



HAL
open science

Risques multiples et gestion des écosystèmes

Eric Rigolot, Frederic Danjon, Jean-Francois Dhote, Jean-Luc Dupouey, Herve Jactel, Benoit Marçais, Nicolas Martin-StPaul, Céline Meredieu, Bernard Montuelle, François Pimont, et al.

► **To cite this version:**

Eric Rigolot, Frederic Danjon, Jean-Francois Dhote, Jean-Luc Dupouey, Herve Jactel, et al.. Risques multiples et gestion des écosystèmes. Réflexion Prospective, Département EFPA, Défis 3 et 4, Sep 2015, Nancy, France. pp.38 slides. hal-01837333

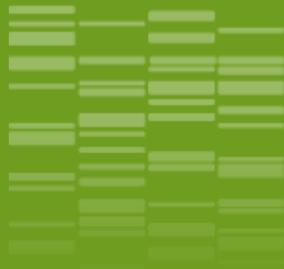
HAL Id: hal-01837333

<https://hal.science/hal-01837333>

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Risques multiples et gestion des écosystèmes

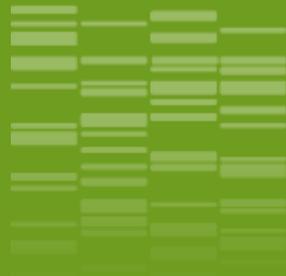
Séminaire préparatoire au SSD EFPA Défis 3 & 4, Nancy

Eric RIGOLOT ; Frédéric DANJON ; Jean-François DHÔTES ; Jean-Luc DUPOUEY ; Hervé JACTEL ; Benoît MARCAIS ;
Nicolas MARTIN ; Céline MEREDIEU ; Bernard MONTUELLE ; François PIMONT ; Alexia STOCKES



SOMMAIRE

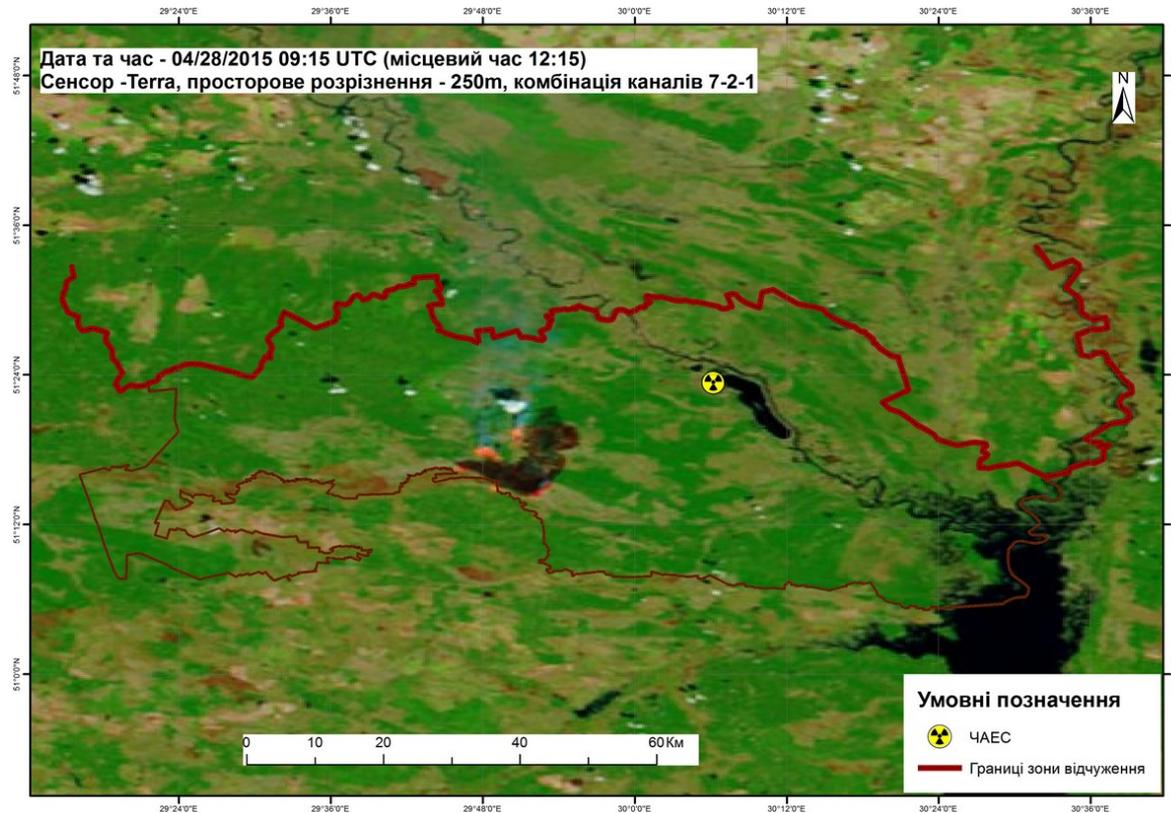
- ❖ Contexte
- ❖ Quels risques multiples à EFPA ?
- ❖ Les fronts de sciences et les verrous
- ❖ La gestion des risques multiples
- ❖ Recommandations pour le SSD



01 CONTEXTE

Catastrophes en cascade : Fukushima

mais aussi Chernobyl ...



Active fires captured by the **Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)** on NASA's **Terra** satellite over the CEZ on **28 April, 2015** at 9:15 UTC (12:15 Ukrainian time)

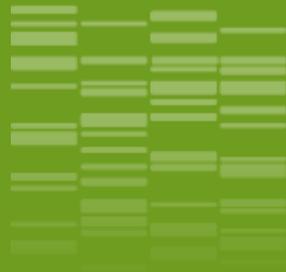
Source: [Nasa Earth Observatory](#)

Les tempêtes Lothar (Martin) et Klaus

... et leurs conséquences différées

- ❖ Des pertes immédiates colossales
 - suivies d'attaques de processionnaire du pin,
 - puis d'une épidémie de scolytes sans précédent
- ❖ Régime d'une perturbation et régime de perturbations
 - Événement désorganisant la structure de l'écosystème, de la communauté, ou de la population, modifiant les ressources, la disponibilité du substrat ou l'environnement physique (adapté de White & Pickett, 1985)
- ❖ Prise de conscience des risques multiples





02

Les risques multiples à EFPA

Le domaine, l'expertise disponible, les recherches effectives

Les risques pris en compte

... et les équipes enquêtées

- ❖ Risques physiques
 - Tempêtes (Céline Méredieu, Frédéric Danjon)
 - Incendies (François Pimont, Jean-Luc Dupuy)
 - Glissements de terrain (Alexia Stockes)
- ❖ Risques abiotiques
 - Sécheresse (Nicolas Martin)
 - Autres accidents climatiques (gel, canicule) (JL Dupouey)
 - Fertilité des sols (Jean-Luc Dupouey)
- ❖ Risques biotiques
 - Scolytes (Hervé Jactel)
 - Invasions et pathogènes (Benoit Marçais)
 - Herbivorie (Thomas Boivin, Hervé Jactel)
 - Prédation (Bernard Montuelle)
- ❖ Risques toxicologiques
 - Pollutions des lacs (Bernard Montuelle)



Les modalités des risques multiples

- ❖ Origine multi factoriel / multi stress, +/- simultanés d'un risque bien identifié
 - dépérissement forestier, déclin d'espèces dans les écosystèmes lacustres, ...
 - conjonctions, interactions, propriétés émergentes, synergies et antagonismes

- ❖ Risques en cascade
 - Scolytes => incendie
 - Sécheresse => incendie
 - Tempête => scolytes
 - Succession d'invasions de pathogènes



Les dépérissements forestiers

... un exemple de problème multi-factoriel

FACTEURS
PREDISPOSANTS

FACTEURS
DECLENCHANTS

FACTEURS
AGGRAVANTS

MORT

POTENTIEL
GÉNÉTIQUE DE
L'ARBRE

SOLS

Accidents climatiques :
— sécheresse,
— gel

Compactage
du sol

Pauvreté
chimique

Présence
de calcaire

Faible
capacité de
rétention
en eau

Drainage
insuffisant

CLIMAT ET
ENVIRONNEMENT
PHYSIQUE

Mauvaise
adaptation
Essence-Climat
régional

Changements
climatiques

SYLVICULTURE

Pollution
diffuse

Viellisse

Statut social défavorable

Scolytes
en phase
épidémique

Insectes
xylophages et
sous-corticaux

Problèmes de
plantation

Pollution
diffuse

Pollution
diffuse

Pollution
diffuse

Pollution
diffuse

Spirale du déclin de Manion (1981)

adaptée aux conditions françaises, L.M. Nageleisen

Réponses :

- ❖ Aux facteurs prédisposants
 - sylviculture: choix des essences, éclaircies, techniques d'exploitation...
 - conservation et amélioration des sols
- ❖ Aux facteurs déclenchants
 - lutte contre les insectes défoliateurs
 - et pathogènes foliaires
- ❖ Aux facteurs aggravants
 - Lutte contre les scolytes



Le déclin de l'ombre chevalier

... un exemple de stress multiples et interactifs

Baisse inexplicable des captures depuis 20 ans



Hypothèse : stress multiples et interactifs

Réchauffement climatique

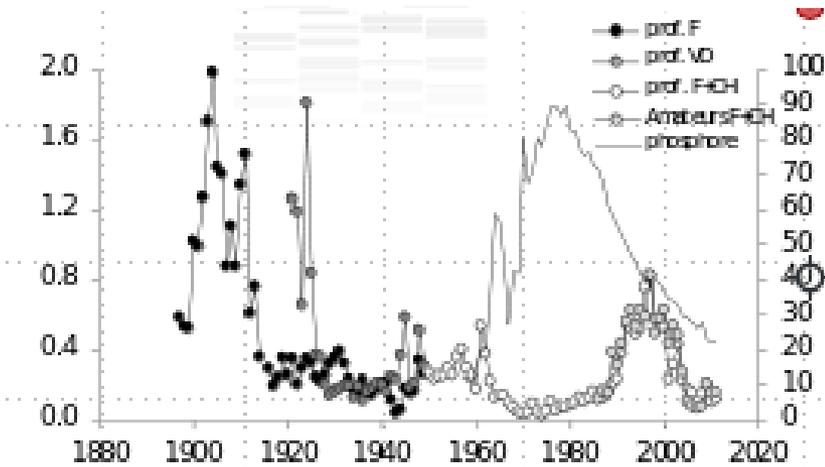


Effets indirects ?

Pollution (?)



Pêche et pratiques de gestion



Interactions biotiques
(prédation, compétition,
pathogènes)



État trophique, productivité et
désoxygénation
(fonctionnalité des frayères)



Les modalités des risques multiples

- ❖ Origine multi factoriel / multi stress, +/- simultanés d'un risque bien identifié
- ❖ Lien avec le Défi 2 : compréhension des fonctions et processus qui sous-tendent les services écosystémiques
 - Grands lacs : ressources eau potable, piscicole ...
 - Forêts : production, biodiversité ...



Risques en cascade

... Tempêtes => scolytes

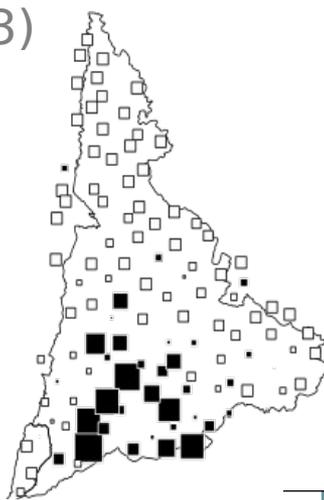


- ❖ Les scolytes ont bénéficié de substrats de reproduction plus abondant
- ❖ 25 000 ha touchés (2.5% surface)
- ❖ 4 Mo m³ de pin maritime scolytés (70% récolte annuelle)
- ❖ L'impact des pullulations de scolytes en Europe entre 1958 et 2001 s'explique autant par l'augmentation des tempêtes que par l'augmentation de la surface des forêts de conifères (sensibles aux scolytes)

(Jactel, 2013)



40 Mo m³



4 Mo m³

Global Change Biology

Global Change Biology (2011), doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02452.x

Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe

RUPERT SEIDL*†, MART-JAN SCHELHAAS‡ and MANFRED J. LEXER†

Risques en cascade

... Processionnaires => scolytes



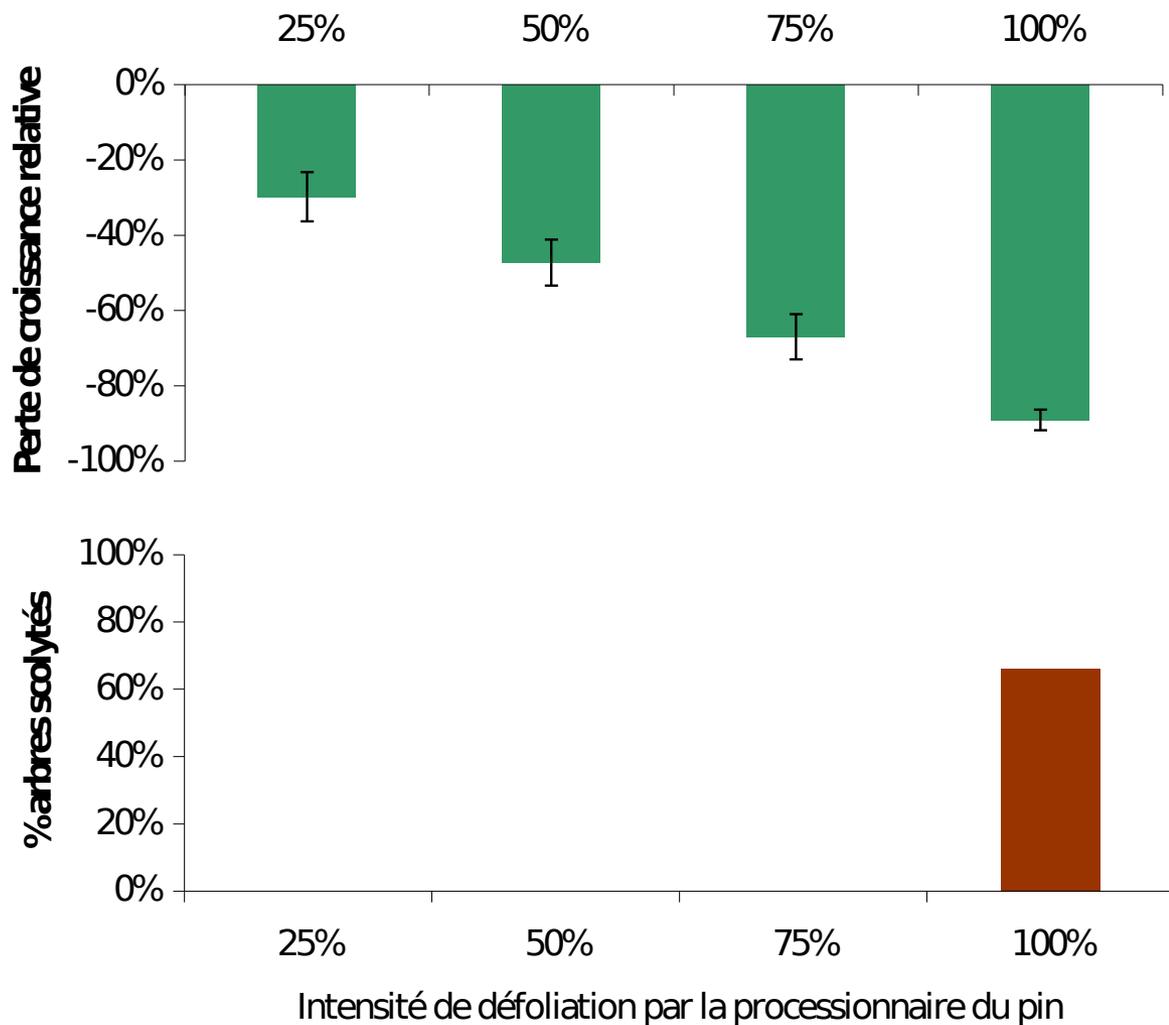
attaque de processionnaire
hiver 2009

attaque de scolyte
été 2010

Risques en cascade

... Processionnaires => scolytes

Intensité de défoliation par la processionnaire du pin

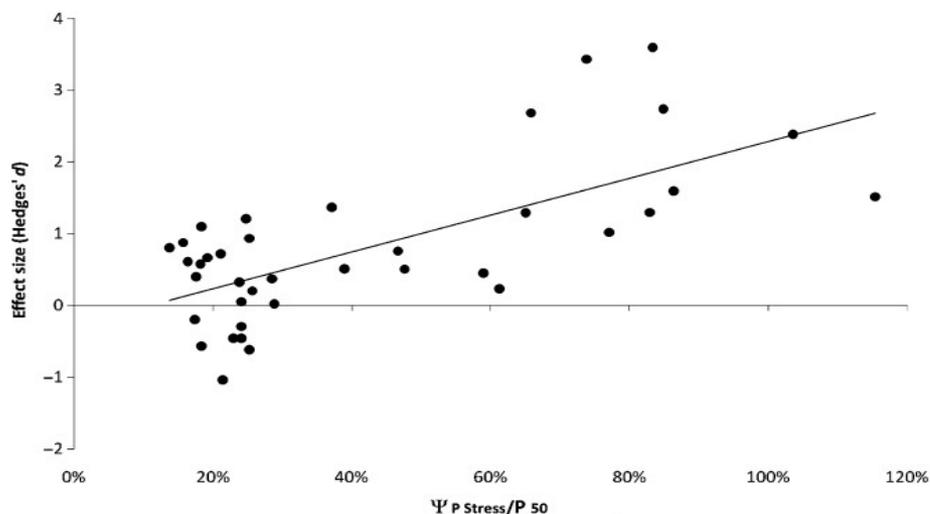


(Jactel, 2011)

Risques en cascade

... Sécheresse => insectes ravageurs et pathogènes

- ❖ Trois principaux prédicteurs des dommages biotiques : status des insectes ou pathogènes (primaire vs. secondaire), organe affecté (feuillage vs. bois) et sévérité du stress hydrique
- ❖ Dommages par agents primaires
 - sur bois vivant < témoin (Ex. *Matsucoccus feytaudi*, armillaire)
 - sur feuillage > témoin (qq soit niveau stress) (Ex. *Limantria dispar*)
- ❖ Dommages par agents secondaires proportionnels au stress hydrique (*Dendroctonus f.*, *Sphaeropsis sapinea*)



Relation entre le niveau de dommage (effect size) d'insectes et pathogènes forestiers secondaires et la sévérité du stress hydrique

Global Change Biology

Global Change Biology (2011), doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02512.x

Drought effects on damage by forest insects and pathogens: a meta-analysis

HERVÉ JACTEL*, JÉRÔME PETIT†, MARIE-LAURE DESPREZ-LOUSTAU*, SYLVAIN DELZON*, DOMINIQUE PIOUS‡, ANDREA BATTISTI§ and JULIA KORICHEVA¶

Invasions en cascades dans les écosystèmes

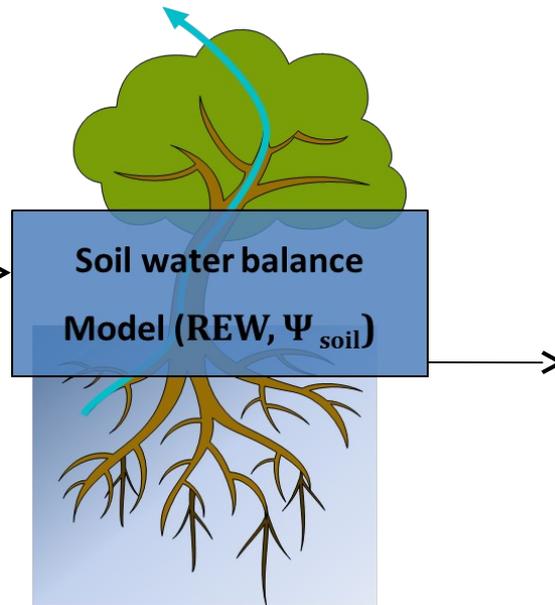
Ex. de milieux alluviaux, connus pour être vulnérables aux invasions

- ❖ Successions d'invasions de champignons pathogènes des arbres :
 - Graphiose de l'Orme, Phytophthora de l'aulne, Chalarose du frêne :
 - Réduction progressive des options possibles en gestion
 - Modification des densités / diversité d'hôtes
 - ❖ Ex. forêt d'Illwald (Alsace)
 - **Années 70** : L'Orme représentait un % significatif des peuplements
 - remplacé par chêne pédonculé et frêne
 - **Années 90** : Dépérissement du chêne pédonculé,
 - remplacé en partie par du frêne
 - **Années 2010** : chalarose réduit fortement le frêne
 - Plantation d'aulnes non envisageable
 - du fait de Phytophthora xalni
 - en général remplacé par du chêne pédonculé
- => fait le lit des prochains dépérissements de chênes ?

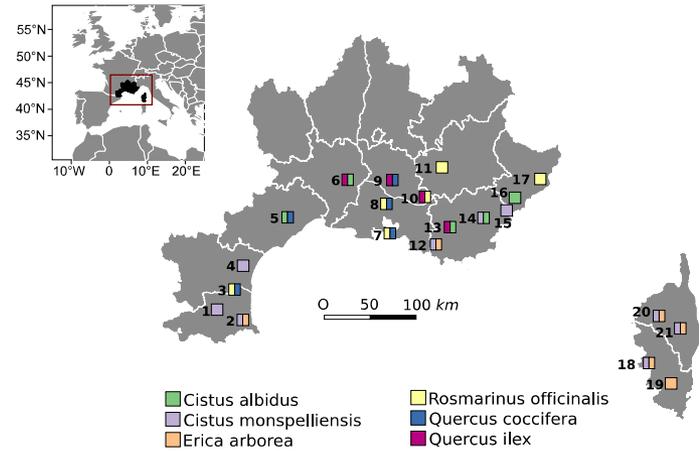
Risques en cascade : sécheresse => incendie

Utilisation de modèle fonctionnel pour prédire la [H₂O] des ligneux vivants

Météo
(R_g, T, Pluie, HR)
LAI, Sol



Base de données FMC
20 kdata sur 18 ans (ONF)

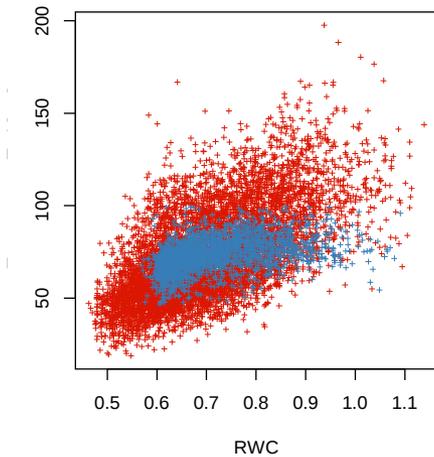
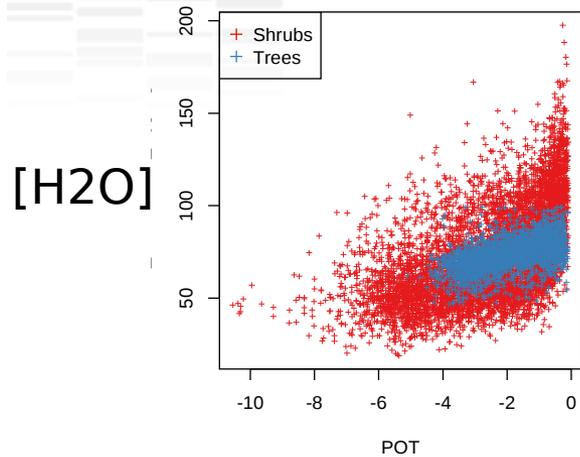


Objectifs :

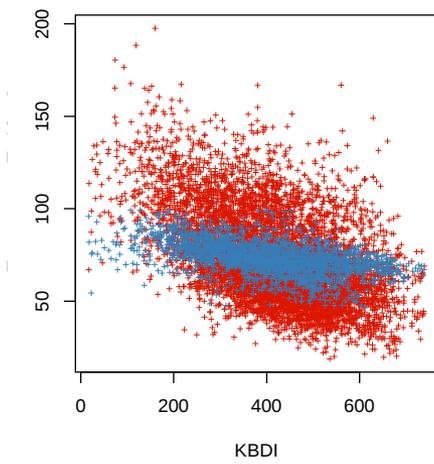
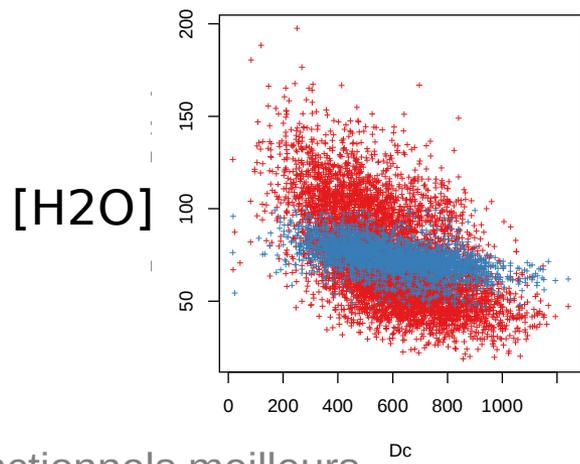
- ❖ Évaluer la corrélation entre le contenu en eau ou le potentiel hydrique du sol simulé pour des garrigues méditerranéennes et la [H₂O] des végétaux vivants
- ❖ Comparer ces corrélations avec celles obtenues avec des indices classiques (e.g. Indice Forêt Météo, Keetch-Byram Drought Index)

Risques en cascade : sécheresse => incendie

Utilisation de modèle fonctionnel pour prédire la [H2O] des ligneux vivants



Indices
« fonctionnels »
 $r = 0.6$



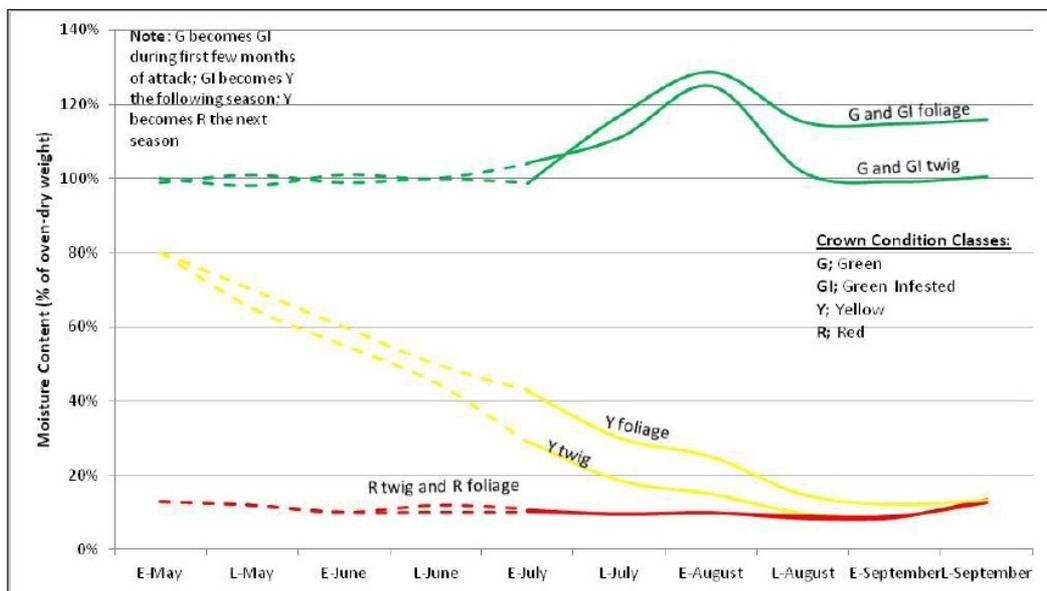
Indices statistiques
« classiques »
 $r = 0.5$

- ❖ Indices fonctionnels meilleurs
- ❖ Offre des opportunités d'amélioration (sol, LAI, traits fonctionnels)
- ❖ Développements en cours de modèles pour tenir compte des traits fonctionnels

Ruffault, Martin-Stpaul et al / in prep

Risques en cascade : scolytes => incendie

De nombreuses recherches au Canada et aux États-Unis
Evolution de la teneur en eau du feuillage



(Wesley Page, thesis)

(Hicke et al. 2012)



- ❖ Les attaques présentent des patterns spatiaux variés
- ❖ La distribution verticale du combustible change
- ❖ La plupart des modèles de feu (empiriques) :
 - ne sont pas adaptés à ces situations hétérogènes
 - prédisent mal l'effet de la teneur en eau pour une canopée d'arbres

Risques en cascade : scolytes => incendie

Simulations des interactions entre défoliation et feu dans le pin ponderosa

- ❖ Scenarios de simulation FIRETEC
 - Mortalité des pins ponderosa
 - 0 % (Green)
 - 20, 58, 100 %
 - Vitesse du vent
 - Faible, modéré, fort
- ❖ Composantes du risque feu
 - aléa : vitesse de propagation du feu
 - sévérité : consommation du feuillage des arbres non scolytés
- ❖ Hypothèse d'additionalité des perturbations si elles sont indépendantes
 - Indice de synergisme : synergie vs. antagonisme

(Sieg, Pimont et al. soumis)

Risques en cascade : scolytes => incendie

Simulations des interactions entre défoliation et feu dans le pin ponderosa

Low wind speed

Moderate wind speed

High wind speed

Green

Time = 400 sec

Time = 200 sec

Time = 150 sec

Red20

Time = 400 sec

Time = 200 sec

Time = 150 sec

Red58

Time = 400 sec

Time = 200 sec

Time = 150 sec

Red100

Time = 400 sec

Time = 200 sec

Time = 150 sec

(Sieg, Pimont et al. soumis)

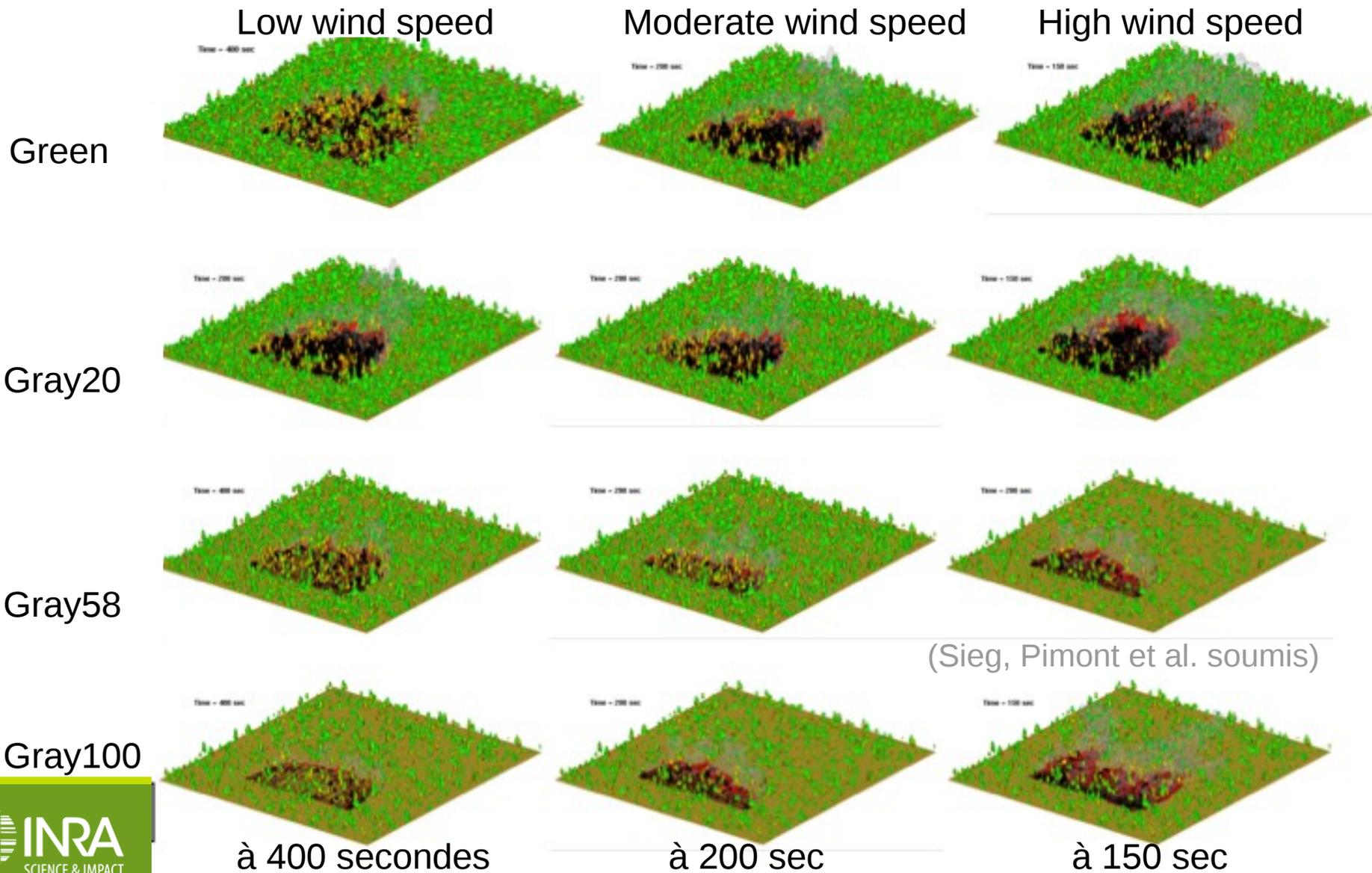
à 400 secondes

à 200 sec

à 150 sec

Risques en cascade : scolytes => incendie

Simulations des interactions entre défoliation et feu dans le pin ponderosa



(Sieg, Pimont et al. soumis)

Risques en cascade : scolytes => incendie

Simulations des interactions entre défoliation et feu dans le pin ponderosa

	Low wind	Moderate wind	High wind
Red20	0.0194 (NS)	0.0309 (NS)	0.0082 (NS)
Red58	0.530 (+++)	0.0968 (+)	0.0230 (NS)
Red100	0.890 (+++)	0.117 (+)	0.0212 (NS)
Gray20	0.158 (+)	-0.153 (-)	-0.0272 (NS)
Gray58	-0.131 (-)	-0.193 (--)	-0.0876 (-)
Gray100	-0.145 (-)	-0.240 (--)	-0.237 (--)

(Sieg, Pimont et al. soumis)

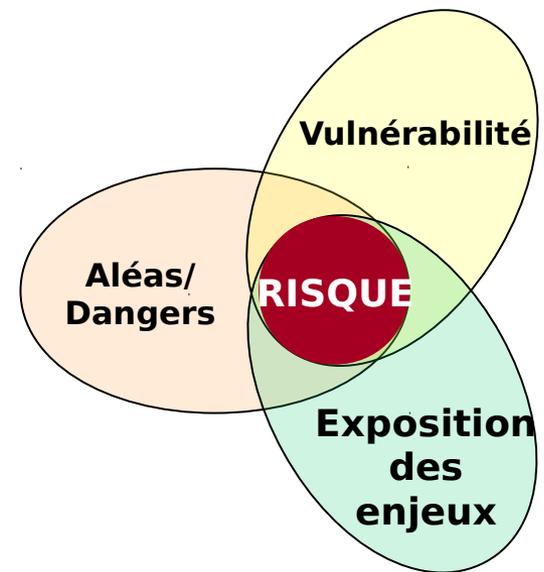
Les risques en cascade

Expertise vs. recherches effectives

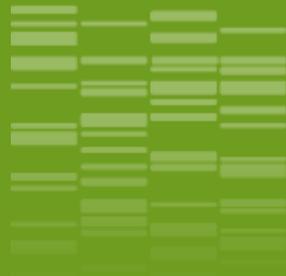
Risque primaire /secondaire	Tempête	Incendie	Glissement de terrain	Sécheresse	Scolyte	Pathogènes	Herbivorie insectes
Tempête	-	-	-	-	-	-	-
Incendie	Expertise	-	-	Recherche	Recherche	Expertise	Expertise
Glissements de terrain	Expertise	Expertise	-	-	-	-	-
Sécheresse	-	-	-	-	-	-	-
Scolyte	Recherche	Expertise	-	Recherche	-	Expertise	Recherche
Pathogènes	Recherche	Expertise	-	Recherche	Expertise	Recherche	Expertise
Herbivorie insectes	Recherche	Expertise	-	Recherche	Recherche	Expertise	-

Les risques en cascade

Incidence du risque primaire
sur les composantes du risque secondaire



Risque primaire /secondaire	Tempête	Incendie	Glissement de terrain	Sécheresse	Scolyte	Pathogènes	Herbivorie insectes
Tempête	-	-	-	-	-	Vulnérabilité	-
Incendie	Aléa	-	-	Aléa/Vulnérabilité	Aléa	Aléa	Aléa
Glissements de terrain	Aléa	Aléa	-	-	-	-	-
Sécheresse	-	-	-	-	-	-	-
Scolyte	Aléa	Aléa/Vulnérabilité	-	Vulnérabilité	-	Vulnérabilité	Vulnérabilité
Pathogènes	Aléa	Aléa/Vulnérabilité	-	Vulnérabilité	Vulnérabilité	Vulnérabilité	Vulnérabilité
Herbivorie insectes	Aléa	Aléa	-	Vulnérabilité	Vulnérabilité	Vulnérabilité	-

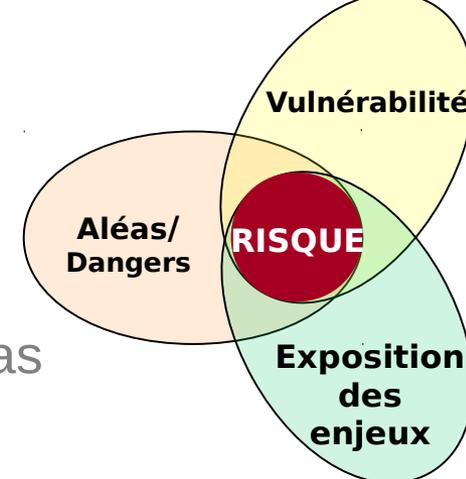


03

Fronts de science et verrous

Fronts de sciences

Sur chaque composante du risque



❖ Aléa

- Dynamiques spatio-temporelles croisées des aléas biotiques/abiotiques
 - Couplage Castanea / Firetec sous Capsis
- Effet de la fragmentation du paysage
- Approches basées sur les processus pour mieux quantifier l'occurrence et l'intensité de l'aléa (comprendre et intégrer les processus moteurs de l'interaction)

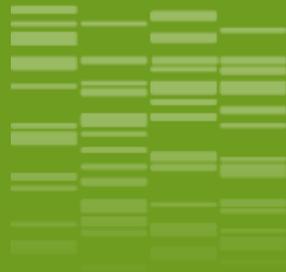
❖ Démêler les facteurs de **vulnérabilité** simultanés

- biodisponibilité : relation disponibilité en eau / nutriments
- Interactions sécheresse et champignon
- Interactions multi-trophiques, ...

❖ Mieux évaluer les **enjeux**

- Impacts sur la filière
- intégration des sciences économiques

❖ **Risques** : outils d'aide à la décision



04

La gestion des risques multiples

Gestion des risques multiples

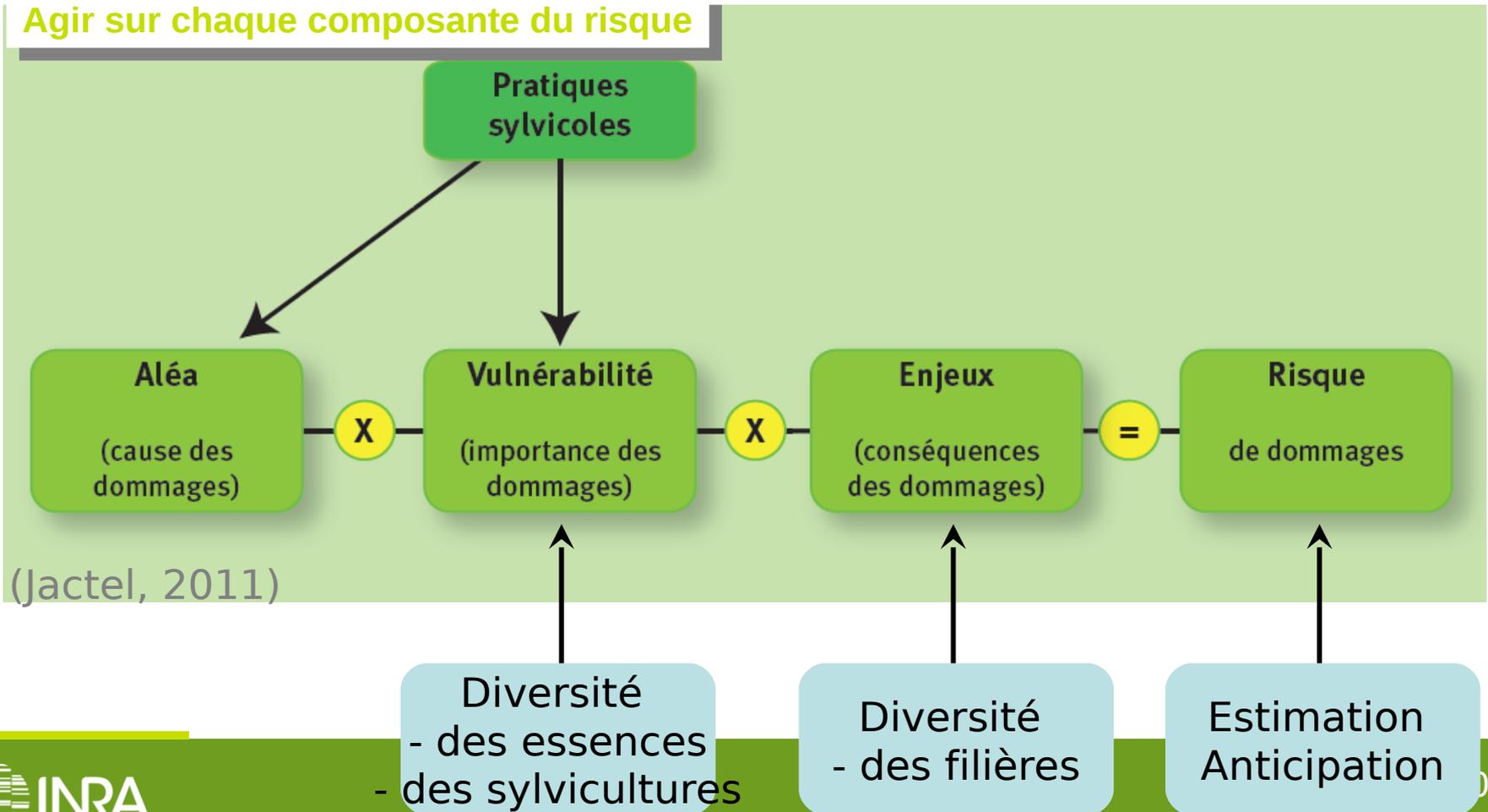
Des réponses émergentes mais sectorielles

- ❖ Sylviculture adaptative
 - Effet d'assurance de la biodiversité (y compris génétique)
 - Sylviculture économe en eau en réduisant l'indice foliaire
 - Raccourcir les révolutions pour baisser l'exposition aux aléas
 - ...
- ❖ Invasions de pathogènes :
 - Renforcer le dispositif de quarantaine
- ❖ Scolytes après tempête
 - Quelles modalités de traitement des piles de bois ?

Gestion des risques multiples

De mieux en mieux intégrées dans un cadre conceptuel

Agir sur chaque composante du risque



Gestion des risques multiples

Mais sommes nous à la hauteur de ce qui nous attend ?

Une avancée en terre inconnue

Lagadec P., 2010. Risques et crises en Terra Incognita

« Nous avons été formés à compartimenter les domaines, à apporter des solutions optimales à chaque parcelle de difficulté dûment isolée. Nos plans de crise, tout particulièrement, sont le plus souvent pensés pour des situations bien sériées. Nous voici aux prises, avec des enchevêtrements de dynamiques impossibles à séparer »

« There is a tendency in our planning to confuse the unfamiliar with the improbable » Thomas Schelling à propos de Pearl Harbor

Ex. Prospective Forêt sur Landes de Gascogne et nématodes du pin.

Gestion des risques multiples

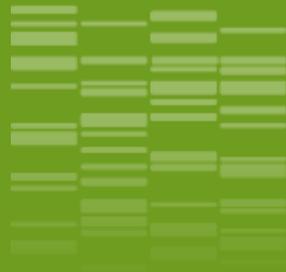
Vers une gestion intégrée

- ❖ Vision multi échelles d'espace
 - comment limiter le risque par diversité régionale des structures et composition des forêts (économistes, ...)
 - Land sparing / land sharing

- ❖ Vision de la décennie au(x) siècle(s)
 - Gestion adaptative
 - Dont gestion des mesures antagonistes

- ❖ Vision multi enjeux et lucidité sur les priorités
 - écosystèmes forestiers, lacustres, fluviaux
 - ressources voire vies humaines

- ❖ Vision multi sectorielle
 - Ex. Gestion d'un bassin versant
 - Ex. Plan Prévention des Risques incendie de forêt et urbanisme



05

Recommandations pour le SSD

Quel dispositif de recherche ?

Recommandations pour le SSD

Dispositif expérimental

- ❖ Nature des dispositifs
 - difficulté de l'expérimentation grandeur nature (incendie, tempête)
 - dispositifs très coûteux du type FACE (Free-air concentration enrichment) n'ont pas (encore) apporté les résultats escomptés,
 - les dispositifs plus modestes posent des questions de transposition
 - conforter les réseaux d'observation, de surveillance, d'arboretum, et de suivi, mais avec une vision multi-risques
 - développer les retours d'expériences
- ❖ répartir les efforts expérimentaux
 - sur le territoire, sur massifs différents => mise en réseau, planification de l'expérimentation sur gamme variée
 - capacité de gestion multi échelles : ONF, Coopératives, Caisse des dépôts (place de l'INRA?)

Recommandations pour le SSD

Dispositif expérimental

- ❖ Nature des dispositifs
 - difficulté de l'expérimentation grandeur nature (incendie, tempête)
 - dispositifs très coûteux du type FACE (Free-air concentration enrichment) n'ont pas (encore) apporté les résultats escomptés,
 - les dispositifs plus modestes posent des questions de transposition
 - conforter les réseaux d'observation, de surveillance, d'arboretum, et de suivi, mais avec une vision multi-risques
 - développer les retours d'expériences
- ❖ répartir les efforts expérimentaux
 - sur le territoire, sur massifs différents => mise en réseau, planification de l'expérimentation sur gamme variée
 - capacité de gestion multi échelles : ONF, Coopératives, Caisse des dépôt (place de l'INRA?)

Recommandations pour le SSD

Partenariat

- ❖ Favoriser l'intégration transdisciplinaire y compris dans la mutualisation des terminologies et des concepts relatifs au risques
 - EFPA n'a pas exprimé tout son potentiel
 - Projets explicitement sur l'interaction entre risques

- ❖ Quel partenariat scientifique ?
 - Évaluation des enjeux : SAD, SAE2, mais ne s'y intéressent pas aujourd'hui

Recommandations pour le SSD

Modélisation

- ❖ Chantier Data
 - analyse de grands jeux de données sur aspects multi factoriels, multi stress ou multi risques (dépérissements, écosystèmes lacustres)
 - data-mining, bases de données, éco-informatique

- ❖ Modélisation
 - approche multi échelles
 - couplage de modèles => plateforme de modélisation (Capsis)
 - approche ensembliste multi-modèles
 - renforcer les bases mécanistes des modèles de perturbations
 - le défi pour la modélisation des perturbations dans les écosystèmes forestiers est d'intégrer les **processus de perturbations** multiples dans des modèles de dynamique forestière pour l'aide à la décision (Seidl, Méredieu, Delzon et al. 2011)



Merci de votre attention