



Programme d'action 2013-2018

agence  
de l'eau  
RHÔNE MÉDITERRANÉE  
CORSE

**SAUVONS  
L'EAU!**

## **APPEL A PROJETS INNOVATION ET EXPERIMENTATION EN AGRICULTURE**

**RAPPORT INTERMEDIAIRE n°1 – Octobre 2020**

### **Intitulé de projet : ARBRISSEAU**

L'agroforesterie au sein de pratiques agroécologiques pour la préservation de l'Eau

**Date de début de projet:** janvier 2018

**Durée :** 48 mois

**Rapport déposé par :** AGROOF SCOP

**Adresse :** 19 rue du Luxembourg

**Téléphone/fax :** 04 66 56 85 47

**Mail :** liagre@agroof.net

**Partenaires demandeurs de financement :** AGROOF SCOP, Chambre d'Agriculture de la Drôme, AGFEE, LPO Drôme, INRA UMR SYSTEM

### **RESUME**

Le projet Arbriss'eau propose la mise en place d'un réseau expérimental agroforestier multi-acteurs et multi-filières à l'échelle du bassin RMC pour étudier l'intérêt des systèmes agroforestiers vis-à-vis de la préservation de l'eau. Il propose une phase de co-conception de systèmes agroforestiers qui compléteront les dispositifs expérimentaux existants, avec pour finalité la production de connaissances à deux niveaux, le premier concernant les performances de ces systèmes, le second concernant l'approfondissement de questions de recherche plus spécifiques.



N°	Livrable prévu dossier initial	Livrable actualisé	Nouvelle numérotation
L1.1	Performance agroécologique des systèmes agroforestiers traditionnels : quel bilan pour des systèmes plus économes en intrants ?	5 Brochures	B1 à B5
L1.2	Bilan des projets agroforestiers modernes : quelles pistes pour l'expérimentation et la réalisation d'outils de recherche participative ?	Rapport final	RF
L2.1	Choix des parcelles	Rapport intermédiaire	RI
L2.2	Choix et description des méthodes et protocoles de mesures à la parcelle en vue de la modélisation	Rapport intermédiaire	RI
L2.3	Base de données des parcelles du réseau exploitable par les logiciels de simulation numérique.	Fichier tableur	Site web
L2.4	Bilan hydrique des parcelles expérimentales représentatives des innovations agroforestières étudiées dans les conditions pédoclimatiques actuelles.	Rapport final + diaporama	RF D1
L2.5	Bilan azoté des parcelles expérimentales représentatives des innovations agroforestières étudiées dans les conditions pédoclimatiques actuelles.		
L2.6	Impact du changement climatique sur les bilans hydriques et azotés des parcelles du réseau		
L2.7	Modélisation des flux d'eau sur les pédoclimats du bassin RM non étudiés expérimentalement.		
L2.8	Modélisation des effets du changement climatique à horizon 2050 sur les flux d'eau dans les parcelles agricoles recevant des pratiques agroforestières.		
L3.1	Outil de création cartographique de projet en ligne.	Page du Site WEB	Site web
L3.2	Etude de faisabilité des projets agroforestiers sélectionnés par le réseau.	Rapport final + synthèse dans 6 brochures	RF et B6 à B11
L3.3	Recueil des attentes des acteurs et élaboration d'une architecture de la base de données.	Rapport final	RF
L3.4	Proposition d'un cahier des charges pour rechercher les financements pour sa réalisation.		
L3.5	Guide de protocoles de suivi des projets agroforestiers.	Brochure	B18
L4.1	Création du site internet	Site WEB	Site web
L4.2	Fiches projets fermes et sites pilotes et vidéos	Une page A4 par site Cahier de synthèse (50 à 70 sites d'intérêt retenus) 5 brochures pour les sites expérimentaux	1 Cahier, 5 brochures de B12 à B17 et site web
L4.3	Conférence régionale à destination des professionnels des territoires à enjeux eau.	1 conférence + 10 interventions sur tout le bassin	RF

<b>L4.4</b>	Rapport de synthèse sur les méthodes de co-conception	Diaporama + Synthèse en rapport final	D2 + RF
<b>L4.5</b>	Rapport de conception (prototype final et démarche de conception) sur le site pilote de la Plate-forme TAB	Brochure	B18
<b>L4.6</b>	Rapport de synthèse des études de cas types agroforestiers pour la région.	Rapport final	RF
<b>L4.7</b>	Session de formations pour l'enseignement agricole et les publics professionnels (non soumis à financement).	20 interventions en Etablissements d'Enseignement Agricole et 3 formations techniciens <b>Ressources Pédagogiques</b>	RF et RP
<b>L4.8</b>	Réalisation de 3 publications scientifiques et 3 articles pour revues professionnelles (Agence de l'Eau, France Agricole, TCS)	Inchangé	P1 à P3 A1 à A3
<b>L4.9</b>	Participation aux événements internationaux avec présentation de posters.	Inchangé	Poster et Article conférences sur site web

# ETAT D'AVANCEMENT DU PROJET PAR ACTION

## PARTENARIAT

**Portage et animation du projet** : AGROOF SCOP anime le réseau de parcelles, d'agriculteurs et de partenaires ;

**Partenaires destinataires de financement** : AGROOF SCOP, Chambre d'Agriculture de la Drôme, AGFEE, LPO Drôme, INRA UMR SYSTEM

**Autres partenaires techniques** : SEFRA, ARVALIS-Institut du Végétal, Terres Inovia, ITAB, Agriculteurs ;

Les partenaires dits « techniques » sont fortement impliqués dans la co-conception des systèmes agroforestiers, élaborent les protocoles et les dispositifs et mettent en œuvre les suivis et la valorisation (notamment sur le site de la Plate-forme TAB), mais ne sont pas destinataires directs de financements.

**Autres partenaires associés** : INRA Gotheron, Mission Haie Auvergne, CRPF, CTIFL, Lycée agricole du Valentin, Lycée agricole du Pradel, Réseau des Chambres d'Agriculture, Grappe3.

Les partenaires associés participent aux phases de co-conception et au pilotage du projet.

## COMITE DE SEPTEMBRE 2019

Le 19 septembre 2019, nous nous sommes réunis au sein de l'Agence de l'Eau à Lyon pour présenter l'état des lieux des actions et prendre certaines décisions en terme de livrables. Il a notamment été validé de regrouper certains livrables, pour plus de facilité en terme de communication mais aussi de réalisation proprement dite. Le tableau suivant résume ces décisions.

Nous tenons compte du prolongement d'un an du projet dans les dates de remise.

Détail des intitulés des livrables actualisé:

N°	Intitulé	Date remise	Resp.
<b>B1</b>	Cas type 1 – La nuciculture agroforestière	27/02/21	Agroof
<b>B2</b>	Cas type 2 – L'agroforesterie truffière	31/12/20	Agroof
<b>B3</b>	Cas type 3 – Les peupleraies agroforestières	27/02/21	Agroof
<b>B4</b>	Cas type 4 – Les vergers maraichers	27/02/21	Agroof
<b>B5</b>	Cas type 5 – Elevage ruminants	27/02/21	Agroof
<b>B6</b>	Cas type 6 – Les grandes cultures	27/02/21	Agroof
<b>B7</b>	Cas type 7 – Vigne	30/03/21	Agroof
<b>B8</b>	Cas type 8 – Elevage porcin	30/03/21	Agroof
<b>B9</b>	Cas type 9 – Elevage volaille	30/03/21	Agroof
<b>B10</b>	Cas type 10 – Les fruits secs en agroforesterie	30/03/21	Agroof
<b>B11</b>	Cas type 11 – Les outils de gestion du bocage	30/03/21	Agroof
<b>B12</b>	Site Expérimental 1 – Restinclières / Céréales et vignes	30/04/21	INRAE
<b>B13</b>	Site Expérimental 2 – Roumassouze / Maraichage	30/04/21	Agroof
<b>B14</b>	Site Expérimental 3 – Melgueil / Céréales	30/04/21	INRAE
<b>B15</b>	Site Expérimental 4 – La Durette / Arboriculture, céréales et maraichage.	30/04/21	Agroof
<b>B16</b>	Site Expérimental 5 - TAB / Céréales et Arboricultures	30/03/21	CA26 LPO
<b>B17</b>	Cahier des sites pilotes et de démonstration	31/12/21	Agroof CA26
<b>B18</b>	Guide de la co-conception et de suivi de projets	31/05/21	Tous
<b>RP</b>	Ressources pédagogiques pour Etablissement d'Enseignement Agricole (exercices et mise en situation sur les questions d'aménagement)	30/06/21	Agroof
<b>D1</b>	Diaporama 1 : Bilan hydriques et azotés des systèmes agroforestiers	30/10/21	INRAE
<b>D2</b>	Diaporama 2 : Méthodologie de co-conception et de suivi de projets	31/05/21	CA26 Agroof
<b>P1</b>	Publication 1	31/12/21	INRAE
<b>P2</b>	Publication 2	31/12/21	INRAE
<b>P3</b>	Publication 3	31/12/21	INRAE
<b>A1</b>	Article 1 – Un réseau agroforestier pour le bassin AE-RMC	31/12/21	Tous
<b>A2</b>	Article 2 – Comment l'agroforesterie peut impacter la qualité de l'eau tout en maintenant une production agricole ?	31/12/21	Tous
<b>A3</b>	Article 3 – Anticiper le changement climatique en investissant en agroforesterie	31/12/21	Tous
<b>Posters/Résumés</b>	Conférence internationale de Nuoro / Italie. Conférence à définir. France Journées AE-RMC à définir	31/12/21	INRAE CA26 Agroof
<b>Site</b>	Création d'un site web Agroforesterie/AE-RMC	31/10/20	Agroof
<b>RI</b>	Rapport intermédiaire Arbriss'eau - 2020	31/12/20	Agroof
<b>RF</b>	Rapport Final Arbriss'eau	15/02/22	Agroof

## **ACTION 1. ACQUISITION DE REFERENCES DE SYSTEMES EXISTANTS**

Dans cette première action, l'objectif est d'acquérir des références techniques et scientifiques sur la mise en place et la gestion de systèmes agroforestiers d'une part et de leur efficacité agronomique, technique et économique d'autre part.

Il s'agira d'étudier les systèmes en place (systèmes traditionnels et projets récents accompagnés par les partenaires) et parcelles pilotes (sites expérimentaux anciens et nouveaux sites installés ou en cours d'installation). L'étude sera composée de suivi de projets sur le terrain à partir d'indicateurs pertinents pour juger de leur efficacité en termes de préservation de la ressource en eau, ainsi que de simulation par modélisation biophysiques des bilans eau et azote entre les arbres et les cultures.

### **1.1 Etude des systèmes traditionnels - Agroof**

Responsable : Antoine Marin (Agroof)

Système	Type	Territoire	Degré réalisation étude
Noyeraie	Traditionnel ancien	Dauphiné	Terminé
Truffière	Traditionnel ancien	26, 84	Terminé / Mise en page
Peupleraie	Traditionnel récent	69, 71, 01, 70, 30	Démarrage
Fruits secs	Prospective	30, 34, 11, 13, 83, 84, 04	En cours
Parcours Volailles	Récent	Ensemble du Bassin	En cours de finalisation
Gestion Bocage	Traditionnel revisité	01, 69, 38, 26, 70, 71	En cours
Vergers maraichers	Traditionnel revisité	Méditerranée et Rhône Alpes	En cours de finalisation
Ruminants	Traditionnel revisité	Ensemble du bassin	En cours de finalisation

Livrable attendu : Brochures 1 à 5.

Le contenu de 3 brochures sont finalisés (Noyeraie, PPAM, Truffières).

La mise en page de la première brochure (Agroforesterie Truffière) est finalisée et servira de base pour les suivantes en début 2021.

### **1.2 Bilan des jeunes parcelles d'agroforesterie moderne – CA Drôme**

Responsable : Aline BUFFAT (CA26)

L'objectif de cette sous action est de faire un premier bilan des parcelles agroforestières plantées au cours de ces dernières années et accompagnées par les partenaires du projet. Ci-dessous le tableau recense les agriculteurs qui ont été ou seront enquêtés dans ce cadre.

L'étude porte sur les caractéristiques et les performances du système en place d'une part mais également sur les attentes des agriculteurs en termes d'acquisition de références par les organismes techniques. De même l'enquête vise à mettre en lumière les outils utiles aux exploitants pour rendre la connaissance accessible.

Au 31/12/2019, nous avons réalisé deux enquêtes. Les prochaines sont prévues pour le mois de mars 2021.

Nom	Prénom	Caractéristiques	Période de réalisation de l'enquête
ESTAVIL	Rémy	Production : polyculture élevage Choix de plantations d'essences fourragères et d'ombrage pour ses ovins + plantation de haies	Mars 2021
BONY	Thomas	Production : polyculture élevage Plantation de haies	Mars 2021
LORNAGE	Raphaël	Production : maraichage Système de verger maraicher	Mars 2021
CHAUPLANNAZ	Stéphane	Production : maraichage et ppam Système de verger-maraicher et plantation de réseaux de haies	Mars 2021
BLACHE	Sébastien	Production : maraichage, ovin viande, grandes cultures, volailles	été 2019
GIACOPELLI	Jean-Marc	Directeur de la ferme Olivier de Serre (07) Ferme expérimentale caprine, production viticole Mise en place d'une parcelle d'agroforesterie viticole (arbres champêtre + vigne) Mise en place d'une parcelle de muriers têtards bas pour le pâturage des caprins	été 2019
TARDY	Guy	Production : grandes cultures	Mars 2021
AURIAS	Maxime	Production : Arboriculture Développement d'un réseau de haies et parcelles agroforestières	Mars 2021
FATOUX	Cyrille	Production : maraichage et ppam Système de verger-maraicher et plantation de réseaux de haies	Mars 2021

Tableau : Liste des agriculteurs à enquêter

Livrable attendu : chapitre du rapport final : Bilan des projets agroforestiers modernes : quelles pistes pour l'expérimentation et la réalisation d'outils de recherche participative ? (CA 26)

**ACTION 2. PRATIQUES AGROFORESTIERES ET IMPACTS SUR LA GESTION QUANTITATIVE ET QUALITATIVE DE L'EAU A L'ECHELLE DE LA PARCELLE AGRICOLE : CARACTERISATION DES PROCESSUS PAR EXPERIMENTATIONS AU CHAMP ET MODELISATION – INRAE MONTPELLIER**

Responsable : Christian Dupraz (INRA, UMR System, Montpellier)

Participants : Marie Gosme (INRA, UMR System) et tous les partenaires du réseau

Contractuel financé par le contrat : Thomas Gendron (février 2020-janvier 2021)

Dans le cadre de cette action, l'objectif est de caractériser et quantifier, à l'échelle de la parcelle agricole, les impacts de différentes pratiques agroforestières sur le devenir de l'eau (distribution dans les différents processus et qualité en sortie de parcelles). On propose de les aborder (i) soit sur parcelles expérimentales, soit chez des agriculteurs engagés dans une transition agroforestière, et (ii) par des travaux de modélisation. On comparera toujours les pratiques agroforestières avec les pratiques agricoles usuelles sans arbres.

**2.1 : Caractérisation et choix des sites d'étude – Choix des méthodes et protocoles de mesures (M1-12)**

Cette tâche avait pour but d'identifier les sites d'études pour le travail de modélisation, selon plusieurs critères :

- Différentes situations de production (combinaison de contexte pédo-climatique et de systèmes de culture) représentatives de la diversité du bassin RMC, et présentant différents enjeux liés à la gestion de l'eau
- Capacité du modèle à les simuler, afin de ne pas sortir de la gamme de validité du modèle
- Possibilité de collecter les données d'entrée nécessaires au modèle (description du sol, données météorologiques, rotation type et itinéraire technique type).
- Existence d'un historique des rendements des cultures afin de pouvoir valider le modèle

Après échanges avec les partenaires, nous avons retenu 7 sites répartis sur le bassin versant RMC. Le tableau suivant présente les questions et expérimentations virtuelles prévues pour chaque site. La collecte des données étant en cours, il est possible que certains sites changent s'il s'avère qu'on ne dispose pas de toutes les informations nécessaires pour un site donné.

*Tableau 1: Description des sites en lien avec les questions et expérimentations virtuelles (les sites « pilotes » sont identifiés par une étoile)*

N°	Localisation	Type de culture	Enjeux \ Questions	Expérimentation virtuelle	Collecte des données
1	Isère – Site de Chatte	Noyeraie	Quel impact du design du système sur le bilan hydrique et les bilans azote des noyeraies fruitières?	Orientation des lignes Espacement entre les lignes	Terminée
2*	Drôme - TAB	Gdes Cultures / Arboriculture	Quelle disposition des arbres permet de limiter les compétitions (eau/lumière/azote) et maximiser le LER ?	Bandes d'arbres Lignes d'arbres	Terminée
3	Bourg en Bresse	Zone alluviale - Peupliers	Les peupliers agroforestiers peuvent agir positivement sur les bilans hydriques et azote en terres alluviales ?	Densité et espacement entre les lignes d'arbres variables (sur ligne et entre ligne)	Terminée
4	Lyon – Station d'Arvalis	Grande culture	Bilan hydrique et azoté de rotations céréalières conventionnelles ?	Espacement entre les lignes d'arbres	En cours

5	Dijon – Cas Type Chambre d’agriculture	Exploitation polyculture élevage	Bilan hydrique et azoté de rotations céréalières conventionnelles ?	Espacement entre les lignes d’arbres	En cours
6	Vesoul – Cas Type Chambre d’Agriculture	Exploitation polyculture élevage	Bilan hydrique et azoté de rotations céréalières conventionnelles ?	Espacement entre les lignes d’arbres	En cours
7*	Hérault - Restinclière	Grandes cultures	Les arbres permettent-ils une meilleure adaptation à la sécheresse ?	Différents régimes de sécheresse, en agroforesterie vs témoin culture pure	Terminée
8	Terres de Roumassouze Vézénobres	Prairies	Les arbres permettent-ils une meilleure adaptation à la sécheresse ?	Différents régimes de sécheresse, en agroforesterie vs témoin prairie pure	En cours

Dans le cadre des simulations que nous nous proposons de faire, il est nécessaire de rassembler des données issues des parcelles afin de les représenter selon les formalismes de Hi-sAFe. Certains paramètres, qui ont une influence importante sur les sorties du modèle, doivent impérativement être renseignés, et si les données ne sont pas disponibles, plusieurs valeurs, couvrant la gamme de situations rencontrées dans la région, peuvent être testées. D'autres paramètres, qui ont moins d'impact sur la simulation du fonctionnement hydrique et azoté des systèmes, peuvent être laissés à leur valeur par défaut.

D'après les formalismes de Hi-sAFe, les données se divisent en 4 grands ensembles : les sols, les itinéraires techniques, la météo et, dans le cas des parcelles agroforestières, des données relatives au design et à la gestion des arbres.

Le sol se compose au maximum de 5 horizons et les paramètres indispensables, en particulier la texture du sol, doivent être connus pour chacun d'eux. Les paramètres moins connus qui peuvent entraîner des résultats très différents concernent les caractéristiques des cailloux poreux par exemple. Plusieurs scénarios de simulations seront réalisés, afin de confronter les résultats des différentes valeurs possibles aux observations.

Les itinéraires techniques se composent de 3 aspects principaux, le travail du sol, l'irrigation et la fertilisation. A chaque opération culturale sont associées une date, une technique et une information quantitative. Les itinéraires techniques doivent être renseignés pour chacune des cultures de la rotation.

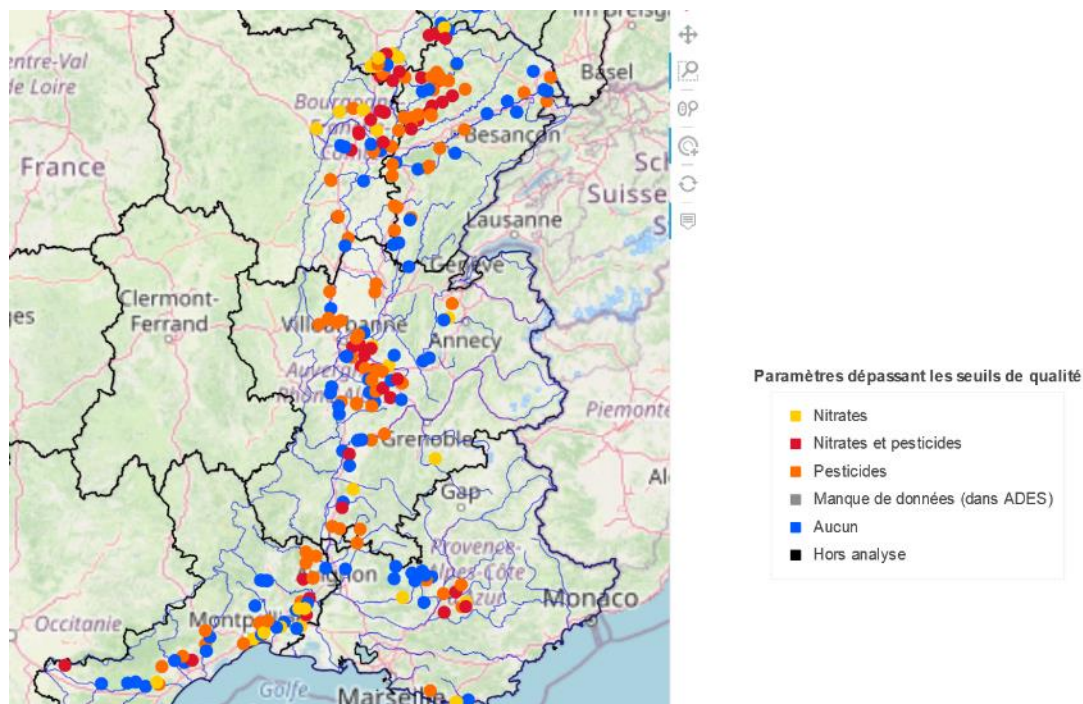
Les données météo sont à l'échelle journalière, de préférence issues d'une station météo directement sur les sites ou à proximité, ou à défaut de la base de données SAFRAN. Plus les données météo seront précises, plus fines seront les représentations des parcelles.

*Tableau 2: Ensemble des données nécessaires aux simulations avec le modèle Hi-sAFe*

Catégorie de données	Paramètres indispensables	Paramètres supplémentaires
Le sol	Epaisseurs % de sable (fin + Grossier) % d'Argile % de Calcaire Actif % Matière Organique % Volumique Cailloux	Taille des particules de Sables (µm) Type de cailloux Perméabilité (mm/j) Coefficient de Ruissellement Albédo du sol nu Profondeur du sol contribuant à l'évaporation Profondeur imperméable aux racines ... ..

Les itinéraires techniques pour chaque culture	Culture + variété Date + Profondeur du travail du sol Date + Type engrais + Quantité (kg N/ha) Date + Technique d'irrigation + quantité (mm) Date et densité (grains/m <sup>2</sup> ) du semis Date et rendement de la récolte	Enfouissement des résidus  Informations supplémentaires (traitements, maladies observées) : pas pris en compte dans la modélisation, mais potentiellement important pour interpréter les écarts du modèle aux rendements observés.
La météo Données journalières	Température Max (°C) Température Min (°C) Humidité relative (max.) (%) Humidité relative (min.) (%) Radiation Globale (MJ.m-2) Précipitation (mm) Vitesse Moy. Vent à 2 m (m.s-1)	Prof. Nappe (m) Concentration air CO2 [ppm]
Le design du système agroforestier	Largeur allées cultivées (m) Largeur linéaire sous-arboré (LSA) (m) Distance entre les arbres au sein de la ligne (m) Orientation des lignes ( par rapport au Nord ) Occupation du sol dans le LSA Date de plantation Espèce d'arbre Taille à la plantation (profondeur des racines, hauteur, forme du houppier)	
La gestion des arbres	Éclaircie (date, proportion), élagage (fréquence, proportion, hauteur finale), étêtage (fréquence, hauteur) Fertilisation (date, dose) Irrigation (date, dose)	

Livrables attendus : chapitre du rapport final : Choix des parcelles. Christian Dupraz (INRA) / Le choix des parcelles est terminé, le rapport est en cours de finalisation. Et Choix des méthodes et protocoles de mesures à la parcelle en vue de la modélisation – Christian Dupraz (INRA)



Liste des Aires de Captages selon les critères de dépassement des seuils de qualité (nitrates et pesticides) – Source AERM

Il était prévu de faire tourner une centrale de mesure climatique et pédo-climatique sur les parcelles retenues, afin de disposer de données de qualité (sur des périodes limitées) permettant des validations plus robustes du modèle. Cette station est actuellement sur le site de Restinclières, en parcelle agroforestière avec de grands arbres, où elle permet, par comparaison et couplage avec une station de référence en zone agricole, d'obtenir un jeu de données de qualité. Il est prévu de la déplacer à partir de septembre 2020 sur une autre parcelle du réseau, dont le choix reste à faire, en liaison avec les partenaires.

Nous avons adapté les procédures de modélisation pour parvenir aux résultats attendus du projet. Le modèle HisAFe a fait l'objet d'améliorations conceptuelles et ergonomiques pour traiter rapidement et efficacement les sorties pertinentes pour le projet (bilan d'eau et d'azote, notamment). Ces travaux ont été menés par Isabelle Lecomte, responsable de la maintenance informatique du modèle.

## 2.2: Observation des pratiques agroforestières et mesure des propriétés physiques des sols [M6-M18]

Pour les sites « pilotes », qui ont déjà des parcelles agroforestières mises en place, des observations de terrain sont en cours de réalisation afin de pouvoir tester le modèle en situation agroforestière, sur un ensemble de variables « intermédiaires » du modèle.

Par contre, pour les autres sites, on ne dispose pas de parcelle agroforestière âgée : la validation du modèle sera faite sur l'historique des rendements des cultures s'il est disponible, et si non, par validation à dire d'expert. Ce sera assez simple pour les parcelles en culture pure, évidemment plus délicat en situation agroforestière. Mais compte tenu de l'échelle d'approche utilisée (représentation d'exemples type régionaux, et non pas représentation d'une parcelle précise dans toute sa finesse), les résultats devraient être représentatifs et convaincants.

Les observations que nous souhaiterions faire sur certaines des parcelles du réseau concernent le sol (reliquats azotés, dynamique d'enracinement des cultures et des arbres), le rendement des cultures et le microclimat.

Nous allons au cours des prochains mois définir avec les gestionnaires de chaque site les mesures qu'il est possible de faire.

Nous privilégierons les deux mesures suivantes :

- Mesure des reliquats azotés à différentes profondeurs du sol à l'automne 2020
- Observation des profondeurs d'enracinement des arbres sur tranchée ouverte à la pelle mécanique (hiver 2020) et des cultures (été 2020 et printemps 2021)

L'ensemble de ces données devra être disponible fin juin 2020 pour être valablement pris en compte pour la validation des modélisations.

La station météo mobile sera également placée pour des périodes de 4 mois sur certaines parcelles afin de recueillir des données précises sur le climat modifié par les arbres. Nous la placerons donc sur les sites où les arbres sont suffisamment développés. Elle est actuellement à Restinclières, jusque fin juillet 2020. Elle devrait partir sur d'autres sites pour les périodes suivantes :

- Août-décembre 2020 : site 1 (Pré-verger du Jura ?)
- Janvier-juin 2021 : site 2 (Noyeraie – Isère ?)
- Juillet-décembre 2021 : site 3 (Plateau de Langres ?)

Le choix de ces parcelles privilégiera des sites hors zone méditerranéenne, moins bien connus pour les impacts de l'agroforesterie, compte tenu de nos travaux antérieurs.

Livrables attendus : chapitre du rapport final : Base de données des parcelles du réseau exploitable par les logiciels de simulation numérique. Marie Gosme (INRA) / Cette base de données est en cours de constitution, et sera disponible en septembre 2020.

### **2.3 : Modélisation des flux d'eau et de polluants avec les différents pédoclimats actuels (M12-30)**

Le modèle Hi-sAFe (Dupraz et al 2019) permet de simuler les interactions entre les arbres et les cultures (compétitions pour la lumière, l'eau et l'azote) et leur effet sur la croissance et le rendement des plantes, mais aussi sur le fonctionnement hydrique des sols et le cycle de l'azote. Nous avons prévu de l'utiliser dans le projet ARBRISSEAU pour tester l'effet de l'adoption de l'agroforesterie sur le bilan hydrique et azoté dans différentes situations de production (contexte pédoclimatique et pratiques culturales) représentatives du bassin RMC, en climat actuel et futur (scénarios de changement climatique).

Le préalable à la réalisation des simulations était la vérification du bouclage des cycles de l'eau et de l'azote dans une diversité de situations (le modèle n'avait été testé que pour un petit nombre de conditions pédo-climatiques et de cultures). Cette vérification a nécessité quelques modifications mineures du modèle (modification des unités de certaines variables, modification des formats d'export), et a été l'occasion de modifications plus importantes, qui ont été réalisées dans le cadre du projet ARBRISSEAU :

\* Adaptations du modèle suite au passage de la version 5 à la version 8 de STICS, le modèle sol-plante sur lequel Hi-sAFe est basé (ces modifications devront être ré-évaluées lors du passage à la version 10 de STICS) :

- Apports en azote et dynamique de minéralisation des résidus de culture
- Modification du calcul de la minéralisation des racines profondes

\* Correction de bugs sur le calcul des stocks d'eau et d'azote détectés lors de la diversification des situations :

- Cultures pérennes (initialisation, fauche, enchainement des années)

- Présence de cailloux (initialisation de la teneur en eau)

- Interventions sur les arbres (éclaircie, élagage, étêtage)

\* Correction de divers bugs détectés à l'occasion de l'analyse des simulations :

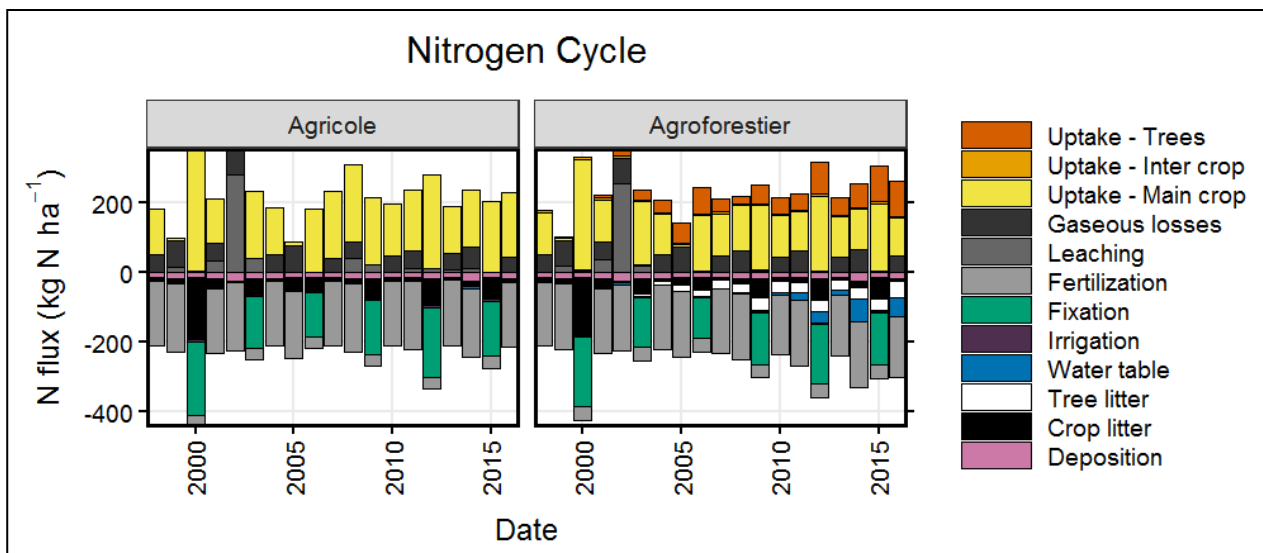
- Extraction d'azote dans la nappe phréatique

- Prise en compte de l'azote contenu dans la souche de l'arbre

- Répartition du stock d'azote lors du passage du formalisme STICS (mini-couches) au formalisme Hi-sAFe (voxels)

Nous disposons maintenant d'un modèle plus robuste, testé dans les situations qui seront rencontrées sur le réseau de parcelles du projet.

Le projet ARBRISSEAU bénéficiera aussi des avancées concernant l'ergonomie du modèle qui ont été obtenues via le développement d'un package R pour lancer et analyser les simulations. Le calcul des bilans hydriques et azotés est ainsi rendu automatique, ainsi que la génération de graphiques représentant l'évolution inter-annuelle des bilans au fur et à mesure de la croissance des arbres :



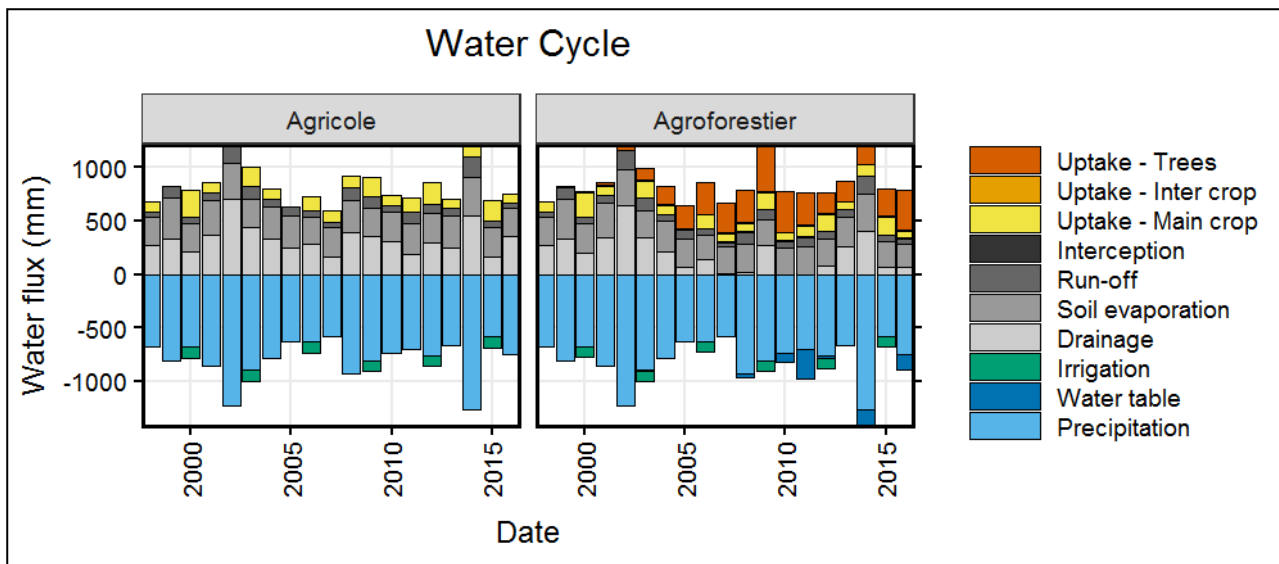


Figure 1 : Dynamique des bilans azoté et hydrique au cours de la croissance des arbres sur une parcelle de Restinclières - comparaison du témoin culture pure (MC) et de l'agroforesterie (AF)

La prochaine étape sera de réaliser les simulations à partir des données collectées dans la tâche 2.2, et de les analyser. Afin de faciliter cette analyse, nous avons développé des scripts R permettant d'analyser les sorties du modèle et de générer de façon semi-automatique un rapport d'analyse à l'aide du package Rmarkdown. Ces scripts sont en cours de finalisation et ont déjà été testés sur des simulations basées sur les données des parcelles agroforestières de Restinclières. Un exemple de rapport généré par le script est joint en annexe 1.

Livrables attendus: chapitre du rapport final : Bilan hydrique des parcelles expérimentales représentatives des innovations agroforestières étudiées dans les conditions pédoclimatiques actuelles. Marie Gosme (INRA) ; Bilan azoté des parcelles expérimentales représentatives des innovations agroforestières étudiées dans les conditions pédoclimatiques actuelles. Marie Gosme (INRA)

#### 2.4 : Modélisation des effets du changement climatique sur ces flux [M24-M36]

Les données météo issues des scénarios du GIEC (période 2050-2100, pour le scénario seront extraites pour chacune des zones étudiées grâce à l'outil clipick (<http://www.isa.ulisboa.pt/proj/clipick/>), et les simulations réalisées précédemment seront répétées en utilisant ces prévisions météorologiques. Le scénario climatique choisi est le scénario Representative Concentration Pathways 8.5 (RCP8.5, Assessment Report 5). Ce scénario est un scénario "business as usual", avec des émissions de gaz à effet de serre correspondant à une population qui continue à augmenter, pas de modification des écarts entre pays à haut et faible niveau de revenus, et des investissements modestes dans les énergies renouvelables. Ce scénario conduit à un forçage radiatif de 8.5 W/m<sup>2</sup> à la fin du siècle, ce qui arrivera probablement en l'absence de mesures drastiques de lutte contre le changement climatique.

L'utilisation des scripts d'analyse et de reporting présentés précédemment facilitera grandement l'interprétation des simulations.

Livrables attendus: chapitre du rapport final : Impact du changement climatique sur les bilans hydriques et azotés des parcelles du réseau. Christian Dupraz (INRA)

## **2.5 : Extrapolation des résultats à d'autres conditions pédoclimatiques non couvertes par le réseau expérimental (M24-36)**

Les mêmes analyses seront répétées sur les parcelles « satellites » du réseau de parcelles, qui ont été choisies pour être représentatives de différentes situations de production du bassin RMC (cf section 2.1). L'analyse des résultats sera facilitée par l'utilisation des scripts développés dans les sections précédentes.

Livrables attendus : chapitre du rapport final : Modélisation des flux d'eau sur les pédoclimats du bassin RM non étudiés expérimentalement. Christian Dupraz (INRA) ; Modélisation des effets du changement climatique à horizon 2050 sur les flux d'eau dans les parcelles agricoles recevant des pratiques agroforestières. Marie Gosme (INRA)

## **ACTION 3. STRUCTURER UN RESEAU EFFICACE POUR FAVORISER L'EMERGENCE DE PROJETS A VOCATION AGROECOLOGIQUE.**

L'objectif de cette action est double : favoriser l'accompagnement des projets agroforestiers et en améliorer leur gestion grâce à un meilleur partage des connaissances entre les acteurs, qu'ils soient agriculteurs ou chercheurs.

**Responsable : Antoine Marin - Agroof**

### **3.1 Co-conception des systèmes agroforestiers (M0-M36)**

Responsables : Florian BOULISSET & Aline BUFFAT (CA26)

Le projet Arbriss'eau prévoyait la mise en place d'un essai système en agroforesterie sur la plateforme TAB, la conception de ce système devant faire appel à un processus de conception participatif via des ateliers de co-conception.

Conformément à cet objectif, cette démarche a été mise en place d'avril 2019 à février 2020, sous la conduite de l'équipe d'animation de la plateforme TAB (Aline BUFFAT et Florian BOULISSET), assistée d'un stagiaire de M2, recruté pour le projet (Ewen MENGUY, ISARA Lyon). A cette fin, un groupe de travail a été formé, associant des participants choisis pour leurs expertises sur des domaines précis ou transversaux (arboriculture, viticulture, PPAM, grandes cultures, compétences naturalistes...) et issus de milieux professionnels différents (instituts techniques, agriculteurs, conseillers indépendants, chercheurs, naturalistes). L'objectif de cette constitution multiple et de la diversité du groupe de travail, est de croiser une grande diversité d'expériences, de connaissances et de compétences au cours de phases participatives impliquant des interactions importantes entre les participants.

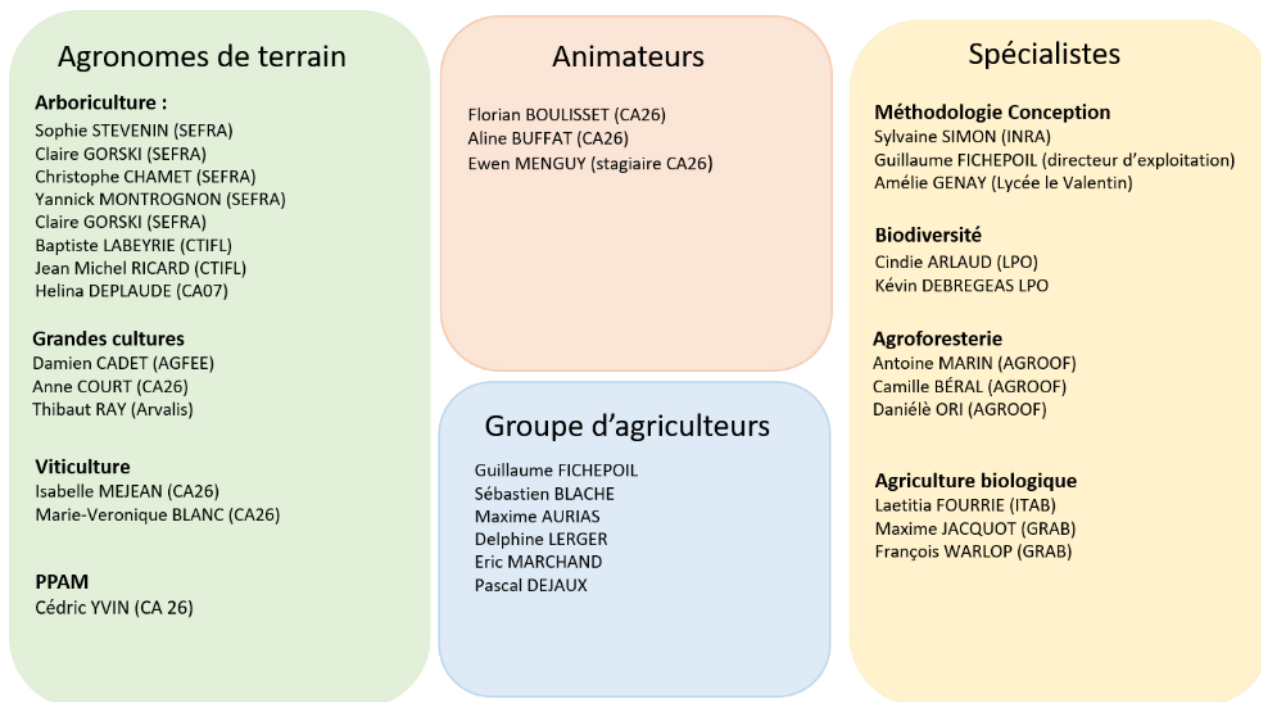


Schéma de la constitution du groupe de travail mobilisé pour la co-conception



Photo : Les participants du groupe de travail réunis autour d'une maquette durant un atelier de co-conception

Ce groupe de travail a été mobilisé à plusieurs reprises au cours du processus de co-conception, qui s'est matérialisé au travers d'une séquence de 7 ateliers de co-conception successifs. Le déroulement et les dates de ce processus sont présentées dans le schéma ci-dessous.

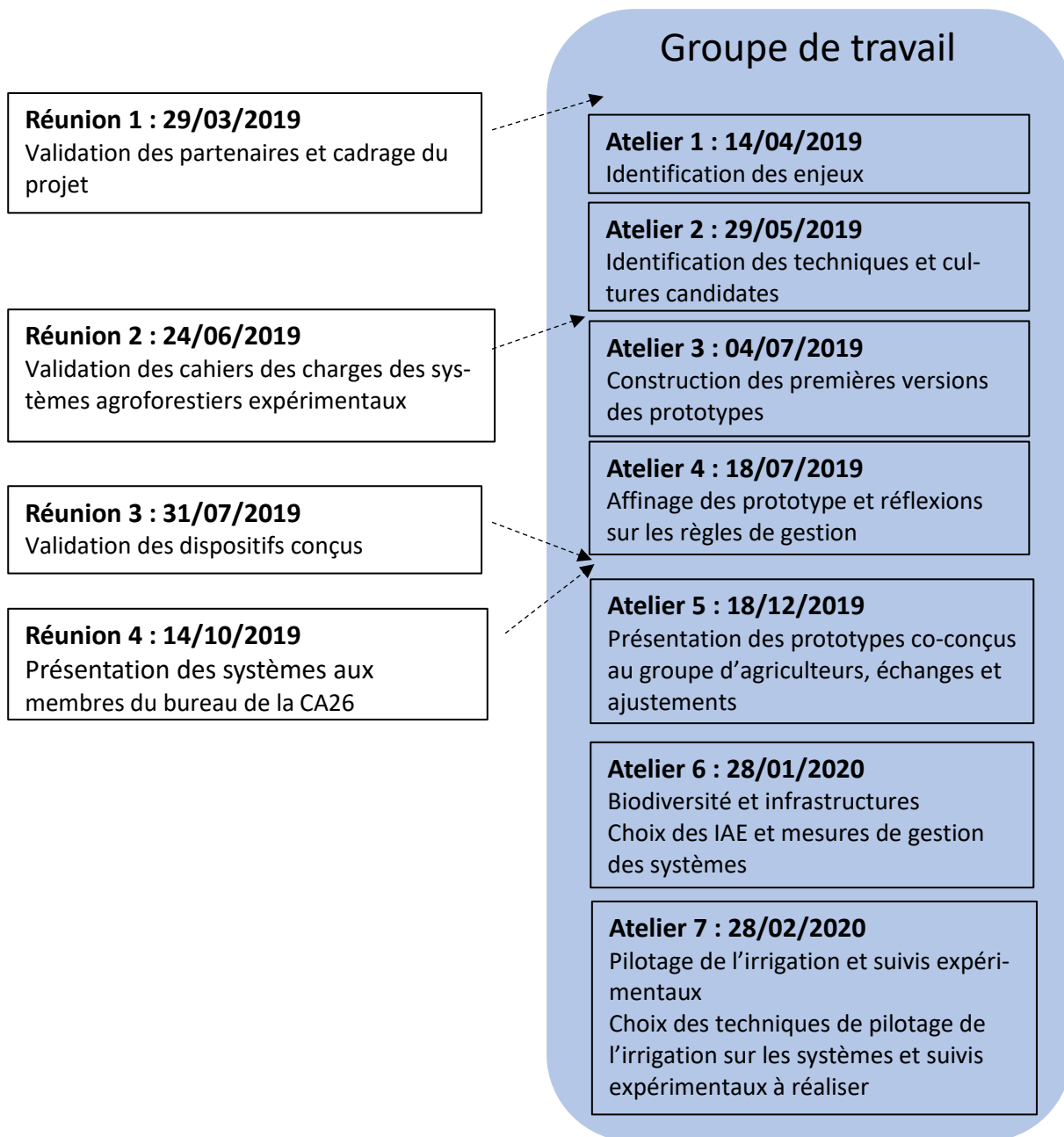


Schéma du déroulement chronologique du processus de co-conception

La volonté de l'équipe d'animation était de fonctionner selon un processus de travail progressif, par étapes successives, allant du choix des objectifs jusqu'à la construction des prototypes. Chacun des ateliers a ainsi permis de répondre à une ou plusieurs questions précises, allant de la définition des objectifs de l'essai, jusqu'à la conception des prototypes de dispositifs expérimentaux et des grandes lignes de la conduite de chacune des cultures.

Chaque atelier a ainsi repris les avancées, choix et propositions de l'atelier précédant, repris entre temps par l'équipe d'animation TAB, qui a assuré une synthèse des échanges, une reformulation des choix exprimés, et parfois «éliminés» certaines propositions, non compatibles avec le « cadre de contraintes » du site expérimental, à savoir : conduite en AB, objectifs de la plateforme TAB, moyens techniques ou moyens humains disponible pour la conduite des cultures. Il est important de noter que l'équipe d'animation de la plateforme a appuyé cette sélection, par la réalisation d'un important travail de recherche d'information, tout au long du processus de conception, et par la consultation régulière des différents partenaires de la plateforme TAB, afin de connaître précisément leurs

exigences, contraintes et attentes vis-à-vis des dispositifs expérimentaux créés. Ce travail s'est appuyé sur les enquêtes exploratoires réalisées dans le cadre d'Arbriss'eau, ainsi que sur des recherches bibliographiques et des synthèses techniques, conduites notamment par le stagiaire en charge de la démarche de co-conception, Ewen Menguy.

Enfin, afin que les orientations et choix réalisés lors des ateliers successifs ne soient pas remis en question à la fin du processus de co-conception, l'équipe d'animation a fait valider par la Direction de la Chambre d'agriculture, en charge de la validation du projet, les orientations et choix réalisés au cours de ces ateliers, et ce à plusieurs reprises au cours du processus de conception.

### Résultats du processus de co-conception – prototypes conçus

Deux parcelles adjacentes présentes sur la plateforme TAB étaient disponibles pour l'implantation de l'expérimentation issue des ateliers de co-conception du projet Arbriss'eau, pour une surface totale de 4,5ha environ. A ces parcelles viennent s'ajouter la parcelle de « référence » grandes cultures du système agroforestier déjà en place, qui permet de fournir un point de comparaison pour la conduite des grandes cultures impliquées dans les systèmes créés.

Le système expérimental conçu au cours des ateliers devait impérativement respecter les exigences de la plateforme TAB (conduite en AB, prise en compte de la biodiversité, intégration des filières locales...), tenir compte des moyens techniques et humains disponibles sur le site, et présenter des thématiques expérimentales d'intérêt pour les différents acteurs de la plateforme TAB devant être impliqués dans la conduite des essais.

Le premier atelier de co-conception, a visé l'identification des enjeux et objectifs auxquels devraient répondre l'expérimentation (cf.tableau ci-dessous). Deux enjeux sont ressortis comme étant particulièrement importants au cours de cet atelier : l'adaptation face aux conséquences du réchauffement climatique, et la gestion, quantitative et qualitative, de la ressource en eau. Deux enjeux sont également apparus, de manière secondaire et transversale, comme devant impérativement être pris en compte dans la conception de l'expérimentation, afin de garantir la durabilité du système conçu : le développement de la biodiversité et de ses services aux cultures, et la nécessité de se placer dans l'optique d'un système viable économiquement, et cohérent avec les moyens à la disposition des agriculteurs.

	Enjeux	Objectifs
1	Adaptation et atténuation du changement climatique	Permettre une production durable et transposable dans un contexte de changement climatique Limiter les impacts de mon système sur le changement climatique
2	Gestion qualitative et quantitative de l'eau	Maximiser l'efficacité de l'eau Limiter l'impact du système sur la qualité de l'eau
3	Conservation et augmentation de la biodiversité	Augmenter la tolérance du système face aux pressions des maladies/ravageurs Favoriser l'activité de la biodiversité fonctionnelle pour limiter le recours aux produits phytosanitaires
4	Assurer la pérennité économique des exploitations	Maintenir la productivité Optimiser la viabilité économique Assurer l'appropriation et l'acceptabilité par les agriculteurs

Tableau récapitulatif des « enjeux et objectifs » issus du premier atelier de co-conception

Le second atelier a permis d'évoquer, pour chacun des objectifs identifiés, les leviers agronomiques à mettre en place pour répondre à ces objectifs. Plusieurs leviers d'importance ont ainsi été mis en avant : diversification des cultures, et intégration de cultures plus « méridionales » que celles déjà présentes sur site, création d'un micro-climat limitant l'ETP, via un effet brise-vent et/ou un ombrage déporté, choix de systèmes d'irrigation et de dispositifs de pilotage, amélioration de la rétention en eau du sol via le recours aux couverts végétaux et/ou à l'apport de matière organique.

Dès la fin de cet atelier 2, il est apparu souhaitable de tirer parti des enseignements issus du système agroforestier actuellement en place sur la plateforme TAB, mais que cela était difficilement compatible avec des niveaux de rupture importants, notamment vis-à-vis des cultures intégrées dans l'expérimentation.

Etant donné la présence de deux parcelles disponibles sur le site de la plateforme TAB, l'équipe d'animation a alors fait le choix d'orienter le groupe de travail vers deux systèmes indépendants, répondant tous deux aux enjeux et objectifs identifiés au cours de l'atelier 1, en mobilisant les leviers agronomiques identifiés lors de l'atelier 2, mais avec des niveaux de rupture différents.

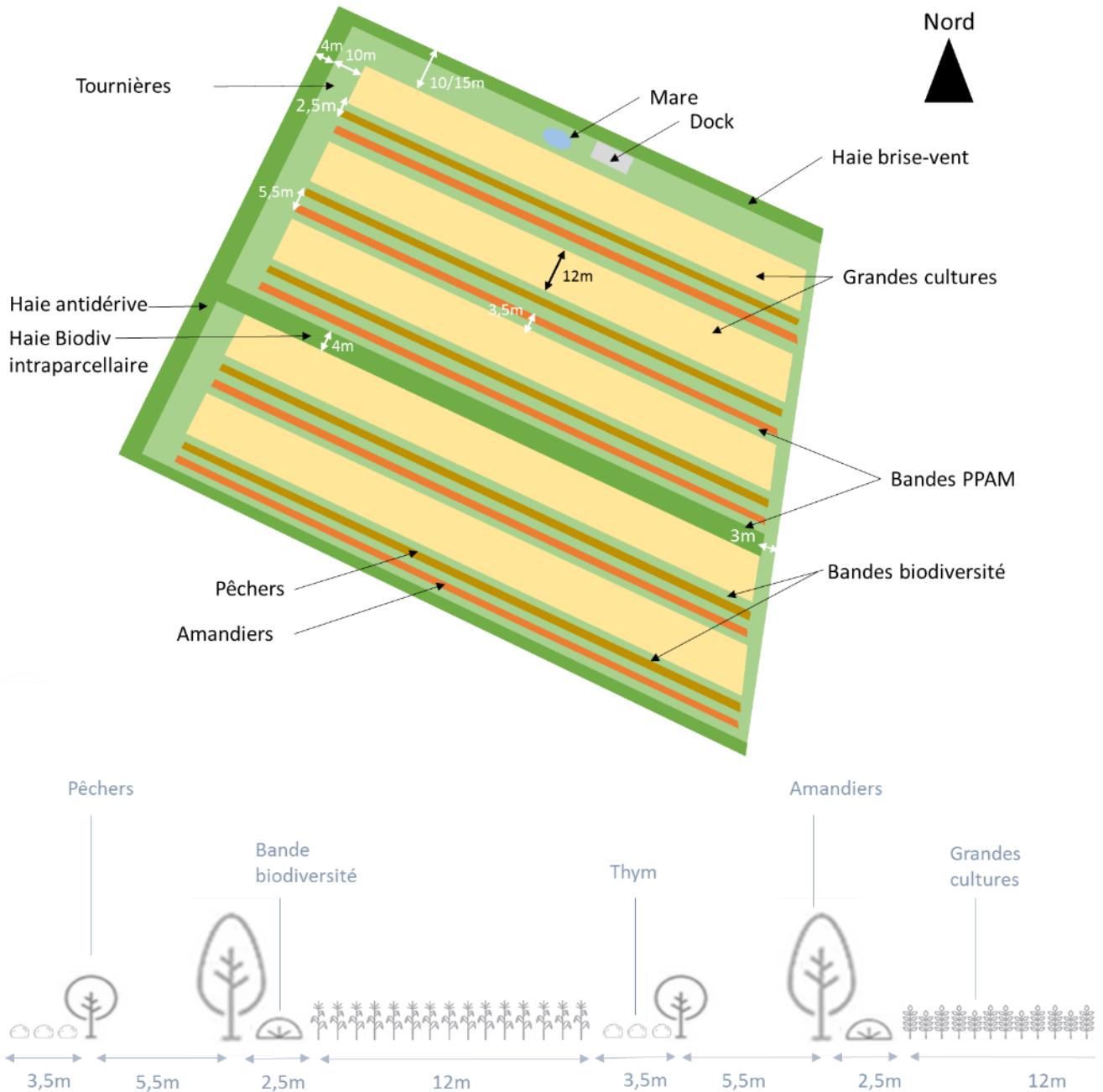
Les ateliers 3 et 4 ont permis de travailler à la création des prototypes, et à la disposition des cultures dans chacun des systèmes réalisés.

L'atelier 5 réalisé avec le groupe d'agriculteurs a permis aux animateurs de présenter les deux systèmes agroforestiers aux agriculteurs locaux et d'échanger avec eux sur les pratiques retenues mais aussi sur la viabilité économique des systèmes proposés. Cet atelier a notamment permis de mesurer la transposabilité et la cohérence des propositions selon le contexte agricole local. Suite à cet atelier, des ajustements ont pu être proposés.

Enfin, c'est au cours des ateliers 6 et 7 que la conservation et l'augmentation de la biodiversité au sein des systèmes ont été abordées. Les choix d'implantation et de création d'aménagements et d'infrastructures agroécologiques (haies intra-parcellaire, mares, arbres de haut jet, nichoirs) ont été définis ainsi que les mesures de gestion. Le groupe de travail a également été sollicité sur les techniques de fertilisation, d'irrigation et de de pilotage d'irrigation en lien avec les objectifs des systèmes.

La description des systèmes expérimentaux conçus au cours des ateliers est présentée ci-dessous. Les grandes lignes de cette conception et des systèmes expérimentaux conçus ont été présentées au COPIL Arbriss'eau du 09/09/2019.

## Système expérimental « optimisation »



### Schéma du dispositif expérimental « optimisation » et coupe transversale

Le premier système, dénommé « optimisation », est basé sur les cultures implantées sur le système agroforestier actuellement en place sur la plateforme TAB. Il est donc conçu pour tirer parti des enseignements issus du système en place, tout en intégrant davantage les enjeux d'adaptation au réchauffement climatique et d'optimisation de la quantité d'eau utilisée. Les objectifs de ce système sont de réduire de 30% l'irrigation par rapport au système agroforestier actuellement en place sur la TAB, tout en maintenant un rendement équivalent, une rentabilité comparable, en diminuant encore l'usage des produits phytosanitaires, pour atteindre -75% par rapport aux références conventionnelles régionales, et en améliorant l'efficacité des aménagements agroécologiques implantés.

Ce nouveau système reprend la culture arboricole dominante (pêcher), et la rotation de grandes cultures à 5 termes (soja, maïs, féverole, colza, blé) déjà en place sur la plateforme. Une seconde culture arboricole est introduite (amandier), afin de créer des planches arboricoles de largeur 12m, comportant chacune un rang d'amandier au Nord et un rang de pêcher, conduit en axe, au Sud. Ces planches, orientées Est-Ouest, sont

perpendiculaires aux vents dominants, ce qui doit permettre d'améliorer l'effet brise vent procuré par les haies situées au Nord et au Sud de la parcelle, et d'apporter un ombrage déporté sur les planches de grandes cultures situées au Nord des planches d'arboriculture. L'objectif est ainsi de diminuer l'évapotranspiration, et d'améliorer la qualité de l'irrigation.

Le choix des variétés de pêchers et d'amandiers, ainsi que les porte-greffes, est orienté pour permettre une conduite satisfaisante en AB, et limiter fortement le recours aux produits phytosanitaires via une tolérance aux maladies fongiques. Cinq variétés de pêcher seront implantées, et quatre variétés d'amandier. Un dispositif d'irrigation novateur devrait être implanté sur un des rangs d'amandiers, afin d'évaluer son efficacité et ses conséquences sur la consommation en eau. Par ailleurs, des travaux sont envisagés sur les interangs, devant permettre d'utiliser cet espace pour améliorer le comportement agronomique du système. Du thym sera implanté dans les bandes de roulement au Sud des planches arboricoles, afin d'évaluer la possibilité de réaliser une culture sur cet espace limité. L'interang entre les pêchers et amandiers devrait être utilisé pour réaliser des couverts biomasse, qui seront mulchés sur les rangs. La bande de roulement au Nord des rangs d'amandier sera utilisée pour l'implantation d'un couvert destiné à favoriser la présence et l'activité des auxiliaires, à l'interface entre arboriculture et grandes cultures.

La biodiversité fonctionnelle sera également favorisée par l'implantation d'une haie intraparcellaire, d'une haie sur la bordure Ouest de la parcelle, et de bandes à auxiliaires à l'interface entre grandes cultures et amandiers.

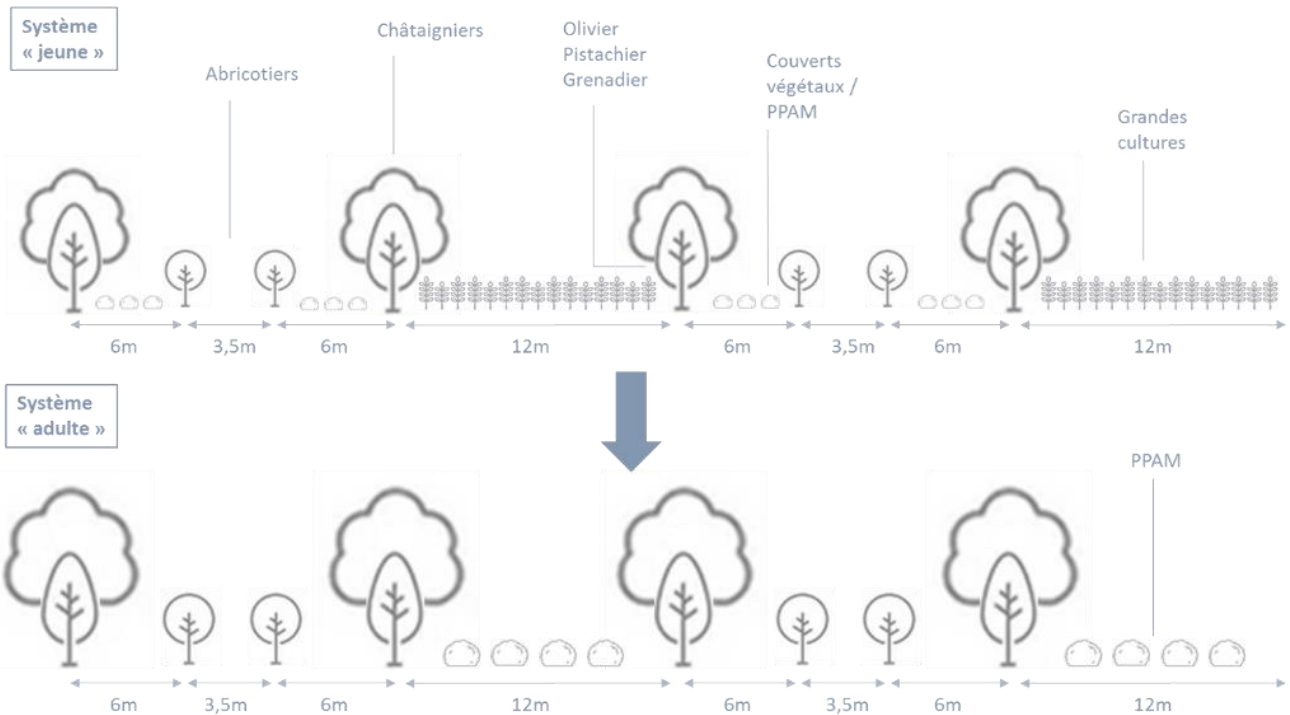
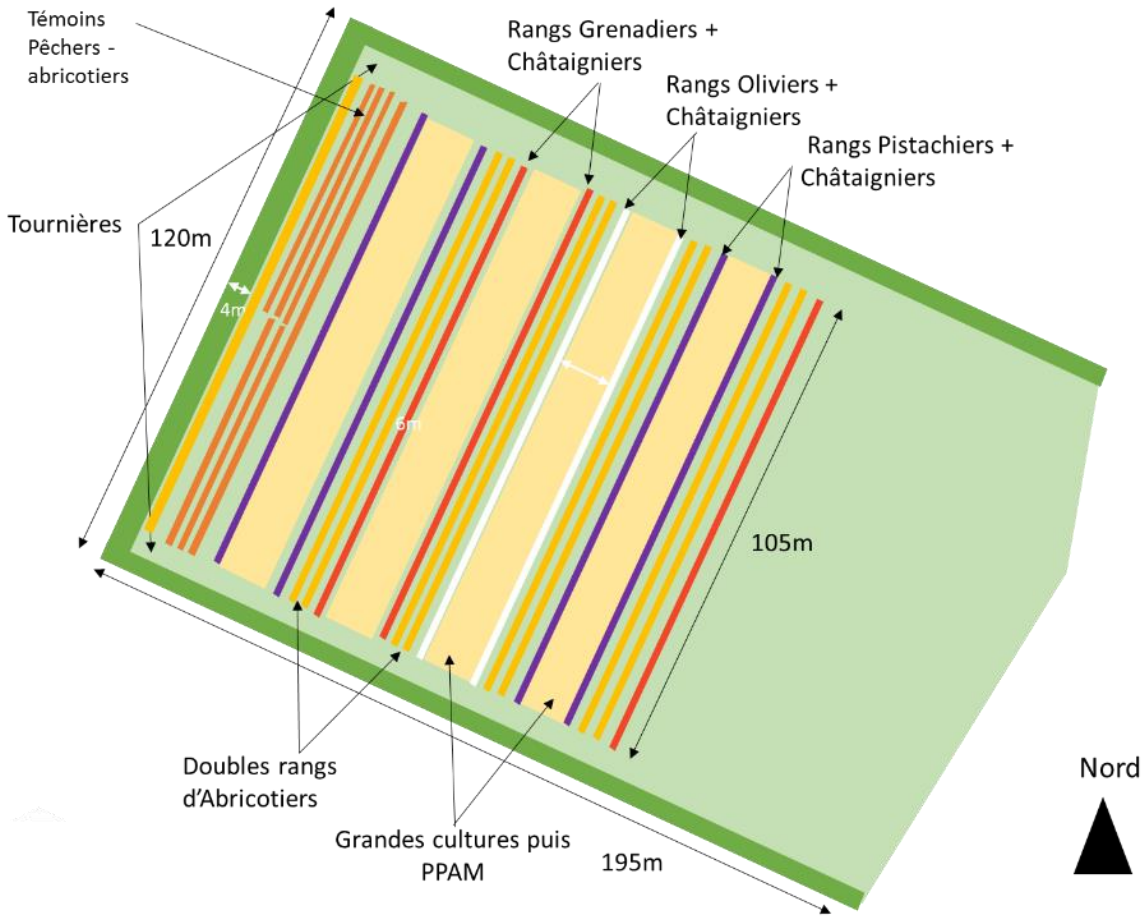
Les questions de recherche et critères d'évaluation de ce système sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Enjeux	Le SAF permet-il :	Evaluation
Adaptation changement climatique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- De créer un microclimat favorable aux cultures et de diminuer la demande en eau</li> <li>- De limiter les à-coups climatiques : sécheresse / fortes chaleurs / gel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suivi du climat / ETP à la parcelle</li> <li>- Etat du système vs REF (Rdt / Etat des cultures)</li> </ul>
Gestion quantitative de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminuer de 30% l'irrigation*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quantité d'eau utilisée</li> <li>- Rétention hydrique du sol</li> <li>- Facilité/praticité de nouveaux système d'irrigation et de pilotage</li> </ul>
Gestion qualitative de l'eau (Réduction des PPS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- De réduire de 75% l'utilisation des PPS**</li> <li>- De gérer les bioagresseurs de manière satisfaisante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IFT</li> <li>- Niveau de pression en bioagresseur vs référence</li> </ul>
Biodiversité	<ul style="list-style-type: none"> <li>- De préserver/augmenter la biodiversité</li> <li>- D'augmenter ses services aux cultures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suivi faune / flore</li> <li>- Etat biologique /fertilité du sol</li> <li>- Caractérisation/quantifications des régulations</li> </ul>
Transposabilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une faisabilité technique</li> <li>- Limiter la concurrence</li> <li>- Maintenir la qualité des production</li> <li>- Un haut niveau de viabilité économique</li> <li>- Une acceptabilité sociale</li> <li>- Résilience cf climat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avis des techniciens /ITA</li> <li>- Rdt &amp; qlté = cultures pures</li> <li>- Marges nettes et brutes = ou &gt; aux cultures pures</li> <li>- Tps de travail/satisfaction</li> <li>- Stabilité des marges</li> </ul>

\*: Pour l'ensemble du système & pour chaque culture, sans perte de rdt

\*\* : par rapport aux références conventionnelles régionales, sans perte de rdt /qualité

## Système expérimental « restriction »



## Schéma du système « restriction », coupe transversale et son évolution dans le temps

Le second système, dénommé « restriction », table sur un niveau de rupture plus important, avec un objectif restrictif concernant le volume d'irrigation : utilisation d'un volume maximale de 1000m<sup>2</sup>/ha/an, pour chacune des cultures présente et pour l'ensemble du système de culture (en moyenne sur plusieurs années). Ce système devra également permettre une réduction importante de l'usage des produits phytosanitaires, et intégrer le

la biodiversité fonctionnelle via des pratiques adaptées, et l'implantation d'infrastructures agroécologiques (haies, mare) en bordure de parcelle.

Ce système intègre l'abricotier comme culture principale, positionné en double rangs au centre de planches arbo, et conduit en axe. L'adaptation face au réchauffement climatique et la gestion de la ressource en eau s'appuieront notamment sur le recours à une diversification culturale, en intégrant plusieurs cultures arboricoles « méridionales », adaptée aux conditions chaudes et sèches, et peu présentes au Nord de la Drôme: grenadier, pistachier, olivier.

Tout comme le système « optimisation », le système restriction évaluera la possibilité de créer un microclimat sur les cultures, via un dispositif différent. C'est l'implantation d'un réseau d'arbres de haut jet, des châtaigniers, implantés régulièrement, avec un espacement de 24m, qui devrait apporter un effet brise-vent et un ombrage déporté sur les cultures situées à proximité. Le suivi de ce système visera à caractériser ces effets, à évaluer leur conséquence sur le comportement des cultures, notamment des abricotiers, et sur la demande en eau. La dimension « pilotage » de l'irrigation sera également au cœur des travaux : face aux restrictions importantes de volume d'eau apportées, le pilotage de l'irrigation devra être adapté, pour définir la meilleure « stratégie » d'apport en conditions limitées, le meilleur rapport productivité/volume d'irrigation, et à favoriser l'adaptation des arbres aux conditions d'irrigation limitées. Le pilotage de l'irrigation basé sur l'état hydrique des arbres sera évalué via des suivis spécifiques, et comparé à un pilotage « classique ».

Le système est conçu pour être évolutif, de manière à optimiser la gestion de l'espace productif: il intégrera, durant les premières années suivant la plantation, des cultures assolées peu consommatrices en irrigation sur les interangs larges, qui laisseront place à des PPAM (lavande, lavandins) une fois les cultures arboricoles rentrées en pleine production. Les interangs devenus plus « étroits » avec le développement de la frondaison des arbres fruitiers devraient être utilisés pour l'implantation de couvert biodiversité, biomasse, ou de cultures de plantes aromatiques.

### **Evolution par rapport au dépôt du projet**

Il est important de noter que l'orientation de l'expérimentation agroforestière devant être implantées sur la plateforme TAB, initialement axée sur un système agroforestier viticole lors du dépôt du projet, a été réorientée suite au premier atelier de co-conception et à plusieurs échanges avec l'équipe viticulture de la chambre d'agriculture de la Drôme. Il a ainsi été choisi de ne pas inclure de la vigne dans les systèmes conçus, pour des raisons multiples, liées à la cohérence technique du projet, et détaillées ci-dessous :

Si l'agroforesterie est une thématique d'expérimentation pour l'équipe viticulture de la CA26, celle-ci souhaitait également construire une expérimentation explorant plusieurs autres questions de recherche, liées à l'évaluation d'autres modes de conduite, et ne s'appuyant pas forcément sur l'intégration d'autres cultures : évaluation d'un cépage résistant aux maladies cryptogamiques, évaluation de plusieurs dispositifs d'ombrage visant à ralentir la maturation et à diminuer l'évapotranspiration, évaluation de plusieurs méthodes de protection anti grêle, évaluation de couvert végétaux... L'agroforesterie ne constituait donc qu'une partie limitée des questions de recherches que souhaitais aborder l'équipe viticulture de la chambre d'agriculture de la Drôme. En effet, cet essai orienté majoritairement sur la vigne, répondant à plusieurs questions de recherche spécifiques à cette culture, ne laisse qu'une place secondaire et limitée aux autres cultures présentes dans les essais systèmes de la TAB (Arboriculture, grandes cultures, PPAM, légumes de plein champ, cultures semences). Dans ce contexte, il aurait été très difficile de concevoir une expérimentation système cohérente, basée sur la viticulture et répondant aux attentes de l'équipe viticulture CA26, mais également aux thématiques et questions de recherches des autres partenaires techniques de la TAB, Arvalis, Sefra... . De ce fait, ces instituts auraient

envisagé de ne pas participer à la conduite des essais, en cas de système expérimental trop éloigné de leurs attentes.

Par ailleurs, les attentes de l'équipe viticulture de la CA26 étant assez précises et déjà travaillées en amont du projet, il est apparu nettement que ces attentes auraient rendu le processus de co-conception, prévu dans le projet, beaucoup moins nécessaire et riches en échanges, que pour une expérimentation plus « ouverte » à l'imbrications de cultures.

Enfin, le type de dispositif envisagé pour répondre aux questions de l'équipe viticulture correspond davantage à un essai « mode de conduite » avec plusieurs modalités, correspondant aux différents types de conduites testées, qu'à une approche « système », comme envisagé dans le projet Arbriss'eau. La surface nécessaire au type d'essai envisagé par la CA26, paraissait par ailleurs largement inférieure à la surface des parcelles prévues pour accueillir le projet de co-conception.

L'ensemble de ces arguments, ont conduit l'équipe d'animation de la TAB, en accord avec l'équipe viticulture et la direction de la CA26, à « séparer » l'expérimentation viticole, du système conçu dans le cadre du projet Arbriss'eau. L'expérimentation viticole fera donc l'objet d'un projet expérimental spécifique, plus analytique, et centré sur la vigne.

### Actions réalisées en 2018 – 2019 par la LPO

L'engagement de la LPO en 2018 et 2019 ont été consacré à l'action A3 sous action 3.1 correspondant à la co-conception de la nouvelle plateforme agroforestière de la TAB. Celle-ci s'est fait sous forme d'ateliers de co-conception au cours desquels la LPO a apporté son expertise biodiversité afin que la nouvelle plateforme se prête à de nouveaux suivis biodiversités concernant l'avifaune, l'entomofaune et les chiroptères.

### Prévision Action 2020

2020 a été et est consacré à la réflexion sur les différents protocoles de suivis de la biodiversité en parcelles agroforestières afin de mesurer l'effet de la mise en place de parcelles en agroforesterie sur la biodiversité ainsi que de caractériser des services rendus par la biodiversité aux cultures en agroforesterie.

Les protocoles identifiés jusqu'alors s'intéressent spécifiquement aux oiseaux (différentes méthodes passant par des points d'observation spécifique afin de caractériser des différences d'activité, des transects ou points d'écoutes) ; aux insectes (en particulier aux rhopalocères : protocoles STERF) et aux chauves-souris (suivi de colonisation par certaines espèces, d'utilisation de gîtes artificiels, suivi d'activité par bio-acoustique etc.) ou à des suivis généraliste permettant de caractériser les changements du milieu (Indices de qualité environnementale- IQE)

Nous travaillons à la rédaction d'un « catalogue » de méthodes de suivis qui permettra lors de suivis de nouvelles parcelles agroforestières de pouvoir mesurer l'impact de la mise en place de ces parcelles.

En 2020, un protocole de suivi de l'activité des chiroptères en parcelle agroforestière a été mis en place sur la plateforme TAB. En 2021, certains autres protocoles seront mis en place sur la plateforme TAB ainsi que sur d'autres parcelles agroforestières pour permettre de mesurer la faisabilité de certaines de ces méthodes et tenter de mesurer l'impact de certaines pratiques agroforestières sur la biodiversité.

Livrables attendus

L3.1 (M22) Outil de création cartographique de projet en ligne. Antoine Marin (Agroof)

L3.2 (M24) Étude de faisabilité des projets agroforestiers sélectionnés par le réseau. (Fabien Liagre Agroof).

### **3.2 Création d'un cahier des charges pour une base de données interactive**

Ce livrable a pris du retard.

Néanmoins, il est bien engagé notamment avec l'encadrement de la thèse de Raphael Conde Salazar du CIRAD qui travaille sur la réalisation d'une base de donnée réutilisable pour notre projet.

De même, un rapport a été réalisé par AGROOF sur les questions de format des outils utilisables en recherche participative (Rapport « Recherche Participative » réalisé par Nicolas Girardin ainsi que les interviews des experts). Des contacts ont été pris lors de ce travail avec le projet LandFiles (landfiles.com), avec son fondateur Nicolas Minary, intéressé par ce projet de base de données.

A ce stade, la base de données a été réalisée sur tableur excel et comporte les entrées habituelles pour la caractérisation des sites agroforestiers :

- Coordonnées des sites et responsable
- Caractérisation du dispositif à des fins de démonstration ou expérimentales
- Description du projet (année plantation, densité, linéaire, surface, système de production).

A ce jour, 90 projets d'intérêt ont été recensés.

Ce travail sera repris lors du premier semestre 2021.

L3.3 (M14): recueil des attentes des acteurs et élaboration d'une architecture de la base de données. (Fabien Liagre Agroof)

L3.4 (M16) : proposition d'un cahier des charges pour rechercher les financements pour sa réalisation. ( Antoine Marin Agroof)

### **3.3 Conception des protocoles de suivi dans un dispositif participatif**

Travail prévu en 2021.

Livrable attendu :

L3.5 (M34): Guide de protocoles de suivi des projets agroforestiers. (CA 26)

La conception d'un guide des protocoles de suivis sera réalisée par la LPO et la Chambre d'agriculture de la Drôme dans l'hiver 2020-21, et mise en place dans le printemps 2021 sur les parcelles d'essai, notamment sur la plateforme TAB ;

## **ACTION 4. VALORISATION ET COMMUNICATION**

**Responsable : Daniele Ori - Agroof**

#### **4.1 Valorisation du réseau et communication sur les projets agroforestiers**

Livrables attendus :

L4.1 : (M6) : Création du site internet – Antoine Marin – Agroof : REALISE. Le site internet a été créé et est visible à l'adresse suivante :

<https://arbrisseau.projet-agroforesterie.net>

L4.2 : (M20 à 35) : Réalisation des fiches projets – Daniele Ori – Agroof : Les livrables sont en cours de réalisation.

L4.3 : (M12-24-36) : conférence régionale à destination des professionnels des territoires à enjeux eau. Fabien Liagre – Agroof : EN COURS. En 2020, du au COVID, cette action a été principalement reportée en 2021. Toutefois des actions de communications (conférences et formations) ont été menées à bien sur la période 2019 et 2020. Un tableau de synthèse sera produit.

#### **4.2 Valorisation des résultats de co-conception des systèmes agroforestiers**

Responsables : Florian BOULISSET & Aline BUFFAT (CA26)

Sur la plateforme TAB, l'expérimentation système en agroforesterie a fait l'objet d'un processus de co-conception d'avril 2019 à février 2020. La mise en place des systèmes conçus a été préparée de mars 2019 à sa réalisation, à l'automne 2020. La priorité a été donnée à ces deux actions, compte tenu de l'importance de leur bonne réalisation pour la mise en place d'une expérimentation de qualité, et de l'important investissement en temps qu'elles représentent.

L'action de valorisation de la démarche de co-conception et des systèmes conçus débutera dans l'hiver 2020, dès les systèmes implantés. Comme convenu au lancement du projet, cette action de communication sera déclinée en réalisation de supports de présentation et d'actions de communication : articles, posters et communications orales, ainsi qu'au travers d'une journée d'inauguration des systèmes. L'ensemble de ces supports et actions de communication mettront en lumière les objectifs des essais, la démarche de co-conception, les systèmes conçus & les leviers agronomiques mis en œuvre (agroforesterie, choix de culture, adaptation des itinéraires techniques, travaux sur la mise en œuvre et le pilotage de l'irrigation, couvert végétaux) et les résultats attendus et évalués (effets sur le microclimat et la circulation de l'eau, amélioration de la rétention en eau des sols, développement de la biodiversité et des services associés (régulation des bioagresseurs, pollinisation).

Livrables attendus :

L4.4 : (M26) : Rapport de synthèse sur les méthodes de co-conception. Antoine Marin - Agroof

L4.5 : (M26) : Rapport de conception (prototype final et démarche de conception) sur le site pilote de la Plate-forme TAB – CA26

L4.6 : (M30) : Rapport de synthèse des études de cas types agroforestiers pour la région. Fabien Liagre – Agroof.

L4.7 : (M6 à 36) : Session de formations pour l'enseignement agricole et les publics professionnels (non soumis à financement). Daniele Ori - Agroof

### **4.3. Réalisation d'articles et publications**

Livrables attendus :

L4.8: (M20 à 36) : réalisation de 3 publications scientifiques et 3 articles pour revues professionnelles (Agence de l'Eau, France Agricole, TCS)- Christian Dupraz INRA

L4.9 : (M20 – M36) : Participation aux événements internationaux avec présentation de posters. Marie Gosme - INRA

## **PERSPECTIVES PAR RAPPORT AUX RESULTATS ATTENDUS ET LIVRABLES**

### **Rappel : RESULTATS ATTENDUS**

Le projet vise les résultats suivants :

- un réseau expérimental agroforestier développé, avec le recensement de tous les sites connus à ce jour, et abondé tout au long du projet ;
- une analyse transversale des situations de conception et de la diversité des ressources mobilisées ;
- la connaissance et la portée à connaissances des sites agroforestiers ;
- un outil de partage de connaissances interactif en ligne ;
- une meilleure connaissance du fonctionnement hydrique et azoté des parcelles agroforestières ;
- de nouvelles parcelles plantées en agroforesterie (+ 5 à 15) ;
- des premières données sur les systèmes mis en place (rapport technique), avec un premier diagnostic initial.

### **DISCUSSION**

Le projet a connu quelques retards au démarrage puis dans son développement à cause du COVID qui a limité fortement les déplacements.

Néanmoins, les travaux de l'INRA ont bien progressé et le réseau de parcelles pilotes ou de démonstration va bientôt atteindre les 100 sites.

En 2021, l'accent sera mis sur la structuration du réseau avec l'outil Base de Données, et l'annuaire des organismes référents. Une rencontre a eu lieu avec les différents réseaux (Chambres et Associatifs) pour préparer la suite du projet. Un accord de principe a été convenu avec l'Association Haie Auvergne Rhône Alpes pour la formation et le conseil en agroforesterie sur le Bassin de l'Agence. Agroof a également appuyé la création d'une nouvelle association régionale en région Sud PACA. Cette nouvelle association va permettre de réaliser diagnostic et suivi des projets dans la région, avec l'appui technique et scientifique d'AGROOF et du GRAB. Cela permettra aussi de mieux représenter les acteurs de l'agroforesterie vis-à-vis des collectivités. De même, dans le nord, AGROOF a appuyé la création de l'entreprise SylvaTerra pour l'appui aux projets dans le Grand Est. Enfin, en 2021, AGROOF organisera conjointement avec les Chambres d'Agricultures de Dijon et de Vesoul, une série de conférences et formations auprès des agriculteurs des départements de la région Bourgogne Franche Comté. Par ces animations et échanges, Arbriss'eau aura permis la structuration de l'ensemble des acteurs actuels afin de renforcer le développement de l'agroforesterie dans la région.

## LIVRABLES

Taux réalisation

B1	Cas type 1 – La nuciculture agroforestière	27/02/21	Agroof	80%
B2	Cas type 2 – L'agroforesterie truffière	31/12/20	Agroof	100%
B3	Cas type 3 – Les peupleraies agroforestières	27/02/21	Agroof	50%
B4	Cas type 4 – Les vergers maraichers	27/02/21	Agroof	75%
B5	Cas type 5 – Elevage ruminants	27/02/21	Agroof	50%
B6	Cas type 6 – Les grandes cultures	27/02/21	Agroof	25%
B7	Cas type 7 – Vigne	30/03/21	Agroof	25%
B8	Cas type 8 – Elevage porcin	30/03/21	Agroof	50%
B9	Cas type 9 – Elevage volaille	30/03/21	Agroof	90%
B10	Cas type 10 – Les fruits secs en agroforesterie	30/03/21	Agroof	75%
B11	Cas type 11 – Les outils de gestion du bocage	30/03/21	Agroof	75%
B12	Site Expérimental 1 – Restinclières / Céréales et vignes	30/04/21	INRAE	80%
B13	Site Expérimental 2 – Roumassouze / Maraichage	30/04/21	Agroof	90%
B14	Site Expérimental 3 – Melgueil / Céréales	30/04/21	INRAE	25%
B15	Site Expérimental 4 – La Durette / Arboriculture, céréales et maraichage.	30/04/21	Agroof	25%
B16	Site Expérimental 5 - TAB / Céréales et Arboricultures	30/03/21	CA26 LPO	75%
B17	Cahier des sites pilotes et de démonstration	31/12/21	Agroof CA26	0%
B18	Guide de la co-conception et de suivi de projets	31/05/21	Tous	60%
RP	Ressources pédagogiques pour Etablissement d'Enseignement Agricole (exercices et mise en situation sur les questions d'aménagement)	30/06/21	Agroof	50%
D1	Diaporama 1 : Bilan hydriques et azotés des systèmes agroforestiers	30/10/21	INRAE	30%
D2	Diaporama 2 : Méthodologie de co-conception et de suivi de projets	31/05/21	CA26 Agroof	80%
P1	Publication 1	31/12/21	INRAE	0%
P2	Publication 2	31/12/21	INRAE	0%
P3	Publication 3	31/12/21	INRAE	0%
A1	Article 1 – Un réseau agroforestier pour le bassin AE-RMC	31/12/21	Tous	0%
A2	Article 2 – Comment l'agroforesterie peut impacter la qualité de l'eau tout en maintenant une production agricole ?	31/12/21	Tous	0%
A3	Article 3 – Anticiper le changement climatique en investissant en agroforesterie	31/12/21	Tous	0%
Pos- ters/Ré- sumés	Conférence internationale de Nuoro / Italie. Conférence à définir. France Journées AE-RMC à définir	31/12/21	INRAE CA26 Agroof	0%
Site	Création d'un site web Agroforesterie/AE-RMC	31/10/20	Agroof	80%
RI	Rapport intermédiaire Arbriss'eau - 2020	31/12/20	Agroof	100%
RF	Rapport Final Arbriss'eau	15/02/22	Agroof	0%

**Première ébauche de la structure d'un  
rapport synthétique d'analyse de  
Simulations effectuées avec Hi-  
sAFe**

Version 1

**Projet** : XXXXXXXX

**Site** : XXXXXXXX

Le présent rapport est généré automatiquement depuis le logiciel libre R avec le package Rmarkdown. Il a pour objectif de fournir une première analyse des simulations effectuées avec le

modèle Hi-sAFé, il alterne des parties génériques communes à tous les rapports et des espaces vides pour les interprétations. Les éléments notés XXXXX correspondent à des informations à ajouter manuellement en fonction des caractéristiques de chaque cas d'étude. Les graphiques présentés dans ce rapport-type correspondent à la simulation d'une des parcelles du Domaine de Restinclières (rotation blé-orge-pois).

**Questions :** Quels changements la situation agroforestière engendre-elle sur les bilans hydriques et azotés par rapport à la situation agricole ?

## Table des matières :

1 - Diagnostique des données observées: .....	31
1.1 - Les caractéristiques du sol : .....	31
1.2 - Les données météorologiques : .....	31
1.3 - Les itinéraires techniques - arbres : .....	31
1.4 - Les itinéraires techniques - culture : .....	31
• Les rotations de cultures : .....	31
• Les fertilisations : .....	31
• L'irrigation : .....	31
• Le travail du sol : .....	31
2 - Diagnostique des simulations : .....	32
2.1 - Les cultures : .....	32
2.2 - Les arbres : .....	33
3 - Comparaison Agroforesterie et Agricole : .....	33
3.1 – Echelle de la parcelle : .....	34
• Flux Annuels : Ensemble des composants .....	34
• Drainage et Lixiviation - Cumulée : .....	35
• Drainage et Lixiviation - Journalier : .....	36
• Stocks et cultures : .....	37
3.2 - Echelle de la cellule (1 m <sup>2</sup> ) - Impact de la distance à l'arbre : .....	38
3.3 – Echelle de l'exploitation : SEA .....	39

## **1 - Diagnostique des données observées:**

Pour effectuer des simulations avec un modèle, il convient de transformer la situation observée sur le terrain en une situation "simulable". Ainsi il est nécessaire de faire quelques simplifications ou approximations tout en essayant d'approcher au maximum la situation réelle.

Cette partie présente les principaux modules du modèle qui permettent de décrire les simulations à effectuées. Pour chacune, nous présentons les simplifications qui ont dû être faites.

Pour les besoins de notre rapport, nous n'avons pas cité toutes les simplifications possibles mais seulement quelques exemples.

### **1.1 - Les caractéristiques du sol :**

Les caractéristiques XXXX sont manquantes pour les horizons XXXX. Afin de résoudre ce problème nous avons supposé XXXX XXXX XXXX.

### **1.2 - Les données météorologiques :**

Les données météo sont issues de XXXX.

Les variables XXXX ne sont pas dans le format nécessaire aux simulations HI-sAFé. Ainsi pour XXXX nous avons dû XXXX.

Etc.

### **1.3 - Les itinéraires techniques - arbres :**

Le site étudié présente un dispositif agroforestier que le modèle ne peut simuler tels qu'il est. C'est pourquoi nous avons dû faire certaines simplifications.

Les variétés XXX ont été assimilées/remplacées à/par XXXXX.

### **1.4 - Les itinéraires techniques - culture :**

- **Les rotations de cultures :**

Les cultures XXXXXX de la rotation ne sont pas disponibles à la simulation. Nous proposons de les supprimer et/ou de les remplacer par XXXX.

- **Les fertilisations :**

Les engrais XXXX ne sont pas renseignés dans le modèle de culture STICs. Nous avons fixé leurs teneurs en azote à XX kg N pour 100 kg d'engrais.

Sur le terrain, la date de fertilisation peut être décalée en fonction de la météo des jours à suivre, cependant dans le modèle nous gardons un calendrier fixe pour chaque année.

ETC.

- **L'irrigation :**

ETC.

- **Le travail du sol :**

ETC.

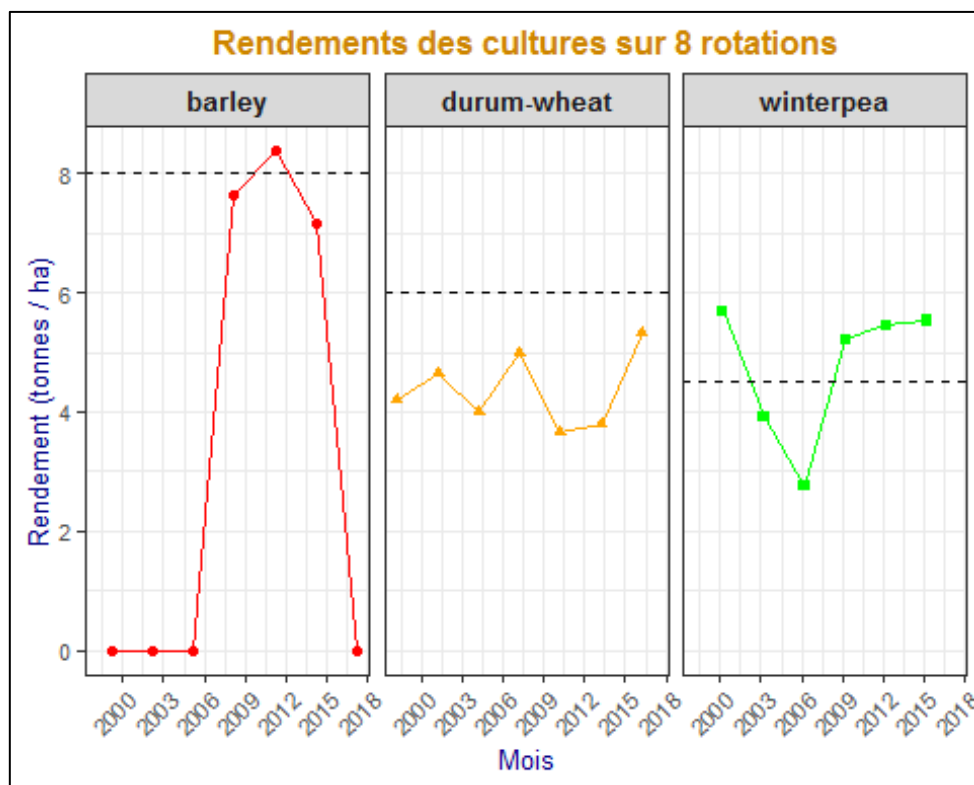
## 2 - Diagnostique des simulations :

Dans cette section, l'objectif est de déterminer si les simulations se sont correctement déroulées ou si des anomalies nous empêchent de réaliser une analyse simple.

### 2.1 - Les cultures :

Nous présentons le rendement car :

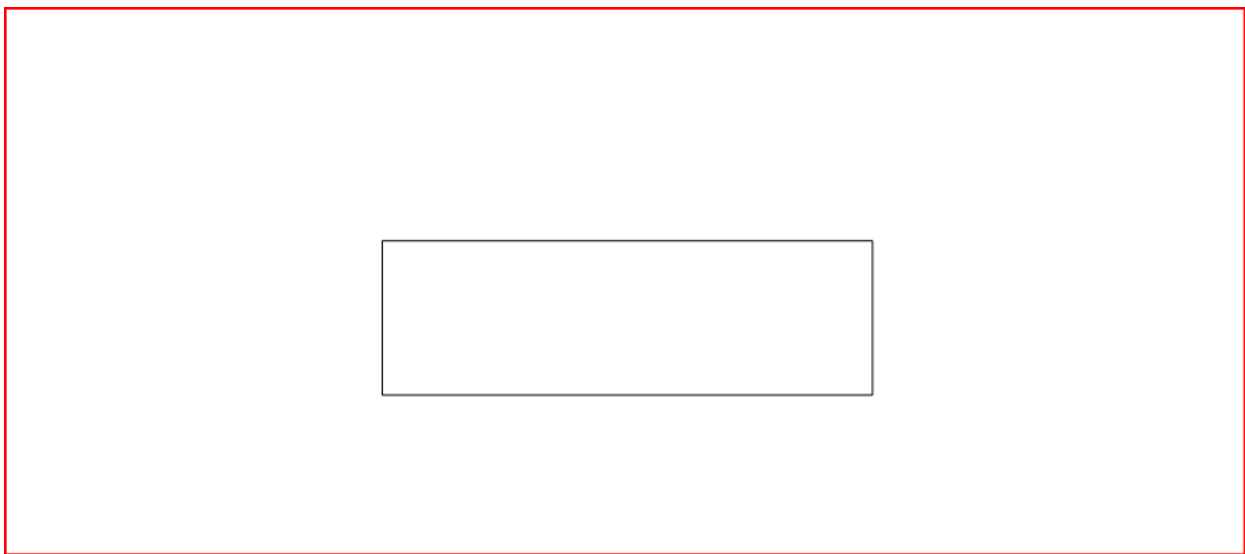
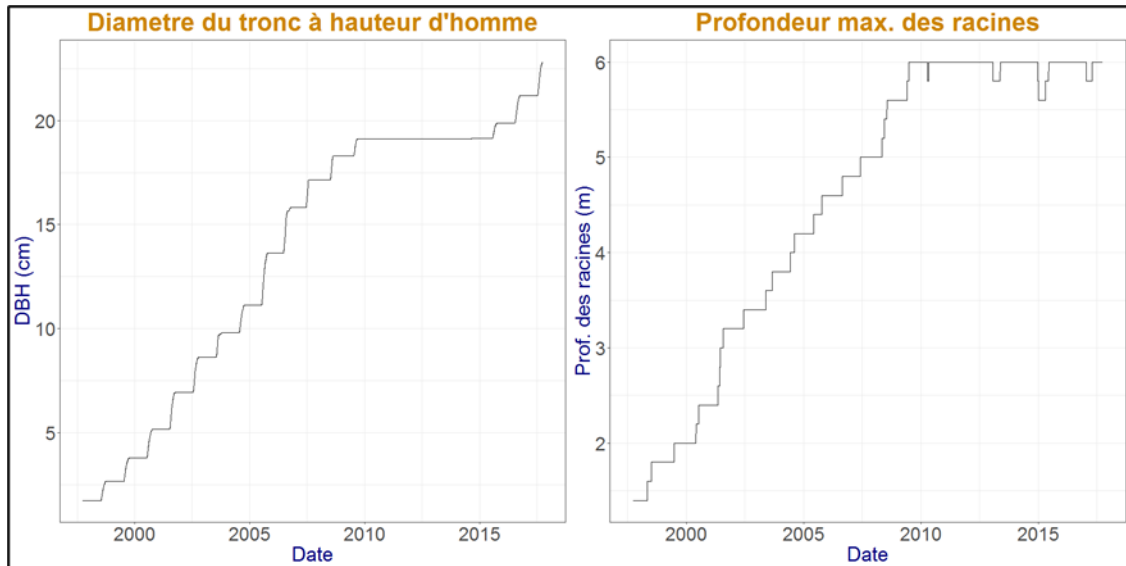
- Permet d'identifier facilement les échecs éventuels de la simulation de la culture.
- Interprétation rapide contrairement à d'autres caractéristiques.
- Contribue à l'analyse de la qualité des simulations grâce aux rendements moyens attendus (ligne en tiret).



Eloc pour l'interprétation des figures

## 2.2 - Les arbres :

Nous présentons le diamètre du tronc à hauteur d'homme (DBH) et la profondeur maximum d'enracinement. Ces variables donnent un aperçu rapide du développement aérien et souterrain de l'arbre ce qui permet de diagnostiquer rapidement d'éventuelles anomalies.



## 3 - Comparaison Agroforesterie et Agricole :

Dans cette section, nous comparerons les parcelles en situation agroforestière et en situation agricole en analysant les bilans hydriques et azotés.

Nous analyserons en premier les composants de ces bilans à l'échelle de la parcelle sur toute la période des simulations afin d'obtenir une vision résumée de l'évolution du système, nous utiliserons des cumuls annuels. Ensuite nous affinerons l'analyse en présentant certaines variables clés en nous concentrant sur des périodes données ou sur l'ensemble des années disponibles, sur des zones ciblées des parcelles particulières ou sur l'ensemble.

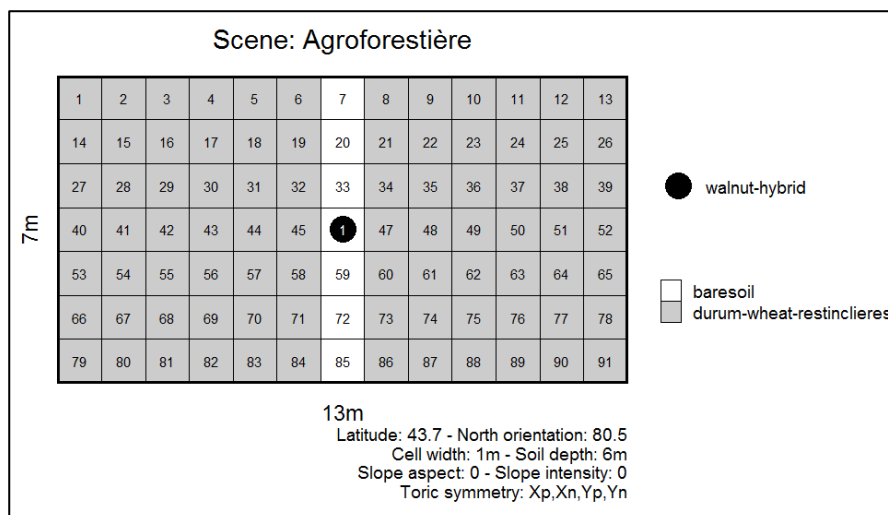


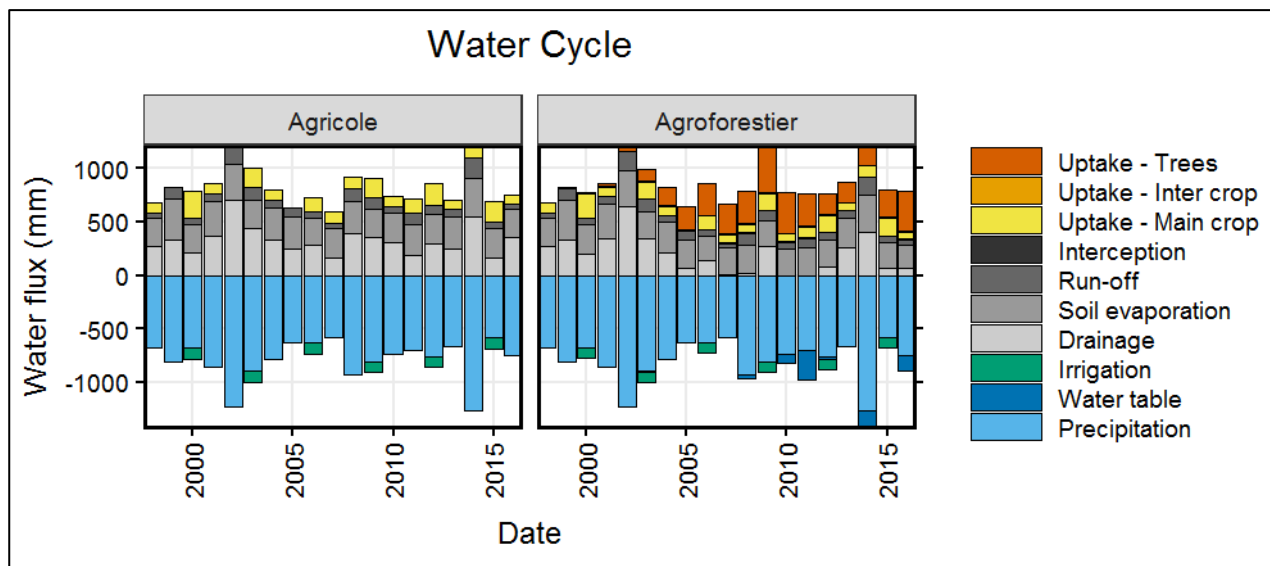
Figure 2: Présentation de la scène simulée par le modèle Hi-sAFé. Case grise : culture de la rotation. Case blanche : Sol nu sous les arbres.

### 3.1 – Echelle de la parcelle :

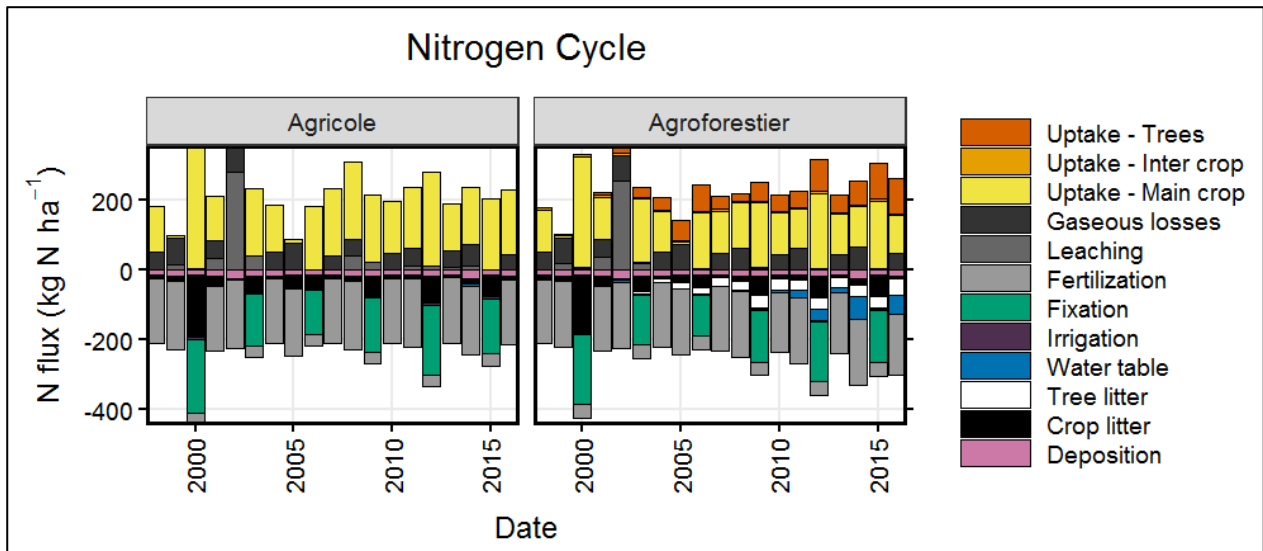
- Flux Annuels : Ensemble des variables

Dans les graphiques suivant, les valeurs positives correspondent aux pertes (sorties) et les valeurs négatives aux gains (entrées) des bilans. Les graphiques sont pour le moment en anglais mais seront traduit dans les versions futures.

Bilan Hydrique :



## Bilan Azoté :



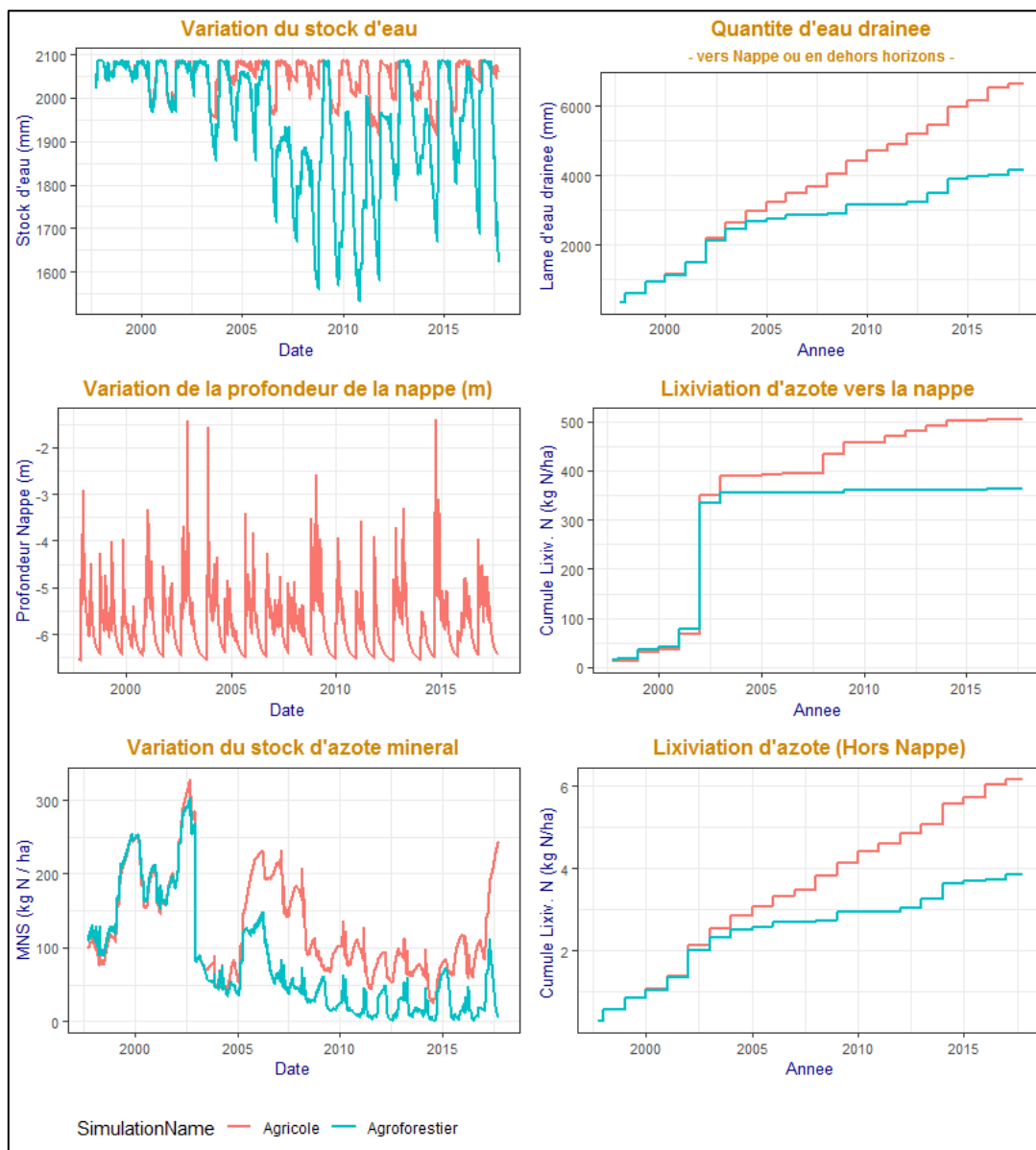
Bloc pour l'interprétation des

### • Drainage et Lixiviation - Cumulée :

Les figures suivantes présentent l'impact de l'agroforesterie sur :

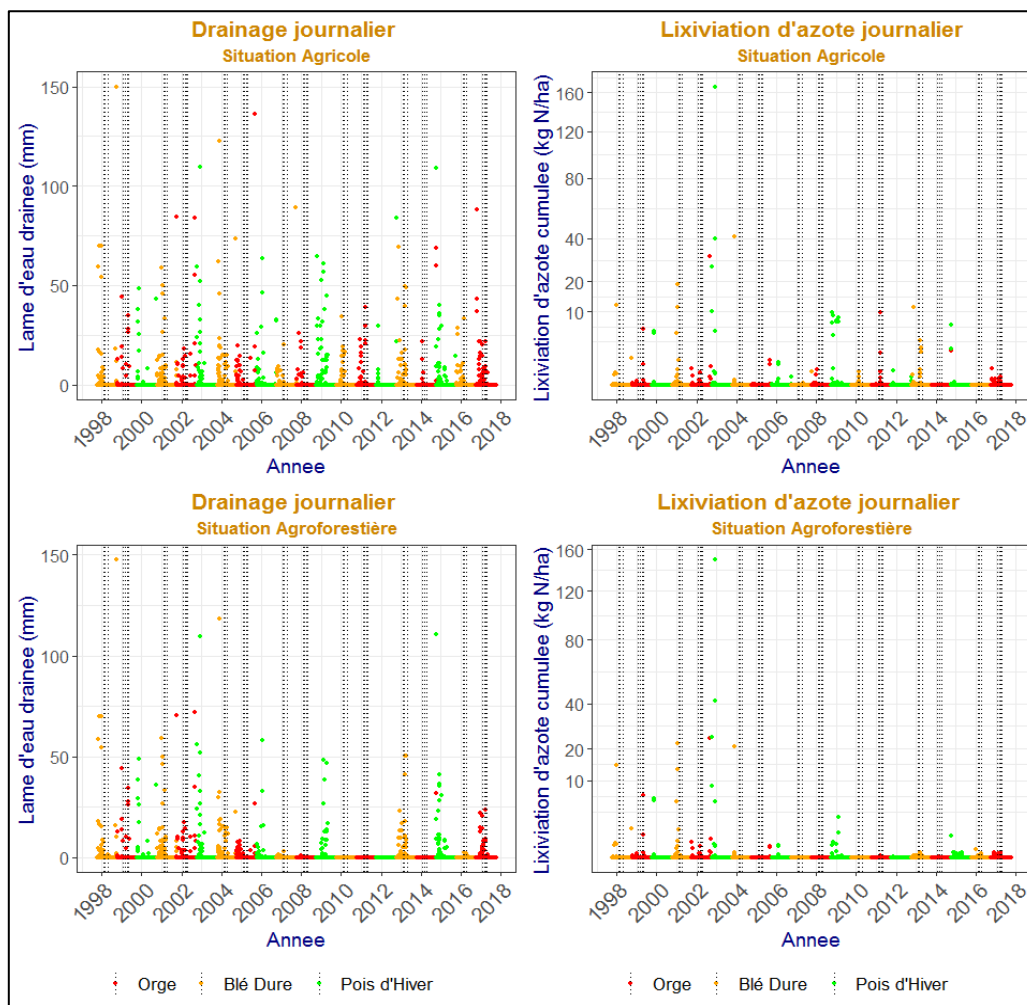
- Les stocks d'eau (mm) et d'azote (kg N/ha)
- Les hauteurs d'eau drainées (mm) et les quantités d'azote lixiviées (kg N/ha).

Les variations d'hauteur de la nappe et la quantité d'azote lixiviée vers la nappe sont présentés uniquement dans le cas où une nappe est présente. Il est ainsi important de distinguer la lixiviation rejoignant la nappe, encore dans les horizons modélisés, de celle en sortant.



- **Drainage et Lixiviation - Journalier :**

Les graphiques suivants permettent de mettre en évidence les cultures et les périodes où le drainage et la lixiviation ont lieu entre les deux situations (agricole et agroforestière). Les lignes en tirets verticales correspondent au date de fertilisation.

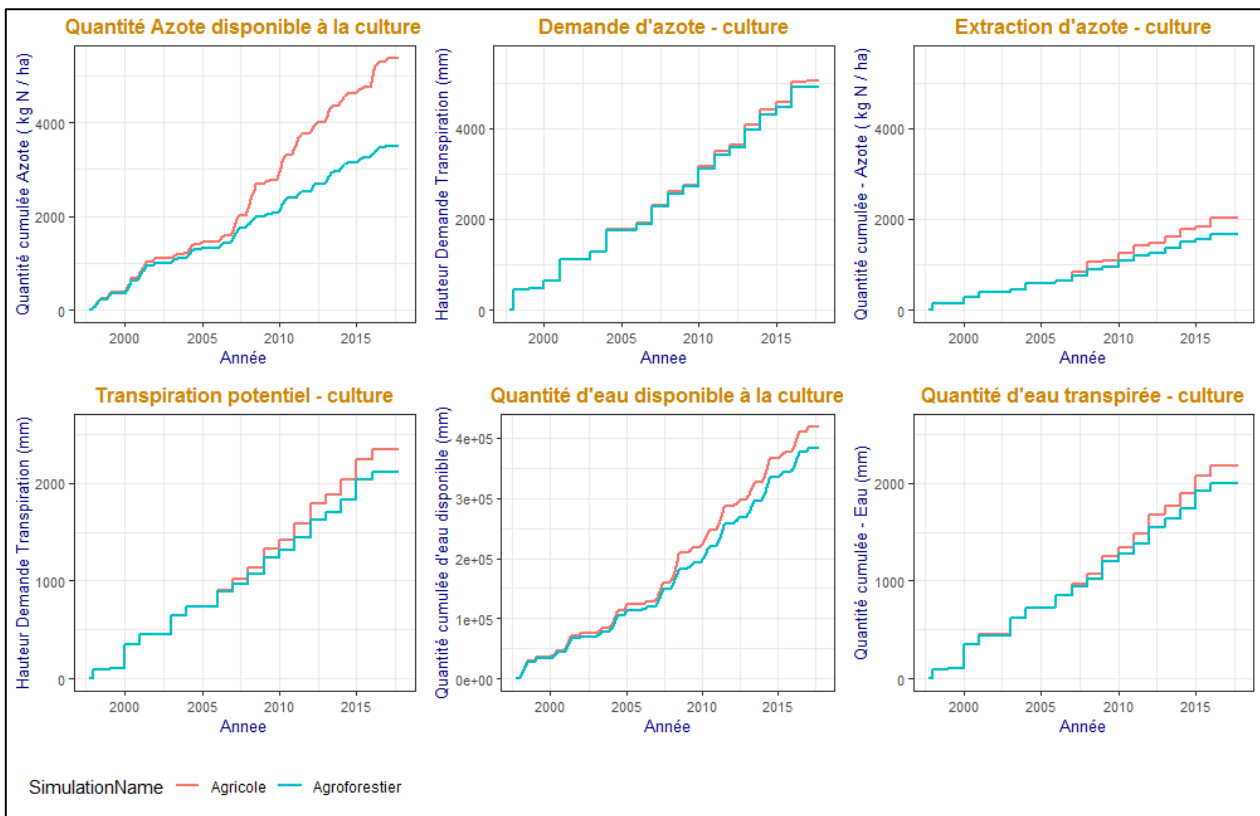


Bloc pour l'interprétation des figures

• **Stocks et cultures :**

Les graphiques suivants présentent, au travers de l'eau et l'azote, l'impact des arbres sur :

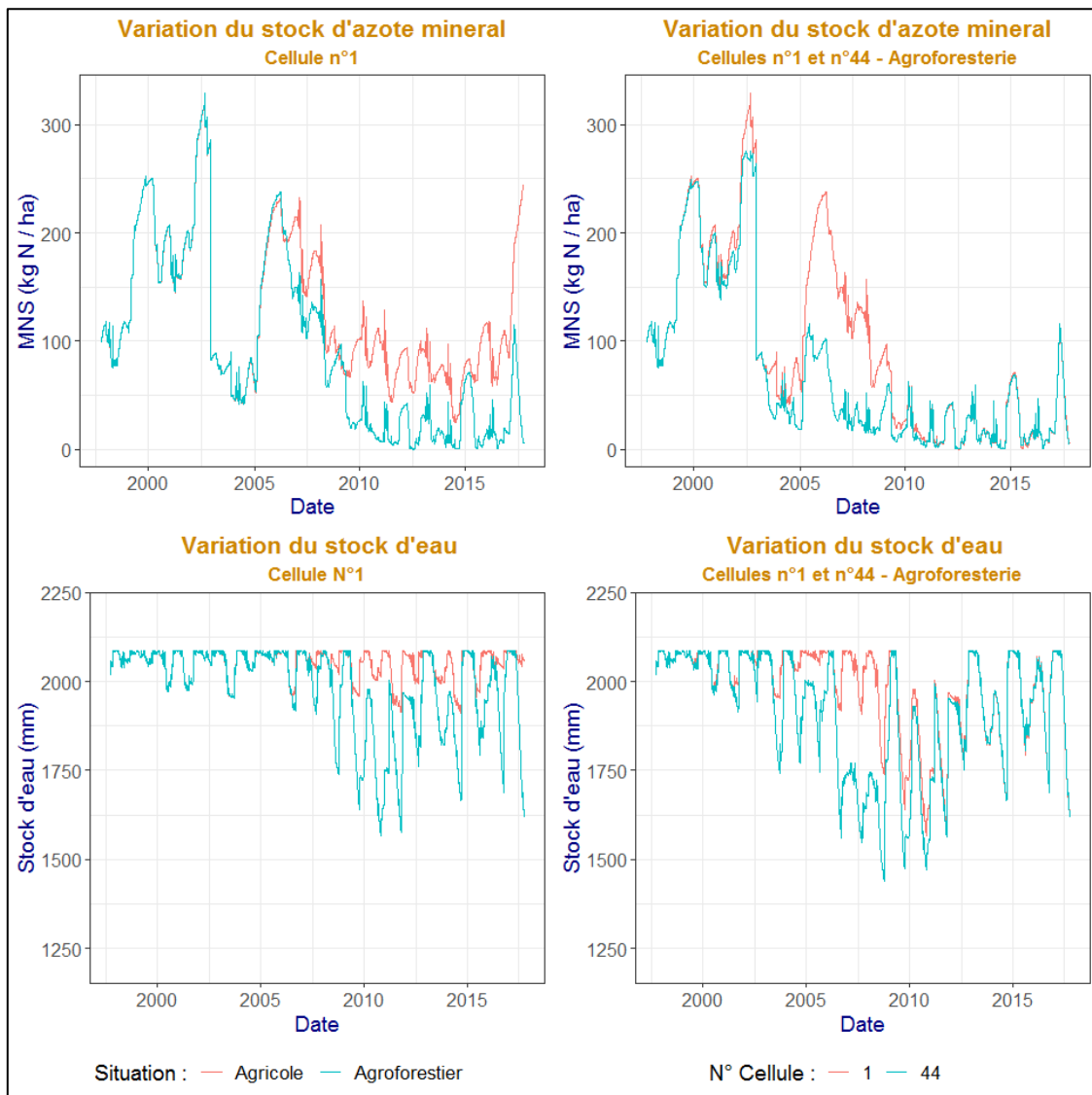
- La disponibilité de ces ressources pour la culture.
- Les quantités optimales pour la croissance
- Les quantités extraites



Eloc pour l'interprétation des figures

### 3.2 - Echelle de la cellule (1 m<sup>2</sup>) - Impact de la distance à l'arbre :

Cette partie illustre les différences entre variables clés en fonction de la distance à l'arbre. Ils ont pour objectif de souligner l'impact des arbres vis à vis de la situation agricole.



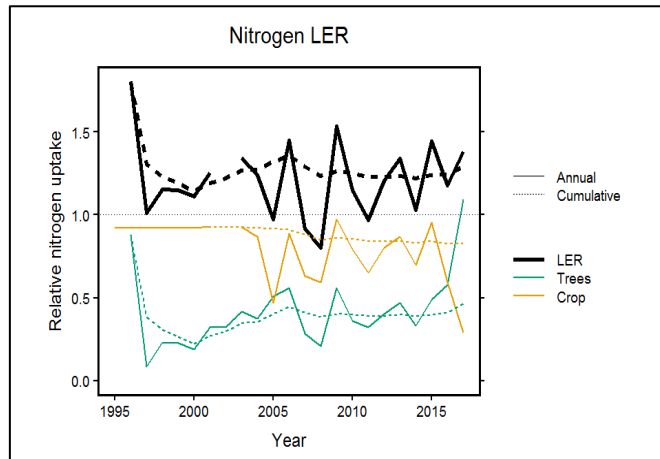
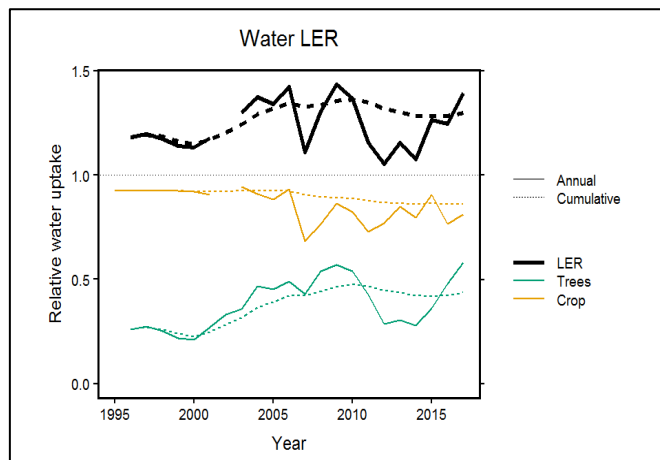
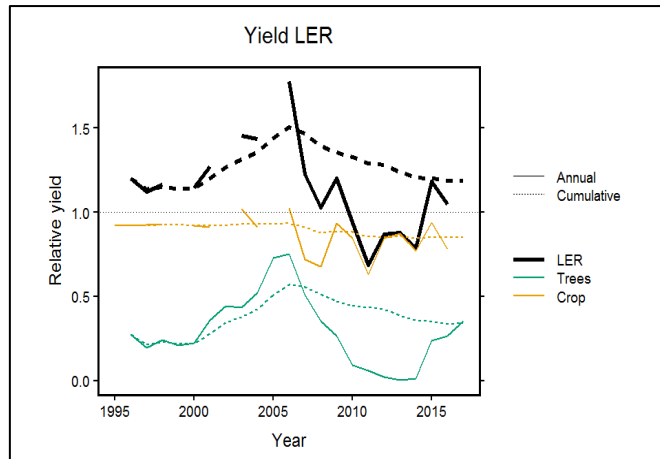
Bloc pour l'interprétation des figures

### 3.3 – Echelle de l'exploitation : SEA

Cette dernière partie compare la situation agroforestière et la situation agricole au-travers de la SEA (Surface Equivalent de l'Association). Cette indice compare certaines variables pour chaque composant de l'association pris individuellement. Cela permet de savoir dans notre cas si le système agroforestier est plus productif. ( $SEA > 1$ )

La SEA se calcule de deux manières, soit sur une année donnée soit depuis le début de l'installation de l'association. La SEA cumulée permet de déterminer au bout de combien d'années l'association n'est plus bénéfique ( $SEA < 1$ ).

Nous présentons ici la SEA pour le rendement, la consommation d'eau et la consommation d'azote.



Bloc pour l'interprétation