juger du niveau de compétence à acquérir par compétence reliée à un granule / module donné, et ce, selon la situation de conception de SAF innovant étudiée (Figure 10).

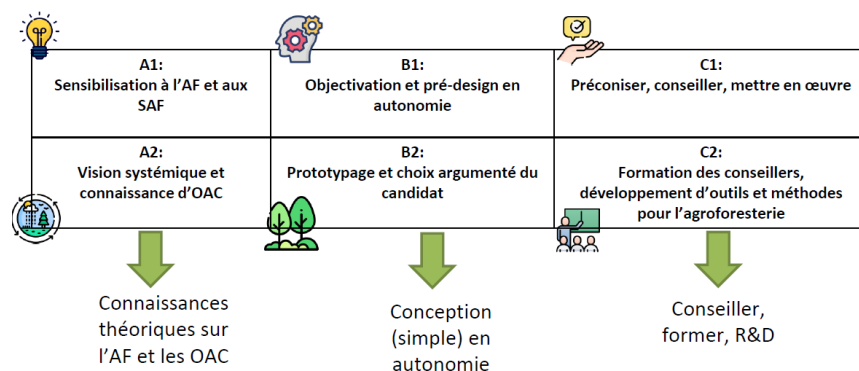


Figure 10 Référentiel de compétences pour la conception de SAF assistée par des outils d'aide à la conception (Moisan, 2022)

Le plan de formation CoCOSAF

Un premier atelier associant concepteurs et formateurs/conseillers, organisé le 8 juillet 2022, a permis de construire un cadre pour la conception de SAF, en précisant, dans les différentes étapes de la conception, les besoins en connaissances et compétences liées au pré-design d'un SAF et les usages pédagogiques possibles des outils développés dans MOCA (DEXiAF, EcoAF, et le cas échéant, DIAFnostic). Ce premier cadre de conception s'inspirait et reprenait le cadre officiel décrit par le RMT Agroforesteries (Grandgirard & Liagre, 2015), des résultats des enquêtes aux gestionnaire de formation (UCARE, MINEURE, B-to-B et CERTIFIANTE) et l'enrichissait en conjuguant à ces derniers, les étapes, granules et niveaux de compétences attendus de la co-conception outillée. Le tout permettant de disposer d'un séquençement formatif type ou **Plan de formation** global positionnant les granules « outils » (DEXiAF, EcoAF, DIAFnostic voire autres) et visant à favoriser la participation des porteurs de projet ainsi que l'expérience acquise auprès des pairs (visites et témoignages). Ce plan de formation global et unique, est ci-après dénommé **plan de formation CoCOSAF** pour « **CoCo**ncception de **S**ystème **A**gro**F**orestiers performants » (Grandgirard et al., 2025). Il est bien entendu décliné dans quatre versions correspondant aux quatre situations majeures existant de formation/conception enquêtées (voir Figure 11).

Le **plan de formation CoCOSAF global et unique** obtenu est composé de 59 granules au total, regroupés au sein de 32 sous-modules, 10 modules, tous positionnés au sein des 4 étapes principales de la démarche de conception d'un SAF. Le plan de formation CoCOSAF apparaît relativement rigide de prime abord en ce qu'il appelle ...

- une grande partie d'acquisition de connaissances (IDEATION) tant sur les agroforesteries que sur les outils d'aide à la décision et à la conception (OADC), ceux proposés par MOCA mais aussi ceux rencontrés et identifiés lors des ateliers vécus et suivis entre 2021 et 2024,
- 4 moments clefs d'échanges avec les pairs, c'est-à-dire avec les agroforestiers eux-mêmes au sein de systèmes emblématiques visités tant pour leurs spécificités (visite # 1), que leur démarche de conception atypique à reconstituer (visite # 2), qu'une structuration et une composition des modules agroforestiers idéalement conçus (visite # 3) et d'un temps de diagnostic complet du système agricole porteur de l'intention d'agroforesterie à concevoir (visite #4),
- 6 moments clefs de validation par le porteur de projet (voire les porteurs territoriaux) de constats, objectifs, productions par le concevant du système agroforestier (qu'il soit conseiller, formateur, apprenant, stagiaire ou expert),
- d'un déroulé proposé strict de ces granules et modules du fait de leur numérotation.

Mais ce plan de formation reste très flexible parce que les utilisateurs actuels appliquent en l'état et avec la durée maximale possible les granules (principalement UCARE et MINEURE), ou en réduise certaines parties (CERTIFIANTE) voire les accomplissent sous des formes d'apprentissage à distance (MOOC : MINEURE, CERTIFIANTE) ou carrément n'y font pas appel car déjà acquises par le conseiller et inutiles pour le porteur de projet standard (B-to-B). Il aiguille vers un outil de formation et de co-conception de système agroforestier que chacun est libre d'adapter à ses moyens et publics. Un minimum de modules & granules est cependant nécessaire pour s'assurer d'un usage juste des OADC MOCA et d'une conception éclairée et performante de SAF.

Ce plan de formation CoCOSAF propose les quatre déroulés spécifiques aux situations de conception enquêtées. Nous avons, à partir des enquêtes auprès des responsables de ces formations, identifié par nous-mêmes les granules nécessaires à l'outillage de ces situations, le niveau de compétence attendu pour chaque granule (résultat non présenté ici) et la durée moyenne qu'il est possible de dédier à chaque granule / module pour que la durée totale de chaque plan de formation spécifique ne croisse pas de plus de 10% de la durée de référence obtenue par enquête, et avant outillage-

ETAPES CoCOSAF	MODULES CoCOSAF	SOUS-MODULES CoCOSAF	GRANULES CoCOSAF - version dec.2024	Durée (h) indicative	UCARE	MINEURE	B-to-B	CERTIFIANTE
SE FORMER	CONNAISSANCES	Généralités	1 - Modèles, formes et diversité agroforestières d'hier et d'aujourd'hui; 2 - Historique arboré local et état de la culture "arbre" locale; 3 - Écophysologie arborée (forestière puis agroforestière); 4 - Compartimentation et partage des ressources en milieux agroforestiers; 5 - Services écosystémiques (SE) fournis par l'arbre hors forêt; 6 - Typologie agroforestière et diversité de fourniture de SE; 7 - Visite # 1 : diversité d'agroforesterie et de services rendus; 8 - Productivité, fréquence de récolte et valorisation économique; 9 - Réglementations et modes de financement des agroforesteries	18.5	18.5	15	0	15
SE FORMER	CONNAISSANCES	Outils	10 - Agroforesteries et SE au sein de DEXIAF; 11 - SE "productivité" des agroforesteries via DIAFnoct	2	2	2	0	0.5
SE FORMER	CONNAISSANCES	Conception SAF	12 - Démarche de conception, étapes et cycle de vie d'un SAF; 13 - l'outil "QUESTIONNAIRE P/T" et conditions d'usage; 14 - Objets de la conception : modules, lignes, strates, essences ...vs. objectifs & SE; 15 - Design et règles spatio-structurelles de conception; 16 - Composition et règles autoécologiques de conception; 17 - Entretien et règles temporelles de conception; 18 - Visite # 2 : analyse ex-post de la conception d'un SAF	9.5	4.5	4.5	0	9.5
CADRAGE	CONTEXTE TERRITORIAL	Diagnostics territoriaux	19 - Filières, plans d'action, projet R&D locaux et soutiens (acteurs/économie) à la plantation; 20 - Diagnostics territoriaux cartographiques et autres bases de données; 21 - Visite # 3 : diagnostics agroforestiers : structure, composition, productivité potentielle (DIAFnoct)	7	7	3.5	3.5	5
CADRAGE	DIAGNOSTIC CONTEXTUELS	Diagnostics d'exploitation	22 - Visite # 4 : diagnostics d'exploitation et parcellaire (Questionnaire P/T) et plan d'exploitation; 23 - Descriptif d'exploitation; 24 - Descriptif des systèmes de culture, d'élevage et arborés proches de l'exploitation	7	5	4.5	2.5	5
CADRAGE	DIAGNOSTIC CONTEXTUELS	Diagnostic parcellaire	25 - Descriptif de la (les) parcelle(s) à agroforester	1	1	1	1	1
CADRAGE	DIAGNOSTIC CONTEXTUELS	Validation # 1	26 - Validation par le porteur des éléments de diagnostic	1	1	1	0.5	1
CADRAGE	IDEATION	Objectivation	27 - Identification des objectifs d'agroforestation (court à long termes)	1	1	1	0.5	1
CADRAGE	IDEATION	Priorisation	28 - Hiérarchisation / priorisation des objectifs	0.5	0.5	0.5	0.5	0.25
CADRAGE	IDEATION	Priorisation	29 - Résultats des diagnostics vs. Objectifs hiérarchisés : antagonismes potentiels ?	0.5	0.5	0.5	0.25	0.25
CADRAGE	IDEATION	Ciblage SE	30 - Objectifs et priorisation finaux, Carte mentale du projet SAF	1	0	1	0	0
CADRAGE	IDEATION	Validation # 2	31 - Validation par le porteur de la carte mentale du projet SAF	0.5	0	0.5	0	0
PROTOTYPAGE	CONCEPTION	Généralités	32 - Diversité des SAF et de leurs modules vs. gamme d'objectifs et de SE; 33 - Influence du contexte parcellaire sur la conception des modules	2	1	2	0	1
PROTOTYPAGE	CONCEPTION	Modules	34 - Zoning parcellaire et typologie des modules; 35 - Stratification des modules; 36 - Composition spécifique des modules (Bonplant); 37 - Reprise des notes de la visite # 3 en classe inversée	7	7	3.5	0	2
PROTOTYPAGE	DESIGN STRUCTUREL	Validation # 3	38 - Validation par le porteur des modules types et de leur pré-zoning	0.5	0.5	0.5	0	0.5
PROTOTYPAGE	DESIGN STRUCTUREL	Servitudes	39 - Adaptation des modules aux vents, voisinage, servitudes	1	1	1	1	1
PROTOTYPAGE	DESIGN STRUCTUREL	Stratification	40 - Adaptation de la stratification des modules / vents, voisinage et servitudes	0.5	0.25	0.5	0	0.5
PROTOTYPAGE	DESIGN STRUCTUREL	Temporalités	41 - Adaptation des modules aux calendriers de floraison, tailles, récolte...	1	1	1	1	1
PROTOTYPAGE	DESIGN STRUCTUREL	Essences	42 - Adaptation des modules par le choix des essences forestières, fruitières & les SE ciblés	1	1	1	1	1
PROTOTYPAGE	DESIGN STRUCTUREL	Génétiques	43 - Adaptation des modules par le choix des porte-greffes, certifications (MFR, VL) ou sensibilité maladie	1	0.5	0	1	1
PROTOTYPAGE	DESIGN STRUCTUREL	Validation # 4	44 - Présentation et validation par le porteur des choix structurels des modules	1	1	1	0.25	1
PROTOTYPAGE	DESIGN SPATIAL	Généralités	45 - Utilité, usages et fonctionnement d'outils de cartographie des SAF (QGIS, EcoAF, CartogAF)	3	1.5	1.5	0	3
PROTOTYPAGE	DESIGN SPATIAL	Design spatial	46 - Cartographie du SAF et de ses modules (EcoAF; CartogAF; QGIS); 47 - Interprétation des résultats intermédiaires du design spatial (EcoAF)	3.5	1.5	1.5	2	3.5
PROTOTYPAGE	EVALUATION EX ANTE	Généralités	48 - Utilité, usages, et analyse multicritère avec DEXIAF; 49 - Fonctionnement et usage de DEXIAF	1	1	1	0	1
PROTOTYPAGE	EVALUATION EX ANTE	Évaluation ex ante	50 - Analyse et comparaison des performances des cas documentés MOCA (n=9); 51 - Prise en main et enregistrement du prototype du SAF sous DEXIAF; 52 - Évaluation DEXIAF et interprétation; 53 - Amélioration DEXIAF par itération	5	5	5	1	5
PROTOTYPAGE	EVALUATION EX ANTE	Validation # 5	54 - Validation par le porteur des performances ex ante du SAF prototype	0.5	0.5	0.5	0	0
FINALISATION	MONTAGE DE DOSSIER	Généralités	55 - Étapes administratives de dépôt au service instructeur & contractualisation du conseil agroforestier	1	1	0.5	0	0
FINALISATION	MONTAGE DE DOSSIER	Chiffrages	56 - Chiffrages, commandes et devis auprès des pépiniéristes et fournisseurs	2	1	0.5	1	2
FINALISATION	MONTAGE DE DOSSIER	Financements	57 - Business plan et modalités de (co)financement du SAF prototype	1	0.5	0.5	0.5	1
FINALISATION	MONTAGE DE DOSSIER	Dossier technique	58 - Dossier technique et financier prêt à être déposé au service instructeur	3	1	0	3	2
FINALISATION	MONTAGE DE DOSSIER	Validation # 6	59 - Restitution orale technique et financière au porteur de projet - décision finale de dépôt	1	1	1	1	1
Totaux				85.5	68.5	57.5	21.5	66
Rouge = n'emploie pas ce granule; Jaune = réduit d'au moins 66% le temps maximum; Gris clair = réduit approx de 33% la durée maximale; Vert foncé = appelle la durée maximale du granule								

Figure 11 Plan de formation CoCOSAF et ses variantes par situation majeure de conception de SAF performant (Grandgirard et al., 2025a)

Six cas documentés CoCOSAF

Pour faciliter l'usage des outils d'aide à la conception, des cas documentés de systèmes agroforestiers existants ont été produits. Ils décrivent l'histoire et la démarche de conception suivie, explicitent les particularités techniques et agroécologiques, précisent les objectifs visés et évaluent les performances du SAF. **Six cas documentés CoCOSAF ont été établis**, sous forme de fiches système CoCOSAF, accompagnés de fichier DEXiAF (.dxi) pour lesquels l'arbre multicritère d'évaluation a été renseigné, permettant de disposer des données d'entrée pour calculer les notes d'évaluation et leur agrégation selon les trois dimensions de la durabilité globale. Pour faciliter la compréhension des repères agrotechniques, du système agroforestier et de l'exploitation qui ont permis de renseigner DEXiAF, des indications sur les raisons des choix de modalité pour certains critères comme de résultats d'évaluation sont indiqués et explicités au sein des cas documentés CoCOSAF, comme montré au sein de la Figure 12..

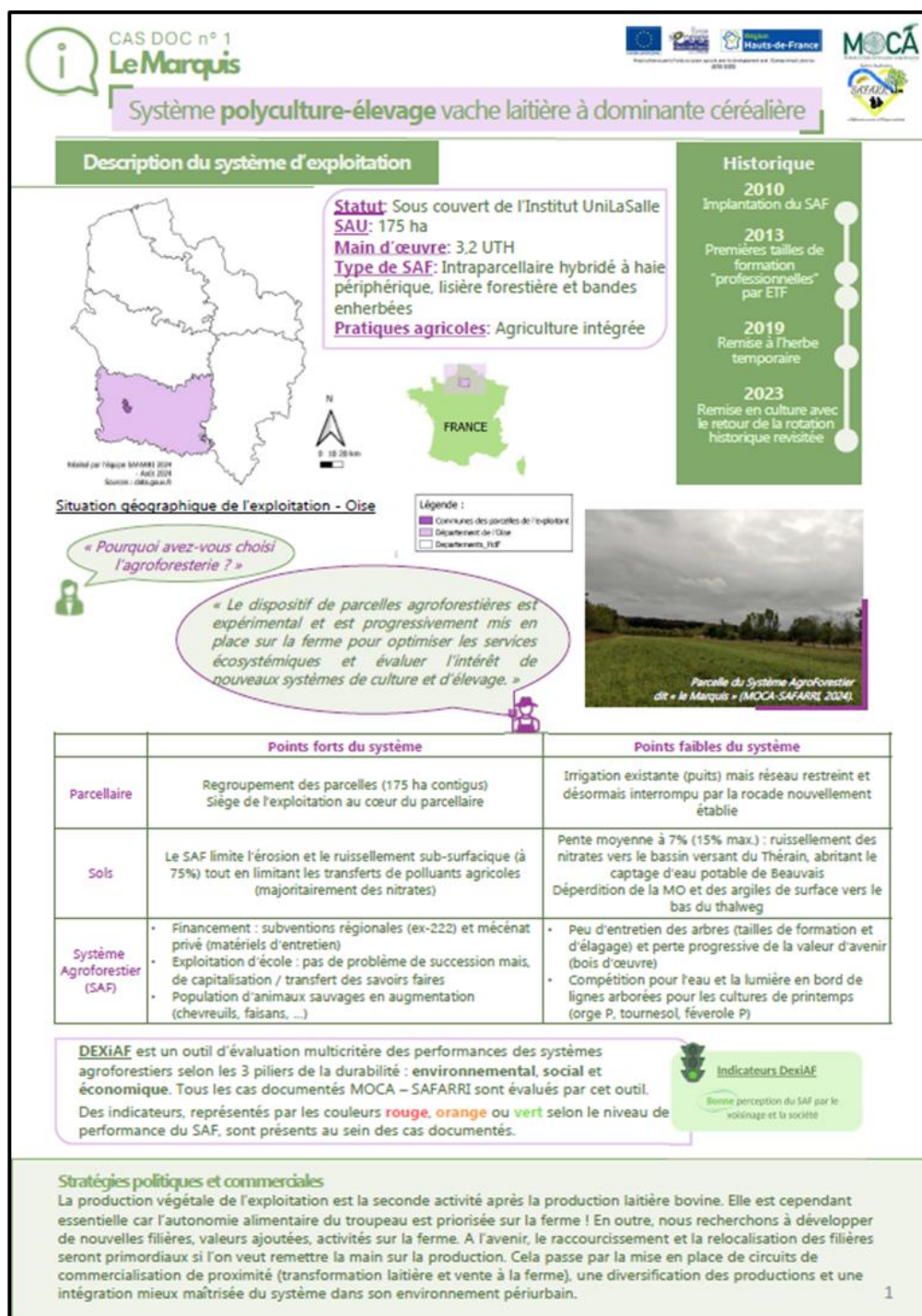


Figure 12 Exemple du cas documenté CoCOSAF n°1 dit « Le Marquis » pour lequel des éléments de remplissage de DEXiAF et leurs conséquences sur les notes de performances de sortie sont indiqués

Si DEXiAF, une fois son apprentissage et ses limites d'usage maîtrisés, est plutôt simple d'emploi, nombreux utilisateurs ont pointé *ex post* (consécutivement à la MINEURE, à l'EXPERTS ou encore la situation B-to-B des difficultés pour deux choses :

- savoir se repérer et juger si un choix agrotechnique ou système donné, que l'on sait participer à l'un des critères d'évaluation, donne lieu à une modalité « moyenne », « faible » ou « forte ». Suggérant par là qu'une part de subjectivité est présente et non aisée à maîtriser sauf à disposer de repères ;
- savoir à quelle échelle réfléchir et évaluer un critère : DEXiAF est développé et a été testé pour évaluer le système agroforestier dont la matrice agroforestière est intraparcellaire et/ou en périphérie et dont le système de culture exclut tous animaux d'élevage. Cependant certains critères ayant un lien fort ou ténu avec l'atelier machinisme agricole, dépendant de la ventilation des temps entre atelier, intégrant possiblement d'autres parcelles d'un même îlot agricole mais non agroforestées, et pourtant participant du système de culture déployé en agroforesterie, indique avoir des difficultés à réfléchir à la bonne échelle et tendent à incorporer des informations et éléments provenant d'échelles supra.

Ecarts éventuels avec les objectifs décrits dans le dossier déposé et les résultats attendus

Ces travaux ont permis de produire les résultats suivants :

- grille d'aide à la décision pour le montage d'ateliers de co-conception outillée CoCOSAF
- Trajectoire type par situation majeure de déploiement du plan de formation CoCOSAF
- 6 cas documentés CoCOSAF et leurs fichiers DEXiAF
- 5 autres systèmes agroforestiers représentatifs (avec les 6 précédents) de la diversité des systèmes agroforestiers enquêtés et de leur diversité de performance
- Enfin, d'une analyse critique des performances *ex post* de 51 systèmes agroforestiers historiques âgés de 4 à plus de 35 ans, localisés en France métropolitaine, a été adjointe au travail prévu et devrait être publiée courant 2026. Les résultats principaux semblent pointer des différences fortes de performances économiques ou environnementales entre systèmes et par type de système agroforestier. Suggérant que certains systèmes ou familles de systèmes seraient moins propices à une valorisation sûre et élevée, quand beaucoup de systèmes montrent des performances environnementales très différentes entre systèmes. Ces résultats sont plausibles mais à vérifier ; ils interrogent aussi sur (i) une possible incidence de la forme et/ou du conseil donné à la conception et, (ii) et pourraient pointer une pondération (priorisation par sous-arbre et inter-arbres DEXiAF) à revoir pour que le conseiller utilisant DEXiAF soit amené à mieux prendre en compte la potentielle limite économique, environnementale de son prototype.

La principale différence avec le prévisionnel reste la production de documents supports et pédagogiques des granules du plan de formation CoCOSAF.

L'analyse des situations de conception a été largement sous-estimée et a engendré du retard d'autant qu'en l'absence du stagiaire M2 de 2023, il aura fallu rebattre les temps travaillés par agent au sein d'UniLaSalle et libérer de ce temps. En outre, nous avons aussi surestimé la volonté des détenteurs de tels supports (quand déjà existants) nous les mettent librement à disposition. Très peu des questionnaires professionnels, des trames détaillées de formation ou encore des outils « maison » nous ont été montrés, encore moins confiés, même pour simple visualisation. En outre, nous pensions que les outils MOCA étaient parmi les premiers à être mis en service et rendus disponibles, or, nous nous sommes rendus compte que même au sein du consortium MOCA, d'autres outils professionnels, non connus car internes, ou tout juste développés mais non accessibles, existaient et pouvaient occuper en partie le rôle d'EcoAF, de DIAFnostic. Les raisons avancées n'en demeurent pas moins compréhensibles : le monde de la formation comme du conseil agroforestiers est de plus en plus concurrentiel. Et chaque avancée auto-développée est un avantage concurrentiel pour plusieurs années : du simple questionnaire « porteur et projet » à l'outil de cartographie et de construction des modules agroforestiers le plus performants.

Aussi au sein de MOCA (ateliers test MINEURE, UCARE et B-to-B) des supports dédiés ont été développés (et cofinancés par ailleurs : AMI DRAAF ; autofinancement CFPPA de Die, UniLaSalle, etc.). Le MOOC Agroof a pu également être mobilisé gracieusement pour conduire du mieux possible ces ateliers tests. Ces documents pédagogiques restent néanmoins des versions incomplètes, partielles ou à mettre à jour avec de nouvelles références. **A ce stade, le déploiement outillé du Plan de formation CoCOSAF auprès des 4 grands publics ciblés nécessiterait un projet à part entière pour créer ces supports pédagogiques : ceci devrait être une toute prochaine priorité et un objectif pour le consortium MOCA et d'autres partenaires.**