

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ :

MISTEA - Mathématiques, informatique
et statistique pour l'environnement et
l'agronomie

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

Institut Agro Montpellier Institut
national de recherche pour
l'agriculture, l'alimentation et
l'environnement

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2025-2026
VAGUE A



Au nom du comité d'experts :

Jean-Christophe Breton, président du comité

Pour le Hcéres :

Coralie Chevallier, présidente du Hcéres

En application des articles R. 114-15 et R. 114-10 8^o du code de la recherche, les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts sont signés par les présidents de ces comités et contresignés par la présidente du Hcéres.

Pour faciliter la lecture du document, les noms employés dans ce rapport pour désigner des fonctions, des métiers ou des responsabilités (expert, chercheur, enseignant-chercheur, professeur, maître de conférences, ingénieur, technicien, directeur, doctorant, etc.) le sont au sens générique et ont une valeur neutre.

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous. Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité. Les données chiffrées de ce rapport sont les données certifiées exactes extraites des fichiers déposés par la tutelle au nom de l'unité.

Cette version du rapport est publique dans les conditions de l'article R. 114-23 du code de la recherche. Des parties considérées comme confidentielles ainsi que les réponses aux points d'attention des tutelles ne figurent pas dans cette version du rapport.

MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

Président :

M. Jean-Christophe Breton, Professeur des universités, Université de Rennes 1, Rennes

Mme Nathalie Abadie, Chargée de recherche, Institut national de l'information géographique et forestière / École Nationale de Sciences Géographiques, Champs-sur-Marne

M. Pierre Barbillon, Professeur des universités, AgroParisTech / Université Paris-Saclay, Palaiseau, représentant du CNECA

Experts :

Mme Madalena Chaves, Directrice de recherche, Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique, Sophia Antipolis, représentante de la CSS INRAE

Mme Sandra Derozier, Ingénieure de Recherche, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, Jouy en Josas

CONSEILLÈRE SCIENTIFIQUE DU HCÉRES

Mme Anne Philippe

REPRÉSENTANTS DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES TUTELLES DE L'UNITÉ DE RECHERCHE

Mme Christine Gaspin, cheffe adjointe du département MathNum, INRAE

Mme Marie-Stéphane Tixier, Directrice de la recherche, Institut Agro Montpellier

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Mathématiques, Informatique et Statistique pour l'Environnement et l'Agronomie
- Acronyme : MISTEA
- Label et numéro : UMR 0729
- Nombre d'équipes : quatre
- Composition de l'équipe de direction : Mme Céline Casenave, Directrice d'Unité ; M Philippe Vismara, M Bertrand Cloezet, M. Nicolas Verzelen, Directeurs Adjoint

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies
ST1 Mathématiques

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

L'unité MISTEA développe des méthodes mathématiques, statistiques et informatiques pour l'analyse et l'aide à la décision pour des systèmes complexes en agronomie et en environnement. L'unité analyse en particulier des données et des modèles qui relèvent de l'agriculture numérique, du bien-être animal et de la gestion des ressources naturelles afin d'améliorer la compréhension des processus et des enjeux propres à ces domaines. Pour mener ses recherches, MISTEA est organisé, dans la période évaluée, en trois axes auxquels s'ajoute une cellule de production logicielle.

L'axe « Systèmes Dynamiques » développe des travaux en mathématiques déterministes et stochastiques et en automatique pour des modèles de nature biologique qui représentent le fonctionnement d'agro-écosystèmes. Quatre directions sont principalement étudiées dans cet axe avec la modélisation et l'analyse mathématique pour la dynamique de population ; la modélisation et l'exploration numérique de dynamiques agro-environnementales ; des algorithmes pour l'agriculture de précision ; et l'automatique pour les bioprocédés et la gestion des ressources.

L'axe « Probabilité-Statistique » développe des méthodes d'apprentissage statistique spécialisées pour le traitement de données issues de l'agriculture numérique. Cet axe a également une activité d'expertise et de modélisation statistique auprès des partenaires d'INRAE et de l'Institut Agro Montpellier. L'ensemble des travaux de cet axe se regroupe en trois thématiques principales que sont : statistiques pour données temporelles et longitudinales ; apprentissage pour l'agriculture numérique et l'agroécologie ; modélisation statistique et expertise.

L'axe « Informatique » développe des méthodes en ingénierie des connaissances et analyse de données en utilisant différents langages de représentation des connaissances. Les membres de cet axe produisent des modèles de données et de connaissances, des ressources sémantiques comme des graphes de connaissances qui s'appliquent typiquement en agronomie et en environnement. Quatre thématiques principales sont explorées dans cet axe : Méthodes et outils pour la modélisation des données et des connaissances ; gestion, publication, partage et utilisation d'ontologies et de ressources sémantiques ; conception, intégration, enrichissement et liage de graphes de connaissances et leurs applications ; données, connaissances et contraintes pour la résolution de problèmes et l'aide à la décision.

Enfin, la cellule OpenSILEX (Système d'Information pour L'Expérimentation) développe des méthodes de gestion de données fondées sur la sémantique pour des bases de données hétérogènes, de volume croissant. Ces méthodes combinent des systèmes de gestion de données graphes et du Big Data et intègrent les spécificités de données expérimentales provenant d'agronomie et d'environnement. La cellule assure également la formation et l'aide à l'utilisation de sa suite logicielle OpenSILEX.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Créée en 1982 à Montpellier sur le campus de l'ENSAM (École Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier), devenue l'actuel Institut Agro Montpellier (IA-M), le laboratoire s'est d'abord appelé Unité de Biométrie et développait alors une recherche principalement orientée en statistique appliquée à l'agronomie avant d'évoluer en 1998 en une unité mixte de recherche INRA/SupAgro Analyse des Systèmes et Biométrie (ASB), en intégrant une thématique scientifique supplémentaire avec la modélisation et la commande de systèmes dynamiques. Avec le développement d'activités autour de la représentation de la connaissance et des systèmes d'information, et une recherche en statistiques davantage orientée vers l'analyse de données fonctionnelles dès 2008, l'UMR prend son nom actuel en 2009, dont l'acronyme MISTEA rend compte de ses thèmes principaux.

Jusqu'en 2019, MISTEA était organisée en deux équipes informelles : GAMMA (Gestion, Analyse et Modèles pour les Masses de données en Agronomie) et MOCAS (Modélisation, Optimisation et Commande des Agro-Systèmes), faisant suite en 2016 à l'équipe projet INRAE/INRIA MODEMIC (Modélisation et Optimisation des Dynamiques des Écosystèmes MICrobiens). L'organisation actuelle de MISTEA en trois axes de recherche (Systèmes Dynamiques, Probabilité-Statistique et Informatique) et une cellule de production logicielle OpenSILEX date de septembre 2020.

Les membres de MISTEA sont soit des personnels de l'IA-M (4 membres permanents, au département SABP - Sciences pour les AgroBioProcédés) soit des personnels INRAE (21 membres permanents, au département MathNum). Après avoir été localisés dans deux bâtiments, ces personnels sont tous relocalisés, depuis septembre 2021, dans le seul Bâtiment 21 du campus de la Gaillarde, où ils occupent les 3^e et 4^e étages, ce qui a renforcé la cohésion de l'unité. Une extension au 2^e étage en 2024, et la perspective de fin de travaux de rénovation permettront d'accompagner l'augmentation des effectifs durant la période évaluée. L'unité dispose en outre d'espace supplémentaire avec des salles de convivialité, de réunion, de bibliothèque, ou des salles partagées sur le campus pour des cours ou des réunions.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

À toutes les échelles (institutionnelle, locale, régionale, nationale, européenne et internationale), MISTEA bénéficie d'un riche environnement.

En tant qu'unité INRAE, MISTEA fait partie du département MathNum qui mène des recherches en mathématiques, informatique, sciences de la donnée et technologies du numérique. MISTEA partage les missions de ce département transversal d'INRAE qui consistent à développer des recherches méthodologiques et appliquées de pointe, dans un cadre interdisciplinaire et transversal, pour la compréhension, la prédiction et l'aide à la décision sur des systèmes de toutes natures relevant des sciences du vivant, de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement en collaborant sur des thématiques très diverses avec des scientifiques de toutes disciplines au sein des autres départements d'INRAE ou de nombreux partenaires nationaux et internationaux.

En tant qu'unité IA-M, l'UMR MISTEA est rattachée au département SABP (Sciences pour les AgroBioProcédés), dont le directeur est également directeur adjoint de MISTEA et dont les activités sont à l'interface des axes « systèmes alimentaires durables » et « ingénierie prédictive du vivant » d'IA-M également étudiés par MISTEA.

L'unité se retrouve aussi dans les thèmes de l'i-site MUSE à la construction duquel ses deux tutelles ont participé et qui a débouché sur l'EPE Université de Montpellier (UM) dont MISTEA est membre du pôle de recherche MIPS (Mathématiques, Informatique, Physique, Systèmes) ainsi que, secondairement, du pôle AEB (Agriculture, Environnement, Biodiversité). Durant la période évaluée, MISTEA a activement participé aux LabEx Numev et Agro et s'est investie dans l'institut de convergence pour le développement de l'agriculture numérique #DigitAg, et les nouvelles structures locales que sont l'initiative Expos'UM, ou des projets de l'UM tels que MIPS-COLORS, MIPS-COGIT ou AEB-ASA. Avec ses recherches interdisciplinaires et transversales, MISTEA est naturellement intégrée dans l'écosystème scientifique montpelliérain, avec de nombreux projets partagés notamment autour de la filière Vigne et Vin, du phénotypage haut débit des plantes, de l'eau, de la santé des plantes, ou des agro-écosystèmes.

MISTEA participe à l'organisation de séminaires de recherche locaux et à l'animation de l'Institut de Science des Données de Montpellier (ISDM).

Au niveau régional, MISTEA est un des membres de la fédération d'animation de la recherche du CNRS (OcciMath) qui regroupe les unités de recherche en mathématiques de la région Occitanie.

Pour les grands programmes nationaux, MISTEA est co-responsable du projet méthodologique MCP2 de Phéno-Emphasis, infrastructure PIA qui développe des équipements et des méthodes de phénotypage haut débit en grande culture. L'axe Informatique de MISTEA collabore activement avec l'Infrastructure de Recherche nationale Data Terra, notamment sur le développement de EarthPortal.

Enfin, au niveau européen et international, la cellule OpenSILEX contribue activement à EMPHASIS pour le phénotypage des plantes. MISTEA collabore avec la Direction de la Science Ouverte d'INRAE pour coordonner un work-package sur les ontologies et les métadonnées dans le projet européen FAIR-IMPACT, et récemment dans le projet FIDELIS. MISTEA développe également plusieurs projets sur des thèmes variés (écologie, biodiversité, sciences humaines et sociales, télédétection) dans le cadre de la collaboration AgroPortal/OntoPortal. MISTEA est impliquée dans plusieurs projets européens tels que TECHCARE (bien-être animal) ou TITAN (transparence alimentaire).

EFFECTIFS DE L'UNITÉ : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2024

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	2
Maitres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	5
Chargés de recherche et assimilés	6
Personnels d'appui à la recherche	13
Sous-total personnels permanents en activité	28
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels non permanents d'appui à la recherche	14
Postdoctorants	3
Doctorants	15
Sous-total personnels non permanents en activité	33
Total personnels	60

RÉPARTITION DES PERMANENTS DE L'UNITÉ PAR EMPLOYEUR : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2024. LES EMPLOYEURS NON-TUTELLES SONT REGROUPÉS SOUS L'INTITULÉ « AUTRES ».

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
INSTITUT AGRO MONTPELLIER	3	0	1
INRAE	0	11	12
Autres	0	0	0
Total personnels	3	11	13

AVIS GLOBAL

Unité des départements MathNum d'INRAE et de SABP de l'IA-M, MISTEA développe des méthodes numériques innovantes pour proposer un continuum de solutions à des enjeux relevant d'agriculture numérique et d'agro-environnement, en parfaite adéquation avec les missions de ses tutelles. La réorganisation de l'unité en trois axes de recherche et une cellule de production logicielle en début de période évaluée s'est révélée très bénéfique. L'activité de l'unité est marquée par un riche environnement scientifique autour de ses thématiques phares à toutes les échelles, locale, nationale, internationale. MISTEA est engagée dans un grand nombre de partenariats, académiques ou non académiques, qui s'enchainent naturellement, et qui assurent à l'unité des ressources confortables.

Le comité souligne une production de très grande qualité. Cette production est publiée dans de très bons journaux internationaux de mathématiques, de statistiques ou des actes de conférences à fort impact en informatique ou en intelligence artificielle, certains étant parmi les tout meilleurs de leur domaine. Elle contient des contributions théoriques issues des trois axes de recherche, et motivées par des problématiques agronomiques ou écologiques telles que la calibration de modèles écologiques complexes combinant approximation bayésienne et analyse de sensibilité, l'obtention d'estimateurs optimaux à complexité polynomiale pour des données hétérogènes, typiquement issues de crowdsourcing d'acteurs écologiques, ou des stratégies d'allocation de culture par programmation par contraintes s'appliquant à de petites exploitations agricoles dans le cadre de leur transition agroécologique. Ces contributions sont l'objet de partenariats et de projets internationaux ou de collaborations internes à l'unité combinant avec succès les compétences des axes de l'unité. La

production de MISTEA comprend également des contributions logicielles avec la suite OpenSILEX qui structure, organise et hiérarchise des ressources numériques partagées. Il en résulte une production majeure de l'unité avec une très forte visibilité nationale et internationale. Massivement adoptée, elle a notamment conduit à la création de centres de ressources numériques dans les communautés du phénotypage végétal et de la filière viticole que les membres de la cellule accompagnent dans leur utilisation. Une autre production significative de l'unité est l'application Web de catalogage AgroPortal qui vise à l'hébergement de ressources sémantiques, dans les domaines de l'agriculture et de l'alimentation, et à l'organisation de leur interopérabilité en vue de leur réutilisation. Cette interface a lancé l'alliance internationale OntoPortal pour des déclinaisons du service dans d'autres domaines, témoignant de son succès.

Avec 28 membres permanents, l'effectif de l'unité est en légère hausse durant la période évaluée, au bénéfice des trois axes et de la cellule. Cet effectif est complété par un nombre important de membres non permanents, 135 personnes ayant fréquenté l'unité pendant la période. En particulier, le comité observe qu'une partie substantielle de l'activité de la cellule OpenSILEX repose sur une proportion significative d'ingénieurs CDD. Ce renouvellement fréquent des ingénieurs non permanents de la cellule est à l'origine de difficultés aussi bien pour les personnels concernés, que pour leur gestion ou pour la pérennisation des compétences dans la cellule, ce dont l'unité a bien conscience et qui motive des demandes de postes permanents en parallèle d'une réorganisation de la cellule déjà entamée, et qui reste à peaufiner à l'occasion de sa candidature au label Infrastructure Scientifique Collective d'INRAE. Malgré l'absence d'un vivier naturel à des étudiants candidats au doctorat ou d'un accès simple à des financements doctoraux, l'unité encadre des thèses dans tous ses axes de recherche, notamment grâce à une capacité d'encadrement accrue avec quatre HDR supplémentaires durant la période. Les débouchés de ces thèses sont des postdoctorats, ou des postes d'ingénieurs, enseignant, ou enseignant-chercheur.

Avec une direction renouvelée et étoffée, des axes renommés pour suivre l'évolution thématique de l'unité vers l'apprentissage hybride en statistique ou souligner le poids de l'automatique en parallèle des systèmes dynamiques, et des partenariats au cœur de sa stratégie scientifique, l'unité est un acteur reconnu, pour accompagner la transition numérique en agro-environnement par des méthodes innovantes au croisement des mathématiques, de l'informatique et de l'ingénierie des connaissances.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Concernant ses activités de recherche, le précédent rapport d'évaluation avait recommandé à MISTEA de privilégier quelques projets fédérateurs pour éviter la dispersion, la mise en valeur de la suite logicielle OpenSILEX et davantage d'actions de vulgarisation. Les projets de recherche, s'ils restent très nombreux, se concentrent sur des thèmes où l'expertise de MISTEA est grande. De plus, ces projets sont en adéquation avec les priorités des deux tutelles de l'unité et ils impliquent majoritairement plusieurs membres de l'unité pour garantir leur implantation dans la stratégie scientifique du laboratoire. La cellule OpenSILEX occupe désormais une place équivalente à celle d'un axe de recherche de MISTEA et est clairement identifiée dans la production et la stratégie scientifiques de l'unité. Cette position se traduit par une adoption large de la suite logicielle OpenSILEX par de nombreux acteurs, qu'ils soient internes ou externes à INRAE, déploiement accompagné par des actions de formation et de suivi des utilisateurs assurées par la cellule.

L'organisation de MISTEA a évolué conformément aux recommandations du précédent rapport. En effet, l'unité a pu se réunir dans un seul bâtiment et son fonctionnement interne a été formalisé avec un comité de direction et un conseil d'unité. La transversalité sur l'ensemble des axes de MISTEA recommandée pour les IR et IE n'a pu être mise en œuvre que partiellement, les compétences de ces personnels relevant davantage du développement de systèmes d'information propre à OpenSILEX et moins au calcul scientifique attendus dans les axes de l'unité. Toutefois, les collaborations entre la cellule et les axes de MISTEA, en particulier Informatique, se sont développées. L'accompagnement des IR et IE est bien assuré par des formations INRAE, des séminaires spécifiques et la poursuite de CATI CODEX. La vigilance recommandée sur la charge pesant sur le service d'appui administratif a pu être prise en compte par des recrutements de personnels et par la mise en place de nouvelles procédures administratives. Une nouvelle organisation du service d'informatique collective utilisant davantage les ressources INRAE a soulagé la charge sur ce service. La réorganisation de MISTEA en trois axes et une cellule s'est révélée bénéfique, et une dynamique collective est assurée avec des projets communs. En outre, plusieurs membres de l'unité émergent dans deux axes, prenant en compte le risque de cloisonnement pointé par le précédent rapport.

Durant la période évaluée, il y a eu quatre soutenances d'HDR et MISTEA maintient sa politique d'encouragement dans ce sens, conformément aux précédentes recommandations.

Les actions de vulgarisation recommandées par le précédent rapport se sont étoffées avec davantage d'interactions avec les établissements de l'enseignement secondaire (conférences, stages) ou supérieur (stages, hackathons), et des conférences grand public ou articles de vulgarisation dans des revues professionnelles ou grand public.

Deux autres recommandations concernant des difficultés restent présentes : le nombre d'ingénieurs en CDD, dont dépend en particulier le fonctionnement de la cellule reste important malgré des demandes répétées de postes permanents IR ou IE ; la simplification du montage financier de thèse reste également un enjeu, MISTEA n'étant pas éligible aux financements doctoraux de l'UM.

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

DOMAINE 1 : OBJECTIFS SCIENTIFIQUES, ORGANISATION ET RESSOURCES DE L'UNITÉ

Appréciation sur les objectifs scientifiques, l'organisation et les ressources de l'unité

L'unité a pour objectif de développer des méthodes numériques innovantes pour contribuer à de grands enjeux en agriculture numérique et agro-environnement, en parfaite adéquation avec les missions de ses deux tutelles. Pour réaliser ses objectifs, MISTEA s'est réorganisée en début de période en trois axes de recherche et une cellule de développement logiciel, ce qui s'est avéré très bénéfique. Elle a bénéficié d'une relocalisation dans un seul bâtiment, lui apportant davantage de cohésion. MISTEA dispose de ressources confortables avec de nombreux contrats, lui permettant notamment de recruter du personnel en CDD, dont la partie « développement logiciel » de son activité dépend substantiellement.

1/ L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents et elle s'organise en conséquence.

2/ L'unité dispose de ressources adaptées à ses objectifs scientifiques, à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.

3/ L'unité dispose de locaux, d'équipements et de compétences techniques adaptés à sa politique scientifique et à ses objets de recherche.

4/ Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.

Points forts et possibilités liées au contexte pour les quatre références ci-dessus

Les objectifs scientifiques de MISTEA sont en parfaite adéquation avec ses thématiques et savoir-faire. Son organisation lui permet de poursuivre des objectifs originaux couvrant un large spectre méthodologique et appliqué, des aspects mathématiques au développement logiciel. Ces objectifs visent le développement et la diffusion de méthodes mathématiques, statistiques et informatiques pour l'analyse et l'aide à la décision pour des systèmes agro-environnementaux répondant tout à fait au positionnement scientifique de ses tutelles. Ainsi, MISTEA s'inscrit dans le domaine « Science des données et Intelligence Artificielle pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement » de l'IA-M et tient une place importante de son axe « Ingénierie numérique ». L'unité inscrit ses objectifs dans les grandes orientations scientifiques d'INRAE et chaque axe et cellule de MISTEA contribue naturellement aux Grands Objectifs Scientifiques du département MathNum d'INRAE.

L'orientation scientifique de MISTEA est alignée avec le thème fédérateur « Nourrir, Soigner, Protéger » de l'UM, ainsi qu'avec ses initiatives autour de l'intelligence artificielle responsable. L'implication de l'unité dans l'institut de convergence #DigitAg et le réseau OccitaNum souligne l'importance de MISTEA dans le domaine de l'agriculture numérique au sein du tissu scientifique local. Il résulte des objectifs de MISTEA un positionnement scientifique, à la fois en phase avec ses tutelles, mais aussi original que ce soit au sein de ses tutelles ou en comparaison avec d'autres grandes unités françaises actives sur ces thèmes.

Avec une politique volontariste de participation active à des projets collaboratifs, MISTEA a construit un riche réseau scientifique tissé ces dernières années avec des acteurs clés, académiques et non-académiques, en agro-environnement, à toutes les échelles, locale, régionale, européenne et internationale, illustrant le rôle moteur de l'unité dans la numérisation de l'agroécologie. Cette stratégie scientifique de MISTEA résulte d'une construction collective impliquant toute l'unité par des discussions et échanges menés aussi bien au niveau des axes de recherche et cellule, qu'en conseil d'unité, assemblée générale et comité de direction.

Pour réaliser ses objectifs, l'unité dispose de ressources financières confortables avec une partie principale provenant de contrats et de projets (ANR, PIA, Instituts techniques et privés, PEPR, Région Occitanie, UE) et une partie secondaire des dotations récurrentes allouées par ses tutelles. Ces ressources récurrentes, de 150 k€ à 200 k€ par an, sont mutualisées pour le fonctionnement collectif de l'unité, pour financer des activités de recherche ne disposant pas de budget propre, ou, dans la période évaluée, pour les travaux de rénovation du bâtiment qui héberge l'unité.

L'unité est très active dans les réponses aux appels à projets auprès des différents financeurs locaux (i-site, LabEx, Région), national (ANR, CASDAR, PEPR, PIA) ou international (forte implication dans des projets européens), mais aussi avec des partenaires socio-économiques (contrats de gré à gré). L'unité a développé une forte expérience dans la construction de projets et une très bonne capacité à obtenir des financements. Il en résulte des ressources contractuelles, en hausse au cours de la période évaluée (plusieurs millions d'euros), et dont une proportion importante provient de projets compétitifs européens (H2020, Horizon Europe, Digital Europe, Infrastructures, EOSC, Farm2Fork) auxquels l'unité participe activement. Ces ressources permettent en particulier de financer des CDD IR et IE (450 personnes-mois) pour la cellule OpenSILEX ou pour le développement d'AgroPortal.

Les ressources humaines de l'unité se sont étoffées pendant la période évaluée dans toutes les catégories de personnels au bénéfice des trois axes de recherche, de la cellule OpenSILEX et des services d'appui. Parmi les chercheurs, il y a neuf arrivées pour quatre départs, contribuant au développement des trois axes de recherche.

Des ingénieurs permanents ont été recrutés pour accompagner le développement de la cellule OpenSILEX, qui a accueilli 34 ingénieurs CDD durant la période. Des personnels administratifs expérimentés sont également arrivés pour renforcer et stabiliser la gestion administrative de l'unité. Il y a également eu 36 doctorants (dont la moitié est hébergée à l'extérieur). Tous les personnels arrivant dans l'unité (90 dans la période) sont accompagnés pour une intégration dans un collectif avec un protocole d'accueil spécifique à chaque profil (chercheurs, ingénieurs, CDD, doctorants), et sont sensibilisés aux pratiques de l'unité. En particulier, les chercheurs arrivants sont intégrés aux projets en cours, co-encadrent des stagiaires puis doctorants. Les jeunes recrutés disposent de budget d'installation et d'un possible soutien du département MathNum d'INRAE.

Même s'ils ont vocation à évoluer encore avec le prochain achèvement de leurs travaux de rénovation, MISTEA dispose maintenant de locaux regroupés adaptés à ses besoins et propices à la recherche collaborative et interdisciplinaire qu'elle mène avec salles de réunions, espace de visioconférence, espaces collaboratifs. En matière d'infrastructures scientifiques, en plus des plateformes mises à disposition par ses tutelles ou par la communauté scientifique, MISTEA dispose des infrastructures innovantes adaptées aux besoins spécifiques de la recherche en agro-environnement liées à OpenSILEX pour la gestion de données expérimentales et à AgroPortal pour l'hébergement et le partage de ressources sémantiques.

Les personnels permanents de MISTEA sont accompagnés conformément à leur profil (chercheur, ITA) et à leur institution (INRAE ou IA-M). Ils sont également soutenus dans leur carrière par l'unité comme l'illustrent les douze promotions obtenues pendant la période évaluée dans les nombreuses catégories de personnels. Les personnels disposent des formations proposées par INRAE et IA-M, dont celles liées à la sécurité dans le laboratoire ou aux premiers secours en santé mentale. Durant la période évaluée, l'unité a organisé une évaluation de risques psychosociaux (RPS) à l'occasion de laquelle, quelques risques standards dans ce contexte ont été identifiés, ainsi que des risques plus spécifiques à MISTEA, cf. Points faibles ci-dessous. La parité, et plus généralement la place des femmes en sciences, est un sujet de réflexion au sein de l'unité et, de façon connexe, des actions sont également menées pour la lutte contre les discriminations et les violences sexistes et sexuelles (café Femmes mensuel, participation à un atelier d'autodéfense mentale, émotionnelle, verbale et physique). L'enjeu du développement durable est l'objet d'une promotion régulière de ses bonnes pratiques par une référente qui relaie aussi les informations sur cet enjeu dans MISTEA. Un bilan carbone effectué par l'unité identifie, sans surprise, les postes Missions, Achats puis Postes informatiques comme les plus émetteurs.

Au niveau de l'unité, une lettre d'information est envoyée chaque semaine par courriel avec des actualités, telles que les appels en cours et autres possibilités.

Points faibles et risques liés au contexte pour les quatre références ci-dessus

Si l'unité dispose jusqu'en 2025 de ressources budgétaires confortables, les évolutions de financement de la recherche en France font peser un risque sur le maintien de ressources comparables et même sur la capacité de l'unité à recruter du personnel avec des perspectives à la baisse du nombre de postes permanents ouverts aux concours, et les difficultés à maintenir dans la prochaine période le financement d'autant de CDD que durant la période évaluée. La baisse des budgets locaux avec la fin de certains labEx ou de l'Institut de convergence #DigitAg, remplacés par des projets de moindre ampleur (Programme Thématique Long de l'UM), contribue au même risque. Ce risque pèse en particulier sur l'activité de MISTEA qui dépend substantiellement de personnels non permanents. Par ailleurs, certains partenariats internationaux (États-Unis, Chine) sont susceptibles d'être affectés par les évolutions géopolitiques en cours.

Le volume d'Heures Complémentaires (HC) assuré par les enseignants-chercheurs (EC) de MISTEA est important et fait peser un risque sur leurs activités de recherche.

L'unité dispose d'un grand nombre d'ingénieurs (IR et IE), mais ils sont peu mutualisés et peu au service des axes de recherche. Cela s'explique par un nombre important d'ingénieurs en CDD financés sur des contrats qui orientent naturellement leurs activités vers les projets de la cellule OpenSILEX avec des compétences davantage tournées vers le développement de systèmes d'information plutôt que vers le calcul scientifique dont auraient besoin des axes de recherche. Durant la période évaluée, il y a eu une amélioration pour l'axe Informatique et son projet AgroPortal, mais les axes Probabilité-Statistique, et surtout Systèmes Dynamiques, restent sous-dotés malgré plusieurs demandes de support ingénieur dans la période évaluée, les empêchant de pleinement valoriser et diffuser leurs travaux de recherche par des productions logicielles abouties.

L'UM n'étant pas une de ses tutelles, MISTEA n'a pas d'accès direct aux financements doctoraux de l'ED I2S. En conséquence, l'unité doit s'adresser à de multiples guichets de financement, et il en résulte un montage financier des thèses qui reste très morcelé, et en général asynchrone, ce qui constitue un possible frein pour l'encadrement de thèse. En outre, dans certaines thématiques, il y a en plus des difficultés de recrutement de doctorants à cause de concurrences thématique (automatique et informatique) ou salariale (Intelligence artificielle).

La cellule OpenSILEX compte un grand nombre d'ingénieurs en CDD (34 au cours de la période évaluée pour un total d'environ 450 mois de contrats), ce qui crée un risque pour la dynamique de la cellule et une difficulté pour la projection à long terme de son développement. Pour pérenniser des compétences spécifiques nécessaires à sa production logicielle, la cellule a besoin de davantage de postes permanents. Afin de prolonger les durées de présence de ces personnels en CDD dans la cellule, ces ingénieurs basculent sur plusieurs projets, mais les conditions de renouvellement et l'incertitude que cela engendre ont été identifiées comme des sources de risques psychosociaux et créent également des difficultés de management. Il a résulté de l'identification de ce risque une nouvelle organisation de la cellule avec une réflexion autour du travail collectif, de la charge de travail ; une formation « encadrant.e.s de proximité », des groupes de paroles et des moments conviviaux ont également été proposés pour améliorer l'encadrement de ces personnels.

DOMAINE 2 : LES RÉSULTATS, LE RAYONNEMENT ET L'ATTRACTIVITÉ SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

Appréciation sur les résultats, le rayonnement et l'attractivité scientifiques de l'unité

MISTEA a une production de grande qualité et riche de plus de 250 articles de recherche durant la période. Ces derniers sont publiés dans de très bons journaux mathématiques, statistiques ou dans des actes de conférences à fort impact (informatique, intelligence artificielle). Sa production logicielle est l'objet d'une très forte visibilité avec la suite OpenSILEX dont l'adoption massive dans de nombreuses communautés témoigne du rayonnement ou encore le développement d'AgroPortal dont la mise à disposition à l'alliance internationale OntoPortal a permis des déclinaisons dans d'autres contextes (écologie, sciences de la terre, biodiversité). Ainsi, MISTEA est un acteur phare en modélisation pour l'agriculture numérique et l'agro-environnement.

1/ L'unité est reconnue pour ses réalisations scientifiques qui satisfont à des critères de qualité.

2/ Les activités de recherche de l'unité donnent lieu à une production scientifique de qualité.

3/ L'unité participe à l'animation et au pilotage de sa communauté.

4/ La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.

Points forts et possibilités liées au contexte pour les quatre références ci-dessus

L'unité jouit d'une forte reconnaissance pour ses réalisations scientifiques qu'elles soient méthodologiques ou appliquées, illustrant un positionnement original à l'interface de domaines disciplinaires et des domaines de l'agriculture, de l'environnement et de l'alimentation. Ses travaux autour de l'agriculture numérique ont profité dans la période évaluée de la dynamique de #DigitAg. Sur ce thème, les travaux ont porté sur l'organisation des données et la représentation de la connaissance, l'utilisation de méthodes d'apprentissage, d'approches d'IA hybrides ou l'alignement de variables scientifiques textuelles. Douze thèses ont été (co)-encadrées dans ce contexte. Les travaux portant sur l'environnement concernent des modèles d'eau pour l'agriculture, de réutilisation des eaux traitées ou d'écosystèmes lacustres. Ils sont l'objet de nombreux projets (ANR avec la Chine, région, labex, PEPR One Water en attente d'arbitrage). Dans ce thème, treize thèses ont été (co)-encadrées. Les partenariats avec la filière Vigne et Vin, initialement portés par un projet européen, et qui ont amorcé certaines recherches méthodologiques de l'unité ont été poursuivis pendant la période avec deux projets réussis (STARWINE puis DIGITWINE) financés par l'ANR et deux projets financés par le CASDAR (Vitis Explorer, STAR).

L'axe Systèmes Dynamiques a développé des travaux de mathématiques appliquées et d'automatique pour l'aide à la décision dans des modèles dynamiques et mécanistes appliqués à l'agroécologie, l'agriculture numérique et de précision, la gestion des ressources renouvelables, et les bioprocédés. L'axe est impliqué dans

de nombreux projets financés par l'ANR qu'ils soient théoriques (NOLO, NOCIME), plus appliqués (STARWINE suivi de DIGITWINE en lien avec la filière Vigne et Vin, ou CCOS sur la modélisation des herbivores), internationaux (ANSWER sur les écosystèmes lacustres en début de période, avec la Chine). D'autres types de projets sont également portés par l'axe (bien-être animal, réutilisation d'eaux retraitées par exemple), et en général des thèses ou de postdoc leur sont associés.

L'axe Probabilité-Statistique mène des travaux couvrant un large spectre de recherche statistique allant de la modélisation statistique et l'expertise aux statistiques pour données temporelles et longitudinales en passant par l'apprentissage hybride, avec pour but de répondre à de grands enjeux en agroécologie et en agriculture numérique. L'utilisation finale des travaux de l'axe est illustrée par le développement de packages et des publications dans des journaux spécialisés en agriculture ou environnement (Journal of Applied Ecology). L'axe a plusieurs partenaires internationaux (notamment Potsdam), il pilote notamment un projet plus méthodologique sur la théorie de l'apprentissage (ANR ASCAL avec l'Allemagne, projet européen pour l'innovation, Horizons Europe).

Les réalisations de l'axe Informatique sont au croisement de l'ingénierie des connaissances, du Web sémantique, de la modélisation, et consistent en le développement de méthodes et d'outils de gestion des connaissances, motivées par la transition numérique de l'agriculture et de l'environnement, issus de recherches qui s'articulent autour de l'exploitation des graphes de connaissances pour interconnecter des jeux de données hétérogènes. Ces recherches se situent à l'interface entre la production de données brutes, leur formalisation sémantique par l'utilisation d'ontologies et leur exploitation dans des applications variées. Une réalisation de premier plan de l'axe est le développement de la plateforme AgroPortal et sa mise à disposition à l'alliance internationale OntoPortal pour d'autres déclinaisons (écologie, sciences de la terre, biodiversité). L'axe est également impliqué dans de nombreux projets financés par Horizon Europe (TITAN, FAIR-IMPACT, MSCA Ochravine Control) ou par l'ANR (DACE-DL, D2KAB, CosWoT), ou encore par FranceAgrimer (VitisExplorer, STAR).

Durant la période évaluée, la cellule OpenSILEX s'est investie dans le développement de sa suite logicielle, reconnue pour être une solution innovante en gestion de données expérimentales de l'agronomie et de l'environnement. L'originalité réside dans une définition formelle des objets étudiés fondée sur des vocabulaires adaptés et contrôlés. À titre d'exemple, le système d'information Sixtine pour la gestion de données des unités expérimentales du végétal à INRAE est fondé sur OpenSILEX. Il en résulte une forte visibilité nationale et internationale pour OpenSILEX au sein de plusieurs communautés comme l'illustrent son utilisation dans de nombreuses communautés ou l'attribution des Lauriers INRAE de l'Innovation 2019 au responsable de la cellule.

Les fonctionnements de ces axes et de la cellule ne sont pas cloisonnés comme le montre par exemple la collaboration mutuellement bénéfique entre la cellule et l'axe Informatique pour l'articulation OpenSILEX et AgroPortal puis le travail de calibration de modèle écologique complexe par une méthode combinant approximation bayésienne par des forêts aléatoires et analyse de sensibilité entre les axes Probabilité-Statistique et Systèmes Dynamiques.

Avec des travaux à l'interface des mathématiques appliquées, des statistiques, de l'informatique et de leurs applications en agro-environnement, les modalités de valorisation des productions de l'unité prennent des formes variées : articles dans des journaux à fort impact (*J. London Math. Soc.*, *Ann. H. Lebesgue en Mathématiques générales*, *SPA*, *PTRF en Probabilités*, *Ann. Statistics*, *Bernoulli en Statistique*) ou conférences reconnues (COLT, ICML, NeurIPS en Apprentissage, IJCAI en Intelligence artificielle, KBS, Scientific Data, Applied Ontology en Science des données ou encore IFAC World Congress, IEEE CDC en Automatique), logiciels et packages publiés en open source sur des plateformes reconnues, avec documentation et maintenance assurées par l'unité pour en faciliter l'utilisation. Les travaux les plus appliqués sont publiés dans des journaux spécialisés pour leur assurer une bonne dissémination dans des communautés ciblées. La production de MISTEA est correctement équilibrée entre les trois axes de recherche, avec des nuances relevant principalement de pratiques différentes selon les communautés thématiques. Tous les membres de MISTEA participent à la production scientifique, et peuvent bénéficier, si nécessaire, de la dynamique collaborative prônée au sein de l'unité. Avec une priorité donnée au développement et à l'appui de sa suite logicielle, la production scientifique de la cellule OpenSILEX apparaît comme un cas spécial.

L'unité participe à former différents profils de personnes, étudiants en master, doctorants et post-doctorants, ingénieurs en CDD, apprentis en alternance ou personnels scientifiques par exemple dans le cadre du projet Emphasis-Go. Elle participe également à l'animation de sa communauté aussi bien localement par deux séminaires co-organisés et par le réseau SÉSAME que par la co-organisation de colloques (ANR, séminaire annuel du CATI SIP), de conférences nationales (Montpellier, Berceau de la Data Science en 2019, AgroHackathon 2022, Forum des jeunes mathématicien·ne·s 2024) ou internationales (par exemple PhenoHarmoniS 2024). Le rôle moteur de MISTEA dans la communauté autour des graphes de connaissance en agro-environnement s'illustre encore par sa co-direction d'un numéro de la revue *Frontiers in Artificial Intelligence*.

L'unité est impliquée dans plusieurs réseaux de recherche qu'elle anime au sein d'INRAE ou à Montpellier avec In-OVIVE. Elle participe au pilotage des structures de recherche dont elle est membre (labEx NUMEV, Dép. Math-Num d'INRAE, Dép. SABP d'IA-M), et à l'expertise scientifique (comité d'experts ANR, comités d'évaluation Hcéres, jurys de thèse et d'HDR, concours de recrutement de chercheurs ou d'EC). L'animation de sa communauté scientifique par MISTEA prend aussi la forme d'accueils de chercheurs confirmés ou débutants pour des durées plus ou moins longues. Enfin, certains de ses membres s'impliquent dans des sociétés savantes (AFPC, AFIA, Femmes et Mathématiques), des GDR et avec de nombreux partenaires en agro-environnement.

MISTEA place l'éthique scientifique et ses déclinaisons (science ouverte, traçabilité des résultats scientifiques et techniques) au cœur de sa stratégie de recherche. En particulier, l'unité applique les principes FAIR, qu'elle promeut auprès de ses partenaires et au sein de la communauté scientifique, par exemple en jouant le rôle d'accompagnateur sur ces sujets dans le cadre de projets européens (FAIR-IMPACT, FIDELIS). Elle a en particulier produit une méthode d'évaluation du niveau de FAIRness pour les ressources sémantiques. Concernant la science ouverte, MISTEA dépose ses ressources sur des plateformes reconnues (Data Gouv, GitHub, Gitlab ou CRAN, AgroPortal), dépose ses prépublications sur les serveurs HAL, arXiv ou bioRxiv et publie ses résultats dans des journaux respectant les standards de la qualité scientifique et aussi le plus souvent, les principes de science ouverte. Cette stratégie de l'unité trouve encore son illustration dans le développement des plateformes AgroPortal ou OpenSILEX.

Points faibles et risques liés au contexte pour les quatre références ci-dessus

Comme observé à l'occasion du Domaine 1, il y a un déséquilibre de valorisation de la production scientifique de l'unité au détriment de l'axe Systèmes Dynamiques dont les travaux ne sont pas pleinement valorisés ni diffusés par des productions logicielles abouties par manque d'ingénieurs de recherche ou d'étude avec des compétences en calcul scientifique. Il y a également un manque d'ingénieurs dans l'axe Informatique notamment pour prendre des responsabilités dans AgroPortal, ce qui est source d'un risque pour le développement de logiciels et diminue en conséquence fortement le potentiel de transfert et de diffusion des connaissances.

L'orientation de la cellule OpenSILEX vers le développement, la maintenance de sa suite logicielle et la formation, le suivi des utilisateurs, l'éloigne d'une participation régulière à des conférences internationales avec acte. Cette activité de communication en retrait constitue un point de vigilance pour la visibilité d'OpenSILEX.

L'unité a de nombreux projets (47 durant la période évaluée), mais majoritairement elle n'est pas porteuse de ses projets (18 projets portés). En particulier, trois projets européens et aucun PIA sont portés par MISTEA sur les respectivement quatorze et six auxquels elle participe. L'accès à ces projets serait davantage sécurisé si l'unité était plus fréquemment porteuse de ses projets, et cela constitue un point de vigilance. Cela est en particulier vrai pour les partenariats noués avec des partenaires socio-économiques : ceux-ci sont souvent lancés par l'intermédiaire de collaborateurs académiques de l'unité, comme l'UMR Sciences Pour l'Enologie de l'INRAE (Montpellier) qui associe régulièrement MISTEA à ses projets, en raison de ses compétences numériques.

DOMAINE 3 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

Appréciation sur l'inscription des activités de recherche de l'unité dans la société

Par son positionnement scientifique en agriculture numérique et agro-environnement, MISTEA a naturellement de nombreuses interactions avec les domaines de l'agriculture, de l'alimentation, de l'environnement. Elle développe des produits avancés (OpenSILEX, AgroPortal) qui sont mis à disposition de ces communautés qu'elle forme et accompagne dans leurs utilisations. Elle assure une activité de modélisation et expertise statistiques pour des partenaires non académiques. L'unité participe régulièrement à des activités de vulgarisation ou de médiation, notamment sur l'intelligence artificielle, l'environnement, à l'adresse des plus jeunes (scolaires) ou du grand public.

1/ L'unité se distingue par la qualité de ses interactions avec le monde culturel, économique et social.

2/ L'unité développe des produits et des services à destination du monde culturel, économique et social.

3/ L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

Une grande motivation de l'activité de MISTEA concerne des enjeux agro-environnementaux en lien notamment avec la gestion des ressources naturelles (eaux et forêts), des procédés agroalimentaires (fermentation du vin) et environnementaux (traitement de l'eau), l'agriculture de précision, l'agroécologie, ou le bien-être animal. Très naturellement, l'unité entretient donc, grâce à des partenariats interdisciplinaires au cœur de son activité, des liens étroits avec des partenaires non académiques de ces domaines (projets CASDAR Vitis Explorer, ClimHans et STAR, projet FUI NV2, projet Sun Agri 3, et projet H2020 TechCare). Parmi ces partenaires figurent l'Institut Français de la Vigne et du Vin, l'institut Terres Inovia, l'ADEME (pour le développement OpenSILEX), l'OFB, EDF, le Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (sur la gestion de la qualité de l'eau), des sociétés de la filière vigne et vin (Moët Hennessy, Lallemand, PARSEC, ou DIAM Bouchage), la Société Nationale de Protection de la Nature (sur les écosystèmes lacustres), ADISSEO (sur le bien-être animal). Les partenariats avec le monde culturel, économique et social sont donc essentiels à l'activité de MISTEA, aussi bien pour accéder à des données que pour participer à définir scientifiquement les objectifs interdisciplinaires que l'unité s'assigne. De plus, à l'occasion de ces partenariats, des thèses ont été en général co-encadrées ou du personnel de ces sociétés a été accueilli en stage ou en formation au sein de l'unité, prolongeant les liens tissés.

Conformément à ses objectifs, l'unité s'assigne la valorisation de ses travaux scientifiques par des réponses abouties à ses partenaires socio-économiques. Elle met également à disposition d'acteurs non académiques son expertise concernant la gestion des données et des connaissances, leur exploitation, le Web sémantique, la conception, la publication et l'utilisation de ressources sémantiques. Le produit phare de MISTEA mis à disposition du monde socio-économique reste sa suite logicielle OpenSILEX dont la cellule assure l'aide à l'utilisation, mais aussi AgroPortal, qui grâce à l'alliance OntoPortal, inspire des déclinaisons dans d'autres domaines (écologie, sciences de la terre, biodiversité). La valorisation de l'activité de l'unité trouve également une illustration dans la création de la société ID2L par un de ses membres pour le transfert de technologies développées au sein de l'unité vers le domaine du phénotypage et l'analyse de données agricoles. Soulignons encore que MISTEA a également contribué à la normalisation internationale des systèmes d'information agricoles par sa participation à un comité technique de l'AFNOR. Enfin, pour rendre accessibles les résultats de ses recherches et possible leur mise en œuvre effective, l'unité diffuse ses résultats dans des revues techniques destinées aux professionnels des domaines non académiques de ses partenaires, assurant que ses productions les plus abouties soient connues des professionnels ciblés.

L'unité partage ses connaissances avec le grand public par des actions variées. Dans le cadre scolaire, elle assure des conférences en collège et en lycée visant à faire découvrir les métiers de la recherche et à sensibiliser les filles aux métiers du numérique (programme DigiFilles de #DigitAg) ; des stagiaires du secondaire sont également accueillis dans l'unité (programme Apprentis chercheurs). À destination d'étudiants du supérieur, des membres de l'unité ont participé à l'organisation de plusieurs Hackathons ou à des projets TIPE de classes préparatoires, sur des sujets en lien avec l'environnement. Enfin, l'unité a également des actions à destination de larges publics que ce soit de la vulgarisation pour du public spécialisé (filière Vigne et Vin), du grand public (articles réguliers dans la revue Quadrature, ou livre de mathématiques grand public), ou en intervenant dans des débats de société sur l'impact de l'IA (table ronde pour public citoyen sur l'impact de l'IA, maintenance d'une Foire aux questions en ligne sur l'IA). L'unité communique aussi sur ses travaux et son activité avec des vidéos (YouTube) de présentation.

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

Pendant la période évaluée, l'unité a renforcé ses interventions dans le débat public. Cependant, compte tenu de l'expertise de l'unité et des domaines sur lesquels elle mène ses recherches, l'unité a probablement matière à intervenir encore plus sur les thèmes à fort impact que sont l'écologie et l'environnement et l'enjeu de l'éthique en intelligence artificielle.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

En début de période, MISTEA s'est réorganisée en trois axes de recherche et une cellule de développement logiciel avec l'ambition d'être un acteur reconnu de la transition numérique de l'agro-environnement. Cette réorganisation, la relocalisation de l'unité dans un seul bâtiment, ainsi que l'enrichissement de chaque axe, en matière de personnels et de titulaires de l'HDR, a bien permis à l'unité de rendre ses activités plus visibles, et de faciliter ses partenariats, disciplinaires et appliqués. Il reste à combler un déficit en ingénieurs en calcul scientifique.

Au cours de la période évaluée, la thématique de l'élevage numérique a émergé. Cette thématique, développée en lien avec l'institut de convergence #DigitAg, mobilise les compétences de l'unité en analyse de modèles aléatoires et algorithmes stochastiques et a donné accès à de nouveaux partenariats à MISTEA. L'unité a également développé une activité sur les écosystèmes lacustres, profitant de la création d'un département consacré à l'eau au sein d'INRAE. Par contre, l'occasion, en début de période, de développer des partenariats avec des pays du Sud ou de l'Asie s'est heurtée à la combinaison de la crise sanitaire due à la COVID-19 et d'une prise de conscience écologique impactant les déplacements lointains. Durant la période, l'implication de l'unité dans l'enseignement s'est développée avec le montage d'un parcours «Data manager for agro-environmental projects» au sein de l'IA-M, l'unité a également étoffé ses actions de vulgarisation.

Les développements conjoints d'une part des sciences des données pour les données massives et hétérogènes en lien avec les sciences du vivant et d'autre part des modèles descriptifs et prédictifs de plus en plus précis permettent à l'unité de se projeter dans une recherche interdisciplinaire répondant à des enjeux à fort impact sociétal et environnemental dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement, dont une ouverture vers le bio-contrôle. Méthodologiquement, l'unité entend développer des jumeaux numériques, l'apprentissage robuste et l'hybridation de méthodes d'apprentissage avec des méthodes et modèles mécanistes ou des approches symboliques, répondant au positionnement stratégique de MathNum d'INRAE.

Le projet scientifique de l'unité s'appuie sur des perspectives de capacité d'encadrement accrue, sur davantage de collaborations interdisciplinaires internes à l'unité, avec des recrutements aux interfaces thématiques, et sur la construction de projets interdisciplinaires fédérateurs. Les objectifs de l'unité sont d'améliorer la diffusion, la valorisation et l'impact de ses recherches, d'ouvrir de nouvelles possibilités de partenariats aux différentes échelles (PEPR, programmes INRAE, Horizon Europe), tout en maintenant un ancrage local avec l'UM. L'unité entend également stabiliser ses plateformes logicielles OpenSILEX et AgroPortal en tant que services pérennes à fort impact dans la gestion des données et des connaissances en consolidant leurs liens avec les grandes infrastructures de recherche, notamment par des actions de transfert renforcées dans des secteurs appliqués (viticulture, phénotypage).

Pour mettre en œuvre son projet, l'unité se réorganise avec une équipe de direction étoffée pour mieux répartir les efforts, des axes renommés pour accompagner leurs évolutions thématiques, des perspectives d'effectif permanent en hausse avec une priorité pour des supports ingénieur pour développer l'impact de sa production scientifique (Systèmes Dynamiques, Informatique, OpenSILEX). Dans un premier temps, elle pourra s'appuyer sur un budget sécurisé par ses succès récents aux AAP Horizon Europe que l'unité souhaite prolonger en s'impliquant davantage dans des PEPR (One Water, Math-ViVES, Agroécologie et Numérique).

L'axe nouvellement renommé «Systèmes Dynamiques et Automatique» compte développer quatre thématiques principales :

- Modélisation microbienne à l'échelle intracellulaire : thème appliqué et historique de l'axe dans lequel la théorie de la commande optimale est utilisée pour modéliser les mécanismes évolutifs. Ce thème est lié aux projets DigitWine et NOLO financés par l'ANR.
- Méthodes de calibration pour des modèles complexes : ce thème entend calibrer des jumeaux numériques de systèmes complexes, à partir de méthodes bayésiennes pour lesquelles des questions de méta-modélisation seront abordées.
- La présence d'irrégularité à toutes les échelles dans les modèles étudiés crée des difficultés méthodologiques que l'axe entend résoudre par la détection de ruptures servant à estimer ces irrégularités à partir des données.
- Étude de l'hétérogénéité spatiale dans les systèmes complexes et modèles de compartiments sur des graphes d'interconnexions complexes, en collaboration avec plusieurs partenaires internationaux (États-Unis, Belgique).

L'axe renforcera également ses applications et le transfert de ses travaux de recherche, en lien avec plusieurs projets (ANR DigitWine et NOCIME), ainsi que la mise à disposition d'outils numériques avec un support ingénieur supplémentaire souhaité au sein de l'axe.

Conformément à son nouveau nom, l'axe « Probabilité-Statistique » prévoit de se renforcer en Apprentissage et modélisation statistiques en interaction avec les enjeux en agriculture et en environnement en laissant le thème historique de l'analyse pour les données fonctionnelles au second plan. En lien avec les PEPR Agroécologie et Numérique, One Water et le projet Horizon Digit4Live, l'axe utilisera l'apprentissage pour améliorer la prise de décision dans des contextes agricoles. Une nouveauté concerne l'apprentissage hybride profond afin d'assimiler des données complexes hétérogènes et multi-échelles pour développer des jumeaux numériques en agro-environnement, en lien avec de nombreux projets de l'unité. Des arrivées (1 CR, 1 MCF) sont espérées pour alimenter cette dynamique. La thématique modélisation statistique entend coupler des modèles statistiques et des modèles déterministes et incorporer des aspects apprentissage dans ses activités d'expertise, ainsi que rendre opérationnelle l'analyse de sensibilité pour des modèles spatio-temporels afin de finaliser davantage ses projets.

L'axe Informatique prévoit de renforcer les liens entre AgroPortal et OpenSILEX, pour favoriser la visibilité des ressources sémantiques et la réutilisation/normalisation des variables scientifiques formalisées dans les systèmes de gestion de données. L'axe prévoit de développer des approches hybrides, en combinant apprentissage machine et IA symbolique. La constitution et l'exploitation de données restant au cœur des activités de cet axe, il souhaite renforcer méthodologiquement le thème fédérateur des graphes de connaissances et ainsi répondre à la demande croissante des communautés scientifiques pour traiter des données en agro-environnement. Par ces travaux à l'interface entre recherche fondamentale et développement technologique, MISTEA entend se confirmer comme un acteur clé pour relever les défis scientifiques et sociétaux liés à l'exploitation des connaissances dans l'agriculture numérique et la transition agroécologique. En outre, l'objectif majeur de l'axe concerne la représentation sémantique des variables scientifiques pour améliorer l'interopérabilité de modèles hétérogènes et s'appuie sur l'instance OpenSILEX et la plateforme AgroPortal. Accompagnés d'actions méthodologiques, et de développements algorithmiques, les travaux porteront sur la modélisation conceptuelle, le développement de liens OpenSILEX/AgroPortal, et la définition d'un cycle de vie des variables. L'axe Informatique poursuivra son engagement dans deux initiatives structurantes majeures (projets européens CEADS et FIDELIS) et accompagnera des communautés scientifiques pluridisciplinaires pour la structuration et la publication de données FAIR.

Avec une nouvelle animation scientifique dès 2025, la cellule OpenSILEX a pour objectif de rester une référence pour la gestion de données et continuera d'être étroitement liée aux projets en cours PHENOME-EMPHASIS (ANR), PHENET (EU), AgroEcoPhen (PEPR), STAR (CASDAR), Crops Life (EU), AIC FermentON, Ferments du futur. Pour pérenniser OpenSILEX, les priorités de la prochaine période sont l'obtention d'un label ISC (Infrastructure scientifique collective) et le déploiement et l'accompagnement des communautés utilisatrices d'OpenSILEX afin de garantir une meilleure qualité de service. Pour cela, la cellule prévoit d'accompagner ses partenaires tout au long du processus d'utilisation d'OpenSILEX, avec en particulier le développement de fonctionnalités spécifiques au profit des différentes communautés. Dans un deuxième temps, la cellule poursuivra ses recherches autour des graphes de connaissances et des ressources sémantiques, en interaction avec l'axe Informatique et ses partenaires pour développer des fonctionnalités innovantes (inférence, architecture) de la suite OpenSILEX, et elle prévoit de publier l'ontologie d'application de la suite OpenSILEX v2.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

RECOMMANDATIONS CONCERNANT LE DOMAINE 1 : OBJECTIFS SCIENTIFIQUES, ORGANISATION ET RESSOURCES DE L'UNITÉ

L'unité inaugure une nouvelle équipe de direction constituée d'un DU, de plusieurs DU adjoints, d'un comité direction et d'un comité de pilotage. Le comité recommande de veiller à ce que cette direction élargie inclue tous les personnels dans ses discussions et qu'aucun membre de l'unité ne se sente à l'écart de la prise de décision. Il convient également de bien communiquer sur les périmètres d'action des DU adjoints pour faciliter le travail de l'équipe de gestion administrative de l'unité.

Concernant l'évolution de ses effectifs, le comité recommande de murir un profil Intelligence artificielle ou Apprentissage en lien avec l'accompagnement des transitions pour une demande de poste MCF à l'IA-M. Pour des postes d'ingénieur (IR ou IE) permanents qui sont nécessaires pour pérenniser OpenSILEX, renforcer Agro-Portal, ou pour valoriser des travaux de l'unité avec des compétences en calcul scientifique, le comité recommande d'explorer la possibilité de mobilité interne INRAE, et de mener une veille proactive sur de telles occasions tout en privilégiant des profils assurant une possible transversalité de ces ingénieurs. Concernant le ratio homme/femme parmi les membres de MISTEA, le comité salue le travail de l'unité sur le thème de la place des femmes dans le numérique et recommande de veiller à ce ratio parmi les personnes en thèse.

Au sujet des doctorants, le comité recommande à l'unité d'exploiter davantage les missions d'enseignement à l'IA-M et de s'assurer que cette possibilité soit mieux connue. De telles missions permettraient aussi d'alléger le lourd volume d'HC des EC de l'unité.

L'unité, et en particulier sa cellule OpenSILEX, compte un nombre substantiel d'ingénieurs (IR, IE) en CDD sur des contrats de six mois qui sont très généralement reconduits au moins une fois. Le renouvellement fréquent de ces contrats courts a été identifié comme une source de stress, une difficulté de management, et de travail de gestion administrative. Cette rotation d'effectifs constitue aussi une possible entrave à des évolutions en profondeur de la suite logicielle OpenSILEX. Le comité recommande donc à l'unité d'explorer la possibilité de proposer directement des contrats plus longs (1 an). De tels contrats seraient également plus attractifs.

L'unité pourrait profiter de la candidature au label ISC d'INRAE pour peaufiner le fonctionnement de sa cellule OpenSILEX. En particulier, le comité encourage l'unité à poursuivre le travail engagé par la rédaction d'un guide d'accueil de la cellule pour accompagner les nouveaux personnels au sein de la cellule.

Le comité recommande à l'unité de bien identifier les appels à projets locaux auxquels elle est éligible (i-site, EPE) et d'utiliser au mieux ces possibilités (par exemple le financement d'écoles thématiques pour les doctorants par l'ED I2S).

RECOMMANDATIONS CONCERNANT LE DOMAINE 2 : LES RÉSULTATS, LE RAYONNEMENT ET L'ATTRACTIVITÉ SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

L'unité est impliquée, avec succès, dans de nombreux projets, en particulier pour sa taille (moins d'une trentaine de permanents), ce pour quoi le comité la félicite. Même si la nature de ces projets et les compétences de ses membres préviennent un risque de dispersion thématique, le comité recommande à l'unité de rester vigilante sur ce risque pour maintenir un haut niveau de résultats. De façon à valoriser au mieux ses travaux, le comité encourage l'unité à recruter des ingénieurs (IR, IE) avec un profil calcul scientifique ou des profils autorisant davantage de transversalité de ces ingénieurs sur l'ensemble de l'unité. Il recommande également de veiller à un bon équilibre entre activité d'expertise et activité de recherche.

Le nombre d'encadrants de thèse possibles de l'unité est un facteur d'attractivité pour l'unité. Celui-ci a été amélioré avec quatre soutenances d'HDR durant la période évaluée, notamment grâce à une politique d'encouragement de MISTEA que le comité recommande de poursuivre.

En l'absence de vivier local naturel pour des doctorants, le comité recommande à l'unité d'identifier des formations pertinentes pour créer un réseau auquel diffuser les possibilités de stages et de thèse. Concernant le financement des thèses, qui restent une difficulté de l'unité, en l'absence d'éligibilité au financement doctoral de l'ED I2S, le comité encourage l'unité à rester vigilante sur toute possibilité de financement, en particulier quand certains guichets disparaissent, par exemple en explorant la possibilité de sujets de thèse impliquant deux départements INRAE, pour lesquels des financements partiels spécifiques existent.

En tant qu'unités montpelliéraines, des laboratoires partenaires naturels locaux de MISTEA pourraient être, ou sont, l'IMAG (UMR CNRS 5149), ITAP (UMR INRAE 1463), l'antenne montpelliéraine d'INRIA. Le comité recommande à MISTEA d'explorer ou d'approfondir les possibilités de collaborations, en particulier en statistique et en systèmes dynamiques avec l'IMAG et pour des projets sur les transitions de l'agriculture avec l'ITAP. Comme MISTEA et ITAP partagent le même bâtiment et émargent au même département MathNum d'INRAE et au même département SABP d'IA-M, ces collaborations pourraient émerger naturellement.

RECOMMANDATIONS CONCERNANT LE DOMAINE 3 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

Par son positionnement scientifique, MISTEA a naturellement de nombreuses interactions avec des acteurs non académiques et met à leur disposition des outils avancés (suite logicielle OpenSILEX, application Web de catalogage AgroPortal), ce pour quoi le comité félicite l'unité. Concernant la vulgarisation, et la médiation, l'unité a renforcé ses activités durant la période évaluée, mais conserve une marge de progression que MISTEA prévoit d'exploiter. L'unité se positionne comme un acteur de premier plan sur la transition de l'agriculture, et elle est soucieuse des enjeux éthiques en intelligence artificielle. Il s'agit de sujets de société primordiaux sur lesquels l'unité peut apporter des éclairages pertinents et le comité l'encourage en ce sens.

ÉVALUATION PAR AXE

Axe 1 : Informatique

Nom du responsable : M. Clément Jonquet

THÉMATIQUES DE L'AXE

L'axe Informatique développe des approches dans les domaines de l'ingénierie des connaissances et de la programmation par contraintes pour la représentation de connaissances expertes, la modélisation de données et l'aide à la décision dans les domaines de l'agriculture numérique et de l'environnement. Il s'organise selon les quatre thématiques suivantes :

- le développement de méthodes d'ingénierie des connaissances pour la représentation de données et de connaissances agronomiques ;
- la gestion, la publication, l'utilisation d'ontologies et de ressources sémantiques ;
- la conception, le peuplement, l'enrichissement et le liage de graphes de connaissances ;
- le développement d'outils d'aide à la décision fondés sur des connaissances pour résoudre des problèmes à forte combinatoire.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations du précédent rapport concernaient l'unité dans son ensemble, les axes actuels n'ayant pas encore été créés. On reprend ci-dessous celles pouvant s'appliquer à l'axe Informatique.

« La suite logicielle OpenSILEX (...) mériterait d'être plus mise en valeur en dehors de l'unité, au même titre que la production scientifique des axes "Probabilité-Statistique" et "Systèmes dynamiques", au travers d'autres canaux que les revues académiques »

Les activités de recherche de l'axe se sont concentrées sur huit projets de recherche structurants - auxquels d'autres axes MISTEA participaient également - sur des questions d'usage et d'évaluation de ressources sémantiques pour l'interopérabilité des données, de liage de données, d'ingénierie ontologique, ou encore de développement de modèle prédictif pour la prévention de risques sanitaires en agronomie. Ces projets ont permis de développer des travaux cohérents avec les quatre thèmes de l'axe, en lien avec les autres axes de l'unité et la cellule OpenSILEX. L'axe s'est également impliqué dans plusieurs actions de vulgarisation de l'IA auprès du grand public.

« Il pourrait être envisageable de favoriser la transversalité entre les axes de ces compétences, en considérant que ces personnels peuvent appuyer la recherche dans différents axes ou en fluidifiant les échanges entre ces personnels suivant une structuration informelle. »

L'axe a recruté un ingénieur en CDD pour assurer le développement et la maintenance d'AgroPortal. Un poste d'IE/IR a été demandé et une relocalisation de l'hébergement d'AgroPortal en interne INRAE a été amorcée pour pérenniser cette application structurante.

« La réorganisation de l'unité selon trois axes disciplinaires est naturelle et prometteuse. Il faudra néanmoins veiller à ce qu'elle ne conduise pas au cloisonnement, mais au contraire qu'elle contribue à améliorer l'équilibre entre les différentes activités de recherche fondamentale et appliquée, ainsi que de développement informatique avancé. »

La réorganisation de l'unité en trois axes et une cellule a été profitable : les collaborations internes à l'axe sont renforcées et les interactions avec les autres axes restent vives, notamment avec OpenSILEX, grâce aux projets communs. L'axe a recruté deux chercheurs permanents dont l'un a été promu DR au cours de la période d'évaluation. Ceci a contribué à renforcer significativement les capacités d'encadrement de l'axe. Le financement des thèses, en revanche, reste tributaire des projets acceptés et des guichets de financement existants. Le rattachement récent de l'unité à l'ED GAIA pourrait contribuer à améliorer cette situation.

EFFECTIFS DE L'AXE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2024

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maitres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	2
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	6
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels non permanents d'appui à la recherche	4
Postdoctorants	0
Doctorants	3
Sous-total personnels non permanents en activité	8
Total personnels	14

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'axe

L'axe est très dynamique, avec de fortes compétences en ingénierie des connaissances et Web sémantique. Ses activités et sa production scientifique sont bien réparties, entre contributions méthodologiques et applicatives, valorisées en particulier par des conférences reconnues du domaine. Il a connu une forte accélération de son activité au cours de la période d'évaluation, avec l'arrivée de plusieurs permanents et de nombreux projets acceptés qui ont permis de soutenir les activités de recherche et de développement par des recrutements de CDD. Ses membres sont très investis dans leur communauté scientifique et participent à des activités de vulgarisation auprès du grand public.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le point fort de l'axe réside dans sa capacité à proposer des approches innovantes pour l'interopérabilité, la diffusion et l'exploitation de données et de connaissances scientifiques en agronomie et en écologie. Ses contributions couvrent un spectre large, allant de propositions méthodologiques, telles que la méthodologie de développement d'ontologies ACIMOV, au développement et à la mise à disposition d'outils, comme la plateforme AgroPortal, ainsi que de ressources destinées à la communauté scientifique, notamment des ontologies de référence telles que C3PO ou PPDO et des graphes de connaissances, par exemple celui produit à partir des Bulletins de Santé du Végétal. Cette stratégie permet à l'axe d'être reconnu au niveau national et international en dépit de sa taille relativement petite, et d'être attractif comme en témoignent les recrutements récents. Ses travaux sont fortement structurés par le portage de projets ou de lots de travail dans des projets nationaux (ANR ou France Agrimer) ou européens (Horizon Europe).

Au cours de la période d'évaluation, l'axe a mis à profit les projets D2KAB (ANR) et FAIR-IMPACT (Horizon Europe) pour enrichir la plateforme AgroPortal de nouvelles fonctionnalités sur la base des développements méthodologiques proposés par l'axe et améliorer son interface, engager le transfert de son hébergement vers une solution INRAE et augmenter considérablement le nombre de ressources sémantiques hébergées. La plateforme est désormais interconnectée avec l'entrepôt DataINRAE et OpenSILEX, et est destinée à devenir un composant de référence pour l'échange de données agricoles dans l'espace européen grâce au projet CEADS. Les

améliorations réalisées sont transférées vers l'OntoPortal Alliance, bénéficiant ainsi à d'autres communautés scientifiques.

L'axe a également su tirer pleinement profit de ses interactions avec la cellule OpenSILEX pour fonder ses recherches sur la création de graphes de connaissances, leur liage et le développement de ressources sémantiques en agronomie et en écologie sur des jeux de données gérés par la cellule OpenSILEX. Cette collaboration forte s'avère fructueuse à plusieurs titres pour l'axe : d'une part, elle apporte de nombreuses questions de recherche en représentation de connaissances et liage de données ; d'autre part, elle fournit de nombreux cas d'usage réels permettant d'ancrer les travaux méthodologiques dans des problématiques de gestion de données scientifiques concrètes et d'améliorer l'interopérabilité des jeux de données mis en œuvre.

Cette capacité à allier contributions méthodologiques et développements applicatifs concrets aboutit à 39 articles ou actes de conférence et des data papers, dans de bonnes revues spécialisées (telles que *Frontiers in Artificial Intelligence*, *Journal of Applied Ecology*, *Scientific Data*, *Knowledge-Based Systems*, etc.) et conférences reconnues (comme ISWC, ESWC, FOIS, etc.), mais aussi de nombreux partenariats académiques et privés, nationaux et internationaux et un taux de succès important, que ce soit en tant que porteur ou en tant que partenaire, sur des appels à projets exigeants au niveau européen et national (comme le projet Horizon Europe FAIR-IMPACT, l'ANR DACE-DL). Les financements obtenus durant la période ont permis de soutenir la mise en production des développements méthodologiques de l'axe. Celui-ci peut désormais valoriser la plateforme AgroPortal pour asseoir ses recherches à venir et se positionner comme acteur majeur de la gestion de données agronomiques et environnementales en France et en Europe.

Points faibles et risques liés au contexte

Si les collaborations entre les trois premiers thèmes présentés semblent évidentes et se manifestent au travers de publications communes, l'activité sur l'exploration pour des données en agroécologie paraît plus isolée au sein de l'axe. Ceci peut être dû à la création récente de l'axe dont la dynamique de travail est encore portée par des projets antérieurs à celle-ci.

L'activité de l'axe est fortement structurée par les projets partenariaux qu'il porte ou auxquels il participe. Ceux-ci financent la majeure partie des développements et des encadrements d'étudiants de ses membres. L'axe a donc mis en place une organisation efficace pour répondre aux appels à projets, qui repose sur ses membres plus expérimentés, un réseau historique de partenaires et le soutien logistique des personnels supports. Toutefois, cette organisation est soumise au risque d'éventuelles évolutions des possibilités de financement, des disponibilités des personnels.

L'axe a fait part de ses difficultés pour trouver de bons candidats de thèses ou de postdoctorats, en l'absence de vivier de recrutement naturel à l'université ou à l'IA-M. Cette difficulté s'ajoute à celle liée au morcellement des financements de thèses et à la disparition annoncée de l'un de ses principaux guichets de co-financement.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'AXE

Le comité souhaite souligner que l'axe a été créé fin 2020 lors de la réorganisation de l'unité précédente et qu'elle a depuis intégré de nouveaux chercheurs. Il s'agit donc d'un axe qui est encore relativement jeune et qui réunit des expertises complémentaires en Web sémantique, ingénierie des connaissances et programmation par contraintes.

D'un point de vue méthodologique, l'axe souhaite développer ses travaux autour du thème fédérateur des graphes de connaissances et de la question scientifique fédératrice de la représentation sémantique des variables scientifiques. Cette stratégie s'appuie sur un socle applicatif fort composé de la plateforme AgroPortal et de la suite logicielle OpenSILEX qui apporte les données, les ressources sémantiques et les moyens de publications nécessaires pour la partie « vocabulaires ». La publication de graphes de connaissances nécessite encore la mise en place d'une infrastructure nécessitant des moyens humains. La stratégie de recrutement envisagée sur le long terme, en lien avec la cellule OpenSILEX et le CATI CODEX est cohérente avec cet objectif. La question de la représentation sémantique des variables scientifiques est plus transversale et propre à engendrer des synergies plus larges au sein de l'axe et entre axes, notamment avec OpenSILEX, mais pas seulement. Elle est totalement cohérente avec la thématique des graphes de connaissances et permettra d'orienter les travaux dans ce domaine. Enfin, l'axe affiche sa volonté d'aller vers le développement d'IA hybrides, potentiellement en lien avec d'autres axes de l'unité. Ce projet reste cependant à préciser pour éviter de disperser les recherches.

D'un point de vue thématique, l'axe souhaite s'ouvrir à de nouveaux thèmes comme l'épidémiologie, l'élevage numérique et les observations en champs afin de permettre de nouvelles collaborations. Ces orientations sont cohérentes avec les deux projets structurants qui viennent de commencer :

- Le projet européen Common European Agricultural Data Space (DIGITAL Europe Program) qui vise à asseoir la position d'AgroPortal comme composant clé de la gestion des ressources sémantiques dans l'écosystème de données agricoles européennes.
- Le projet FIDELIS (EOSC) dans lequel l'axe aide des communautés scientifiques pluridisciplinaires à réutiliser des ressources sémantiques pour structurer et publier des données FAIR dans un réseau d'entrepôts de données.

L'axe a conscience des difficultés posées par le manque d'ingénieurs permanents et cherche à y remédier.

RECOMMANDATIONS À L'AXE

Le comité recommande de créer davantage de synergies entre les membres de l'axe afin de réduire les risques d'isolement et de dispersion des travaux. Cela pourrait être réalisé à travers des co-encadrements de thèses, des co-écritures d'articles, ou des portages de projets communs.

Le comité encourage l'axe à solliciter la création - par ouverture de poste ou par mobilité interne - d'un ou plusieurs postes permanents pour assurer les tâches de développement afin de garantir une situation plus stable aux personnels concernés et de soulager l'équipe d'une partie de la charge de travail due aux recherches de financements et de personnels temporaires pour effectuer ces développements.

Le comité encourage l'axe à poursuivre son implication dans le réseau IN-OVIVE qui joue un rôle positif dans l'intégration de nouveaux personnels et la cohésion de l'axe.

Le comité recommande à l'axe de consolider son réseau de formations et de partenaires en vue du recrutement d'étudiants en thèse ou en postdoctorat : contacts de responsables de formations pertinentes, réseau d'enseignants-chercheurs, co-encadrements de stages avec des équipes partenaires, etc.

Cette organisation doit impérativement être préservée et consolidée pour permettre à l'axe de faire face à d'éventuelles évolutions des possibilités de financement, des disponibilités des personnels actuellement plus investis dans les montages de projets et des priorités scientifiques de ses partenaires historiques.

Axe 2 : Probabilité-Statistique

Nom du responsable : M. Nicolas Verzelen

THÉMATIQUES DE L'AXE

L'axe étudie principalement trois thématiques :

- Statistiques pour données temporelles et longitudinales ;
- Apprentissage pour l'agriculture numérique et l'agroécologie ;
- Modélisation statistique et expertise.

Ces thématiques visent toutes trois à répondre aux enjeux de la transition agroécologique et de l'agriculture numérique. La troisième thématique concerne plutôt les activités d'expertise de l'axe pour assister des développements dans d'autres disciplines scientifiques tandis que les deux premières thématiques concentrent des contributions disciplinaires, mais gardant un spectre large des développements théoriques aux applications concrètes et la mise à disposition des outils développés.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations du précédent rapport concernaient l'unité dans son ensemble, les axes actuels n'ayant pas encore été créés. On reprend ci-dessous celles pouvant s'appliquer à l'axe Probabilité-Statistique :

« L'équipe est impliquée dans beaucoup de projets autour de l'agriculture numérique, et de ce fait devrait mieux prendre en compte le risque de dispersion en définissant une stratégie d'équipe pour capitaliser les apports méthodologiques, cela est insuffisamment fait actuellement. »

La présentation des thématiques de recherche dans l'autoévaluation actuelle apparaît comme appropriée. Un travail de synthèse a été réalisé pour dégager la cohérence des différents travaux menés avec un objectif applicatif en lien avec les orientations des tutelles de l'unité.

« Il est souhaitable que les efforts de développement informatique (en R) s'accompagnent d'une politique de maintenance logicielle permettant la pérennisation des codes développés, en particulier par les doctorants et doctorantes. »

Les codes R et Julia sont déposés sur des plateformes reconnues (Cran, GitHub, Gitlab). Le déploiement d'applications Web Shiny, ce au travers du projet SK8 porté par INRAE, permet l'utilisation en dehors de la communauté statistique. Concernant la pérennisation des codes développés par les doctorants, aucune mesure spécifique n'est détaillée dans le document d'autoévaluation. De plus, faisant suite à l'encouragement des membres de rang B à passer leur HDR évoqué dans les recommandations générales à l'unité, deux HDR ont été soutenues dans l'axe et les personnes les ayant soutenues ont été promues au rang A.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2024

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maitres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	6
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels non permanents d'appui à la recherche	0
Postdoctorants	1
Doctorants	7
Sous-total personnels non permanents en activité	8
Total personnels	14

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'axe

L'axe a une activité importante et reconnue tant sur des contributions disciplinaires que sur leurs applications en collaboration avec des scientifiques d'autres communautés. Ces contributions ont permis des publications dans des journaux reconnus de tout premier plan en statistique. L'axe a été impliqué dans des projets financés pour son expertise en statistique et a piloté des projets sur des développements méthodologiques (ANR, PIA). Un nombre important de doctorants a été accueilli durant la période de l'évaluation. Son large spectre de compétence donne à l'axe un positionnement particulier et intéressant sur le plan local et national. Le comité note une bonne dynamique d'axe et une forte cohésion.

Points forts et possibilités liées au contexte

Bénéficiant d'une forte cohésion, l'axe a un large spectre de réalisations allant de la statistique théorique aux applications dans d'autres disciplines en passant par des propositions méthodologiques. Cela est notable dans la richesse et la variété des journaux ou conférences dans lesquels l'axe publie (*Annals of Statistics*, *Bernoulli*, *ICML*, *Frontiers in Microbiology*, *Ecological Informatics*, *Journal of Experimental Botany*, etc.).

L'axe est impliqué dans des collaborations internationales (Lancaster, Luxembourg, Magdebourg) et des partenariats à visées applicatives (Institut Français de la Vigne et du Vin, projet Phenome, projet H2020, projet EPPN2020, etc.) tout en étant également reconnu pour ses développements disciplinaires par exemple en détection des ruptures pour des données complexes (séries temporelles multivariées ou des séries temporelles à valeurs matricielles).

Un article publié dans *Annals of Statistics*, proposant un estimateur de classement des observateurs à complexité polynomiale avec des garanties statistiques dans des modèles non paramétriques de crowdsourcing est une bonne illustration des capacités de l'axe à obtenir des avancées significatives en statistiques pour un type de données (crowdsourcing) fréquent en suivi de la biodiversité (PI@ntnet, etc.) qui s'inscrit dans les visées applicatives de l'axe.

L'axe a un développement logiciel important avec le dépôt de packages R sur le CRAN ou de mise à disposition de codes Julia. Certains sont même interfacés avec une application Web shiny permettant de les faire utiliser par des communautés de recherche plus larges. Une application shiny met notamment en œuvre le filtrage de données aberrantes par un filtre de Kalman adapté à un processus d'Ornstein-Uhlenbeck. Elle est utilisée au sein du projet H2020 Techcare pour prétraiter des données de pesées de petits ruminants comportant un fort taux de valeurs aberrantes.

L'axe a aussi une bonne dynamique dans l'encadrement de doctorants, douze thèses en cours ou soutenues durant la période.

L'axe est fort de son implantation locale en lien avec ses deux tutelles, INRAE et IA-M. Son expertise est reconnue et il apporte un soutien pour la conception d'expériences menées par d'autres unités de recherche et propose des formations autour de ses outils (analyse des données multivariées, hétérogènes, temporelles). En particulier, il contribue à la recherche agroalimentaire dans la filière vigne et vin et en agroécologie dans des collaborations au long cours.

L'axe a été associé pour apporter ses compétences en apprentissage statistique à de nombreux projets pilotés par des collègues d'autres disciplines (ANR Starwine avec UMR SPO [Sciences pour l'œnologie], le projet NV2 avec l'UMR AGIR [AGroécologie - Innovations – TeRritoires]). Il a également porté des projets méthodologiques comme le projet ANR-DFG ASCAL qui s'intéresse aux fondements de l'apprentissage non supervisé et qui implique d'autres équipes de recherche en statistique, dont certaines à l'étranger.

Points faibles et risques liés au contexte

L'axe a un grand dynamisme, mais est de taille modeste, ce qui fait reposer sur peu de personnes un nombre important de sollicitations. De plus, les responsabilités administratives de certains de ses membres diminuent leur temps pour leur activité de recherche.

Les demandes d'expertise permettent des collaborations étroites avec d'autres unités de recherche ou d'acteurs de la recherche. Cependant, ces sollicitations peuvent demander une part importante de travail de l'axe sans nécessairement requérir des développements méthodologiques.

Si de bonnes collaborations avec les autres axes de l'unité existent, les collaborations avec les autres chercheurs en statistique de l'environnement montpelliérain se sont quelque peu taries. Par exemple, il est à noter l'arrêt de la co-organisation avec l'IMAG du séminaire Probabilités et Statistiques bien que les doctorants de l'axe participent à un séminaire commun de doctorants avec ceux de l'IMAG.

Le recrutement d'étudiants en stage ou en thèse reste complexe malgré de bonnes possibilités pour diffuser les offres aux nombreuses formations en science des données. Cette difficulté a été particulièrement marquée après la période de la crise sanitaire due à la COVID-19. Toutefois, les sujets proposés par l'axe autour de l'application des techniques d'apprentissage profond à des enjeux des transitions climatiques et environnementales sont un atout pour recruter des étudiants motivés.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'AXE

L'axe assume le tournant vers les méthodes d'apprentissage en affichant une évolution de ses thématiques dans cette direction et en se renommant « Apprentissage et modélisation statistiques ».

Le positionnement s'affirme sur les modèles hybrides mêlant modélisation mécaniste et apprentissage statistique intéressant pour l'agroécologie et l'agriculture numérique qui motivent une importante part des travaux de l'axe. Ce positionnement est soutenu par les liens forts qui existent avec l'axe Systèmes Dynamiques. Ce positionnement est clairement pertinent vis-à-vis de la thématique « jumeaux numériques » affichée par le département MathNum de l'INRAE.

L'équipe est récemment montée en compétence sur les méthodes d'apprentissage profond par un groupe de travail actif (environ une réunion par mois). Cela permet de susciter une forte adhésion de l'équipe à la trajectoire et de créer une bonne cohésion de ses membres. De premiers travaux de recherche ont notamment couplé les réseaux de neurones à des méthodes de prédiction conforme dans un cadre d'apprentissage statistique sans vraisemblance. Cela traduit l'introduction de ces méthodes au sein de certaines de ses thématiques de prédilection (apprentissage type ABC).

Les demandes de recrutement d'un maître de conférences en intelligence artificielle pouvant être affecté à cet axe et d'un chargé de recherche en apprentissage automatique informé par la physique visent à renforcer l'axe sur cette thématique.

RECOMMANDATIONS À L'AXE

La taille modeste de l'axe et les responsabilités pesant sur certains membres peuvent mener à un risque d'isolement disciplinaire. Le comité recommande d'étudier la possibilité de relancer un séminaire local ou d'autres formes d'échanges avec d'autres statisticiens montpelliérains afin de limiter ce risque d'isolement.

L'axe, grâce à son positionnement entre INRAE et IA-M, est exposé à de nombreuses sollicitations d'expertise qui peuvent mener à des collaborations intéressantes, mais qui ne doivent pas occuper tout son temps de recherche. Le comité recommande de veiller à une bonne répartition du temps entre recherche méthodologique et expertise.

L'identification de PEPR telle que le PEPR agroécologie numérique comme une source de financement est appropriée. D'autres PEPR, ou d'autres sources de financement, pourraient financer des projets où l'axe serait porteur (PEPR Math-Vives, appels à projets ANR CE45 - Mathématiques et sciences du numérique pour la biologie et la santé).

La trajectoire affichée est très ambitieuse sur un domaine très concurrentiel. L'unité a de nombreux atouts pour y répondre, mais gagnerait à se renforcer sur la thématique de l'apprentissage informé par la physique. Le comité encourage l'axe à maintenir sa dynamique de groupe de travail et à demander un soutien à ses tutelles par l'ouverture de postes dans cette thématique.

AXE 3 : Systèmes Dynamiques

Nom du responsable : M. Bertrand CLOEZ

THÉMATIQUES DE L'AXE

Les travaux de recherche de l'axe s'organisent selon quatre grandes thématiques :

- Modélisation et analyse mathématique pour la dynamique de populations, comme la croissance microbienne ou les bioréacteurs ;
- Modélisation et exploration numérique de dynamiques agro-environnementales, telles que les systèmes forestiers et les écosystèmes lacustres ;
- Algorithmes pour l'agriculture de précision, pour le zonage, pour l'analyse de données des capteurs d'élevage ;
- Automatique pour les bioprocédés et la gestion des ressources, notamment la commande pour la fermentation alcoolique, les bioréacteurs, l'irrigation.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations du précédent rapport concernaient l'unité dans son ensemble, les axes actuels n'ayant pas encore été créés. On reprend ci-dessous celles pouvant s'appliquer à l'axe Systèmes Dynamiques.

« Limiter les risques réels de dispersion des thèmes et des recherches, consécutifs au puissant développement des deux dernières années ».

Pour éviter ce risque de dispersion dans la période, l'axe s'est impliqué en particulier dans des thèmes qui sont traités depuis longtemps au sein de MISTEA et qui sont à forts enjeux pour l'INRAE et pour l'IA-M. De plus, les projets sont, majoritairement et stratégiquement, construits en impliquant plusieurs membres de l'unité.

« Le comité soutient la volonté visant à encourager plusieurs membres de l'unité à soutenir leur habilitation à diriger des recherches, afin de renforcer le potentiel d'encadrement ou du moins de mieux l'afficher pour en améliorer encore l'attractivité. »

Faisant suite à l'encouragement des membres de rang B à passer leur HDR évoqué dans les recommandations générales à l'unité, deux HDR ont été soutenues dans l'axe Systèmes Dynamiques, à l'instar de l'axe Probabilité-Statistique. L'axe s'est également davantage impliqué dans des actions de vulgarisation et médiation, par exemple avec la publication d'un livre de curiosités mathématiques.

EFFECTIFS DE L'AXE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2024

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maitres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	3
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	6
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels non permanents d'appui à la recherche	0
Postdoctorants	2
Doctorants	5
Sous-total personnels non permanents en activité	7
Total personnels	13

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'axe

L'axe Systèmes Dynamiques est très actif, avec d'excellentes compétences en mathématiques et en modélisation. L'axe est bien équilibré et s'investit à la fois dans la recherche fondamentale, par exemple, sur des questions de commande et de commande optimale, l'analyse de sensibilité, le traitement de perturbations stochastiques, ou les systèmes spatiaux, mais aussi dans des applications réelles telles que les procédés de fermentation du vin, les bioréacteurs, la gestion des ressources renouvelables en eau ou les systèmes forestiers, l'agriculture de précision, les écosystèmes lacustres.

Points forts et possibilités liées au contexte

La grande force de l'axe Systèmes Dynamiques est la combinaison de recherche fondamentale et d'applications, sa capacité à construire des collaborations et à monter des projets avec des partenaires d'origines variées.

En recherche fondamentale, l'axe est spécialiste dans des domaines théoriques pointus tels que la commande et la commande optimale, l'analyse de sensibilité, les systèmes stochastiques, ou encore les systèmes spatiaux, comme l'attestent les publications dans des journaux et congrès internationaux prestigieux. Au cours de la période d'évaluation, l'axe a publié environ 70 articles dans des revues, dont huit articles dans les deux premières revues de référence en contrôle, *Automatica* et *IEEE Transactions on Automatic Control*, ce qui est remarquable ; l'axe a aussi plus de 60 articles dans des congrès, dont une quinzaine dans les principaux congrès en contrôle, hautement sélectifs (8 Conference Decision and Control, 5 European Control Conference et 3 IFAC World Congress).

Dans les développements théoriques sur la commande et la commande optimale ressortent les travaux sur la fermentation alcoolique et les bioréacteurs, l'irrigation et la fertirrigation des sols et de nouvelles approches pour les observateurs pour les bioprocédés et l'épidémiologie.

Dans l'analyse mathématique pour la dynamique de populations, l'axe développe des modèles ressources-consommateurs pour les écosystèmes microbiens et étudie des questions liées au traitement de perturbations aléatoires et à la stochasticité démographique.

Dans la modélisation des systèmes agro-environnementaux, l'axe étudie des questions liées à la spatialisation de certaines variables à une échelle infra-parcellaire pour l'agriculture de précision, l'optimisation de la gestion de systèmes forestiers et aussi la calibration de modèles pour écosystèmes lacustres.

Dans le thème de l'agriculture de précision, on retrouve des travaux sur le zonage avec la définition de zones pour des traitements spécifiques, l'inversion de modèles pour prédire des qualités du sol, et encore le développement d'algorithmes pour l'analyse de données obtenues par des capteurs pour élevage de précision.

L'axe a un grand spectre d'applications réelles, dont les plus présentes sont (i) la vigne et le vin, avec deux projets financés par l'ANR qui se succèdent et deux partenariats financés par le CASDAR dans le privé ; (ii) des thèmes historiques comme les bioréacteurs et la dynamique des populations, où plusieurs projets (ANR et PHC) sont en cours ; (iii) un thème s'est développé ces dernières années, centré sur le bien-être animal dans les élevages et les déplacements collectifs à partir de capteurs (participation de l'axe à 2 projets financés par le H2020 et 2 projets INRAE MetaBio) ; et enfin (iv) un thème en plein développement est celui de l'irrigation des sols dans un contexte de pénurie d'eau et d'usage des eaux non traitées, ce qui entraîne de nouvelles approches de modélisation et commande optimale (2 thèses en cours).

Dans une collaboration très réussie avec l'axe Probabilité-Statistique, les deux axes ont développé une méthode innovante et efficace pour la calibration de modèles complexes hydroécologiques, qui associe une méthode de type bayésienne à une analyse de sensibilité.

L'axe est très impliqué dans l'encadrement de jeunes chercheurs, avec cinq doctorants et deux post-doctorants en cours, sept thèses soutenues et trois postdocs durant la période d'évaluation. Les financements pour ces jeunes chercheurs proviennent essentiellement des projets déjà cités et de l'Institut de convergence #DigiAg de l'Université de Montpellier. Ces doctorants apprécient la combinaison entre recherche fondamentale

et applications, dont la possibilité de visiter les partenaires sur le terrain pour avoir une meilleure perspective des enjeux de leur projet et des questions à étudier.

Les personnels IR et IE sont bien intégrés dans l'axe. Ils sont encouragés à participer aux travaux de recherche de l'axe et, le cas échéant, à soumettre leurs propres projets et poursuivre leur carrière. De plus, deux HDR ont été soutenues.

Points faibles et risques liés au contexte

Un des risques qui apparaît est le manque de support ingénieur pour le développement de codes et logiciels spécifiques à l'axe. Les besoins en développement informatique deviennent de plus en plus complexes et les compétences actuelles de l'axe ne lui permettent pas de bien pérenniser et de valoriser leurs productions logicielles.

Un autre risque concerne la sur-sollicitation de l'axe : si, d'un côté l'axe gagne de nouveaux financements, de la visibilité et la possibilité de voir des applications réelles de ses résultats, d'autre part, la diversité des thèmes traités par l'équipe peut devenir trop importante par rapport au nombre de permanents dans l'axe.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'AXE

L'activité en recherche fondamentale et en applications nécessite des collaborations soutenues avec des partenaires « sur le terrain » pour permettre : (i) d'abord, l'identification des problèmes et des questions à traiter, (ii) ensuite, la confrontation des modèles mathématiques avec les données obtenues sur le terrain, et enfin (iii) des résultats et des réponses possibles aux questions.

Durant la période d'évaluation, l'axe a largement démontré sa capacité à construire des collaborations et obtenir des projets de nombreuses sources, que ce soit au niveau national ou international (2 projets financés par le H2020, 1 projet ANR-Chine, 1 projet PHC-Portugal). En particulier, sur les thèmes de la vigne et du vin (2 projets financés par l'ANR, 2 projets financés par le CASDAR), la dynamique des populations (projets financés par l'ANR) et le suivi d'élevages par capteurs (2 projets financés par le H2020 et 2 projets INRAE-MetaBio), des nouveaux projets s'enchaînent suite aux travaux précédents, ce qui démontre la visibilité toujours croissante de l'axe. Ces compétences s'accordent parfaitement aux grands objectifs 2 et 3 du département MathNum d'INRAE et apportent de la visibilité et de nouvelles sollicitations et collaborations à l'axe.

Le personnel de MISTEA est satisfait de la réorganisation et de la relocalisation plus cohérente de l'unité depuis la dernière évaluation. En ce qui concerne l'axe Systèmes Dynamiques, il sera renommé « Systèmes Dynamiques et Automatique » pour rendre plus visibles ses compétences en automatique, ce qui semble naturel puisque la commande et la commande optimale constituent une des grandes forces des chercheurs dans l'axe.

Pour la prochaine période, quatre directions ont été identifiées ; celles-ci ressortent naturellement de travaux en cours et souhaitent être développées par l'axe : la modélisation microbienne à l'échelle intracellulaire ; le développement de méthodes de calibration pour des modèles complexes ; la prise en compte dans les modèles étudiés de leurs caractères non réguliers ; la prise en compte dans les modèles de l'hétérogénéité spatiale.

RECOMMANDATIONS À L'AXE

L'axe travaille sur un large spectre de thèmes de recherche et a su maintenir une bonne gestion entre thèmes historiques et nouveaux thèmes de recherche, pour éviter de se disperser. Le comité recommande de continuer à veiller sur ce bon équilibre, en particulier dans un contexte où les sollicitations de collaborations augmentent et les financements se raréfient.

Dans le contexte des thèmes et des applications divers et variés de l'axe, il semble important de promouvoir une unité entre les jeunes chercheurs (doctorants et postdocs), notamment de façon à ce qu'ils se retrouvent dans un environnement méthodologique commun et puissent discuter entre eux.

Toujours dans le contexte de travaux en recherche fondamentale et applications, il est important de continuer à offrir aux jeunes chercheurs la possibilité de visiter les partenaires « sur le terrain » pour les motiver et montrer les enjeux de leur projet.

Une façon de contribuer à cette unité, notamment pour les plus jeunes, pourrait être d'organiser une journée annuelle consacrée à la présentation des principaux résultats de l'axe de l'année, afin de promouvoir les dernières avancées sur les différents thèmes de l'axe, et faire connaître aux plus jeunes les différents thèmes de recherche et méthodologies présents au sein de l'axe.

Axe 4 :

Cellule OpenSILEX

Nom de la responsable : Mme Anne TIREAU

THÉMATIQUES DE L'AXE

Les membres de la cellule OpenSILEX (Système d'Information pour L'Expérimentation) assurent le développement et la maintenance de la suite logicielle OpenSILEX (à portée nationale, européenne et internationale) permettant de créer des systèmes d'information affectés aux données expérimentales. Leurs missions incluent l'appui à l'utilisation (gestion de données, outils pour la valorisation et l'intégration de données) et la formation des communautés d'utilisateurs. Ils utilisent des méthodes de gestion de données fondées sur la sémantique et combinent des systèmes de gestion de données graphes avec du NoSQL, tout en s'adaptant à l'hétérogénéité et aux volumes croissants de données. Ils traitent des données expérimentales issues des domaines de l'agronomie et de l'environnement.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations du précédent rapport concernaient l'unité dans son ensemble, les axes actuels n'ayant pas encore été créés. On reprend ci-dessous celles pouvant s'appliquer à la cellule OpenSILEX.

« La suite logicielle OpenSILEX (...) mériterait d'être plus mise en valeur en dehors de l'unité, au même titre que la production scientifique des axes. »

OpenSILEX est dorénavant une entité à part entière au sein de l'unité, en tant que cellule de production logicielle, au même titre que les trois grands axes de recherche méthodologique. Cette mise en avant de la suite logicielle OpenSILEX a permis une adoption massive en dehors de l'unité, que ce soit au niveau d'INRAE ou au-delà.

« L'unité compte plusieurs ingénieur·e·s avec de fortes compétences techniques, en particulier informatiques. Il pourrait être envisageable de favoriser la transversalité entre les axes de ces compétences. »

La transversalité entre les axes des compétences techniques des ingénieurs de la cellule OpenSILEX a été favorisée en renforçant les échanges avec les autres axes, notamment les axes Systèmes Dynamiques et Informatique ; et ceci malgré les difficultés liées au fait que les ingénieurs en CDD de la cellule sont recrutés sur des projets spécifiques avec des compétences en développement de systèmes d'informations, et non en calcul scientifique.

En sus de ces actions internes à MISTEA, les ingénieurs de la cellule OpenSILEX, et plus largement de l'unité sont encouragés à se former, mais également à participer à des séminaires entre les instituts (CIRAD, LIRMM, IRD, UM, etc.) tels que SÉSAME. L'unité met à profit la mise en place de collectifs d'ingénieurs à INRAE grâce aux CATI afin de favoriser l'échange de compétences.

« L'unité accueille un grand nombre d'ingénieur·e·s en CDD et ce fonctionnement semble devoir perdurer. Leur encadrement et le suivi de projet sont cruciaux, et les perspectives de recrutement d'un personnel d'encadrement constituent une opportunité. »

Les responsables de la cellule OpenSILEX ont mis en place les actions nécessaires à l'encadrement et au suivi des nombreux ingénieurs en CDD (recrutement de titulaires, formation, entretiens individuels, etc.) dans la limite de leur capacité, afin de pallier au mieux aux difficultés de gestion d'un collectif de développeurs renouvelé fréquemment.

EFFECTIFS DE L'AXE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2024

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maitres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	7
Sous-total personnels permanents en activité	7
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels non permanents d'appui à la recherche	11
Postdoctorants	0
Doctorants	0
Sous-total personnels non permanents en activité	11
Total personnels	18

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'axe

La cellule OpenSILEX a une activité et une visibilité considérables, notamment au niveau institutionnel et national au sein des communautés vigne et vin, mais également au niveau national et international au sein de la communauté du phénotypage haut débit. Elle contribue à de grandes infrastructures (PIA Phenome, EMPHASIS) et de grands programmes nationaux (Phenome-Emphasis et AgroEcoPhen du PEPR AgroEcologie et Numérique) et européens (EMPHASIS-GO, PHENET, FAIR-IMPACT, TECHCARE et TITAN). L'attribution des Lauriers INRAE de l'Innovation en 2019 à l'un des membres de la cellule témoigne d'une reconnaissance importante. L'activité repose sur un nombre important d'ingénieurs en CDD, ce qui constitue un risque dans le suivi des projets.

Points forts et possibilités liées au contexte

La cellule OpenSILEX accompagne, sensibilise et guide les utilisateurs dans la gestion de leurs données tout en les aidant à décrire, à formaliser et à harmoniser des concepts grâce à des échanges réguliers et à des formations. Elle s'adapte également aux enjeux liés à l'évolution permanente des équipements (drones, capteurs, etc.) impliquant la gestion de données complexes et des volumes croissants d'images par exemple. Elle fait évoluer l'architecture d'OpenSILEX (infrastructure de stockage et de calcul) afin de maintenir et de garantir la qualité de la solution logicielle tout en mettant l'accent sur les principes FAIR. Elle gagne ainsi en expertise dans des domaines techniques et en fait profiter les communautés scientifiques et les communautés d'ingénieurs (CATI).

La cellule OpenSILEX entretient des liens étroits avec les axes méthodologiques de l'unité et notamment l'axe Informatique. Cette collaboration profite aux deux entités, que ce soit grâce à l'interconnexion de la suite logicielle OpenSILEX avec AgroPortal qui permet une meilleure exploitation des ontologies (description et indexation des données) notamment dans les données de phénotypage des plantes de la plateforme PHIS, ou bien grâce à la valorisation des recherches de l'axe Informatique grâce à l'usage de systèmes d'information comme la suite logicielle OpenSILEX.

Très visible dans le paysage national et international de la communauté du phénotypage haut débit, la cellule OpenSILEX s'illustre par sa participation à des projets de grande envergure (ANR PHENOME-EMPHASIS, PEPR AgroEcologie et Numérique AgroEcoPhen, PIA PhenomInnov, Horizon Europe PHENET, Horizon Europe EMPHASIS-

Go) et notamment le déploiement du système d'information PHIS, fondé sur OpenSILEX pour la communauté des plantes. Le déploiement en production de PHIS et l'utilisation quotidienne par six plateformes de phénotypage ont permis d'accroître la visibilité du système allant jusqu'au déploiement sur des plateformes de phénotypage à l'Europe (Universités d'Helsinki et de Copenhague) et le montage de collaborations internationales (Chine). La cellule OpenSILEX a également une grande visibilité dans le paysage institutionnel et national des communautés Vigne et Vin au moyen des projets VitisExplorer (financement du Plan National Dépérissement du Vignoble), VitisDataCrop (CASDAR), BigDataGrapes (H2020 PPP RIA), MP ACCAF (métaprogramme INRAE).

À l'échelle d'INRAE, la cellule répond aux attentes et besoins de trois départements scientifiques (BAP, AgroEcoSystem et SPE) à travers la gestion des données des unités expérimentales du végétal, qui profite à cinq unités expérimentales grâce au système d'information Sixtine.

Grâce à la modularité de la suite logicielle OpenSILEX, la cellule a déployé 28 instances OpenSILEX dans le cadre de partenariats nationaux, européens et internationaux avec des partenaires aussi bien publics que privés, au cours de la période évaluée. Ceci représente plus de cent utilisateurs et plus d'un pétaoctet de données gérées. Le cœur de l'application est enrichi par les implémentations spécifiques pour les communautés servies, que ce soit au niveau de l'extension du vocabulaire, qu'au niveau de l'ajout de fonctionnalités et d'interfaces spécifiques.

Points faibles et risques liés au contexte

Au cours de cette période, la cellule a été sollicitée et est impliquée dans de nombreux projets d'envergure nationale et internationale (ANR, PEPR, Horizon Europe). Cependant, les membres de la cellule communiquent peu dans des conférences internationales avec actes, avec un nombre moyen de publications avec actes dans des conférences internationales par personne proche de zéro au cours de la période. Ceci pourrait impacter négativement la visibilité des productions de la cellule à l'international.

Le fonctionnement de la cellule OpenSILEX repose majoritairement sur le recrutement d'ingénieurs en CDD financés par des projets nationaux, internationaux ou sur les fonds propres de l'unité (34 ingénieurs en CDD accueillis et encadrés durant la période). La plupart des contrats sont co-financés par des laboratoires ou unités permettant de renforcer les liens avec des partenaires de la cellule, mais également de développer des fonctionnalités spécifiques aux communautés servies. Cependant, le maintien à long terme de la suite logicielle OpenSILEX nécessitant une connaissance approfondie du contexte et de l'architecture pourrait pâtir de cette organisation reposant sur un nombre insuffisant de permanents au sein de la cellule. Ce constat est d'autant plus appuyé suite au départ en retraite d'un des responsables de la cellule qui pourrait fragiliser le contrôle et la coordination des développements logiciels.

Les recrutements de la cellule OpenSILEX semblent bien cadrés grâce à la mise en place de procédures rigoureuses. Cependant, ils ont un impact sur l'équipe encadrante de la cellule. En effet, un *turnover* élevé des personnels non permanents au sein d'un collectif engendre un encadrement ponctué d'incertitudes, une surcharge de travail en lien avec la gestion des contrats et des recrutements, mais également une attention particulière à la montée en compétences des agents. Cette situation peut engendrer des risques psychosociaux. D'autre part, les contrats courts (6 mois) et les incertitudes concernant les renouvellements de ces derniers provoquent un stress supplémentaire pour les ingénieurs en CDD.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'AXE

La cellule OpenSILEX est reconnue au sein d'INRAE et dans la communauté nationale comme une référence pour la gestion de données au sein des différentes communautés scientifiques d'INRAE. La cellule cherche à renforcer cette position en se concentrant sur des projets structurants pour lesquels elle a des partenariats solides, comme son fort investissement dans le projet PHENOME-EMPHASIS pour ne citer que celui-ci.

La cellule a pour ambition de s'inscrire dans la stratégie d'INRAE en obtenant la labellisation Infrastructure Scientifique Collective (ISC). Elle pourra ainsi gagner en visibilité et en attractivité. La cellule bénéficie d'un accompagnement pour la mise en place de cette labellisation dont la première étape est de clarifier les processus. Ce travail de réflexion et de mise en place permet à la cellule de peaufiner son organisation interne et de réétudier son modèle économique en prenant en compte notamment les financements des tutelles, des partenaires et des projets nationaux et européens.

Afin de maintenir et garantir une qualité de service auprès des utilisateurs, la cellule a fait le choix de se concentrer sur la labellisation en tant qu'ISC d'une part, et le déploiement et l'accompagnement des communautés utilisatrices d'autre part. Ce choix a un impact direct sur les activités de recherche de la cellule qu'elle devra mettre en retrait jusqu'à la labellisation en tant qu'ISC.

La trajectoire de la cellule est marquée par des réalisations reconnues et un positionnement bien défini notamment au travers des objectifs fixés. Ces perspectives quant à la reprise des activités de recherche après la labellisation démontrent une envie de relancer des développements et des activités de recherche, notamment en lien avec l'axe informatique de MISTEA autour des graphes de connaissances et de la sémantique de ressources.

RECOMMANDATIONS À L'AXE

Le comité a noté de fortes interactions avec l'axe Informatique et encourage la cellule à renforcer les liens avec l'axe Systèmes Dynamiques autour des modèles statistiques, et l'axe Probabilité-Statistique.

Suite à l'identification de risques psychosociaux au sein de la cellule OpenSILEX, les changements organisationnels opérés et l'accompagnement mis en place ont permis des améliorations. Cependant, le comité note que la situation reste fragile et préconise de rester vigilant et de poursuivre les efforts concernant l'organisation et la fluidité des échanges. Le comité recommande de mettre à profit la réflexion autour de la labellisation ISC afin de peaufiner l'organisation au sein de la cellule, la répartition des tâches et la définition des processus.

Concernant les recrutements, le comité recommande autant que possible de proposer des contrats plus longs (minimum un an) aux personnels non permanents afin de pérenniser les compétences au sein de la structure.

Le comité suggère aux membres de la cellule de gagner en visibilité auprès des étudiants en informatique en participant à des modules de formation ainsi qu'à des actions de vulgarisation ou d'échanges. Ceci pourrait permettre à la cellule de gagner en attractivité auprès des étudiants et de faciliter de potentiels recrutements.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATE

Début : 25 novembre 2025 à 9 h

Fin : 25 novembre 2025 à 18 h 30

Entretiens réalisés : en distanciel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

9 h : Présentation du Hcéres suivi de la présentation du comité

9 h 10 : Présentation de l'unité par l'équipe de direction (présentation et trajectoire de l'unité)

9 h 45 : Présentation synthétique des équipes de recherche et de la cellule par les responsables

10 h 20 : Huis clos du comité et pause

10 h 40 : Quatre exposés scientifiques

11 h 45 : Entretien avec les membres de l'axe « Informatique »

12 h 5 : Entretien avec les membres de l'axe « Probabilité-Statistique »

12 h 20 : Huis clos du comité et déjeuner

13 h 30 : Entretien avec les membres de l'axe « Systèmes Dynamiques »

13 h 50 : Entretien avec les membres de la cellule OpenSILEX (dont 10 mn avec CDD uniquement)

14 h 15 : Entretien avec le personnel en appui de la recherche

14 h 35 : Entretien avec les doctorants et post-doctorants

15 h : Entretien avec les responsables des équipes

15 h 20 : Entretien avec les personnels de « rang B » et assimilés

15 h 45 : Entretien avec les responsables de la formation doctorale

16 h 5 : Entretien avec le conseil d'unité

16 h 20 : Huis clos du comité et pause

16 h 45 : Entretien avec l'équipe de direction

17 h 5 : Huis clos du comité et pause

17 h 30 : Entretien avec les tutelles

18 h : Huis clos final du comité

18 h 30 : Fin de la visite.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Objet : Evaluation HCERES de UMR MISTEA
Lettre des tutelles

19/02/2026

Chers collègues,

La tutelle Institut Agro remercie en tout premier lieu le comité d'évaluation pour son analyse précieuse et complète de l'UMR MISTEA. Un regard extérieur est très utile pour améliorer la recherche, l'enseignement supérieur et l'impact sociétal, et nous apprécions que les activités de recherche et d'enseignement supérieur de cette UMR aient été particulièrement bien reconnues par votre comité.

Nous approuvons les recommandations formulées et soutiendrons activement l'unité dans leur mise en œuvre, afin de renforcer plusieurs aspects clés soulignés par le comité HCERES.

- Premièrement, nous tenons à féliciter l'unité et sa direction pour ses productions scientifiques de haut niveau, la gestion de l'unité, son investissement dans la formation. La tutelle Institut Agro remercie particulièrement Philippe Vismara pour son investissement dans la co-direction de l'UMR, pour maintenir et amplifier le lien formation-recherche.

- L'Institut Agro continuera à soutenir l'unité concernant la dynamique d'Hdr en lien avec le département SABP. L'Institut Agro est en ligne avec les recommandations du comité liées à une charge importante des enseignants-chercheurs. Une réforme des enseignements est aujourd'hui en cours. La participation des doctorants aux enseignements est également mise en œuvre au sein de l'école et devra être mieux structurée pour permettre leur plus grande participation.

- L'Institut Agro est particulièrement attaché à des approches pluri et interdisciplinaires pour relever les défis de durabilité des systèmes agricoles et alimentaires et de ses diverses fonctions. La tutelle continuera ainsi à soutenir les connexions fortes entre MISTEA et les autres unités du site notamment ITAP, avec lesquelles les collaborations sont nombreuses et très bien structurées aussi bien en formation qu'en recherche. La tutelle Institut Agro encouragera aussi l'unité à travailler avec les autres écoles de l'Institut Agro notamment en termes de formation (viviers de futurs chercheurs / collaborateurs) et de recherche. Au niveau national, L'Institut Agro apportera son soutien à des recherches transdisciplinaires notamment via l'alliance ITTAI (ENSAM, CNRS@CREATE, CNRS Ingénierie, IMT, INSA LYON, INSTITUT AGRO, ENPC, CNAM, GEODATA Paris, LIEPP Sciences PO) pour développer des projets transdisciplinaires autour notamment de méthodologies de développement de Jumeaux Numériques Hybrides haute-fidélité et temps réel.

- L'Institut Agro apportera son soutien pour le développement de recherches à l'international, notamment dans le cadre du réseau européen ELLS et des projets qui y sont portés au niveau doctoral (développement / facilitation de la co-tutelle de thèse). L'unité pourra ainsi compter sur les services des relations internationales de l'Institut Agro pour accompagner les enseignants-chercheurs et les chercheurs dans ces développements, les mobilités et collaborations internationales notamment pour les doctorants.

- L'Institut Agro est particulièrement attaché aux liens avec les secteurs professionnels. La tutelle s'engage à soutenir, accompagner ces initiatives via les thèses CIFRE, la fondation Institut Agro et ses chaires. Le réseau d'Alumni de l'Institut Agro sera aussi à même d'accompagner l'unité dans ce sens.



Marie-Stéphane Tixier (Directrice de la recherche Institut Agro Montpellier)

Nadine HILGERT

INRAE

Cheffe du département MathNum

A Montpellier, le 24 février 2026

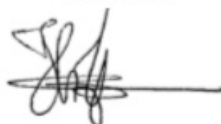
Objet : : **UMR MISTEA – Observations de portée générale sur l'évaluation de l'unité**

Le département MathNum d'INRAE tient à saluer et à remercier très sincèrement les membres du comité d'évaluation HCERES pour leur travail d'analyse et pour leurs recommandations, dont il accompagnera la mise en œuvre. Il se joint au comité pour féliciter l'unité et plus spécifiquement sa nouvelle direction.

Le département note l'appel à vigilance quant au manque d'ingénieurs permanents dans l'unité, notamment d'un·e IE en calcul scientifique dans l'Axe Systèmes Dynamiques et Automatique, dont l'absence freine la valorisation et la diffusion des travaux de l'Axe. Ce poste est actuellement ouvert au concours externe INRAE. De même un poste de Chargé de Recherche est ouvert au concours 2026 à MISTEA, en statistique des processus pour les données de capteurs. L'arrivée d'un jeune chercheur sur cette thématique renforcera la dynamique entre les 2 axes de recherche en mathématiques appliquées. Le département est bien conscient du besoin en ingénieur·e·s permanents pour soutenir les activités de la cellule OpenSILEX et le développement et la maintenance d'AgroPortal. Ces besoins sont dans la file d'attente des demandes de postes remontées par le département.

Bien cordialement,

Nadine HILGERT
Cheffe de Département
MathNum



Évaluation des universités et des écoles
Évaluation des unités de recherche
Évaluation des formations
Évaluation des organismes nationaux de recherche
Évaluation et accréditation internationales



19 rue Poissonnière
75002 Paris, France
+33 1 89 97 44 00

