

Métaprogramme XRISQUES

Représentation, Analyse et Gestion des Risques et Incertitudes Multiples (pour les Systèmes Alimentaires, les Agroécosystèmes et les Populations)

Document Directeur – 6 septembre 2022

Contributeurs

Coordination : Stéphane Couture, Pierre Dupraz, Sandrine Gelin et Alban Thomas

Cellule de préfiguration INRAE : Isabelle Albert (MathNum), Denis Allard (MathNum), Pierre Barret (BAP), Enrique Barriuso (AgroEcoSystem), Marielle Brunette (EcoSocio), Thierry Candresse (SPE), Nicolas Eckert (Aqua), Jean-François Guégan (SA), Catherine Larzul (GA), Jeanne-Marie Membré (MICA, AlimH), Pascal Piveteau (Transform), Elisabeth Rémy (ACT), Arnaud Reynaud (EcoSocio), Eric Rigolot (EcoDiv), Jean-Pierre Rossi (EcoDiv, SPE), Tristan Senga-Kiesse (Phase).

Mots clés : Risques multiples, multirisque, risques en cascade, incertitudes, événements extrêmes, exposition, vulnérabilité, aléas, résilience, changements globaux, systèmes complexes et dynamiques, multi-échelle, transitions, variabilité, diversité, stochasticité, écosystèmes, systèmes aquatiques et forestiers, systèmes agricoles et alimentaires, systèmes socio-environnementaux, économie résidentielle, indicateurs et mesures, formalisation, intégration, modélisation, simulation, prédiction, projection, prévision, protection, gestion de crise, dommages, assurance, territoire, usages, données, spatial, ignorance, risque systémique, soutenabilité et durabilité, culture du risque, coût-bénéfice, bénéfice-risque, multicritères, conditions initiales, veille, trajectoire dynamique, évaluation du risque, gestion du risque,

1 – CONTEXTE ET ENJEUX

• Enjeux sociétaux

Il existe une préoccupation croissante de la société et des décideurs publics pour la problématique des risques multiples, qui appartiennent à plusieurs catégories selon qu'ils sont induits par des phénomènes simultanés, qu'ils aient un déclencheur commun, ou bien qu'il s'agisse de phénomènes séquentiels aboutissant à une « cascade de risques ». L'analyse du risque en agriculture, alimentation et environnement (compris comme le

croisement de trois composantes : un aléa, une exposition et une vulnérabilité), nécessite une grande diversité de compétences et la mobilisation de nombreux acteurs socio-économiques, pour les caractériser, les anticiper et les gérer. Le caractère récurrent ou exceptionnel des aléas générateurs des risques implique, de plus, des stratégies de gestion, de prévention et de couverture, de résolution et de communication, ainsi que des actions et politiques publiques, souvent très différentes. Les risques multiples quant à eux sont le produit de combinaisons plus complexes, liées en particulier aux conséquences des pressions que les sociétés humaines font peser sur les écosystèmes, le climat et *in fine*, sur les processus assurant l'intégrité de la biosphère. Les risques multiples jouent par conséquent un rôle déterminant dans les évolutions des caractéristiques des écosystèmes naturels, systèmes forestiers et aquatiques, systèmes agricoles et alimentaires, la durabilité et la gestion des territoires, le bien-être des populations, etc.

Que les risques soient d'origine biotique ou abiotique, alimentaire ou environnementale, économique ou sociale, ils interagissent entre eux, s'articulant à différentes échelles spatiales et temporelles, créant ainsi de nouvelles interdépendances et participant à l'émergence de risques systémiques. Ainsi, les changements globaux rapides accélèrent la fréquence et l'intensité d'événements affectant négativement les activités agricoles, les espaces urbains et ruraux, les milieux naturels et les communautés vivantes qu'ils hébergent, la sécurité des populations humaines via leur alimentation, leur santé, leurs résidences ou leurs déplacements.

Différentes catégories de facteurs et processus peuvent être citées comme relevant (en tant que principaux générateurs ou soumis à) de ces risques multiples : tout d'abord le réchauffement climatique et la fragilisation des milieux naturels ; ensuite, l'anthropisation et l'utilisation intensive des territoires et des ressources naturelles ; enfin, les changements rapides dans les systèmes alimentaires et socio-environnementaux locaux et globaux dans le contexte de globalisation mais aussi de relocalisation des activités. Les enjeux sociétaux concernés sont majoritairement le maintien de services écosystémiques (notamment, d'approvisionnement et de régulation) à un niveau suffisant via une biodiversité et des écosystèmes préservés ; la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations, la sécurité sanitaire au sein de systèmes alimentaires sains et durables et la sécurité des sociétés vis-à-vis des aléas naturels. Les conséquences sur les activités humaines (et les milieux support de ces dernières) sont en effet plus préoccupantes que par le passé, en raison de l'augmentation de la population mondiale et des enjeux liés à la fréquence et à l'intensité des événements aléatoires et des crises. Il s'y ajoute une hausse massive du coût économique et social et un caractère de plus en plus systémique des risques.

De plus, certains risques sont émergents, par exemple associés aux transitions en cours des systèmes agricoles et alimentaires, de sorte que leur impact effectif et les conditions de leur gestion ne sont pas encore bien connus. Enfin, certains territoires (littoraux, densément peuplés, montagne, outre-mer, etc.) possèdent une vulnérabilité nouvelle dont il faut tenir compte, en raison notamment de sources d'expositions multiples et parfois cumulatives.

Un enjeu majeur pour nos sociétés porte sur le maintien des performances et la soutenabilité de l'agriculture en lien avec l'alimentation humaine et animale, tout en considérant l'utilité intrinsèque de la préservation des écosystèmes et de leur biodiversité. Il s'agit de parvenir à concevoir et mettre en place rapidement des stratégies de gestion et des politiques publiques de prévention, de protection et de compensation face à des risques de nature multiple, en évitant qu'elles ne soient elles-mêmes génératrices d'autres risques pour d'autres systèmes ou populations. L'intervention des acteurs publics (puissance publique, collectivités territoriales, etc.) constitue par conséquent un niveau d'action important à prendre en compte pour la gestion et la prévention des risques multiples, ainsi que l'évolution des mécanismes d'assurance et de couverture des risques multiples de façon générale.

Le passage de l'étude de phénomènes spécifiques potentiellement dommageables à des risques multiples, notamment en cascade, est loin d'être trivial et nécessite comme préalable un examen précis des modes d'interaction entre risques de natures différentes, un partage des concepts, méthodes, données et connaissances entre disciplines scientifiques, et un mode de diffusion adapté vers les porteurs d'enjeux et les décideurs. Le défi peut être transposé à la mise en place de politiques publiques qui devront rechercher des compromis entre des objectifs variés et répondre aux préoccupations d'acteurs privés et publics en devant parfois prendre des décisions dans l'incertain. C'est par conséquent une culture renouvelée et une meilleure connaissance du risque, de l'incertitude et de la vulnérabilité qu'il faut favoriser.¹

¹ Voir l'annexe 1 sur les concepts et définitions proposées par l'ARP Risques INRAE (2021).

• Enjeux scientifiques

Il existe une grande variété de risques pertinents pour les recherches à INRAE, sur lesquels la littérature scientifique est abondante, en matière de caractérisation, mesure, évaluation et prédiction. Il s'agit des risques agricoles, alimentaires, socio-économiques, naturels et environnementaux. Des progrès importants ont également été réalisés dans la littérature en matière d'analyse des perceptions du risque et des comportements face aux risques d'acteurs, privés et publics, tels les agriculteurs, agro-industriels, gestionnaires de milieux, résidents ou consommateurs. Une différenciation existe dans les recherches au niveau international entre d'une part les risques liés à des phénomènes globaux et des événements extrêmes (risques environnementaux tels les sécheresses, inondations, pandémies, risques technologiques, etc.), qui sont difficilement prévisibles, et des risques plus fréquents et prévisibles, donc gérables (prévention, auto-assurance, auto-protection et assurance). Cependant, même les profils des risques mieux connus affectant la plupart des objets et activités étudiés par INRAE sont susceptibles d'être modifiés par les évolutions de nos systèmes alimentaires et modes de vie, tout autant que par des changements globaux profonds (climat, biodiversité, instabilité macroéconomique et géopolitique, dynamique d'anthropisation).

Les études considérant les interactions entre risques, notamment les cascades de risques, restent encore rares dans la littérature scientifique. Or, il existe de nombreuses situations de risques en séquence dont il apparaît nécessaire de mieux appréhender la fréquence, la temporalité et les causalités, où le premier risque change au moins l'une des trois composantes du second risque (la probabilité ou la magnitude de l'aléa, la vulnérabilité ou l'enjeu lui-même), et où les risques en cascade peuvent aboutir à des points de non-retour ou de basculement, associés à des phénomènes d'irréversibilité. Les risques sur de vastes territoires ou associés à de nombreuses interactions ne peuvent pas être explorés sans recourir à une modélisation complexe du réel et à des simulations numériques, ce qui implique au préalable un travail de collecte de données et de conceptualisation, incluant potentiellement de multiples scénarios, d'interopérabilité des modèles et de validation de l'ensemble. Ces risques multiples ont précisément un périmètre commun avec les activités, objets et thématiques d'INRAE et sont présents à plusieurs échelles, de la parcelle ou écosystème local aux échanges internationaux de biens agricoles et alimentaires, d'énergie et aux ressources inégalement distribuées. Ils n'affectent que rarement une seule activité humaine ou un seul milieu, et ils impliquent souvent plusieurs acteurs des territoires, filières et systèmes alimentaires.

Les progrès importants dans les méthodes de modélisation, de traitement de données statistiques et expérimentales, d'intégration de connaissances et de données hétérogènes (dires d'experts, données d'enquête, sorties de modèles de simulation, etc.) permettent cependant d'appréhender des situations de risques multiples avec une robustesse accrue. Selon les disciplines, ces avancées en calcul scientifique et traitement de données doivent également s'accompagner d'une montée en puissance des approches « concept-driven » appliquées au multirisque. Ainsi, dans plusieurs communautés scientifiques, la représentation de la vulnérabilité de populations ou de milieux vis-à-vis de risques multiples, ou encore la construction de stratégies de prévention et de protection, restent pour beaucoup encore à développer. Un enjeu scientifique majeur porte sur la construction de la capacité à traiter de manière intégrée les différents risques, via une approche systémique, inter- et transdisciplinaire. En effet, les risques multiples, ou leurs résultantes, affectent une diversité d'enjeux sur un même territoire et la perception du risque par les populations.

Deux exemples, importants pour INRAE, sont la formalisation des processus de propagation de risques émanant de l'exposition à des phénomènes globaux (volatilité des prix liée au commerce international, urbanisation littorale, importation d'aliments contaminés, risque épizootique et pandémique, etc.) et la représentation de la diffusion d'innovations (comme l'adoption d'outils numériques dans la gestion et la protection des cultures) et la conceptualisation de systèmes assuranciers multirisques. Ces exemples soulignent la nécessité d'anticiper les risques et de produire des connaissances multidisciplinaires sur le multirisque et les risques en cascade (sur les objets INRAE) afin de proposer des solutions de maîtrise à différentes échelles qui soient assises sur ces connaissances.

Le métaprogramme XRISQUES devra, pour répondre à ces enjeux :

- Poser un cadre méthodologique pour traiter la diversité des aléas et des vulnérabilités, aux différentes échelles spatiales et temporelles et articuler différentes approches méthodologiques servant à modéliser les risques en les positionnant notamment vis-à-vis des sciences de la durabilité et des 'disaster studies';

- Proposer des outils et méthodes pour traiter les phénomènes non-stationnaires comme les transitions de systèmes et les systèmes socio-environnementaux en évolution rapide sous l'action des changements climatiques et de l'anthropisation en intégrant les évolutions des différentes composantes du risque (aléa, vulnérabilité, exposition), leur trajectoire et leur interaction ;
- Progresser dans la prise en compte de l'incertitude et du concept de risque dans des modélisations des systèmes complexes, y compris dynamiques, et intégrer la question du temps long ;
- Articuler les enjeux scientifiques portant sur les écosystèmes naturels, les systèmes forestiers et aquatiques (pour leur dimension productive), les systèmes agricoles et alimentaires, avec les enjeux d'évaluation des risques spécifiques et de leurs composantes ;
- Faire progresser la culture scientifique (production et partage de connaissance, modélisation...) afin de décloisonner l'analyse des décisions en matière de sûreté et de durabilité des systèmes ;
- Proposer une ontologie des risques multiples favorisant le dialogue et le partage de connaissances et d'information entre les différentes disciplines et modélisations concernées.

• Interdisciplinarité, nouveaux standards et pratiques de recherche

Les recherches sur les risques nécessitent l'interdisciplinarité voire la transdisciplinarité, dans une approche équilibrée entre les dimensions biologiques, biophysiques, formelles et de sciences humaines et sociales (SHS). Le MP XRISQUES a pour objectif de développer une interdisciplinarité ouverte à la diversité des approches en bio-géosciences, en mathématiques et en SHS, via l'intégration de connaissances dans des ontologies à construire pour l'analyse du multirisque. XRISQUES a pour vocation de combiner de façon intégrative les approches biotechniques et celles des SHS en mobilisant les mathématiques appliquées pour la science des données, les sciences numériques et l'intelligence artificielle afin de renouveler les questions de recherche autour des risques via la dimension multirisque et risques en cascade. Ainsi, l'analyse économique et sociologique des comportements des acteurs vise à expliquer et à modéliser les stratégies individuelles et collectives en matière de risques en intégrant l'effet des connaissances, de l'information et de leurs perceptions. Cela englobe l'étude de la conception, de la mise en œuvre et des conséquences des politiques publiques. La compréhension fine des processus physiques à l'origine des aléas (incluant l'impact des mesures de protection sur ces mêmes aléas) et de la vulnérabilité permettra des extrapolations robustes dans un contexte de changements importants. Une place particulièrement importante sera donnée aux développements de méthodes de modélisation et de traitement des données, comme des outils facilitant l'interdisciplinarité. Les disciplines concernées au premier chef sont les mathématiques appliquées, l'informatique, la statistique, l'écologie fonctionnelle et des populations, les sciences de l'environnement et du climat, la théorie de la décision en univers risqué ou incertain, l'économie, etc. Une telle interdisciplinarité permettra par exemple, via l'intégration de risques de natures différentes, de progresser dans les méthodes d'évaluation de type bénéfices-risques, qui mobilisent un éventail assez large de disciplines scientifiques. L'histoire pourra être mobilisée pour la constitution et la contextualisation de chronologies événementielles, la compréhension de l'évolution des sociétés et des composantes des risques sur le temps long.

2 – PROGRAMME

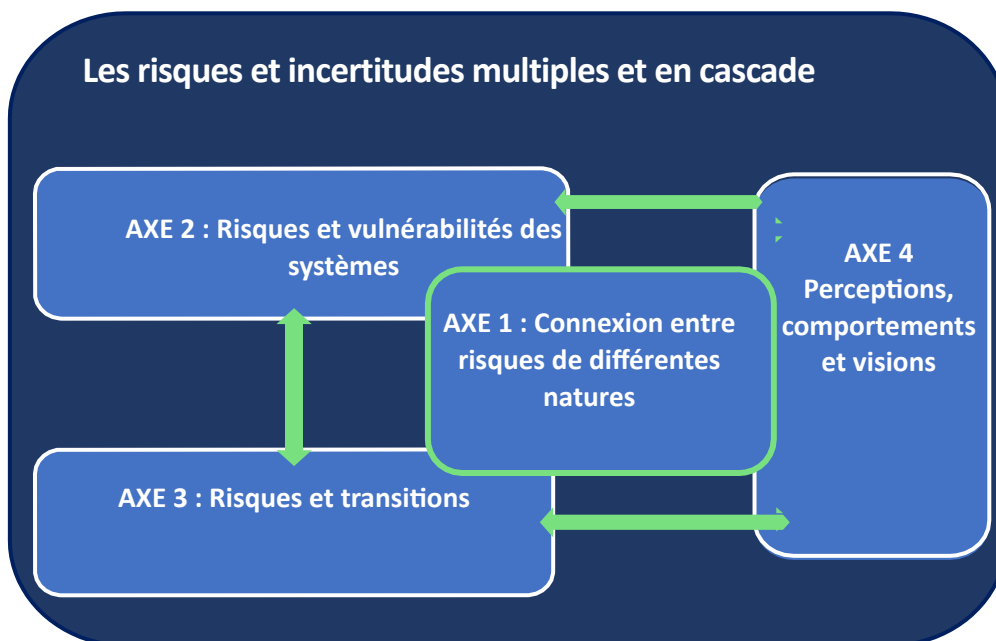
• Objectifs et défis scientifiques interdisciplinaires

Le métaprogramme XRISQUES poursuit la dynamique de l'Atelier de Réflexion Prospective (ARP) sur les risques multiples. Il a pour objectif de développer des recherches innovantes sur des processus en interaction à différentes échelles spatiales et temporelles, susceptibles de générer des dommages importants. XRISQUES porte des questions de recherche pour lesquelles il est nécessaire d'intégrer plusieurs niveaux d'organisation des systèmes (écosystèmes naturels, systèmes forestiers et aquatiques, systèmes agricoles et alimentaires) à diverses échelles de temps, et d'espace, par des méthodes appropriées. Ainsi, XRISQUES traitera, dans le champ d'activité Agriculture-Alimentation-Environnement d'INRAE, des questions concernant :

- L'intégration et l'interprétation de données et de connaissances sur les risques identifiés ou émergents de natures et d'impacts différents ;
- La modélisation spatiale et temporelle des risques multiples affectant des acteurs, des collectifs, des segments de la population, des territoires et des systèmes et leur intégration dans des modèles globaux ;
- Les stratégies et politiques de prévention et de gestion des risques multiples, via des approches de modélisation, de démarches participatives et de méthodes mixtes (qualitatives et quantitatives).

Dans ce cadre général, XRISQUES porte des enjeux de recherches interdisciplinaires avec une ambition internationale et de renouvellement des politiques publiques ainsi que des enjeux d'animation scientifique, de formation par la recherche et de construction d'une communauté scientifique interdisciplinaire visible sur ces questions de risques multiples.

• Axes de programmation



Le MP XRISQUES est structuré autour de quatre grands axes : établir les connexions entre des risques de nature variée (Axe 1), mieux appréhender la vulnérabilité des systèmes (Axe 2), passer des risques spécifiques à la gestion des transitions (Axe 3) et analyser les comportements, perceptions et visions transformatives des risques (Axe 4). Les axes 1 et 4 sont relativement génériques, le premier visant en particulier à poser le cadre conceptuel, les notions et définitions autour desquelles la communauté sur le multirisque devra se former (mieux se comprendre, mieux échanger et communiquer), le second réalisant un travail d'explicitation des représentations des perceptions et visions des risques ainsi que d'analyse des comportements en situation précise caractérisée de risques multiples et d'incertitude.

Axe 1 : Établir les connexions entre des risques de natures variées

Le premier axe de XRISQUES vise à recenser et qualifier les risques multiples pertinents pour INRAE, identifier des exemples d'interaction emblématiques à approfondir en priorité, ainsi que les verrous à lever pour y parvenir et développer les outils et méthodes nécessaires à leur analyse. Il s'agit par conséquent d'un axe ambitieux et très largement transversal aux autres axes mais aussi potentiellement utile pour d'autres MP INRAE en termes de méthodes et outils, ou encore de démarches interdisciplinaires. Ainsi, **la production**

d'outils et de méthodes pour décrire, analyser et quantifier les risques multiples est affichée comme un objectif en soi de XRISQUES.

Les objectifs de cet axe sont les suivants :

- Mieux **définir** les risques multiples comme objet de recherche prioritaire et pertinent pour les objets et thématiques INRAE ;
- Fournir une **cartographie des risques, identifier et analyser les interactions** entre ces risques ;
- **Identifier** des **exemples d'interaction** emblématiques à approfondir ;
- **Conceptualiser 'l'évaluation multirisque' ;**
- **Produire des outils et méthodes** pour décrire, analyser et quantifier les risques multiples, notamment via l'intégration des dimensions spatiales et temporelles ;
- **Instruire** la possible mise en place d'une **infrastructure de dépôts de données** sur les risques **et des outils informatiques et de modélisation** associés, notamment dans des **territoires ou des grappes de risques en interaction à identifier**.

La cartographie des risques et de leurs interactions permettra d'identifier les besoins d'approfondissement pour des risques insuffisamment traités par les départements de recherche et d'autres MP INRAE. De même, lorsque le sujet est plus mature, une proposition de périmètres-cibles sera faite afin d'intégrer les risques multiples et avancer sur leur spécificité et leurs interactions.

Le périmètre de cet axe et donc du MP XRISQUES est large, intégrant des situations analysées par la quasi-totalité des départements de recherche INRAE², mais apportant une dimension centrale au multirisque. Les échelles d'analyse potentielles iront de l'individu à l'échelle planétaire, avec une temporalité également large (de l'horaire à l'interannuel, du quasi-temps réel jusqu'au centennal). En fonction des contextes, l'accent sera mis sur l'ensemble de la chaîne de risque et sur les différentes modalités de prévention, d'adaptation, de compensation et de réparation, en passant par la gestion des crises.

En termes de méthodes, l'Axe 1 propose une formalisation multidimensionnelle (type GIEC)³ du multirisque intégrant aléa, vulnérabilité et exposition de différents enjeux, et une représentation et une modélisation systémique (type UNDRR)⁴ qualitative et quantitative des systèmes multirisques. Des modèles de risques intégrant l'expression formelle de la mesure des risques et de décision en situation de multirisques seront développés, à partir par exemple de modèles sur les processus élémentaires et leurs enchaînements causaux, la vulnérabilité du système, etc. Les systèmes dynamiques contrôlés et la modélisation qualitative seront également mobilisés afin de décrire le fonctionnement de systèmes multirisques complexes.

Les défis méthodologiques associés à cet axe concernent :

- La construction d'un cadre conceptuel commun de représentation des risques et des incertitudes multiples interconnectés ;
- La gestion des manques de connaissances ou des incertitudes sur les aléas, les vulnérabilités et les expositions dans le domaine du multirisque ;
- L'intégration de méthodes qualitatives et quantitatives et l'interopérabilité des données à l'aide d'ontologies adaptées sont des défis non spécifiques à XRisques mais importants pour sa réussite.

² Risques liés au changement climatique et à la transition agroécologique, risque microbiologique et toxicologique des aliments, risques émergents liés aux technologies et pratiques nouvelles de gestion de l'eau, risques économiques liés à la volatilité des marchés agricoles et alimentaires, cascades de risque suite à un aléa naturel, multirisque à l'échelle territoriale, etc.

³ GIEC /IPCC - [Intergovernmental Panel on Climate Change](#)

⁴ UNDRR – [United Nations Office for Disaster Risk Reduction](#)

Axe 2 : Mieux appréhender la vulnérabilité des systèmes et des populations

Différents facteurs spatio-temporels peuvent accroître la vulnérabilité⁵ d'un système, d'un territoire ou d'une population et être à l'origine d'impacts en cascade. En retour, certains systèmes peuvent « apprendre » de ces impacts et gagner en résilience et, ainsi, diminuer leur vulnérabilité aux aléas concernés, voire à d'autres aléas de nature différente. Le deuxième axe de XRISQUES vise à analyser les situations de risques multiples ou en cascade par l'entrée du système, spatialement situé comme un territoire, ou intégrant plusieurs activités sujettes à des risques multiples comme un système alimentaire. Cet axe propose également d'explorer les propriétés et la construction des risques multiples affectant des catégories de populations (par exemple, des orientations techniques spécifiques d'exploitants agricoles ou des ménages et individus particulièrement vulnérables). Il s'agira de travailler sur la vulnérabilité vis-à-vis de risques non plus uni-variés mais multiples, afin de développer des capacités d'analyse des **composantes des risques multiples** par l'entrée de la **vulnérabilité**.

Les objectifs de cet axe sont les suivants :

- Représenter les **dimensions multiples** de la vulnérabilité au niveau de systèmes, de territoires ou de catégories de populations ;
- Préciser, dans un cadre multirisque et de façon générique, les notions de **Vulnérabilité, Résistance, Résilience, Adaptation** ;
- Développer des **méthodes de hiérarchisation** des risques via une analyse de leurs interdépendances permettant de **caractériser et classer les systèmes** en fonction de leur vulnérabilité aux risques multiples ;
- **Décliner**, sur des **exemples illustratifs** les plus représentatifs possibles, des **analyses de différents types de vulnérabilité**.

Travailler sur la vulnérabilité vis-à-vis des risques multiples est a priori très différent d'une simple juxtaposition de vulnérabilités par risque. Cela permettra de travailler sur des composantes endogènes des risques multiples sur lesquels INRAE peut être force de proposition en termes de leviers à mobiliser pour réduire ce type de vulnérabilité. L'analyse du degré de vulnérabilité de systèmes, territoires ou populations sera mise en regard d'objectifs de maintien d'une capacité de fonctionnement des écosystèmes ou des systèmes de production, etc., afin de proposer des solutions innovantes de maîtrise et d'anticipation d'ordre technique, organisationnel ou politique. Cette analyse inclura par exemple la production de connaissances et de méthodes associées au levier de la diversité génétique pour la conception et le développement de systèmes de cultures et d'élevage agroécologiques en contribuant à leur performance et en réduisant leur vulnérabilité.

Plusieurs grandes questions de recherche seront abordées, parmi lesquelles la mesure de la vulnérabilité « indirecte » (rupture d'infrastructures critiques, pertes d'accessibilité et de services, etc.), le rôle de la connexion des territoires entre eux (urbain/rural, montagne/littoral, etc.), la vulnérabilité des écosystèmes aux bioagresseurs, agents pathogènes et invasions biologiques, et les politiques de protection des populations vulnérables à des risques multiples.

Les méthodes d'analyse seront similaires à celles développées dans l'Axe 1, avec cependant une caractéristique spatiale et d'échelle géographique plus large concernant la vulnérabilité des territoires et un rôle particulier donné aux analyses multicritères et multidimensionnelles.

Les défis méthodologiques associés à cet axe concernent :

- La mesure de la vulnérabilité, de la résilience, résistance et capacité d'adaptation des écosystèmes ou des agrosystèmes, de certains territoires ;
- L'évaluation de la vulnérabilité de catégories de populations (agriculteurs, individus, ménages ruraux et urbains, résidents littoraux, etc.) à différentes échelles (exploitation, ménage, bassin de vie, etc.) ;

⁵ Voir l'annexe 1.

- L'intégration des risques multiples dans les analyses multicritères situées des écosystèmes, du métabolisme territorial et de leurs transitions, pour déboucher sur des analyses bénéfices-risques.
- L'analyse des leviers et des verrous dans la mise en œuvre de la gestion des systèmes sociaux-environnementaux, dans un cadre multirisque.

Axe 3 : Des risques spécifiques liés à la gestion des transitions

Les transitions agricoles, alimentaires, énergétiques, écologiques, climatiques, numériques, démographiques, sociales, etc., peuvent engendrer de nouvelles combinaisons de risques et sont souvent associées à des incertitudes sur leurs caractéristiques et impacts futurs. Si les risques peuvent globalement augmenter du fait de certaines de ces transitions, il convient de les comparer aux bénéfices attendus des réponses innovantes pour répondre aux besoins humains dans un contexte de ressources naturelles limitées en tenant compte des enjeux spécifiques pour les écosystèmes et les milieux. L'Axe 3 de XRISQUES porte sur les relations entre les risques multiples et les transitions de nos systèmes agricoles, alimentaires et socio-environnementaux, dans une perspective dynamique et prospective.

L'Axe 3 de XRISQUES a pour objectifs :

- L'évaluation des risques et incertitudes associés aux nouvelles filières et nouveaux modes de production comme des solutions alternatives aux systèmes conventionnels (mais aussi l'estimation des risques de non-adoption des innovations) ;
- De compléter les évaluations a priori des performances futures des systèmes innovants en agriculture et sylviculture, en agroalimentaire, par la prise en compte des niveaux des risques ou des incertitudes et de leur compensation éventuelle ;
- De proposer des méthodes permettant aux gestionnaires des risques et aux décideurs de hiérarchiser les actions d'atténuation ou d'adaptation à ces risques afin d'envisager des voies de développements durables et résilientes.
- D'analyser de façon formelle, dans des systèmes en transition, les risques liés à la non stationnarité de leurs composantes (aléa – vulnérabilité – exposition) qui se combinent pour engendrer des trajectoires complexes.

Le périmètre des questions de recherche traitées par l'Axe 3 porte sur :

- Les transitions (alimentaire, climatique, agroécologique, socio-environnementale, innovations technologiques ou organisationnelles, etc.) modifiant fortement les différentes composantes des risques (aléa, exposition et vulnérabilité) ou étant susceptibles d'en créer de nouveaux, dans un contexte incertain ;
- Les modes de gestion des risques associés aux transitions (prévention, protection, assurance et compensation) des acteurs subissant ces risques ;
- L'évaluation risques-bénéfices de nouveaux systèmes agricoles, alimentaires et socio-environnementaux via une approche holistique et l'intégration de données complexes ;
- La caractérisation des trajectoires de transition dans les milieux naturels intégrant la modification de la fréquence, de l'intensité et de la répartition des aires concernées.

Les grandes questions portées par cet axe devront associer les disciplines et communautés scientifiques sur les risques et incertitudes et celles focalisées sur la durabilité, notamment en transformant certaines projections (GIEC, IFPRI⁶, FAO par exemple) en projection de risques et incertitudes liées à des scénarios globaux. Des méthodes de descente d'échelle (méthodes de désagrégation spatiale et de correction de biais)

⁶ IFPRI - International Food Policy Research Institute

et de partition d'incertitudes (Hawkins et Sutton, 2009)⁷ seront également mobilisées ainsi que le développement de modèles assurant l'intégration des transitions socio-environnementales (urbanisation, activités agricoles, tourisme, etc.) et de leur impact sur les différentes composantes des risques (aléa, vulnérabilité et exposition). L'évaluation des performances et des risques associés aux nouveaux systèmes agricoles et alimentaires demandera le développement de modélisations couplées dans un cadre multicritère dynamique permettant la comparaison entre des trajectoires diversifiées.

Les défis méthodologiques associés concernent :

- La modélisation de la propagation des risques et de l'incertitude dans les systèmes dynamiques, complexes et multirisques, y compris en contexte non-stationnaire ;
- Les méthodes de construction de projections futures des différentes composantes des risques à l'échelle territoriale ou globale ;
- L'intégration des risques et incertitudes dans le couplage entre dynamiques de transition de territoires spécifiques : transitions agroécologiques, énergétiques, des systèmes alimentaires et métropolisation).

Axe 4 : Comportement et perception par les acteurs : les différentes visions des risques

La représentation, la perception et les attitudes face aux risques ne sont pas uniques selon les époques, les secteurs et les catégories de population, et la façon dont les décisions des acteurs individuels et collectifs (publics ou privés) s'adaptent aux risques (et aux incertitudes) constitue un objet de recherche majeur pour l'économie, la sociologie et bien d'autres SHS moins présentes à INRAE telles que la psychologie, l'histoire, les sciences politiques ou le droit. L'Axe 4 de XRISQUES propose de développer des travaux interdisciplinaires entre SHS et approches biotechniques, et transdisciplinaires, afin de caractériser la portée de différentes perceptions du risque, leur traduction dans les comportements individuels ou collectifs de gestion des milieux, de production ou d'organisation industrielle, ou enfin de consommation alimentaire.

Au-delà de l'objectif générique de renforcer l'**interdisciplinarité entre SHS et autres disciplines**, les objectifs de cet Axe 4 sont de :

- Proposer un cadre d'analyse permettant de partager une **culture scientifique** (en interne à INRAE) autour du risque et de l'incertitude, en détaillant les propriétés des diverses **représentations** des risques (objectif, statistique, projeté, perçu, subjectif, etc.) ;
- Passer de représentations des attitudes face au risque et à l'incertitude pour un risque unique, à des situations complexes, multirisques, et associées à des mesures de politiques impactant plusieurs sources de risque simultanément, éventuellement sur plusieurs échelles et enjeux ;
- Développer des **méthodes** quantitatives et qualitatives de **représentation des attitudes** face au risque dans des situations plus complexes de risques multiples et risques en cascade ;
- Analyser par des démarches **quantitatives** (modélisation) et **qualitatives** (sociologie politique, approches participatives, etc.) les relations science-société concernant les risques multiples notamment collectifs, y compris les controverses sur la gestion de ces risques.
- Explorer le périmètre des risques liés dans un temps long, associés au changement de générations, aux héritages et aux modifications de normes et repères éthiques et culturels, et aux différentes étapes de la vie des individus.

Les défis méthodologiques de l'axe 4 sont les suivants :

- Adapter les méthodes d'évaluation des perceptions et des préférences face au risque et à l'incertitude

⁷ Hawkins, E., & Sutton, R. (2009). The potential to narrow uncertainty in regional climate predictions. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 90(8), 1095-1108.

(approches expérimentales ou quasi-expérimentales en économie, ou encore des analyses qualitatives en sociologie et psychologie cognitive) aux risques multiples en intégrant les disciplines techniques et biologiques dans la co-construction de ces outils ;

- Exploiter des données historiques (rétrospectives) sur le temps long pour reconstituer et contextualiser des chronologies sur des risques multiples ou en cascades ;
- Mobiliser la géographie et les sciences politiques comme intégratrices interdisciplinaire pour aborder des questions territoriales et démographiques, de géopolitique et de relocalisation du multirisque ;
- Développer les analyses bénéfico-risques, coûts-bénéfices en situation d'incertitudes ou enfin l'application du principe de précaution, dans un cadre inter- et trans-disciplinaire pour l'aide à la définition de politiques publiques à l'aide de scénarios. Complétant les démarches quantitatives en économie et en sociologie, dont l'analyse de corpus textuels, l'enjeu sera d'articuler des approches qualitatives et participatives en anthropologie, sociologie politique, future studies ou sociologie des sciences et techniques, par exemple.

Les méthodes d'évaluation des perceptions et des préférences face au risque et à l'incertitude, via notamment des approches expérimentales ou quasi-expérimentales en économie, ou encore des analyses qualitatives en sociologie et psychologie cognitive, auront une place particulière. Ces analyses devront être menées dans un cadre interdisciplinaire avec des disciplines hors-SHS afin notamment de co-construire des protocoles d'enquête et d'expérience dont les résultats pourront bénéficier à tous. L'exploitation de données historiques (rétrospectives) sur le temps long demandera des collaborations avec des historiens du risque pour reconstituer et contextualiser des chronologies. De même, la mobilisation de géographes permettra d'aborder des questions territoriales et démographiques, de géopolitique et de relocalisation de certains risques.

Complétant les démarches quantitatives sur données statistiques, d'autres approches incluront la sociologie quantitative, l'anthropologie et l'analyse de corpus textuels. De plus, les analyses bénéfico-risques, ou coûts-bénéfices en situation d'incertitude ou enfin l'application du principe de précaution, qui seraient issues de ces travaux, doivent également être construites dans un cadre inter- et transdisciplinaire. L'un des apports de cet axe sera de fournir une aide à la décision publique en repensant les risques au-delà d'une vision techno-centrée pour poser la question de la décision en situations d'incertitude, et de la co-construction avec les citoyens et l'ensemble des parties prenantes. Cet appui permettra également de mieux comprendre les limites des organisations actuelles (perte de vigilance, exacerbation de confiance ou déni) afin de les corriger.

En résumé, les Axes 2 et 3 ont des périmètres assez précis, concernant pour le premier l'analyse des vulnérabilités des systèmes, des territoires et des populations dans une approche explicitement située géographiquement, professionnellement et socialement, pour des systèmes agricoles, alimentaires et écologiques bien décrits. L'Axe 3 concerne quant à lui les incertitudes liées aux innovations technologiques et organisationnelles en cours ou émergentes, dont les caractéristiques et conséquences ne sont pas encore bien connues et qui nécessitent de comprendre les perceptions et processus de décisions en situation de risques ou d'incertitudes telles qu'abordées dans l'Axe 4.

3 – COMPLEMENTARITES ET VALEUR AJOUTEE

• Par rapport aux schémas stratégiques des départements

XRISQUES aborde des thématiques qui font l'objet de défis et/ou d'enjeux structurants pour la quasi-totalité des départements INRAE, tant la question des risques figure en bonne place dans les Schémas Stratégiques de ces derniers. La liste des Grands Objectifs Scientifiques des SSD des départements INRAE en lien avec les risques et l'incertitude figure dans l'annexe 2 de ce document. XRISQUES constituera un espace favorable pour développer des collaborations interdisciplinaires sur la question des risques multiples, qu'ils soient abordés au sein d'un même département ou associés à des thématiques trans-départements. Le MP sera un lieu d'animation et de partage de méthodes et d'outils sur la représentation et l'évaluation des risques,

leurs impacts et les stratégies et politiques publiques de gestion de ceux-ci. XRISQUES contribuera, par conséquent, au couplage d'outils et modèles et à l'intégration d'approches variées de modélisation mais également au développement de démarches qualitatives et de méthodes mixtes. L'Axe 1 ci-dessus permettra un travail approfondi de cartographie des risques (et de construction d'ontologies entre risques) que l'on peut regrouper en trois « grappes », chacune représentant un périmètre assez large porteur d'applications futures :

- forêts et milieux naturels (ACT, AQUA, ECODIV, ECOSOCIO, SPE) ;
- agriculture : impacts des systèmes et des pratiques (ACT, BAP, AES, ECOSOCIO, GA, PHASE, SA, SPE) ;
- alimentation et territoires urbains (ACT, ALIMH, AQUA, MICA, SA, TRANSFORM).

La répartition précédente, basée sur les travaux en cours et des domaines d'application communs, ne doit pas conduire à un cloisonnement des recherches sur le multirisque. Aussi un **quatrième groupe est transversal aux trois grappes ci-dessus** et représente la communauté scientifique des modélisateurs du département MATHNUM et d'autres départements (AQUA, ECOSOCIO, ECODIV, SA, etc.), dont la contribution sera essentielle au MP XRISQUES, en s'appuyant sur des exemples dans les différentes grappes, tels que ceux présentés dans l'annexe 3.

• Disciplines et méthodes concernées

XRISQUES mobilise une diversité de disciplines biologiques, de l'environnement, des géosciences, des sciences sociales et de disciplines formelles. Un objectif majeur est de décroiser ces disciplines, les communautés associées et leurs objets et systèmes d'étude par le prisme de l'analyse des risques multiples, dont les différentes composantes sont en général considérées comme des risques spécifiques par ces communautés. Au-delà de l'analyse multirisque, les disciplines et méthodes concernées porteront également sur les outils de maîtrise, d'atténuation et contrôle de ces risques, ainsi que leurs performances. Les disciplines concernées seront représentées par des projets de recherche dans les différents axes de programmation du MP, toutes les communautés n'ayant bien entendu pas vocation à figurer systématiquement dans les quatre axes.

• Par rapport aux principaux dispositifs et grands programmes de recherche, au niveau national, européen et international

Le MP XRISQUES propose d'apporter une valeur ajoutée en structurant une communauté scientifique bien identifiée sur les risques multiples qui sera à terme mobilisée pour répondre aux appels à projets des principaux dispositifs et grands programmes. Autre valeur ajoutée, cette communauté sera force de propositions de thèmes sur les risques dans les phases de montage des appels à projets nationaux et européens. Les collectifs INRAE impliqués (et leurs partenaires académiques) accompagneront le développement de méthodes, outils et dispositifs collectifs de partage de données autour de la science du multirisque déjà visible dans plusieurs réseaux (Future Earth, Belmont Forum, etc.) et des grands programmes nationaux (PEPR IRiMa, FORESTT, PREZODE et Water4All, GET risques environnementaux d'AllEnvi, etc.) et internationaux (déclinaison des ODD au niveau EU, etc.). À l'échelle nationale, XRISQUES ambitionne de donner une position de leadership à INRAE sur la question du multirisque dans les thématiques couvertes par l'institut et détaillées dans le document directeur INRAE 2030. En terme de complémentarité, le MP accompagnera le développement d'actions en partenariat avec des structures de recherche fédérant des communautés interdisciplinaires sur des enjeux autour du risque et il bénéficiera d'interactions avec des dispositifs nationaux et des grands programmes de recherche dont certains ont une déclinaison à l'échelle européenne. Le comité de pilotage stratégique du MP XRISQUES sera en charge de l'analyse des opportunités de coopération scientifique et de la priorisation des interactions avec ces partenaires potentiels.

• Articulation avec les programmes prioritaires internationaux d'INRAE

Initié dans le cadre du PPI « maladies émergentes », le PEPR Prezode, partie française du soutien à l'initiative internationale PREZODE « Preventing ZOonotic Disease Emergence » vise à comprendre, surveiller et anticiper les émergences zoonotiques. Parmi les programmes prioritaires internationaux (PPI)

actuels de l'institut, un seul est en prise directe avec les objectifs de XRISQUES : « Adaptation of forests and agroforests to climate change », qui vise à concevoir et évaluer des options transformatives basées sur la recherche afin de favoriser l'adaptation des écosystèmes forestiers au changement climatique et contribuer à la réduction des risques climatiques. D'autres PPI peuvent néanmoins porter des projets de collaboration compatibles avec les thématiques du MP (par exemple, le PPI Protection agro-écologique des cultures via la question de l'adaptation et de la robustesse face aux fluctuations environnementales). Les possibilités de synergie avec ces PPI devront être étudiées.

• Interfaces avec d'autres MP

Les articulations seront à travailler et organiser en particulier avec les MP :

- SYALSA et HOLOFLUX dans le domaine de l'alimentation et de la santé (toxicologie et écotoxicologie prédictives, exposition aux contaminants, analyses multi-échelles et multicritères) et plus généralement pour les risques liés à la dynamique des microbiotes ;
- BETTER pour la caractérisation des relations ville/ruralité et de leur continuum ;
- CLIMAE dans le domaine du changement climatique (risques associés à la non-atteinte des objectifs d'adaptation et d'atténuation, arbitrage adaptation-atténuation en conditions de risque ou d'incertitude et dimension assurantielle des risques multiples) ; l'assurance et la gestion des crises seront abordés par XRISQUES exclusivement par l'angle du multirisque, à la différence de CLIMAE ;
- METABIO, SUMCROP et SANBA dans le domaine des transitions des systèmes agricoles (enjeux de santé animale ou végétale) ;
- SANBA et SUMCROP dans le domaine de la santé animale et des plantes (faire évoluer les pratiques d'élevage et les systèmes de production à différentes échelles y compris du territoire et des filières)
- BIOSEFAIR et HOLOFLUX dans le domaine de l'environnement et des milieux naturels (sur les risques affectant la biodiversité et la disponibilité des ressources naturelles et des services écosystémiques, résilience et risques d'échec de politiques de soutenabilité et application de la théorie de la viabilité) ;
- DIGITBIO dans le domaine de la modélisation spatio-temporelle appliquée à l'écologie et la biologie à différentes échelles (par exemple, la modélisation des phénomènes observés dans une cascade de changements et l'intégration des données omiques aux appréciations du risque microbiologique).

De façon générale, XRISQUES jouera un rôle transversal sur les besoins et l'application de développements méthodologiques pour répondre à certains enjeux de compréhension et de prédiction rencontrés dans les autres MP (ou au sein des départements) et relatifs aux risques.

4 – AMBITIONS

• Percées scientifiques potentielles

XRISQUES se veut un MP transformant sur des enjeux sociétaux et scientifiques forts via la levée de verrous fondamentaux liés au multirisque en termes de formalisme et conceptualisation, de développement de méthodes de quantification, d'approches quantitatives et qualitatives interdisciplinaires dans des dimensions spatiales et temporelles, de prise en compte de contextes évoluant rapidement, etc. Les avancées méthodologiques et conceptuelles pourront être appliquées sur un certain nombre de « cas » précis et situés, liés par exemple aux différentes grappes (voir plus haut), avec une mise-en-œuvre allant jusqu'à la co-conception de stratégies d'actions ou de politiques publiques adaptées au contexte. Des percées sont attendues notamment sur les aspects liés à la non-stationnarité dans les systèmes agricoles, alimentaires, socio-environnementaux et les écosystèmes, avec des évolutions liées aux nouveaux risques et/ou aux risques

cumulés mis en évidence sur un temps long. Il en est de même d'avancées attendues sur les approches à la fois intégratives (intégrées, prenant en compte la complexité et l'interconnexion des systèmes socio-environnementaux et le caractère systémique dans l'analyse multirisque) ou plus « spécifiques » sur les processus générateurs de risques. Des avancées seront nécessaires également aux niveaux disciplinaire (notamment sur les composantes des risques : processus physiques et sociaux), interdisciplinaire, fondamental et transdisciplinaire (par exemple sur l'utilisation de la télédétection pour l'évaluation territoriale des risques multiples, la connaissance et la prévision des risques multiples en contexte de changement climatique, etc.). Mentionnons enfin d'autres percées qui sont attendues portant sur le lien aux sciences de la durabilité, ainsi que le développement d'approches d'évaluation multicritère et décisionnelles pour une meilleure gestion des compromis entre risques. Sur ce dernier point, l'intégration du processus décisionnel est motivée par l'importance du facteur humain lors, par exemple, de catastrophes majeures, incluant par ailleurs des questions autour de la communication vers les populations et la prise en compte des attitudes face aux risques et l'incertitude associée à chacun. Ces avancées scientifiques potentielles permettront à INRAE de s'insérer dans la science des risques au niveau international, dans ses dimensions agricoles, environnementales et alimentaires mais également sur des enjeux territoriaux, y compris pour des milieux urbains complexes.

Développer des capacités de prédiction fortes dans toutes les gammes d'échelles et de thématiques à partir d'approches variées, notamment la modélisation, constitue le défi de ce MP. Ces connaissances et capacités de prédiction constituent un maillon de la vision systémique qu'il est indispensable de développer à INRAE et en ce sens, XRISQUES sera pertinent pour alimenter la réflexion et soutenir des projets de recherche capables d'apporter des scénarios futurs crédibles et pertinents et des solutions opérationnelles.

• Impacts visés selon les dimensions d'impacts ASIRPA

Les impacts attendus des percées scientifiques de XRISQUES concernent en particulier :

- La réponse à un besoin de sécurité des populations : anticipation et minimisation des risques, gestion des crises, planification à différents horizons temporels, en particulier pour les territoires sensibles soumis à de nombreux risques ;
- La durabilité nécessaire des systèmes socio-environnementaux et de la planète dans son ensemble, incluant celle des milieux et des communautés vivantes ;
- La soutenabilité recherchée des systèmes socio-économiques en gestation et émergence, basés sur la bioéconomie à des fins d'économie circulaire, et intégrant les dimensions environnementales, sanitaires, sociales, économiques et politiques de la durabilité ;
- Les réponses aux questions posées par les transitions, la complexité croissante des systèmes, les nouveaux risques et l'accroissement du coût des catastrophes naturelles ;
- Le besoin fort d'appui aux politiques publiques sur les risques multiples (notamment émergents et/ou en évolution rapide et/ou intersectoriels) ;
- Les modalités de réduction de la fréquence et de l'intensité des crises et des dommages qu'elles génèrent.

• Enjeux de positionnement national, européen et international

Le sujet des risques multiples et en cascade est de plus en plus mobilisateur au niveau de certains sites (programmes structurants comme par exemple l'institut des risques à Grenoble), national (les PEPR IRIMA, FORESTT, PREZODE, OneWater, le GET « risques environnementaux » de l'alliance AllEnvi), et international (Réseau Future Earth et Belmont Forum, réseau PEER, etc.). L'ensemble de ces initiatives concourt à faire émerger la science du multirisque comme une composante de la science de la durabilité. Le potentiel INRAE de positionnement à l'Europe est important mais il nécessite un affichage et un investissement scientifique rapide et conséquent pour envisager une position de leadership au niveau national et européen. En effet, le paysage national évolue rapidement avec une volonté très forte de nos partenaires de se positionner sur le sujet (IRD, Ineris, BRGM et CNRS mais aussi INSERM et ANRS-MIE).

Au niveau national, INRAE est reconnu par l'Anses comme partenaire scientifique sur l'évaluation multirisque en microbiologie et toxicologie ; il est donc important de poursuivre cette coopération sur les approches intégratives allant au-delà des risques sanitaires pour s'inscrire dans un objectif de durabilité. Concernant les risques naturels, l'affichage est déjà effectif vis-à-vis de la Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère de l'écologie et de l'AFCPN⁸, INRAE ayant déjà mis en place des réseaux scientifiques tel RisqFor (risques en forêt, coordonné par le département ECODIV). En santé des plantes, en santé animale, et pour la surveillance de la chaîne alimentaire, on mentionnera les plateformes nationales d'épidémiologie-surveillance correspondantes avec la contribution conjointe d'experts des départements MathNum, AlimH, SPE, SA et ECODIV.

Au niveau européen, la position de leader d'INRAE en matière de risques-bénéfices de santé (avec le DTU⁹) se traduit par des actions de « capacity building » (financement EFSA) et de projets tels HOLIFOOD (« Holistic approach for tackling food systems risks in a changing global environment ») mais ce leadership européen reste à consolider sur les aspects santé animale et humaine (cf. les liens établis avec le programme Zodiac de l'AIEA sur les risques épidémiques et pandémiques) et à développer sur les aspects santé et durabilité. INRAE est l'un des partenaires du « Partenariat européen pour l'évaluation des risques liés aux substances chimiques » (UE_PARC), coordonné par l'Anses. Concernant les risques environnementaux, INRAE a vocation à jouer un rôle moteur dans l'avancée et l'animation de la recherche française et internationale, avec cependant un point d'attention sur l'évolution rapide du paysage national, notamment sur la question des territoires urbains (CNRS, BRGM, Ineris, IRD).

Au niveau international, INRAE est impliqué dans des réseaux internationaux (par exemple, l'UIFRO¹⁰), le LIA IFOPE (Chine), qui pourrait s'ouvrir à des équipes du département SPE, etc.

• Atouts et limites d'INRAE dans le domaine du MP

INRAE dispose d'un potentiel significatif pour développer des approches multirisques en raison de compétences scientifiques reconnues dans une grande variété de disciplines mobilisées sur le sujet (biologie, sciences de l'environnement, mathématiques et statistique, économie, sociologie, théorie de la décision, etc.) et de partenariats académiques avec de nombreuses équipes pertinentes sur le thème des risques. De plus, certains dispositifs collectifs (infrastructures de modélisation et de données, dispositif d'épidémiologie-surveillance, réseaux de compétences, etc.) assurent une mise à disposition de données pour la recherche. Cependant, plusieurs points de vigilance sont à mentionner :

- Un nombre initialement limité de cas d'études possibles portant sur des risques multiples et en particulier en cascade, sur des thématiques INRAE ;
- Une organisation interdépartementale à mettre en place sur des échelles variées et avec une approche système actuellement partagée par un nombre relativement limité de collectifs ;
- Une coordination indispensable à construire rapidement avec plusieurs autres métaprogrammes qui ont des thématiques autour des risques, des transitions et la durabilité dans leur document de cadrage (voir ci-dessus) ;
- Un vivier de scientifiques en interne relativement faible sur les questions de multirisque par rapport à ceux analysant des risques spécifiques ;
- Une place déjà revendiquée par d'autres instituts notamment à l'étranger et mettant d'emblée INRAE en situation de compétition, d'où le besoin d'un fort appui initial et d'une veille stratégique à mettre en place rapidement ;
- Des données hétérogènes et clairsemées, d'accès parfois difficile en raison de questions étudiées dans des disciplines différentes.

⁸ AFCPN - [Association française pour la prévention des catastrophes naturelles et technologiques](#)

⁹ DTU – [Technical University of Denmark](#)

¹⁰ [IUFRO - International Union of Forest Research Organizations](#)

5 – PARTENARIATS

• National

La liste des partenariats à renforcer sera précisée et priorisée au cours de la vie du MP mais il est possible d'identifier d'ores et déjà certains partenariats à considérer de façon privilégiée avec :

- L'Anses et Santé Publique France ;
- Ineris, BRGM, CEREMA (centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) ;
- Le CNRS. XRISQUES pourra développer des collaborations avec plusieurs instituts CNRS (INEE, INSU et INSHS notamment) via des actions coordonnées sur certains risques avec l'appui potentiel de la MITI CNRS (Mission pour les Initiatives Transverses et Interdisciplinaires) ;
- Inria, via les thématiques mentionnées dans le Livre Blanc « Agriculture et numérique » et en particulier les risques naturels et environnementaux, le développement d'algorithmes et le calcul haute performance ; via aussi l'AMI INRAE- INRIA sur les Risques naturels et environnementaux (<https://intranet.inrae.fr/metaprogrammes/Interdisciplinarite/AMI-INRAE-Inria-2022-Risques-naturels-et-environnementaux>) ;
- Les Universités et les Grandes Ecoles d'ingénieur partenaires dans des politiques de site, en particulier dans le cadre de l'Université Paris-Saclay, l'Université Grenoble-Alpes, l'Université de Montpellier, etc. ;
- Les instituts comme IPSL – Institut Pierre-Simon Laplace (laboratoire LSCE, équipe ESTIMR) ; l'IMPT - Institut des mathématiques pour la planète Terre ;
- Météo France, IGN et CNES (via l'IR DATA TERRA et CES THEIA) ;
- Le Labex OT-Med d'Aix Marseille Université qui développe un axe *Climatic and anthropogenic changes and natural hazards* avec quelques travaux sur les risques multiples ;
- Des réseaux INRAE de modélisateurs tels que RESSTE (statistiques spatio-temporelles), ModStatSAP (Modélisation et Statistique en Santé des Animaux et des Plantes) et MEXICO (Méthodes d'EXploration Informatique de Modèles COMplexes) pour les aspects statistiques ; VIABILITE pour les aspects robustesse, durabilité, adaptabilité et résilience ; ASSES (Agent-based Simulation for sustainable Socio-Environmental Systems) ; Agro-EnvSysInfo (Systèmes d'information : intégration, stockage, gestion et restitution de données agro-environnementales) ; et In-OVIVE (Intégration de Sources/Masse de Données Hétérogènes et Ontologiques) pour les outils liés à l'accès aux données ;
- Des partenariats avec des instituts techniques et des fournisseurs de services climatiques seront à explorer, via des projets collaboratifs impliquant également des scientifiques ;
- Des décideurs publics, assureurs et réassureurs concernés par les objets INRAE.

• Europe et international

Des partenariats seront à instruire et éventuellement construire avec un certain nombre de partenaires académiques internationaux parmi lesquels :

- l'Union Européenne : TUD (DK), EFSA, AIEA, EPFL et ETZH (Suisse) ; Stockholm Resilience Center ; réseau PEER ;
- International : Tsukuba (JP), SRA-Society for risk analysis (USA).

Le MP devra renforcer la présence d'INRAE dans des réseaux scientifiques européens et internationaux à l'interface entre sciences du vivant, sciences sociales et sciences formelles selon des sujets qui seront choisis par le comité de pilotage stratégique du MP. Plusieurs réseaux existants, notamment pour la forêt,

seront mobilisés par le MP, dont la liste sera complétée à partir d'une cartographie de ces réseaux réalisée avec l'appui de la DiPSO. La dimension européenne et internationale pourra aussi être un critère lors de la sélection des projets soumis au premier appel à manifestation d'intérêt de XRISQUES.

• Potentiel de partenariats avec les acteurs du monde socio-économique

Si la thématique des risques n'a pas spécifiquement de domaine d'innovation (DI) INRAE, il existe des possibilités réelles de développer des partenariats avec une large palette d'acteurs socio-économiques. Par exemple, avec les Instituts Techniques Agricoles, en complément des DI « élevage sur mesure » et DI « santé animale » ou DI « biocontrôle » qui portent des sujets relatifs aux risques en élevage ou dans le domaine phytosanitaire ; avec des Centres Techniques, des industriels (ex. le réseau industriel C2ROP sur le risque rocheux, le Carnot Eau & Environnement sur les risques naturels), des assureurs et réassureurs mobilisés dans la gestion des risques multiples.

La difficulté potentielle que le MP devra aborder concerne le caractère très sectoriel des partenaires du monde socio-économique, alors que XRISQUES adopte précisément une démarche intégrative et transversale. Le secteur de l'assurance et naturellement, les décideurs publics intervenant à différentes échelles sont cependant des exceptions à souligner.

Les attentes de la société en terme de protection vis-à-vis des risques renforcent le besoin d'éclairer les décideurs et gestionnaires publics afin d'élaborer et accompagner des politiques adaptées mais aussi de nourrir l'expertise des opérateurs de l'État et des collectivités territoriales dans le domaine des multirisques (Directions des Ministères, CEREMA, Agences de l'Eau, Agences Régionales de Santé...).

6 – GOUVERNANCE ET PILOTAGE

La gouvernance de XRISQUES suivra le cadre proposé dans le document « Principes et bonnes pratiques des MP INRAE » :

- Une direction assurée par un économiste (Pierre Dupraz, CD EcoSocio) en charge de la stratégie scientifique et partenariale ainsi que du suivi du plan d'action du MP ;
- Un chef de projet scientifique (Stéphane Couture, MIAT, EcoSocio) qui sera en charge du suivi général du MP en appui de la direction et contribuera à l'élaboration et la mise en œuvre des actions du MP (communication scientifique, organisation et suivi des appels à projets, analyse bibliométrique en lien avec la DiPSO suivi des indicateurs, suivi du budget, etc...) ;
- Un appui administratif et financier assuré par Béatrice Baffie, Gestionnaire d'Unité (UMR Cesaer, EcoSocio, Dijon) ;
- Un comité de pilotage stratégique (CoPil) constitué d'une quinzaine de scientifiques experts, contribuera, aux côtés de la direction, aux orientations, aux animations et au suivi scientifique du MP. Il est attendu du CoPil une contribution active et régulière à la vie du MP (par exemple, l'analyse bibliométrique, l'élaboration des appels à projets et arbitrage, l'élaboration de notes/ *position paper*, la communication, la construction/consolidation des partenariats nationaux et internationaux, etc.) ;
- Un comité scientifique international (*Scientific Advisory Board – SAB*) sera nommé, constitué de 4 à 6 experts internationaux reconnus dans le domaine du multirisque. Il sera en charge d'émettre des avis et conseils sur les orientations, la stratégie et les avancées du MP, en particulier dans sa dimension internationale.

En termes de pilotage, les actions prévisionnelles au cours des deux premières années sont les suivantes :

- Dernier trimestre 2022 : installation du CoPil et élaboration conjointe des grandes étapes de la feuille de route 2023-2024 ;

- 1^{er} trimestre 2023 : séminaire de lancement et réseautage au sein d'INRAE et en direction de partenaires cibles en vue d'initier la réflexion sur les trajectoires vers l'interdisciplinarité nécessaires pour répondre aux ambitions de XRISQUES ;
- 2^e trimestre 2023 : mise en œuvre des leviers pour soutenir les trajectoires (projets exploratoires, réseaux, animations scientifiques, écoles chercheurs, équipes projets, missions internationales, etc.) ; notamment via un appel à manifestation d'intérêt et la réflexion autour d'un projet emblématique;

-

3^e trimestre 2023 : constitution et 1^{ère} réunion du SAB.

- Dernier trimestre 2023 : séminaire scientifique sur les enjeux méthodologiques appliqués aux risques multiples qui vont s'appuyer, comme domaine applicatif, sur la première grappe du MP Forêts et Milieux naturels (qui est le plus avancé) pour ensuite s'ouvrir aux autres grappes. Il s'appuiera sur l'Ecole-chercheurs Multirisques (Développer une approche scientifique autour des risques multiples dans un contexte de changements globaux Partager et co-construire les concepts, les outils et les méthodes) organisée en novembre 2022 qui fera une présentation structurée des différents outils et méthodes pour les risques multiples, ainsi que sur le réseau RisqFor. Ce séminaire reposera aussi sur l'accord de partenariat entre l'INRAE et l'INRIA portant sur « Innover au service de la transition agro-écologique » et sur le livre blanc « Agriculture et numérique ».
- 2024 : Finalisation du projet emblématique, avec l'aide du CoPil et les porteurs des projets exploratoires retenus lors du premier AMI, après retour du SAB. Ce projet emblématique sera à dominante méthodologique visant à rassembler les contributions méthodologiques génériques pour les risques multiples s'appuyant sur les projets et les exemples applicatifs les plus avancés du MP.

7 – CRITÈRES DE SUCCÈS ET INDICATEURS ASSOCIÉS

Les indicateurs suivront les recommandations validées par le collège de direction et qui s'appliqueront à tous les MP INRAE. Mais on peut proposer un certain nombre d'indicateurs objectivables et assez naturels pour suivre la progression des réalisations du MP XRISQUES :

- La production scientifique (nombre d'articles dans des revues à comité de lecture) de niveau international sur la question du multirisque ;
- Le nombre de participations à des opérations INRAE d'appui aux politiques publiques (études prospectives, etc.) sur la question du multirisque (notamment risques émergents et/ou en évolution rapide) ;
- La construction d'un projet ambitieux emblématique de large périmètre interdisciplinaire ayant une force d'entraînement transdisciplinaire avérée ;
- Le nombre de thèses (co-)encadrées par des scientifiques INRAE mobilisant des enjeux autour du multirisque ;
- L'organisation d'école d'été et d'écoles-chercheurs ;

- La contribution aux indicateurs de suivi des ODD – Objectifs de Développement Durable, du protocole de Sendai, etc.
- Le développement d'indicateurs multi-scalaires des impacts des aléas, y compris socio-économiques permettant d'élaborer des stratégies de gestion, d'anticipation et de réduction des risques.

Ces indicateurs permettront de suivre la progression de XRISQUES en matière de construction et d'animation d'une communauté interdisciplinaire sur l'analyse des risques multiples et de visibilité accrue d'INRAE au niveau national, européen et international.

Les actions qui seront soutenues par le MP XRISQUES concernent l'animation et le soutien aux communautés scientifiques et aux consortia interdisciplinaires via des animations scientifiques, des soutiens à des réseaux de compétences, des écoles-chercheurs, etc. Des appels à manifestations d'intérêt cibleront les différents objectifs, à la fois méthodologiques, conceptuels et plus spécifiques aux enjeux des différentes « grappes » (voir plus haut) avec la possibilité de projets exploratoires a priori plus « risqués ». Le cofinancement de thèses sur des défis scientifiques portés par XRISQUES permettra de plus de renforcer ou de construire des partenariats académiques sur le sujet du multirisque.

Annexe 1. Concepts et définitions (source : ARP Risques INRAE, 2021)

Voir aussi Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Annex II Glossary Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Agard J., Schipper E.L.F. (eds.)], University Press, Cambridge, pp. 1757–1776. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_WGII_glossary_FR.pdf.

Définition du risque et de ses composantes

- Le risque est défini comme les conséquences éventuelles quand quelque chose ayant une valeur est en jeu et qu'il pèse une incertitude sur les conséquences (IPCC, 2014). Le GIEC précise que le risque est souvent représenté comme la probabilité d'occurrence de tendances ou d'événements dangereux que viennent amplifier les conséquences de tels phénomènes quand ils se produisent.
- La vulnérabilité est la propension ou prédisposition à subir des dommages. Cela englobe divers concepts, notamment les notions de sensibilité, de fragilité et l'incapacité de faire face et de s'adapter.
- L'exposition est la présence de personnes, de moyens de subsistance, d'espèces ou d'écosystèmes, de ressources et de services environnementaux, d'éléments d'infrastructure ou de biens économiques, sociaux ou culturels dans des lieux ou des environnements susceptibles de subir des dommages. Les valeurs exposées sont aussi dénommées enjeux, de sorte que dans le domaine des risques naturels, exposition et enjeux sont deux termes interchangeable, que l'on réunit souvent en parlant indifféremment d'exposition des enjeux ou d'enjeux exposés. Cette composante s'évalue en termes de pertes potentielles liées aux dommages qui dépendent du nombre d'entités exposées et de la valeur de chacune d'entre elle. Dans nos domaines, les enjeux sont avant tout des communautés végétales et animales, aquatiques et terrestres, pour un large gradient de conditions, allant de naturelles à fortement anthropisées, mais aussi des individus, des services ou des biens.
- L'aléa (ou danger) est l'éventualité d'un phénomène ou d'une tendance physique, naturelle ou anthropique, ou d'une incidence physique, susceptible d'entraîner des pertes en vies humaines, des blessures ou autres effets sur la santé, ainsi que des dégâts et des pertes matérielles touchant les biens, les infrastructures, les moyens de subsistance, la fourniture des services et les ressources environnementales. Ce terme se rapporte ici en général à des phénomènes et tendances de nature biologique ou physique (y compris climatique) ou à leurs impacts physiques. En général, la quantification de l'aléa se fait par la probabilité d'occurrence du phénomène combinée à son intensité. Cette dualité intrinsèque à la notion d'aléa est parfois oubliée et l'aléa est alors réduit à l'événement lui-même en négligeant sa composante stochastique ou incertaine.
- Les stress sont des phénomènes qui ont un effet important sur le système exposé et peuvent accroître sa vulnérabilité. Les stress sont souvent chroniques avec des impacts cumulatifs et diffus dans le temps alors que l'occurrence d'un aléa s'apparente à un choc aux effets immédiats et considérables.
- Il est utile de distinguer l'évaluation du risque, c'est-à-dire l'estimation scientifique des risques sur le plan qualitatif et/ou quantitatif couplée à des règles ou normes socio-économiques, de la gestion du risque qui comprend les plans, mesures ou politiques mis en œuvre pour réduire la probabilité et/ou les conséquences des risques ou pour répondre aux conséquences des risques. Dans les deux cas, la décomposition – aléa, exposition/enjeux, vulnérabilité – est pertinente et offre un cadre analytique et opérationnel. Les actions de gestion du risque permettent de diminuer la vulnérabilité des enjeux exposés, ce qui amène à distinguer la

vulnérabilité initiale de la vulnérabilité finale. La vulnérabilité initiale est l'incapacité présente de résister à des pressions externes ou à des changements, notamment l'évolution des conditions climatiques. La vulnérabilité initiale est une caractéristique des socio-écosystèmes, engendrée par de multiples facteurs et processus. La vulnérabilité finale résulte d'une suite d'analyses qui débute par des projections de tendances futures, se poursuit par la mise au point de scénarios climatiques et se termine par des études d'impacts biophysiques et la détermination des options d'adaptation. Le degré de vulnérabilité finale se définit par les conséquences résiduelles qui subsistent une fois l'adaptation mise en place.

- La résilience : le concept de résilience est devenu incontournable dans la dialectique du risque (et au-delà) ; défini de manière littérale comme une « capacité à rebondir » ou à « retrouver son état antérieur », le terme de résilience est souvent utilisé pour décrire la réaction des individus, communautés locales, organisations, institutions ou écosystèmes avant, pendant ou après une perturbation. Le concept de résilience est utilisé, avec des définitions différentes, parfois contradictoires, dans des domaines variés comme la gestion des écosystèmes et des ressources naturelles, la gestion des risques ou la sécurité nationale. Il est également employé dans de nombreux champs des sciences sociales : finance internationale et politiques économiques, psychologie du trauma, politiques de développement, planification urbaine, santé publique, informatique, management des organisations, innovation sociale, etc.

Annexe 2. Grands Objectifs Scientifiques (GOS) et Fronts de Science (FS) des SSD 2021-2025 en lien avec les risques et l'incertitude.

ACT :

- GOS1 « Gestion intégrée des liens entre biodiversités, ressources, et santés »
- GOS2 « Comprendre et accompagner les transitions agroécologiques »
- GOS3 « Territorialisation des systèmes alimentaires »
- GOS4 "Transformations des activités à l'épreuve des changements globaux »

AGROECOSYSTEM (AES) :

- GOS 3 « Gestion sobre, protection et restauration des ressources air, eau et sol »
- GOS 4 « Bouclage des cycles azote/phosphore et neutralité carbone (des systèmes agricoles) »

ALIMH :

- CT3 « Toxicologie » (identification des dangers et évaluation des risques, via approches analytiques, expérimentales, épidémiologiques et approches bénéfiques/risques (DALY))
- GOS 5 « Développer l'accès et le déploiement des sciences des données pour mieux prédire et analyser le rapport bénéfice/risque d'une alimentation saine et durable »

AQUA :

- GOS 3 « Anticipation et gestion intégrée des risques naturels et environnementaux pour des socio-hydro-écosystèmes plus résilients au changement climatique et à l'anthropisation rapides »

BAP :

- GOS2 « Comprendre la réponse des plantes et des peuplements végétaux aux stress climatiques, nutritifs et biotiques pour les adapter au changement climatique en systèmes agroécologiques »
- GOS 3 « Identifier, comprendre et mobiliser les fonctions et les traits des plantes à la base des services pour la santé humaine/animale et environnementale »

ECODIV :

- GOS 3 « Évaluation et gestion des risques multiples »
- AS3.1 : unifier les approches d'analyse des risques multiples en mobilisant une approche pluridisciplinaire ;
- AS3.2 : développer une modélisation des vulnérabilités à différentes échelles spatio-temporelles ;
- AS3.3 : approfondir les recherches sur la dimension « récupération » de la résilience des systèmes ;
- AS3.4 : préciser les conditions d'émergence et les dynamiques de risques biotiques associés aux activités humaines (invasions biologiques et risques zoonotiques) ;

ECOSOCIO :

- GOS 2 « Dynamique des trajectoires de transition, notamment alimentaires, et inégalités »

2.4 Transition, risques et incertitudes :

- *Objectif 1 : intégrer dans l’approche systémique des risques par les sciences biophysiques, les changements d’échelle et les interactions intersectorielles opérées par les échanges économiques et politiques au sein des chaînes de valeur et/ou des territoires ;
- * Objectif 2 : améliorer les modèles, notamment les outils d’aide à la décision, souvent basés sur des causalités simples (=> intégrer les rétroactions des marchés et l’adaptation des agents économiques) + progrès nécessaires dans la modélisation des risques corrélés, la vulnérabilité et la perception du risque par les agents et l’interaction entre temporalité de la propagation des risques et celle des réponses adaptatives par des outils techniques (traitement phytosanitaire) ou économique (marchés à terme et assurance) ;
- * Objectif 3 : construction de la résilience qui combine l’adaptation des choix individuels et l’action collective à différents niveaux territoriaux.

GA :

- GOS 2 « Mobiliser la diversité génétique animale au service de systèmes d’élevage durables »
 - Priorité 2.2 « Revisiter les objectifs de sélection pour des élevages répondant aux enjeux du changement climatique, du bien-être animal et de la santé globale »

MICA :

- GOS 1 « Comprendre le fonctionnement et la dynamique des microbiotes de l’aliment pour accompagner la transition agroécologique »
- FS 4 : « Appréciation des risques et bénéfices (multicritères) »

MATHNUM :

- GOS 2 « Développer les méthodes de modélisation et d’analyse en vue de comprendre et anticiper les trajectoires de systèmes complexes »
- Défi prioritaire « Développer et rendre accessibles les outils et méthodes de quantification des incertitudes, d’évaluation des risques et d’analyse de la résilience »

PHASE :

- GOS 2 « Préserver la santé des animaux en élevage »
 - Priorité 2.2 « Comprendre les fonctionnalités du microbiote digestif au service de la santé des animaux »
 - Priorité 2.3 « Définir des stratégies pour des élevages à faibles intrants médicamenteux »
- GOS 4 « Maîtriser et prédire les différentes dimensions de la qualité des produits animaux »
 - Priorité 4.2 « Expliciter les liens entre conditions de production et composition des produits »
- GOS 5 « Mobiliser le numérique au service de l’agroécologie en élevage »
 - Priorité 5.3 « Renforcer la modélisation pour la prédiction des réponses des animaux et des systèmes : vers des outils d’aide à la décision »

SA :

- GOS 1 « Comprendre, anticiper et lutter contre les maladies infectieuses émergentes animales et zoonotiques »
- GOS 2 « Repenser la maîtrise de la santé animale pour accompagner la transition agro-écologique »
- GOS 4 « Développer les sciences des données et du numérique au service de la santé animale sont en

phase avec les problématiques Risques, multirisques etc. »

SPE :

GOS 4 - [risques] « anticiper et atténuer le risque biologique et les impacts indésirables en santé des cultures »

- 4.1 - comprendre et anticiper les invasions biologiques et les crises sanitaires : développer une systématique intégrative ; caractériser la capacité invasive des organismes et les conditions d'émergence dans un nouvel environnement ; modéliser pour anticiper le risque et optimiser les stratégies de gestion ; développer la gestion prophylactique pour vivre avec les organismes envahissants ;
- 4.2 - comprendre les impacts non désirables de la protection des cultures pour les minimiser : comprendre les effets indésirables sur les pollinisateurs ; comprendre les effets indésirables du biocontrôle ; assurer la durabilité des moyens de protection.

TRANSFORM :

- GOS 1 « Etablir les connaissances et les moyens (bio)-technologiques nécessaires au développement de systèmes bioéconomiques durables » - OS 1.7 « Développer des méthodologies pour analyser et prioriser les sorties des systèmes bioéconomiques et atteindre les fonctionnalités optimales »
- GOS 2 « Raisonner le développement des aliments sous l'angle de la gestion des compromis et de l'ambition de multi-performance » - OS 2.5 « Identifier et caractériser les contaminants associés aux nouvelles filières durables » et OS 2.6 « Élucider les déterminants des effets indésirables des aliments comme les allergies et les perturbations métaboliques »

Annexe 3. Exemples de domaines d'application et premiers partenariats associés

Ces exemples correspondent aux grappes forêts et milieux naturels, agriculture (impacts des systèmes et des pratiques) et alimentation et territoires urbains (voir la section 3, Complémentarité et valeur ajoutée par rapport aux Schémas stratégiques des départements).

a) Risques multiples en forêt

– Thématiques :

- risques en cascade (dont ceux liés au climat : sécheresse, tempête et incendies)
- bioagresseurs (scolytes, processionnaires)
- risques économiques de marché (volatilité prix)
- impact sur les cycles hydrologiques
- risques liés à la perte de services (biodiversité, approvisionnement des ressources en bois, stockage du carbone, ressources en eau).

– Partenaires-clés : CNPF (Centre national de la propriété forestière), CRPF (Centres régionaux de la propriété forestière), ONF (Office national des forêts), Fransylva (Fédération des syndicats de forestiers privés de France), IUFRO (Union Internationale des Instituts de Recherche Forestière), assureurs (Axa, Groupama, Sylvassur-Fransylva) ; réseaux de modélisateurs RESSTE (statistiques spatio-temporelles), et MEXICO (Méthodes d'EXploration Informatique de Modèles COMplexes)

– Premiers terrains d'étude : Vosges et Massif des Landes de Gascogne (interactions entre fomes (champignons), processionnaire du pin et tempête).

b) Risques naturels liés à l'hydrologie et la géologie (inondations, mouvements de terrain)

– Thématiques :

- perception et retour d'expérience autour de risques multiples au niveau de petites régions
- modélisation du risque d'inondation et de ruissellement urbain
- partage du risque et multifonctionnalité au sein d'un bassin versant
- conception de stratégies optimales de gestion et de prévention (aménagements, ouvrages de protection), en avec hydro-météorologie et dispositifs d'alertes.

– Partenaires-clés : INRIA (cf. accord-cadre INRAE-Inria et PEPR IRIMA), BRGM, consortium du Labex OTMED, Météo-France, IGN, CNES, Allenvi, Cerema, Ineris ; réseaux de modélisateurs RESSTE (statistiques spatio-temporelles), et MEXICO (Méthodes d'EXploration Informatique de Modèles COMplexes)

– Premiers terrains d'étude : à identifier avec les partenaires.

c) Risques et incertitudes associés à la transition agroécologique

– Thématiques :

- scénarisation en termes de risques multiples et vulnérabilité de grandes régions
- évaluation des impacts attendus de la transition agroécologique sur la réduction/l'amplification des risques
- transition alimentaire, toxicité alimentaire et mondialisation (normes différenciées pour contrôles bio-sécuritaires/alimentaires sur produits importés (antibiorésistance et transmission de gènes, etc.)

– Partenaires-clés : IDDRI, Solagro, IIASA, ACTA, Syngenta, IPSL (Institut Pierre-Simon Laplace, laboratoire LSCE), IGN, CNES, Météo-France ; réseaux de modélisation Agro-EnvSysInfo (Systèmes d'information : intégration, stockage, gestion et restitution de données agro-environnementales), In-OVIVE (Intégration de Sources/Masse de Données Hétérogènes et Ontologiques), RESSTE (statistiques spatio-temporelles) et MEXICO (Méthodes d'EXploration Informatique de Modèles COMplexes)

– Premiers terrains d'étude : niveau France ou nouveau mondial (modélisation globale)

d) Santé humaine et animale

– Thématiques :

- risques liés aux impacts de la gestion des effluents d'élevage sur les flux de pathogènes d'intérêt alimentaire et conséquences de l'antibiorésistance
- risques sanitaires associés à la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture et élevage
- analyses coûts-bénéfices d'options de prévention de risques multiples en appui aux politiques

- o publiques
 - o passage des facteurs d'expositions pris en compte (contaminations en champ, biosécurité en élevage,...) aux composantes de vulnérabilité individuelle et communautaire (perte de diversité génétique dans les races sélectionnées
 - o lien entre risques et résistance génétique/résilience des systèmes d'élevage
 - o risque infectieux épizootique, épidémique/pandémique global fort avec nombreuses incertitudes (pratiques, comportements des éleveurs, hétérogénéités fortes au niveau des élevages...).
 - Partenaires-clés : ANSES, écoles véto (VetAgroSup, ENVT), TUD (Technical University of Denmark) ; réseau de modélisateurs ModStatSAP (Modélisation et Statistique en Santé des Animaux et des Plantes)
 - Premiers terrains d'étude : à identifier avec les partenaires.
- e) Transition et vulnérabilité de petites régions agricoles
- Thématiques :
 - o analyse des voies de transition des dynamiques territoriales spécifiques (transitions agroécologiques et énergétiques)
 - o intégration des contraintes locales (caractéristiques des écosystèmes) liées aux changements globaux (changement climatique, etc.)
 - o baisse de qualité des produits, perte de compétitivité et disparition de filières agricoles
 - o approche « One health » à l'échelle communale en cas de pathologie (avérée, prévention)
 - o effets de la métropolisation sur le plan environnemental, sanitaire, social, etc., et analyse sur un territoire ciblé des interactions entre contaminations eau/air/sol.
 - Partenaires-clés : Banque des territoires et TIGA (Territoires d'Innovation de Grande Ambition), ACTA, Météo-France, IGN, CNES, Allenvi ; réseaux de modélisateurs VIABILITE et ASSES (Agent-based Simulation for sustainable Socio-Environmental Systems)
 - Premiers terrains d'étude : à identifier avec les partenaires.