

Le MétaProgramme XRISQUES

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

— Projet-phare CAMURI —

*– Cadre générique pour une Approche **MU**lti**R**isque à **IN**RAE –*

Thomas Opitz

Chercheur à BioSP (INRAE Avignon)

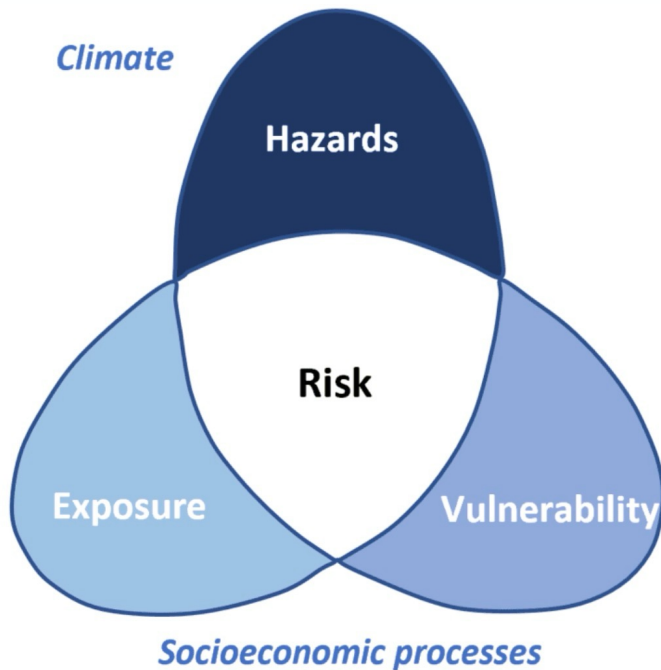
AG MathNum

Agde, le 9 octobre 2026

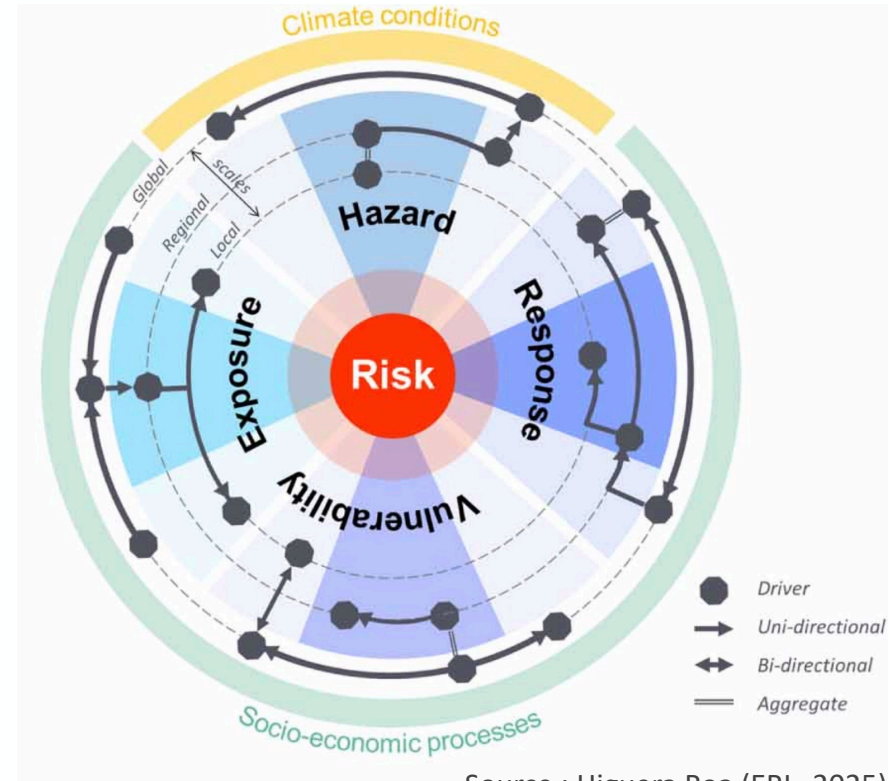
La notion de risque : le cadre du GIEC

- La notion de « risque » est en général très polysémique !
- Ici : risque = dommage/perte, incertain, pour un enjeu spécifique
- Structure : Aléas $\otimes$ Exposition d'un enjeu $\otimes$ Vulnérabilité de l'enjeu ($\otimes$ Réponses)

Représentation classique (GIEC)



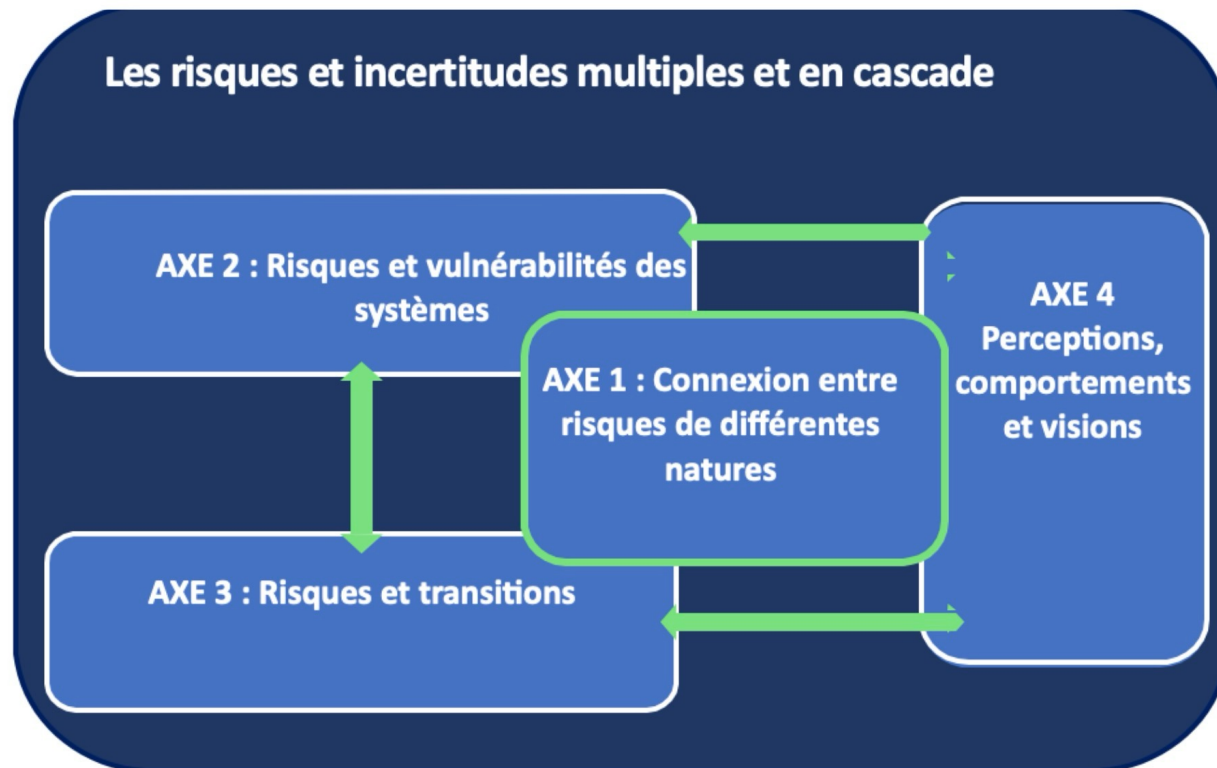
Conceptualisations plus complexes
(plus récentes)



Les enjeux et objectifs du MétaProgramme XRISQUES

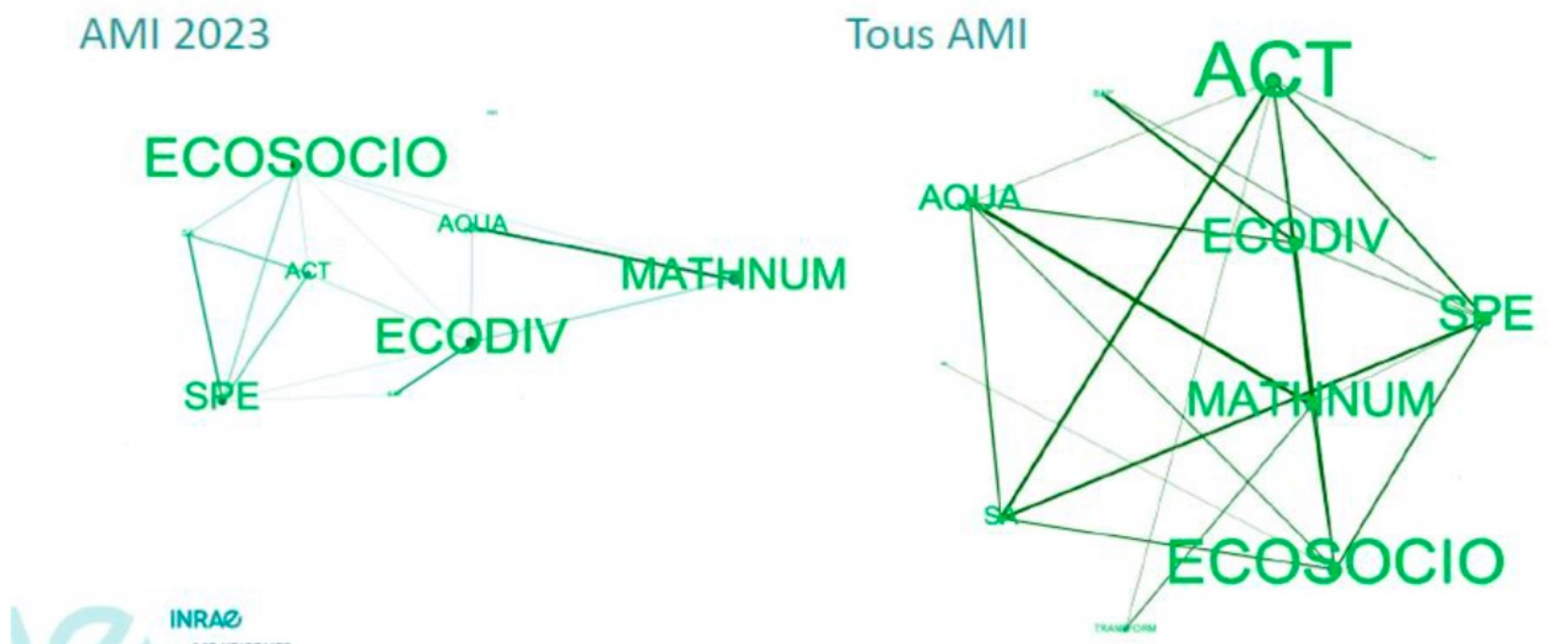
- Préfiguration par l'ARP Risques (Caquet et al., 2020)
- Dépasser l'analyse des risques « en silo »
 - Analyse multirisque tenant compte de toutes les interactions
- Besoin d'un **cadre générique** dans un **contexte fortement interdisciplinaire** :
 - **Conceptualisation** : Représentations graphiques
 - **Modélisation** : Couplage de modèles et simulation, souvent stochastique
 - **Analyse** : Sensibilité et mesures multirisques, adaptées de finance/actuariat

Quatre axes :



Une forte implication de MathNum

- CoPil : Denis Allard (BioSP), Isabelle Albert (MIA-PS)
- Chef de projet scientifique : Stéphane Couture (MIAT, département ECOSOCIO)
- Implication de collègues MathNum dans de nombreux projets et thèses



Le projet (*consortium*) précurseur RIMINI

Risques et Multi-risques : des coNcepts et des formallsmes différents

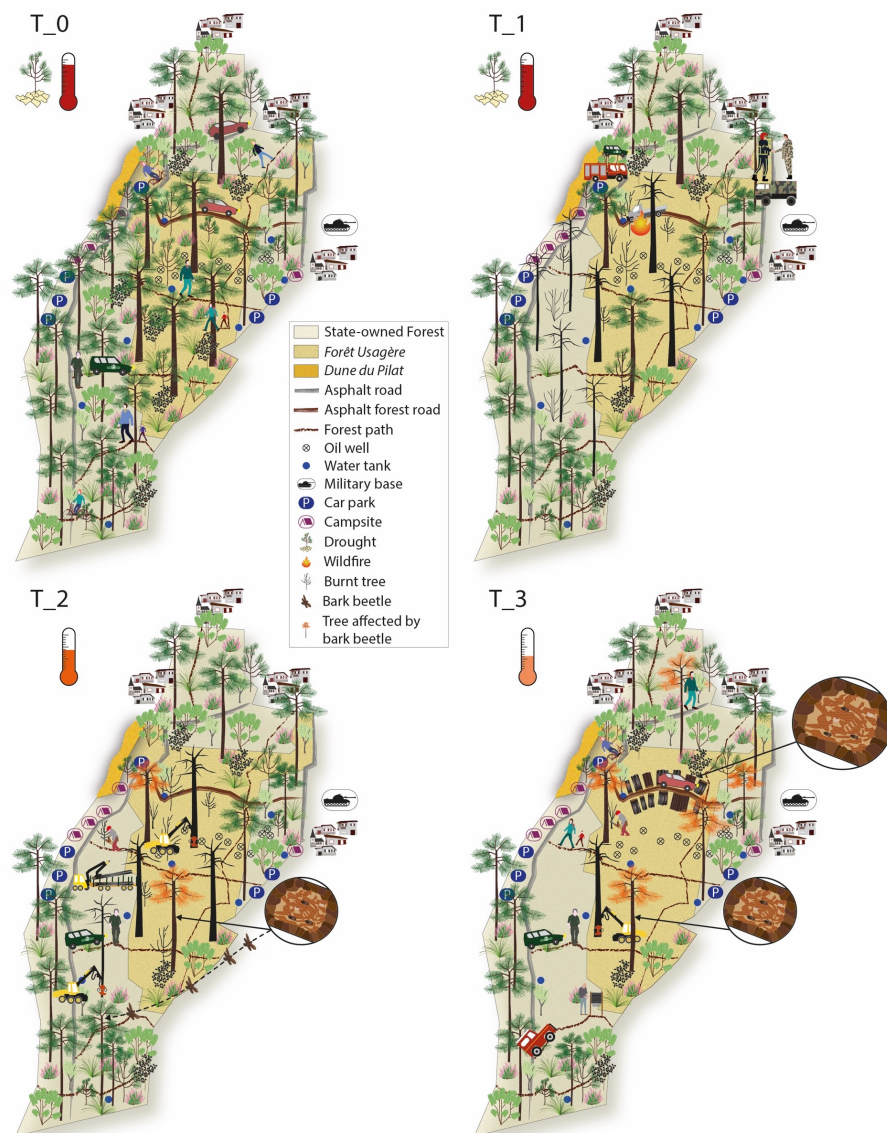
Un cas d'étude exemplaire :
la Forêt des Landes 2022–2023

➤ Deux forêts contrastées :

- ❖ Forêt d'État fortement gérée
- ❖ Forêt usagère, moins gérée, à forte valeur de biodiversité

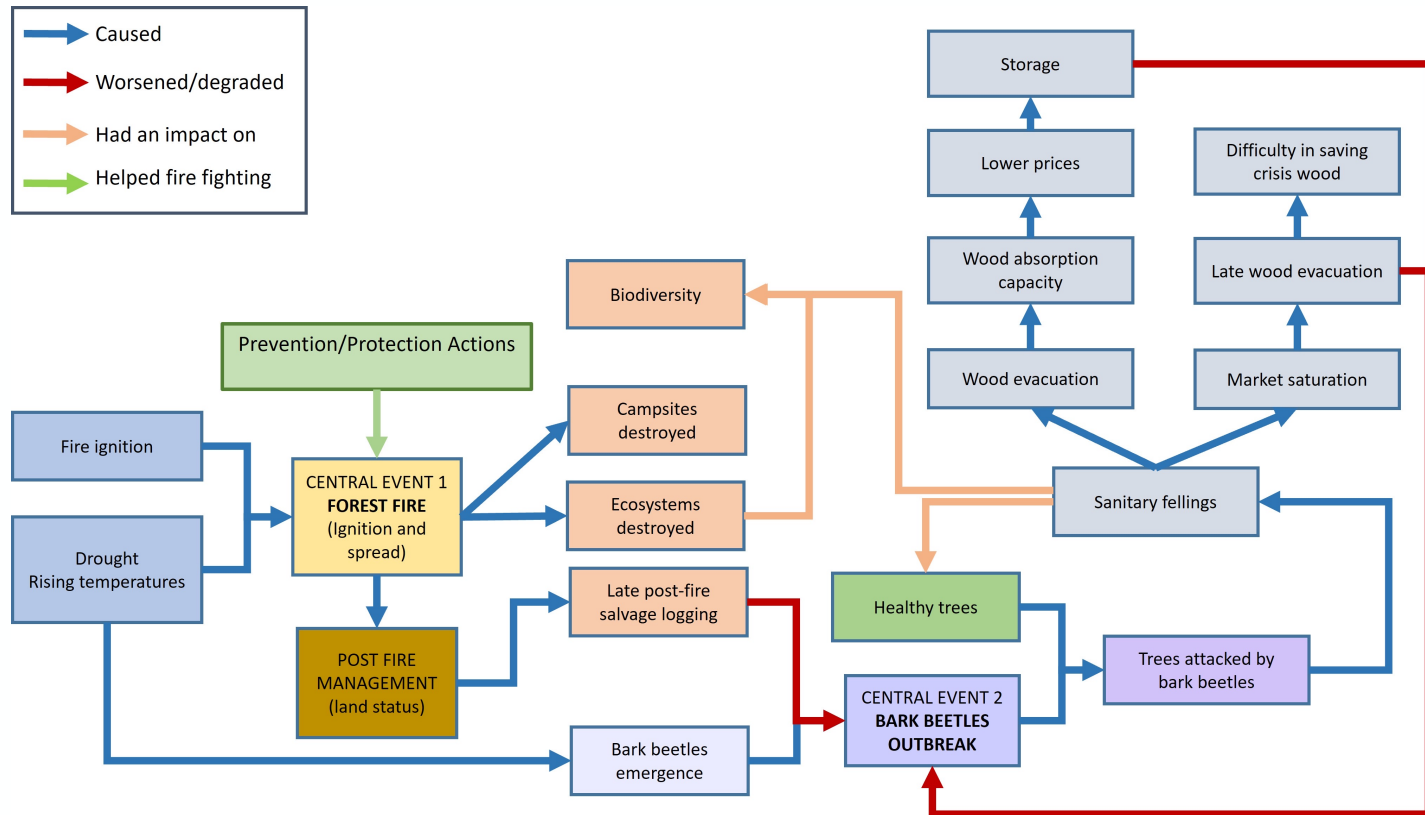
➤ Été 2022 : canicule + sécheresse + deux incendies extrêmes

➤ Fin 2022–2023 : coupes sanitaires
→ du bois vulnérable, stocké sur site, favorise une pullulation de scolytes



RIMINI : Formalisation du système dans un modèle graphique

Feux de forêt suivies d'une épidémie de scolytes dans les Landes (2022-23)

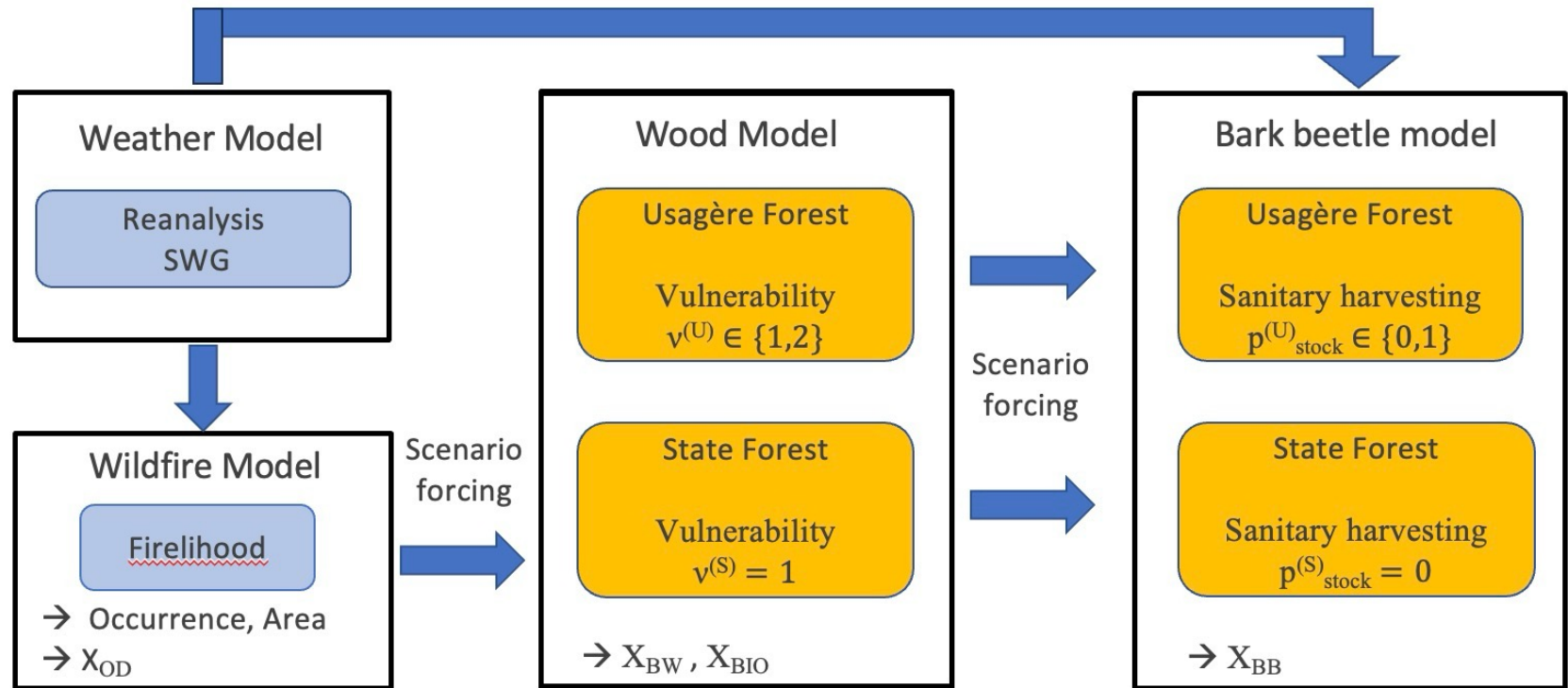


- Diagrammes en noeud-papillon (multiples)
- Représentations causales ; Directed Acyclic Graphs

➔ **Fort besoin en approches statistiques**
(Modélisations graphiques, spatiotemporelles)

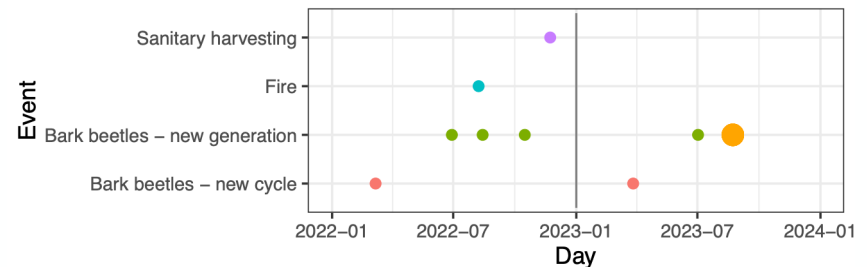
RIMINI : Couplage de modèles de simulation

Étendre, adapter, ajuster et coupler des modèles statistiques/dynamiques existants



Loss variables: X_{BW} = Burnt Wood | X_{BIO} = Biodiversity Loss | X_{BB} = Bark beetle damages | X_{OD} = Other damages

→ Simuler, stochastiquement, de nouvelles chroniques d'événement :



RIMINI : Ce que révèle l'analyse multirisque

➤ Résultat-clé :

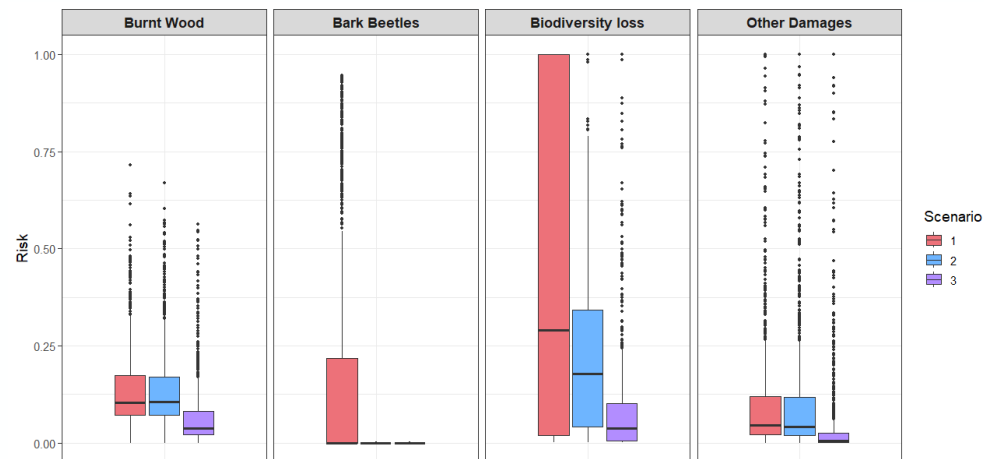
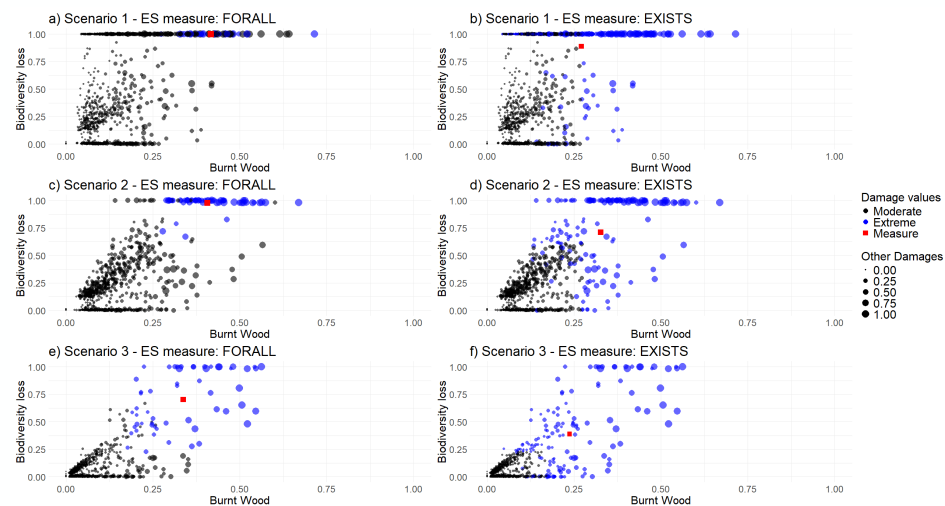
Scénario factuel : **certains risques fortement amplifiés par les interactions**

- Mesures marginales décrivent chaque perte, mais pas la cascade, les cooccurrences extrêmes et les dépendances
→ Mesures conditionnelles/multivariées

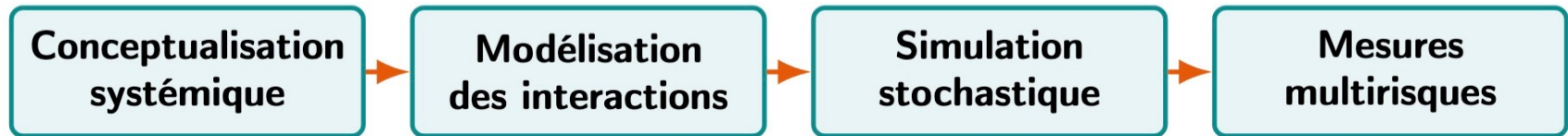
➤ Interaction critique :

Bois coupé vulnérable → Scolytes

→ Une action raisonnable face à un risque isolé peut créer ou amplifier un autre risque !



Vers une approche générique



- **Multirisque** : représenter les interactions, rétroactions et compromis
- **Simulateurs stochastiques**
 - ❖ Beaucoup de trajectoires possibles du système
 - ❖ Scénarios non observés
 - ❖ Faible coût numérique
- **Intérêt opérationnel** : stratégies réduisant le risque du système

→ Une démarche générique transférable

ARTICLE TYPE

How a Multirisk Approach Differs from Classical Risk Analysis — Insights from a complex forest system

Nicolas Eckert¹ | Denis Allard² | Marielle Brunette³ | Stéphane Couture⁴ | Corinne Curt⁵
| Florie Giacona^{1,6} | Hervé Jactel⁷ | Margaux Leroy^{1,2} | Eric Rigolot⁸ | Thomas Opitz²

Publication dans Risk Analysis (Minor revision)
Fait marquant du MP XRISQUES

Le projet-phare CAMURI

CAdre générique pour une approche MUltiRisque à INRAE

➤ Enjeux prioritaires de CAMURI :

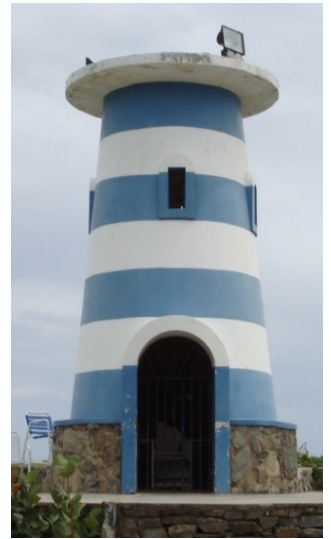
- ❖ Dépasser le champ des risques environnementaux
- ❖ Approfondir et rendre « opérationnelle » l'approche de RIMINI
- ❖ La confronter et adapter à la réalité des cas d'étude
- ❖ Faire converger ses concepts génériques avec ceux plus spécifiques dans certaines communautés
- ❖ Prendre en compte les contextes non-stationnaires (changements globaux, transitions)

➤ Quatre cas d'étude reflétant la diversité des systèmes étudiés à INRAE : Forêt – Elevage – Agriculture – Santé

➤ Un projet multi-département :

MATHNUM, MICA, ECOSOCIO, ECODIV, SPE, PHASE, AGROECOSYSTEM

➤ Moyens alloués : 1 thèse 100% INRAE, 2 demi-thèses complémentaires, 4 M2



La structure du projet-phare CAMURI

Volet 1 : **Coordination, diffusion, restitution**

Denis Allard (BioSP, MathNum), Jeanne-Marie Membré (Secalim, MICA)

Volet 3 **Monde agricole**

S. Gaba (CEBC, SPE),
S. Couture (MIAT, ECOSOCIO)

Volet 4 **Elevage**

T. Senga-Kiessé (SAS, PHASE)

Volet 5 **Santé**

L. Delaunay (Secalim, Oniris),
J.-M. Membré (Secalim, MICA)

Volet 6 **Système forestier**

T. Boivin (URFM, ECODIV)

Volet 2: **Appui méthodologique, développement mathématique, cadre générique**

Nicolas Eckert (IGE, AQUA), Denis Allard et Thomas Opitz (BioSP, MathNum)

- Séminaires de lancement (04/2026) et d'avancement en présentiel
- Collaborations et séjours de ressourcement scientifique

Exemple : Santé et alimentation (Volet 5)

Un système multirisque en maraîchage (Pays de la Loire)

➤ Possible réaction en chaîne climatique et sanitaire :

- ❖ Inondations (accentuée par le changement climatique)
- ❖ Contamination des cours d'eau en drainant des micro-organismes (ex. : bouses de vaches) provenant d'élevages
- ❖ Irrigation des cultures avec l'eau contaminée

➤ Risques :

- ❖ Économique : pertes de rendement (inondations, sécheresse)
- ❖ Sanitaire : Contamination des légumes et fruits

EN IMAGES. Après les fortes pluies, des inondations à Machecoul-Saint-Même

Des secteurs propices aux inondations débordent, ce vendredi 22 janvier, après les fortes pluies des dernières heures.

Accueil / Pays de la Loire / Loire-Atlantique / Nantes

REPORTAGE "C'est pire que la sécheresse". Des maraîchers touchés de plein fouet par les inondations

REPORTAGE. « On vit avec, alors on s'organise » : passée la décrue, l'heure est au bilan dans les champs

Calendrier de travaux à réorganiser, rendements en baisse... Les inondations des dernières semaines, en Pays de la Loire, n'ont pas épargné les parcelles de céréales et de fourrages. Exemple près d'Angers.

Ouest-France
Claire Robin
Publié le 29/03/2026 à 14h06

Abonnez-vous

UNE PLUS TARD

Partager

Newsletter La Matinale

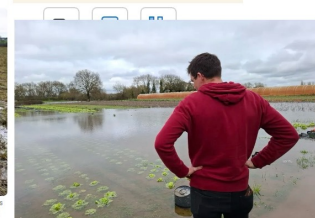
Chaque matin, l'actualité du jour sélectionnée par Ouest-France



Loire-Atlantique, est très inquiet depuis que les intempéries de cette fin de mois, un premier bilan des impacts des inondations sur ses cultures. JÉRÔME FOUQUET/LOIRE-ATLANTIQUE



« Splish, splash », font les bottes de Matthieu Gélineau, au beau milieu de



Après des inondations, les maraîchers du Jardin de Betty à Ba...

Jeu 7 décem...
Betty, maraî...
assurance ne...
sa sœur Aur...

Spanish Cucumbers Blamed for Outbreak

By News Desk on May 27, 2011
The alarming outbreak of enterohemorrhagic E. coli has been linked to fresh vegetables from Europe.

What we know about the McDonald's E. coli outbreak investigation

By Delina McPhillips, CNN
6 min read · Updated 5:25 PM EDT, Thu October 24, 2024



Pourquoi s'impliquer dans un MP comme XRISQUES ?

- Nourrir les développements méthodologiques par les enjeux appliqués, et inversement
- Apporter nos compétences pour identifier et développer des analyses et implémentations génériques, transposables entre différents domaines
- La vision systémique du MP XRISQUES, mais aussi du MP CLIMAE, reflète en particulier l'ambition de notre GOS2 :
P3 - Quantifier les incertitudes, évaluer les risques et développer une approche intégrée du multirisque
- Effet levier : les MPs comme tremplin vers des projets de plus grande envergure (EXPLOR'AE, ANR, Europe...)

<https://xrisques.hub.inrae.fr/>

<https://climae.hub.inrae.fr/>
(+inscription newsletter possible)

<https://www.inrae.fr/nous-connaitre/metaprogrammes>