

# **Incertitudes et Risques dans certaines approches développées au sein de l'équipe SCIDYN :**

**Quelques exemples illustratifs liés aux risques naturels**

**STÉPHANE COUTURE ET PATRICK TAILLANDIER**



Source : geo



Source : prevenimmo

# Plan de la présentation

- Les modèles comportementaux avec incertitude dans l'équipe SCIDYN
- Les applications principales
- La gestion optimale d'une forêt multifonctionnelle sous ambiguïté : une approche avec les Processus Décisionnels de Markov
- Un modèle de simulation d'une inondation prenant en compte le comportement des habitants et un modèle d'évacuation de population : une approche par simulation à base d'agents
- Le projet CAESAR

# Les approches développées dans l'équipe SCIDYN

Modèles comportementaux, algorithmes pour la  
décision et la simulation

- ▶ Modélisation Processus Décisionnels  
de Markov et algorithme de  
programmation dynamique (Marie-Jo,  
Régis et Stéphane)
- ▶ Simulation à base d'Agents (Patrick)

**INCERTITUDES ET RISQUES**

# Applications



Source : <http://www.synd-forestier-sipf.com/assurance.php>



Source : [http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/risques\\_naturels\\_et\\_technologiques/88674](http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/risques_naturels_et_technologiques/88674)



Source : L'Express



Source : Pxhere



Source : PleinChamp

# La gestion optimale d'une forêt multifonctionnelle sous ambiguïté : une approche avec les PDM

Stéphane, avec Marie-Jo, Régis et Nicolas Roche





Source : The Conversation

# Contexte : gestion forestière sous changement climatique

- Risque le plus important en forêt = incendies
- Forêts = propriétaires forestiers privés  $\Rightarrow$  décisions qui affectent l'écosystème ; hétérogénéité des acteurs, des décisions et de leurs préférences
- Forêts = source de nombreux biens et de services pour la société
- Changement climatique = incertitude sur la probabilité d'occurrence d'un incendie : notion d'ambiguïté



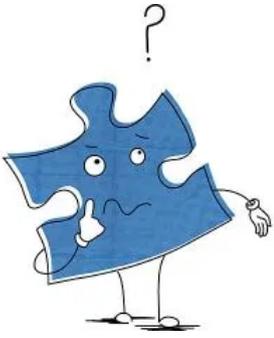
Source : [http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/risques\\_naturels\\_et\\_technologiques/88674](http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/risques_naturels_et_technologiques/88674)

# Problématique sociale



Source : CNRS

- Comment aider les propriétaires forestiers à prendre leurs décisions de gestion forestière dans ce contexte de changement climatique prenant compte l'hétérogénéité de leurs préférences ?
- Pas ou peu de données  $\Rightarrow$  Recours à la modélisation et optimisation dynamique et stochastique

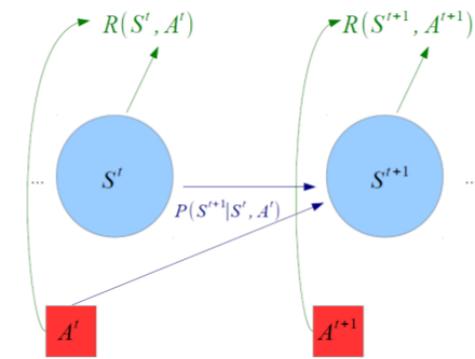


Source : [methodorecherche.com](http://methodorecherche.com)

# Problématique scientifique

- Plusieurs scénarios d'évolution du climat (Representative Concentration Pathways : RCP)
- Plusieurs probabilités de risque d'incendie
- Plusieurs états de la forêt possibles
- Problème d'optimisation dynamique et stochastique avec intégration des préférences vis-à-vis du risque et vis-à-vis de l'ambiguïté.

# Le cadre des processus décisionnels de Markov multi-modèles (MMDP)



Source : Julia Radoszycki

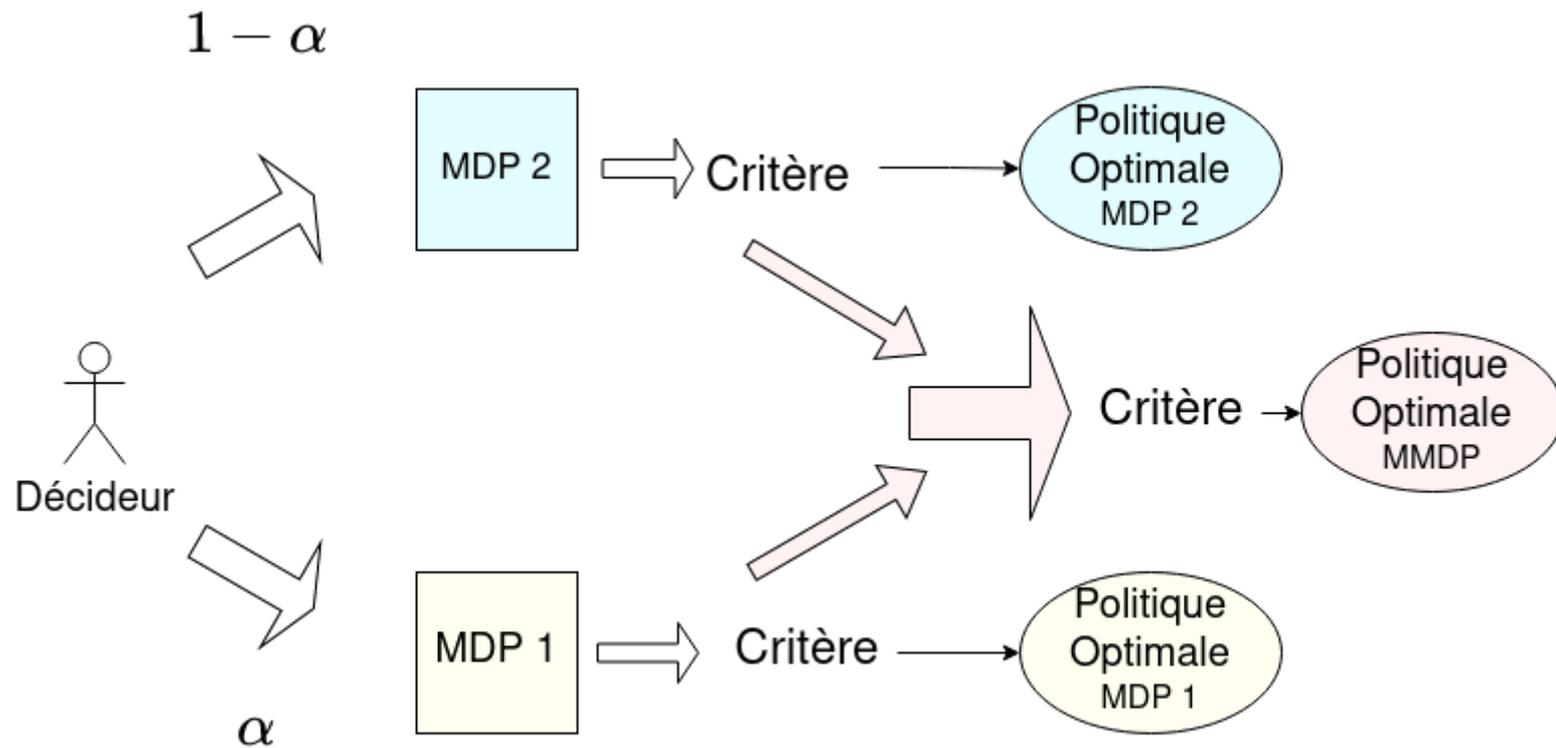
- Approche adaptée pour considérer l'ambiguïté
- **Définition (Steimle 2019) :**

*An MMDP is a tuple  $(T, S, A, M, \Lambda)$  where:*

- *$T$  is the set of decision epochs,*
- *$S$  and  $A$  are the state and action spaces respectively.*
- *$M$  is the finite discrete set of models, and*
- *$\Lambda = \lambda_1, \dots, \lambda_{|M|}$  is the set of exogenous models weights with  $\lambda_m \in (0, 1)$ ,  $\forall m \in M$  and  $\sum_{m \in M} \lambda_m = 1$ .*

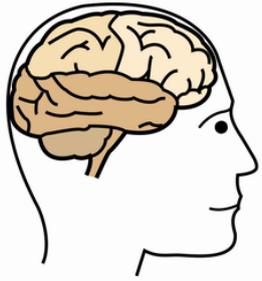
*Each model  $m \in M$  is an MDP,  $(T, S, A, R^m, P^m, \mu^m)$ , with a unique combination of rewards, transition probabilities, and initial distribution.*

# MMDP et gestion forestière sous ambiguïté

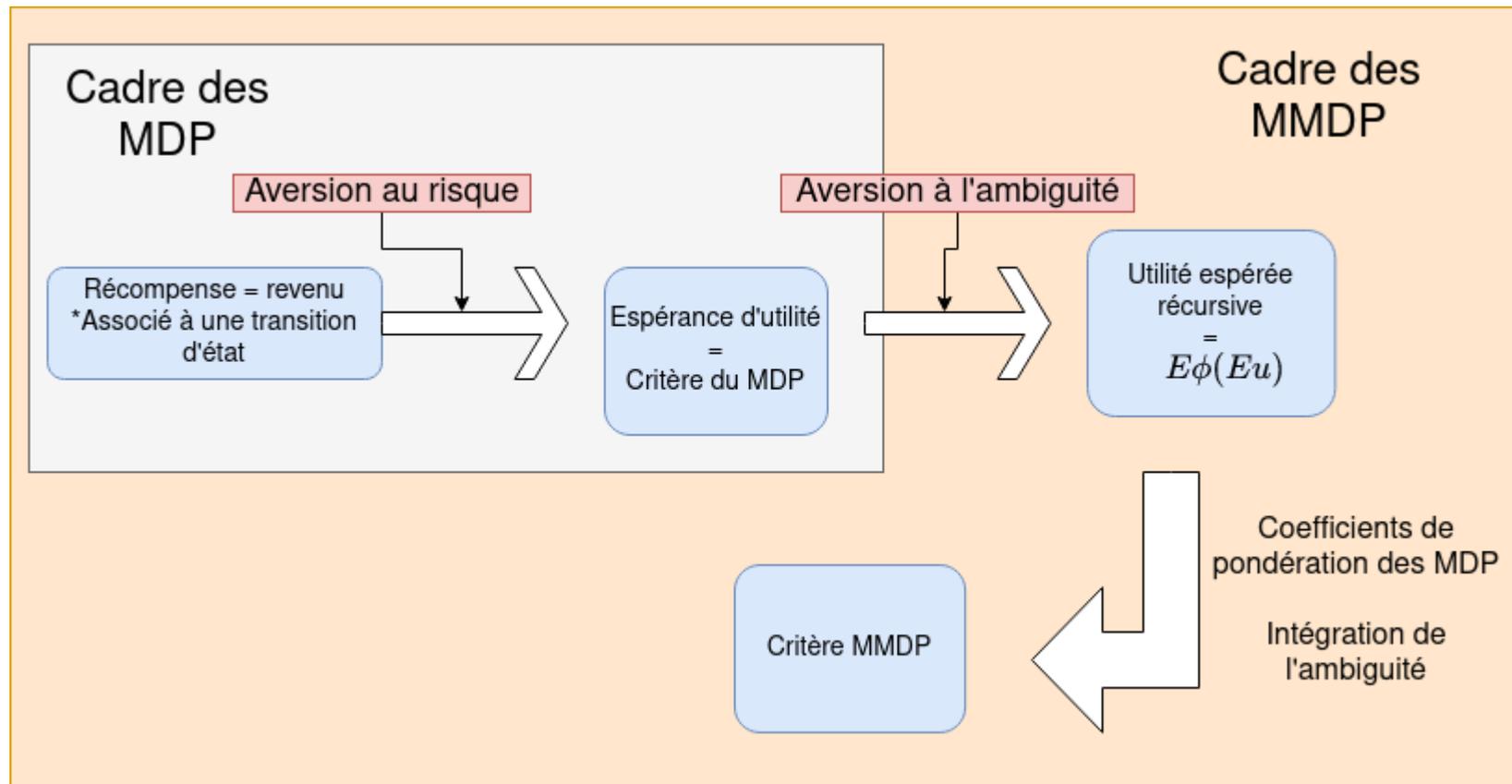


# Les modèles MMDP proposés avec des facteurs psychologiques

- Deux modèles proposées avec l'approche MMDP distincts par le critère : Utilité espérée récursive (KMM) ou Alpha MaxMin Expected Utility ( $\alpha$ -MEU)
  - **Aversion à l'ambiguïté** des propriétaires forestiers privés
    - $W_{KMM}(\pi, \mu) = \zeta \times (E(u(R), \pi, \mu)_{MDP1})^\varphi + (1 - \zeta) (E(u(R), \pi, \mu)_{MDP2})^\varphi$
    - $W_{MEU}(\pi, \mu) = \alpha \times E_{Min}(u(R), \pi, \mu) + (1 - \alpha) \times E_{Max}(u(R), \pi, \mu)$
- Coefficient de pondération pour le MMDP ( $\zeta$  ou  $\alpha$ ) = dimension **optimiste ou pessimiste**
- Formalisation mathématique et résolution exacte car espace de politiques faibles
- Résolution avec Matlab



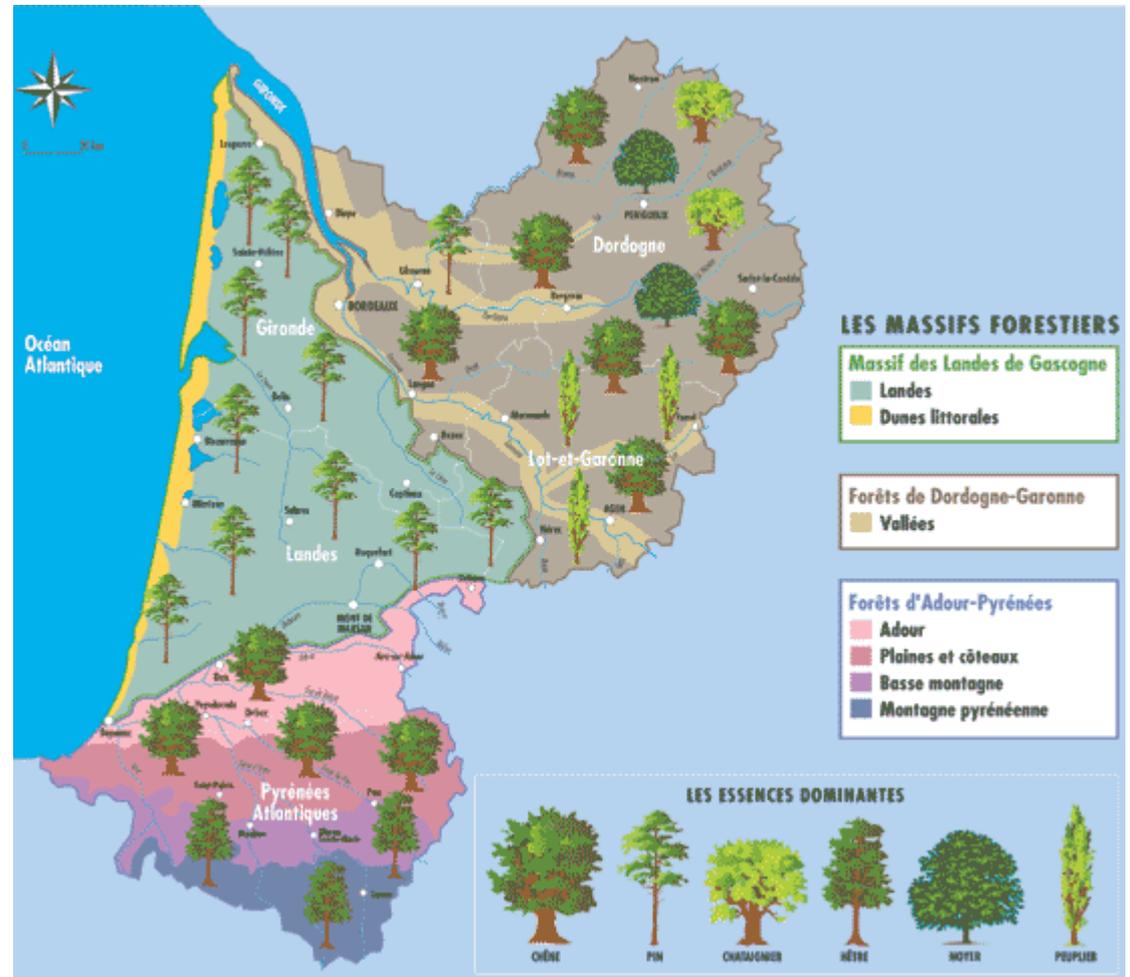
# Le modèle MMDP avec le critère KMM





# Application : Le Massif des Landes de Gascogne

Source : Forestopic

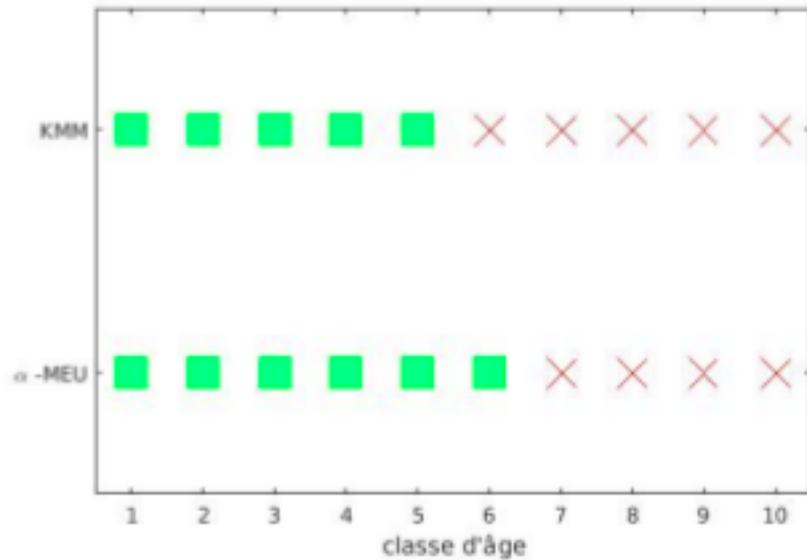


Source : <http://www.foret-aquitaine.com>

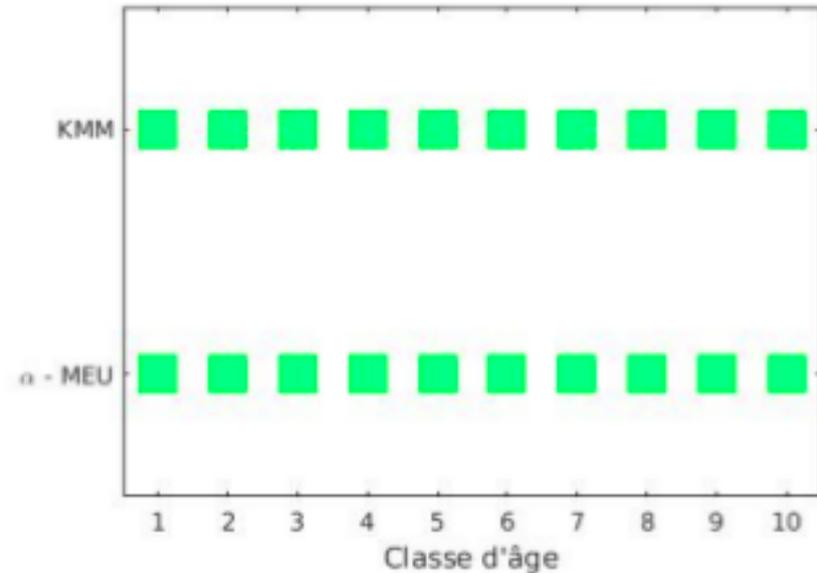
# Données, estimations et expériences pour calibrer les modèles

- Données : croissance des arbres, climat, dommages, prix, coûts sylvicoles
- Estimations : risques d'incendie en fonction des différents RCP.
- Expériences pour quantifier les paramètres d'ordre psychologique : <http://www.bounmy.fr:8080/rai/>

# Quelques résultats : politiques optimales selon deux critères

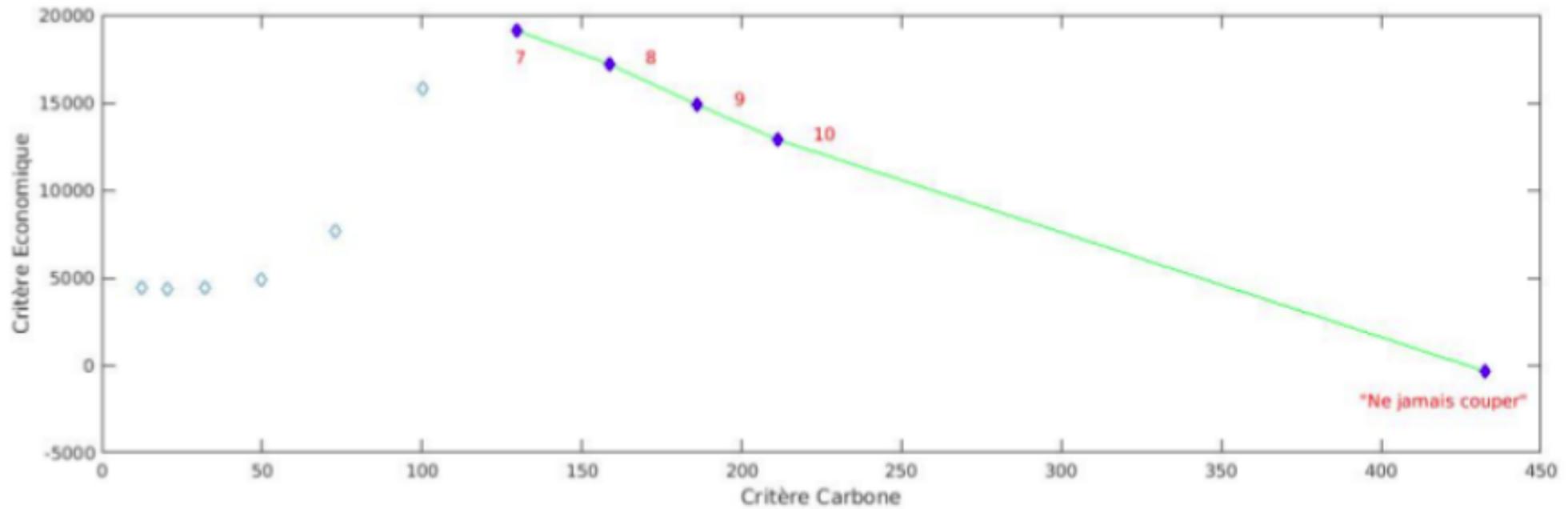


(a) Critère économique



(b) Critère Carbone

# Quelques résultats : Front de Pareto



# Valorisation

**Article en cours de rédaction avec Marie-Josée Cros et Régis Sabbadin:**

*How can ambiguity influence the optimal management of a multifunctional forest? An approach with Markov Decision Processes*

**Envoi d'un résumé pour la Revue FORESTS suite à une sollicitation pour un Special Issue entitled "Managing Forests for Carbon in the Specter of Climate Change" en 2022.**

# Et maintenant

- Perspectives scientifiques Risque de tempête avec le changement climatique : double ambiguïté
- Stage de M2 R en 2022 : Hugo Poussier (M2 MSE)  
*La gestion des forêts face à une situation de double ambiguïté : Une approche MDP*
- Diffusion : séminaire Nancy 2022, conférence EAERE 2022...
- Projet CAESAR

**SiFlo** : un modèle de simulation  
d'une inondation prenant en compte  
le comportement des habitants face  
à cette inondation

Patrick

# **Un modèle d'évacuation de population : une approche par simulation à base d'agents**

Patrick



## **Le projet CAESAR**

**Coping and Adapting with  
Extreme climate risks by building  
Sustainable and All-round  
Resilience**

Régis, Patrick et Stéphane

# Bref descriptif du projet

- Piloté par Gabriele Gunta (ENG, Engineering, Italie)
- Soumis le 23 novembre 2021 au Horizon Europe Framework Programme (HORIZON), Call «Disaster-Resilient Society 2021 (HORIZON-CL3-2021-DRS-01-02)», Grant «Integrated Disaster Risk Reduction for extreme climate events: from early warning systems to long term adaptation and resilience building»
- 6 Workpackages
- 20 participants :
  - ENG (Italie), CERTH (Grèce), VICOM (Espagne), LINKS (Italie), NOA (Pays Bas), UNIBWM (Allemagne), INRAE (France), VTT (Finlande), ULIM (Irlande), IANUS (Chypre), DVISOR (Pays Bas), AIR (Autriche), DBC (Belgique), RG (Suisse), DKKV (Allemagne), PLS (Pays Bas), HFC (Grèce), BRK (Allemagne), BFWG (Autriche), SVAP (Grèce).
- Projet sur 30 mois.

# Objectifs et contributions

- **Objectifs et contributions**

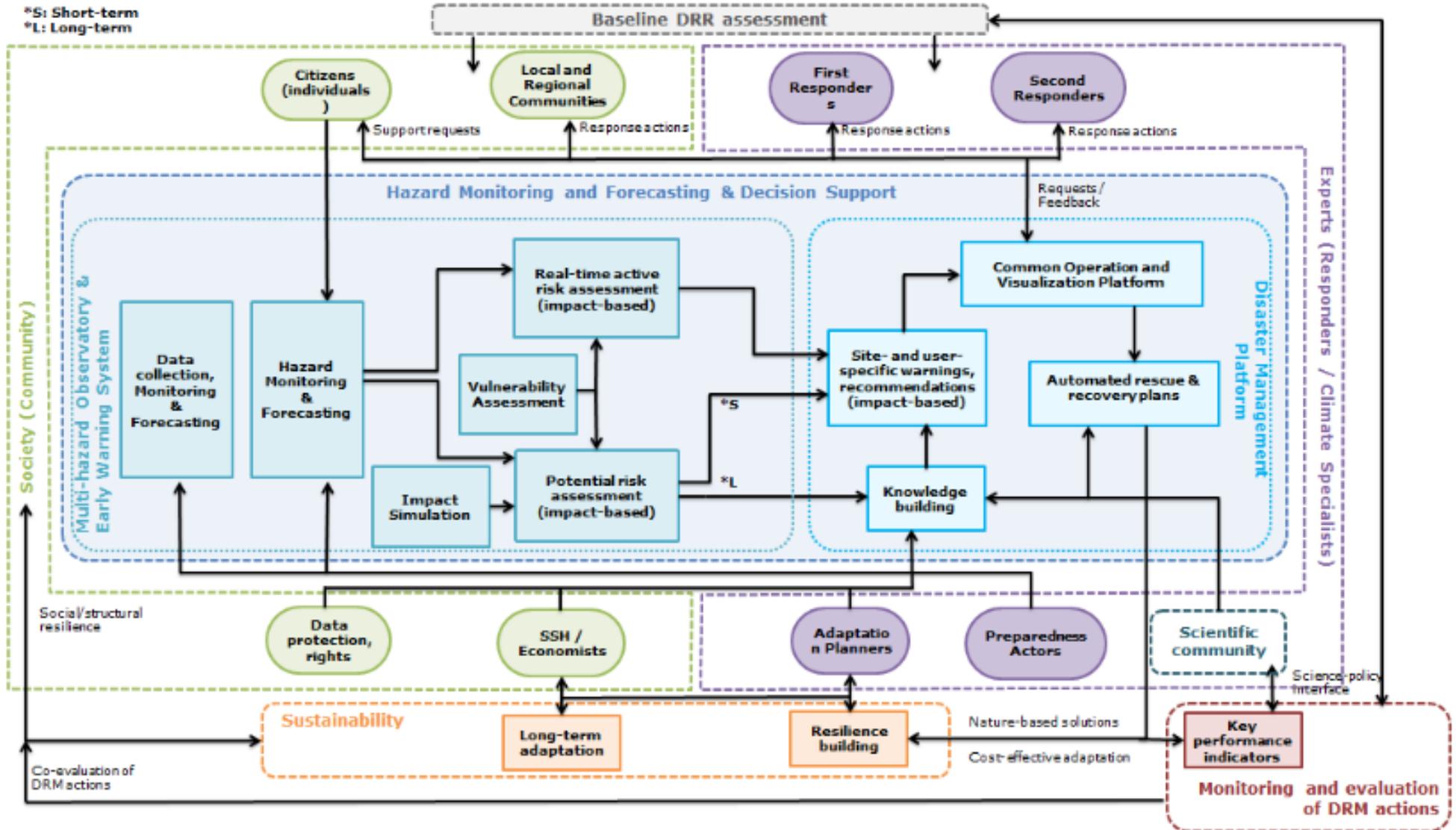
- Pour une meilleure compréhension de la nature changeante de divers risques et de leurs dynamiques liés au changement climatique, à la complexité de nos sociétés ainsi qu'à leurs conditions économiques.
- Pour un renforcement de la résilience face à des désastres de plus en plus complexes renforçant la compréhension et la réponse à des risques complexes multiples avec des conséquences globales économiques sociales et environnementales.
- Pour une gestion efficace et soutenable des risques de catastrophes.

- **4 piliers**

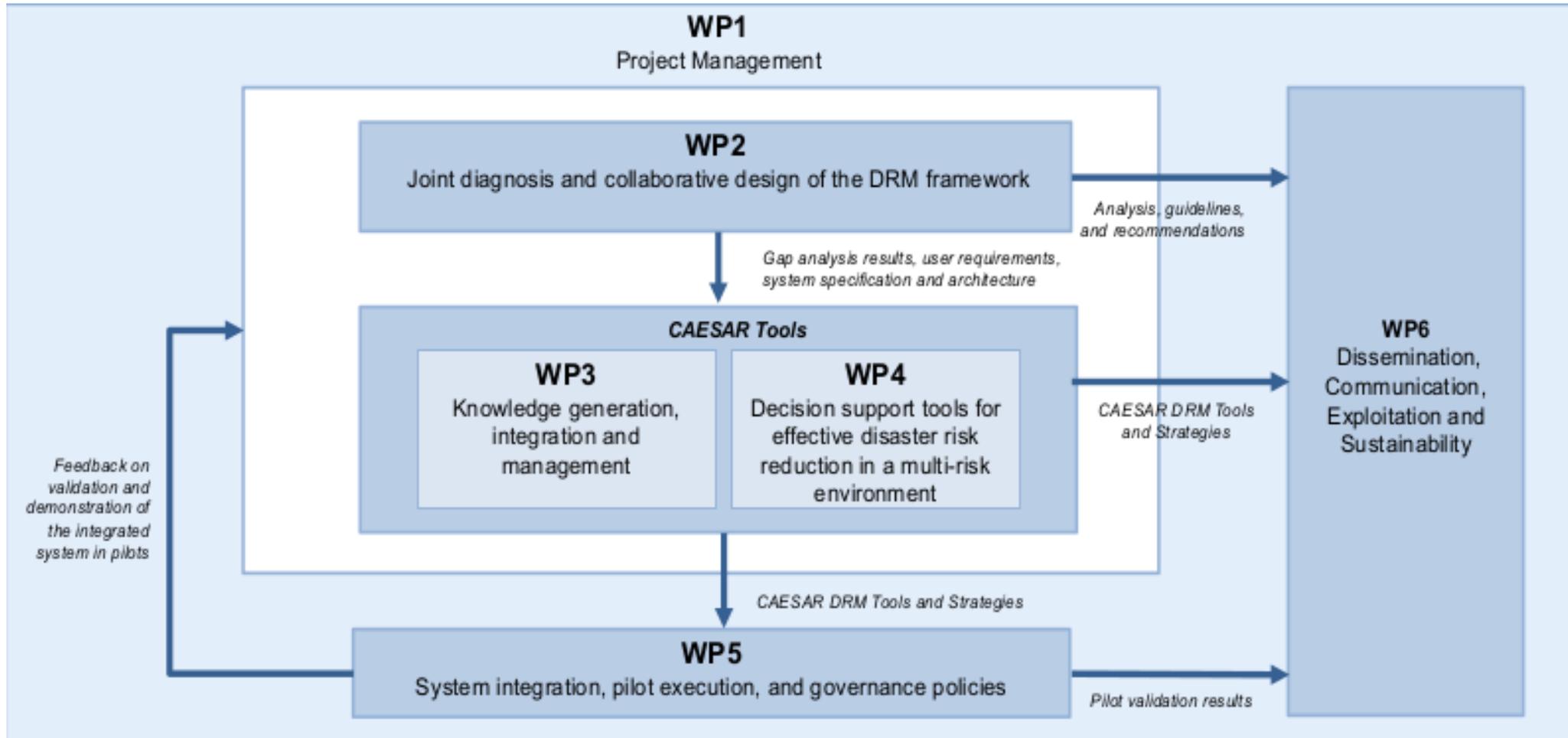
- 1 : Faciliter l'accès aux données, améliorer la capacité d'analyse et la visualisation des données sur les risques.
- 2 : Accélérer la production de nouvelles connaissances pour la résilience aux extrêmes climatiques
- 3 : Fournir des supports et outils techniques
- 4 : Influencer et aider les décideurs.

**3 études de cas sur des sites européens et internationaux**

# Architecture du projet



# Vision globale du projet et des WP



# Vision détaillée du projet et des WP

<b>WP1</b>	<b>Project management and coordination</b>	<b>ENG</b>
T1.1	Project management, coordination and reporting	ENG
T1.2	Scientific and technical management	CERTH
T1.3	Project quality and risk management	ENG
T1.4	Privacy, security, ethical, usability and legal monitoring	ULIM
<b>WP2</b>	<b>Joint diagnosis and collaborative design of the DRM framework</b>	<b>VTT</b>
T2.1	Establishing local Communities of Practice and stakeholder bridging	VTT
T2.2	DRR baseline identification, capacity gaps, and co-design of user requirements for effective DRM	DKKV
T2.3	Co-design of the multi-risk governance and technological framework (includes architecture and specifications)	ENG
T2.4	Ethical, legal, societal and socio-technical impact evaluation	ULIM
<b>WP3</b>	<b>Knowledge generation, integration and management</b>	<b>NOA</b>
T3.1	Data collection, harmonization, and interoperability with existing DRR sources (including claims data)	VICOM
T3.2	Weather and hazard monitoring and forecasting (NWP, EO, remote sensing, IoT networks) for early warning and damage	NOA
T3.3	Innovative tools for an effective data collection and communication via citizen science and public authorities	LINKS
T3.4	Impact-based vulnerability analysis, risk and resilience assessment tools	CERTH
<b>WP4</b>	<b>Decision support tools for effective disaster risk reduction in a multi-risk environment</b>	<b>CERTH</b>
T4.1	Customizable Common Operation Picture for multi-layer data processing and visualisation	IANUS
T4.2	Scenario-based simulation tools for hazard impact modeling, mitigation planning and decision support tools	CERTH
T4.3	Collaborative tools from dynamic response and recovery management	UBWM
T4.4	Design of long-term adaptation strategies and resilience building for preparedness and response, including NBS and	VTT
T4.5	Cost-benefit or cost-effectiveness analyses of investment and regulatory strategies (including reinsurance)	INRAE
<b>WP5</b>	<b>System integration, pilot execution, and governance policies</b>	<b>IANUS</b>
T5.1	System integration, validation and testing	ENG
T5.2	Pilot planning and execution in relevant environments	IANUS
T5.3	Impact assessment and evaluation of performance, effectiveness, acceptance, and usability	DKKV
T5.4	Policy and recommendations	VTT
<b>WP6</b>	<b>Dissemination, Communication, Exploitation and Sustainability</b>	<b>DBC</b>
T6.1	Dissemination, communication and public outreach activities (Including Synergies Building)	DBC
T6.2	Innovation and standardisation management	DBC
T6.3	Exploitation and sustainability planning	ENG
T6.4	Community building, stakeholder management and training	BRK

# Notre contribution en tant que participant

- **Participation principale dans le WP4 .** *Decision support tools for effective disaster risk reduction in a multi-risk environment*
  - Proposer différentes approches de modélisation basées sur la théorie de l'économie et l'IA : cadre MDP et approche de modélisation à base d'agents reposant sur le paradigme BDI.
  - Développer de nouvelles méthodologies pour faire émerger de nouvelles stratégies de gestion et d'adaptation aux risques à long terme dans un contexte incertain et pour construire des stratégies de gestion résilientes.

# Notre contribution en tant que leader

- Tâche T4.5 du WP 4. *Cost-benefit or cost-effectiveness analyses of investment and regulatory strategies (including reinsurance)*
- Autres participants : VICOM, UNIBWM, VTT, ULIM
- **Objectifs et finalités de la tâche reposant sur les méthodes d'analyse coût-bénéfice (ACB) ou d'analyse coût-efficacité (ACE)**
  - Aide à la prise de décision en comparant les coûts et les impacts des décisions évaluées en valeur monétaire ou non.
  - Développer des outils et des procédures d'analyse et d'évaluation génériques des stratégies d'investissement et de régulation
  - Proposer des méthodes d'évaluation spécifiques à notre problématique pour évaluer les coûts mais aussi les effets et bénéfices des pratiques de gestion des risques



**On croise les doigts pour le projet**

**Avez-vous des questions ?**

**Merci pour votre attention**