

Impact du changement climatique sur les risques en forêt :

le cas de l'incendie et de ses interactions
avec la sécheresse et les pullulations d'insectes

- ▶ Jean-luc Dupuy, Thomas Boivin, Yvon Duché, Nicolas Martin,
François Pimont, Eric Rigolot



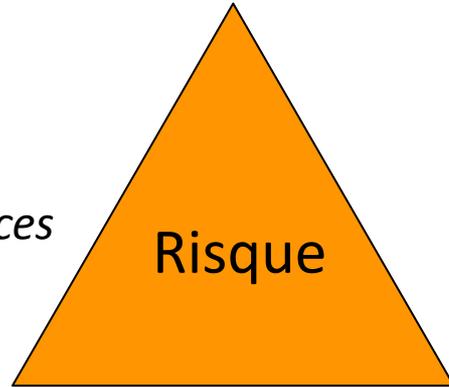
Les composantes du risque d'incendie

Valeur des enjeux

Vies humaines, santé

Forêts : surface menacée, services écosystémiques

Constructions, infrastructures



Vulnérabilité des enjeux

Résistance des arbres, résilience des communautés vég.

Sols (collines, montagnes)

Matériaux de construction

Aléa

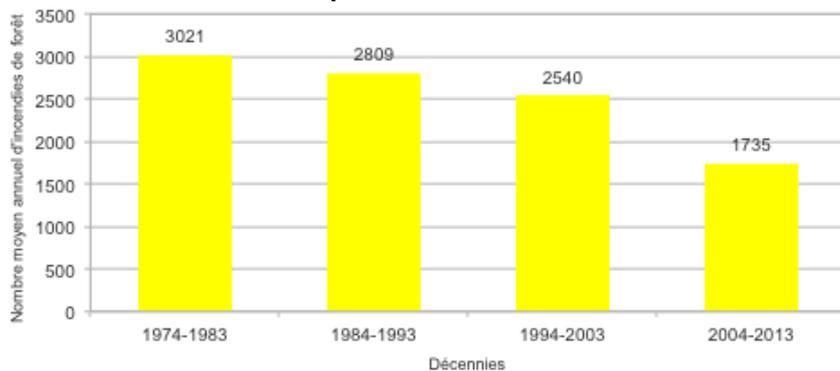
Probabilité d'occurrence X Intensité

Intensité : puissance, flux thermiques, émissions

Les incendies en France (région méditerranéenne)

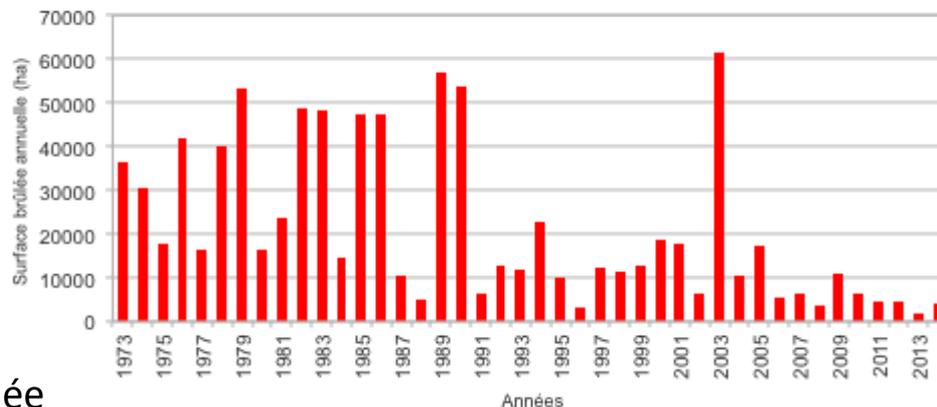
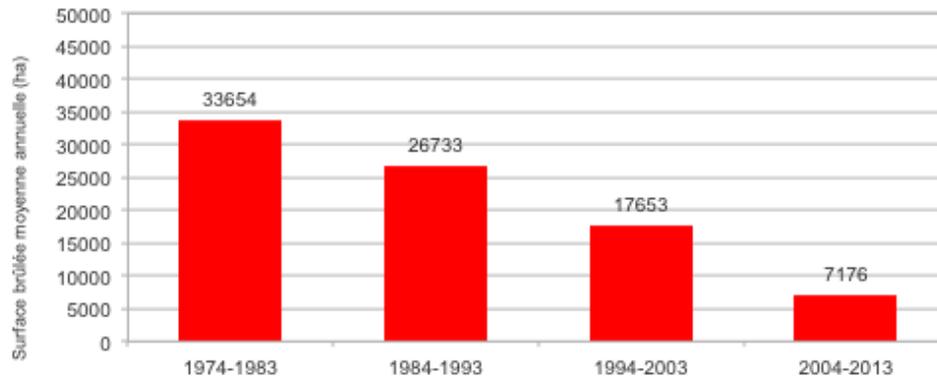
Une politique de prévention et de lutte efficace

Nombre de départs de feu



Source Prométhée

Surfaces brûlées (milliers d'ha)

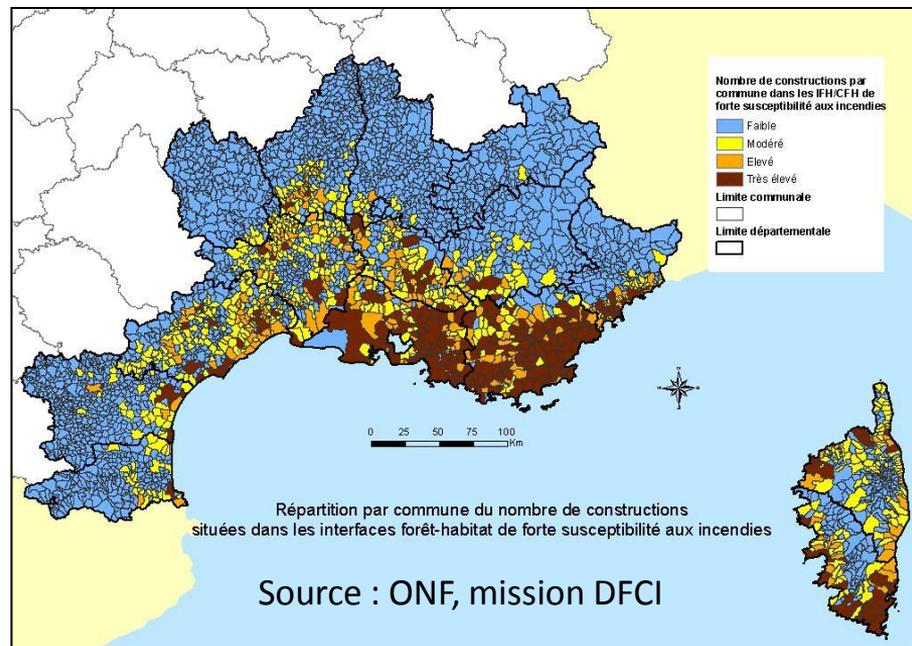


Enjeux : le problème des interfaces forêt-habitat

- 5 Mha combustibles sur un territoire de 8 Mha
- 800 000 constructions à moins de 50 m d'un espace combustible
- PACA : 70% de la population sur le littoral (< 30 km côte)
- Progression de la population à 30 ans :
+34% en LR et + 21% en PACA

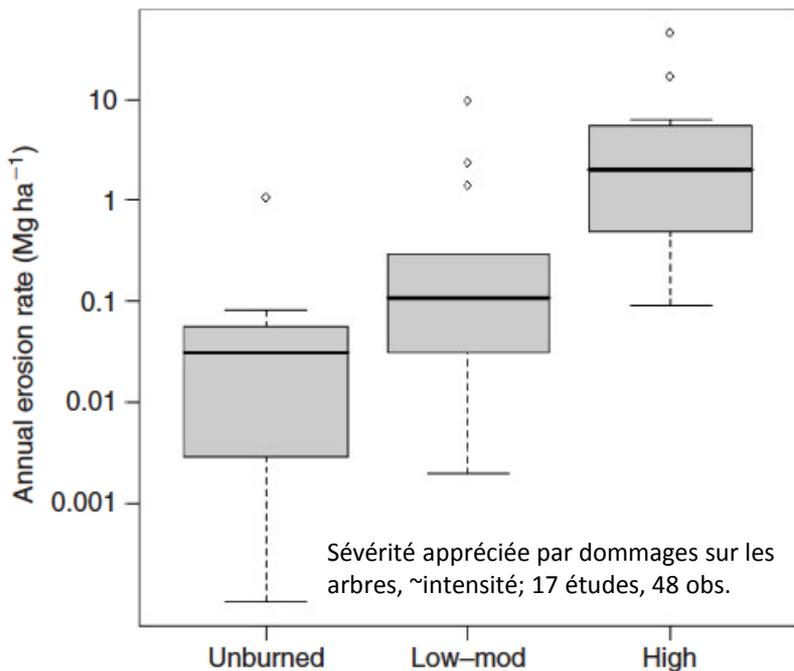


Nombre de constructions par commune en zone de forte susceptibilité à l'incendie



Enjeux : le problème de l'érosion des sols après feu

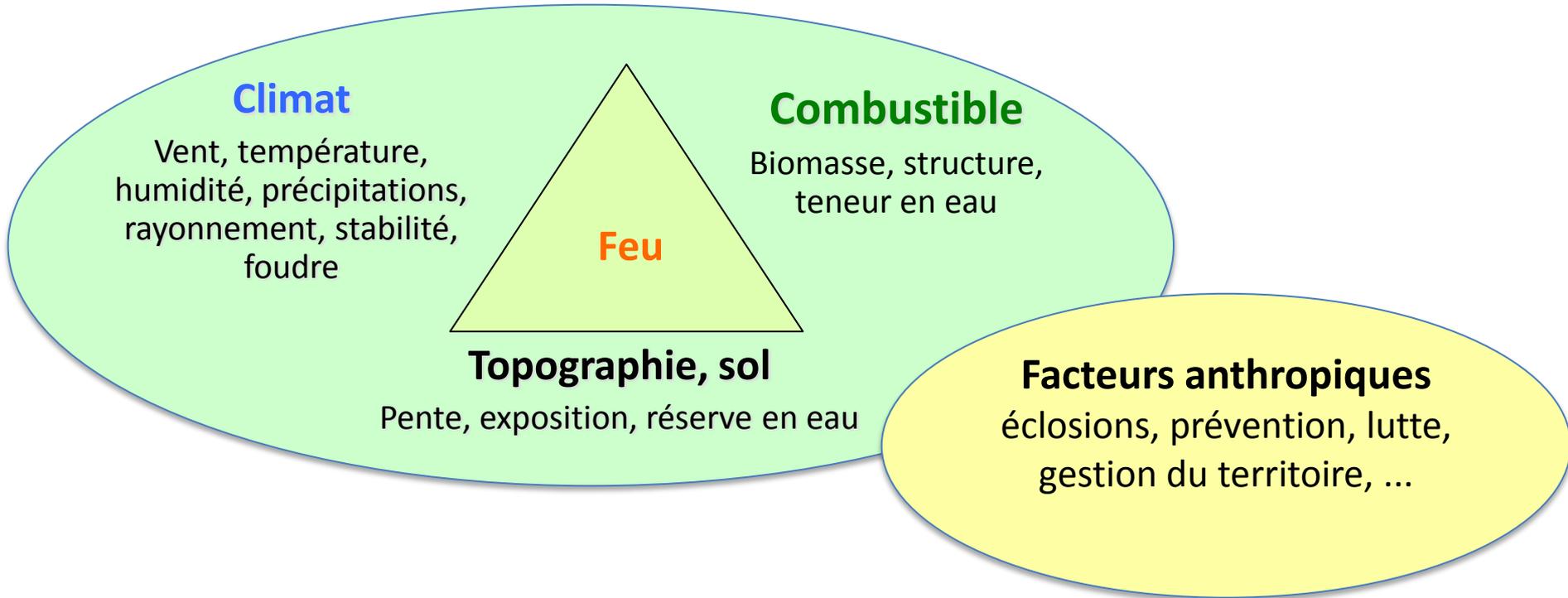
Taux d'érosion annuel (t/ha), selon la sévérité du feu (Pausas et al. 2008)



Incendies et érosion : faits marquants en France (Source : ONF, mission DFCI)

- Saint-André-les-Alpes, 1982, 1950 ha : coulées de boues dans un village (orage 13 j après feu)
- Collobrières, 1990, 9600 ha : taux d'érosion annuel passé de 0.06 t/ha à 6 t/h, pendant 3 ans (suivi du bassin versant par l'IRSTEA)
- Incendie de l'Argentière la Bessée, 2003, 245 ha : travaux de prévention de l'érosion et des coulées de boue (1M€)

Les déterminants de l'aléa d'incendie



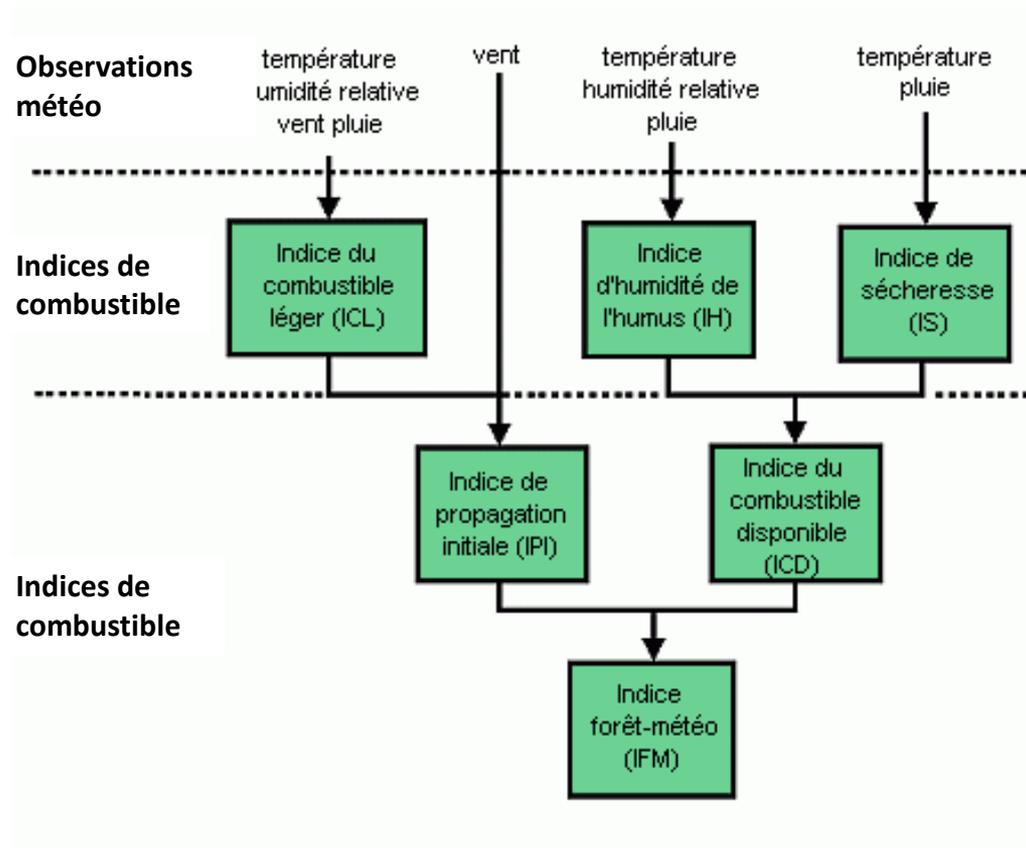
Evaluation de l'aléa d'incendie

L'Indice Forêt Météo (IFM), un indice climatique de danger d'incendie, élaboré par les services forestiers canadiens

Indice construit pour représenter l'intensité des feux

Indices de combustible

-> impact de la **sécheresse** sur la **teneur en eau** à différentes échelles de temps



Les projections d'aléa d'incendie en Europe du sud

Moriondo et al. (2006)

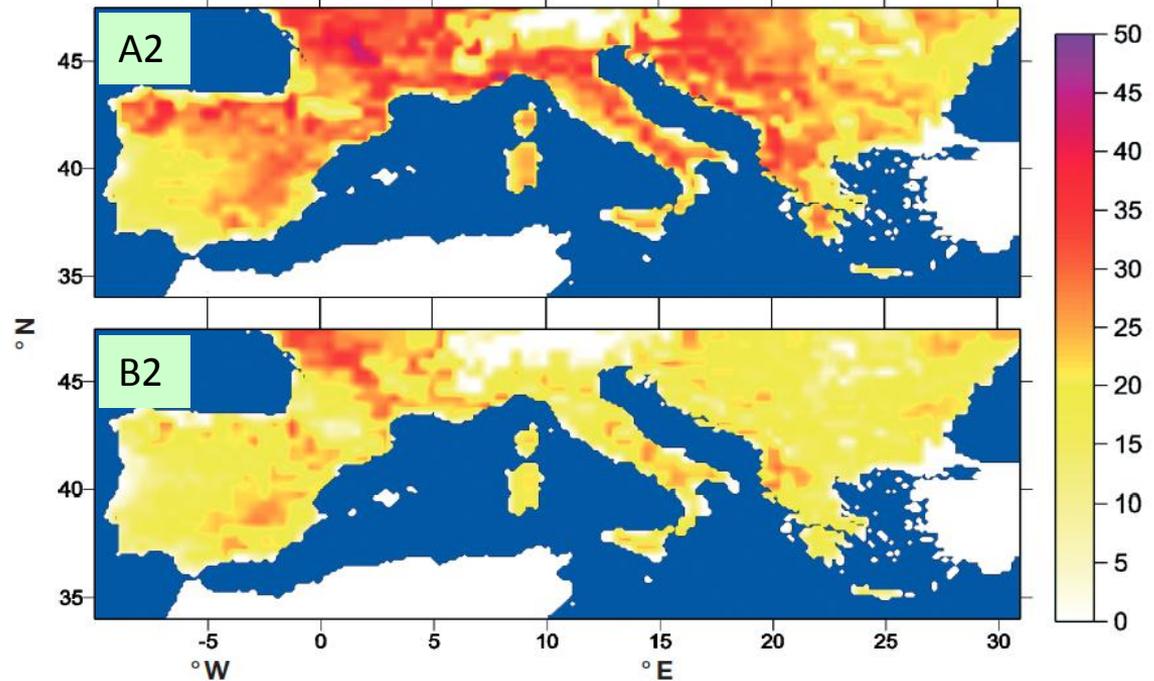
Horizon 2071-2100

- Niveau de danger saisonnier :
+ 23% pour la zone, +29 % pour la France (A2)

=> feux plus fréquents et plus intenses

- Impact le plus fort pour les moyennes montagnes de la frange méditerranéenne et la France (croisement avec carte forestière)

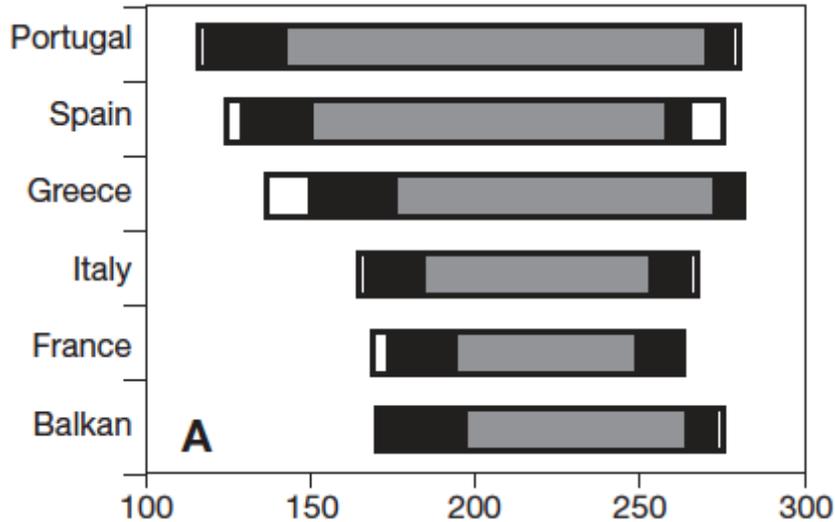
Changement en % de l'IFM moyen saisonnier



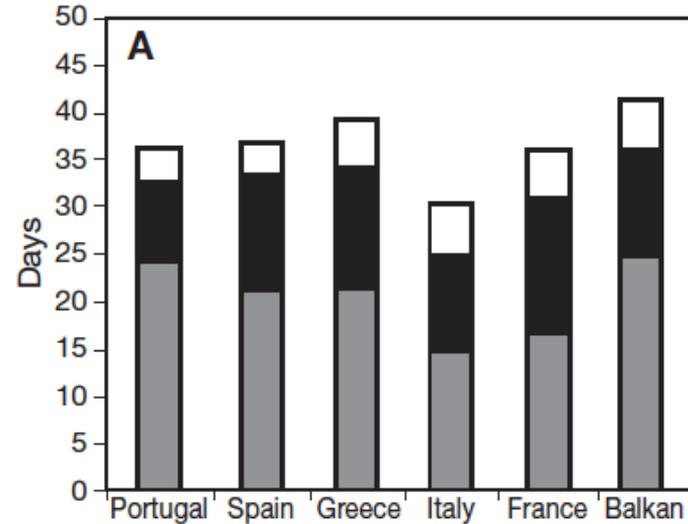
Les projections d'aléa d'incendie en Europe du sud

Moriondo et al. (2006), Horizon 2071-2100

Durée de saison de feu, en jours (IFM >14)



Nombre de jours de danger extrême (IFM > 45)



Gris: aujourd'hui; Noir : futur, B2 ; Blanc : futur, A2

Les projections d'aléa d'incendie en Europe du sud

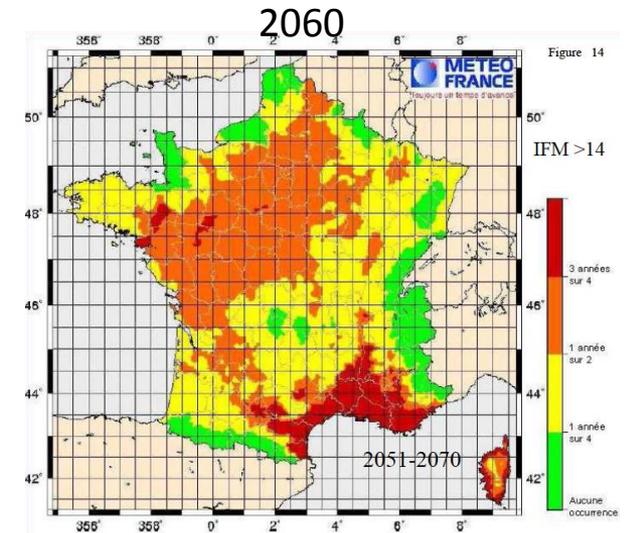
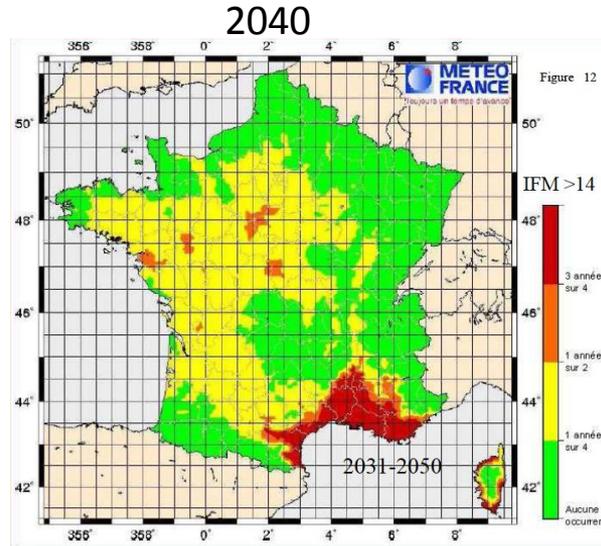
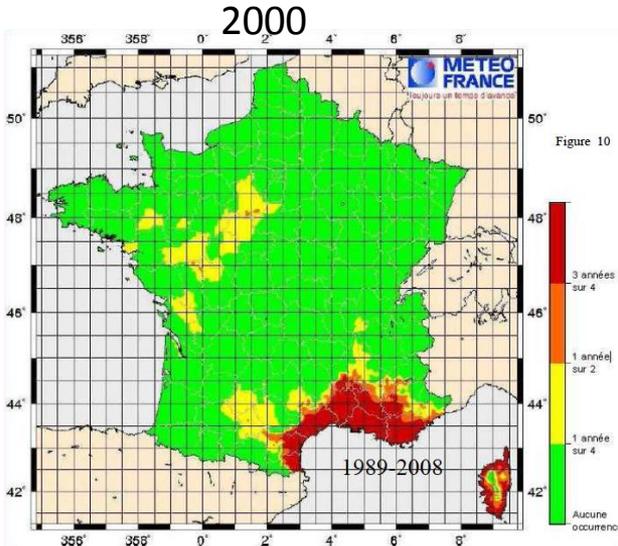
Indice de sévérité (dérivé de l'IFM, difficulté de lutte)

Amatulli et al. (2013)

Region	Average SSR		
	ERA-40 (1958–2004)	Scenario B2 (2070–2100)	Scenario A2 (2070–2100)
EU-Med	5.30	6.64 (+ 25%)	7.34 (+ 38%)
Portugal	6.23	9.04 (+ 45%)	9.37 (+ 51%)
Spain	6.95	9.63 (+ 39%)	10.08 (+ 45%)
France Med	2.16	2.83 (+ 31%)	3.23 (+ 49%)
Italy	3.27	3.78 (+ 16%)	4.15 (+ 27%)
Greece	7.13	8.55 (+ 20%)	10.08 (+ 41%)

Les projections d'aléa d'incendie à l'échelle de la France

Projections du niveau de danger, basée sur la fréquence d'IFM journalier > 14

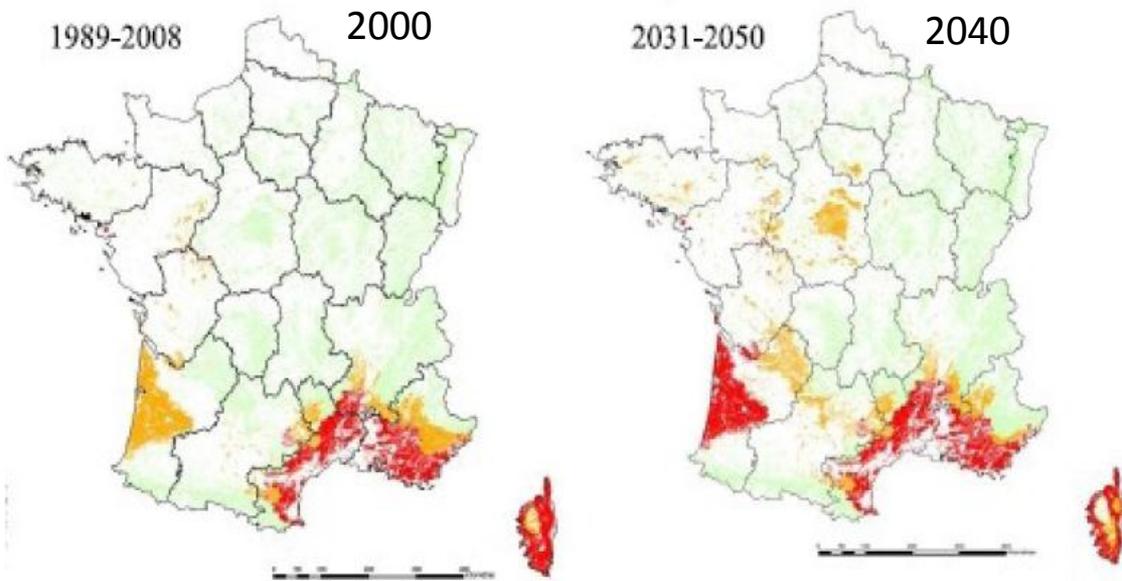


(IFM journalier considéré sur la période du 15 mai au 15 octobre)

Chatry et al. (2010), mission interministérielle, expertise Météo-France, ONF, IFN

Les projections d'aléa d'incendie à l'échelle de la France

Sensibilité au feu des massifs forestiers (> 100 ha)



Chatry *et al.* (2010) – Feux d'hiver non pris en compte

Surfaces sensibles (milliers d'ha)

Région	2000	2040	2060
Corse	640	570	660
PACA	1220	1060	1250
Languedoc-Roussillon	1030	1090	1190
Aquitaine	1150	1440	1540
Poitou-Charentes	150	300	380
Pays de Loire	100	170	320
Rhône-Alpes	380	420	700
Midi-Pyrénées	300	460	660
Centre	180	340	920
Bourgogne	30	90	470
Total (métropole)	5 460	6 400	9 880

Le risque d'incendie en France : vers un nouveau contexte

En résumé :

- extension des zones sensibles au feu, à l'ouest et au centre de la France,
- niveau de danger accru dans l'arrière-pays méditerranéen
- niveaux extrêmes de danger, fréquents en zone méditerranéenne
- allongement de la saison de feu
- mais pas d'évaluation de l'incertitude de ces projections

Des enjeux nouveaux ou plus forts :

- forêts de la zone tempérée actuelle
- forêts de l'arrière-pays, forêts de protection
- fréquence des feux et résilience des forêts méditerranéennes

De nouvelles approches de modélisation du feu et du combustible

Quelles dynamiques de combustible et quels feux :

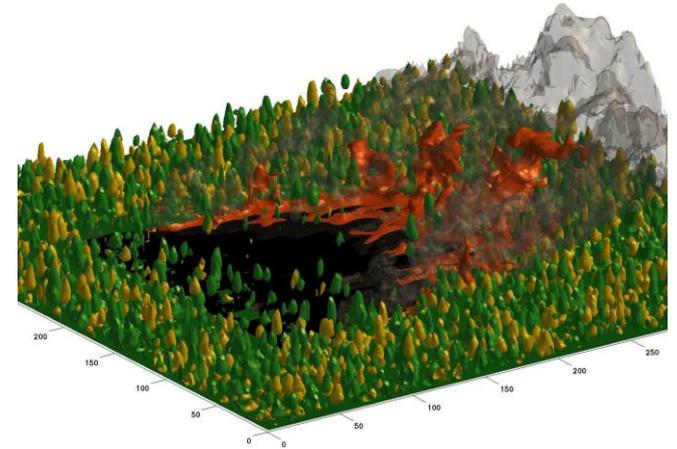
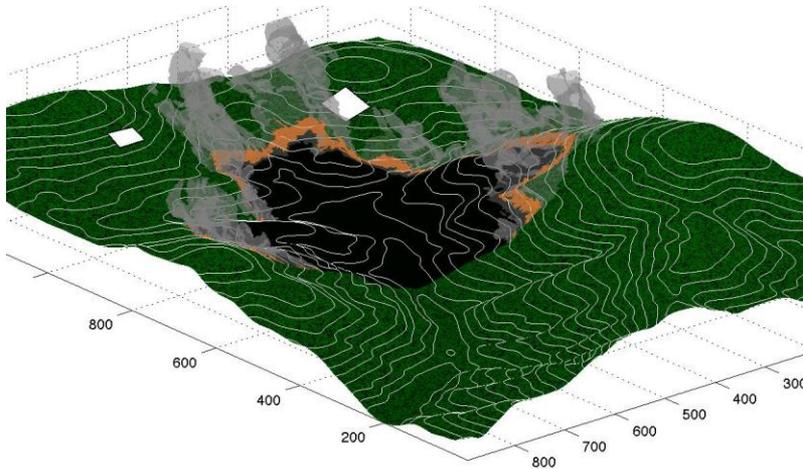
- dans des conditions climatiques différentes,
- pour des forêts peu ou non exposées au feu aujourd'hui,

aux échelles de la gestion (peuplement, massif) ?

Notre hypothèse : des approches de modélisation fondée sur les processus physiques et biologiques du feu et de la dynamique du combustible, répondront mieux aux questions que les approches empiriques.

Modélisation physique du feu : FIRETEC

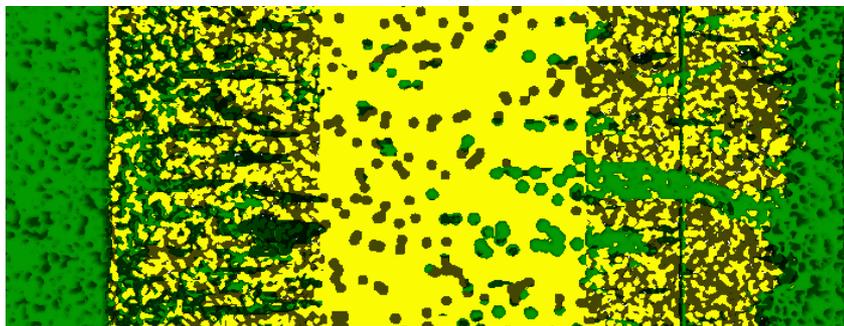
- Couplage des processus physiques du feu à la dynamique atmosphérique
- Végétation 3D (biomasse, teneur en eau)



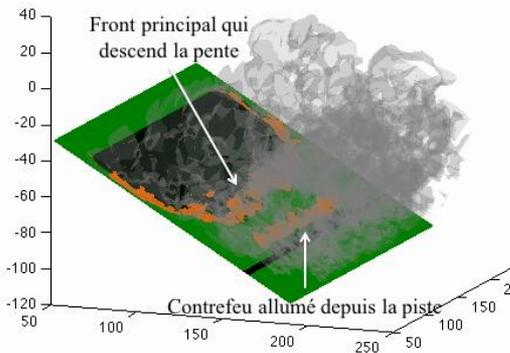
- Résolution : 2 m
- Simulations du peuplement au petit paysage (< 500 ha)
- Prédications : vitesse, puissance, flux, températures, ...

FIRETEC : validations, applications

Consommation des arbres en peuplement et sur éclaircie



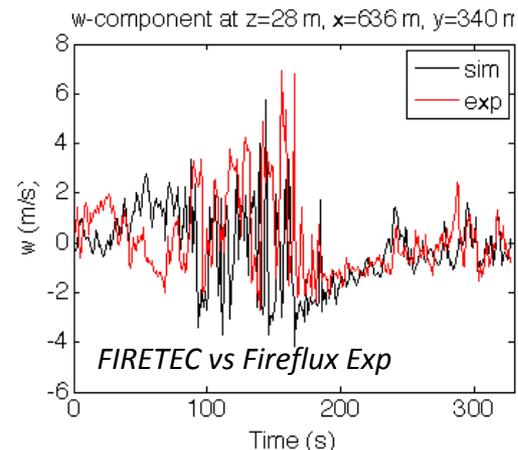
Simulation de contre-feu



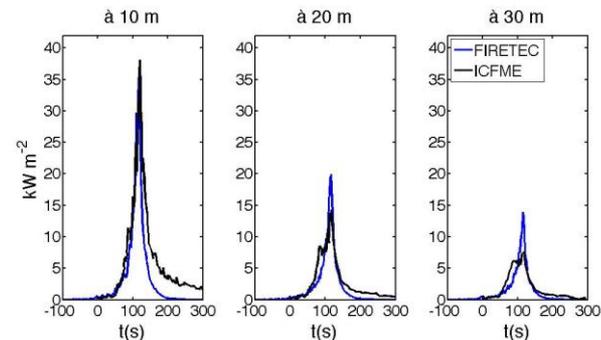
Effets du débroussaillage sur les flux



Vitesse verticale dans le panache



Flux radiatifs simulés et prédits



Conséquences des attaques de scolytes sur les feux

Une question controversée en Amérique du Nord :

Plus de surfaces brûlées ?

-> Non, les années les plus sèches (*Hart et al. 2015*)

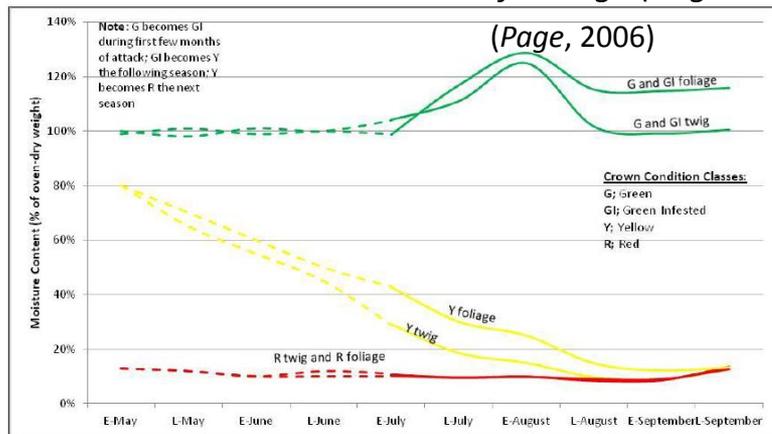
Des feux plus intenses ?

-> Les modèles opérationnels ne peuvent pas répondre

Attaques massives favorisées par un climat sec et chaud (*Hicke et al. 2012*)



Evolution de la teneur en eau du feuillage (*Page 2006*)



Des conditions de combustible nouvelles :

- Patrons spatiaux des dommages, variés
- Chute de la teneur en eau la première année
- Aiguilles sèches en cimes plusieurs années (stade rouge)
- Chute des aiguilles au sol (stade gris)

FIRETEC : simulations de feu après attaques de scolytes

Collaboration INRA – LANL – USDA Forest Service

- Peuplements de pins Ponderosa, en mélange avec des feuillus
- Trois niveaux de mortalité des pins observés : 20, 58, 100 %
- Les feuillus ne sont pas touchés par le scolyte du pin

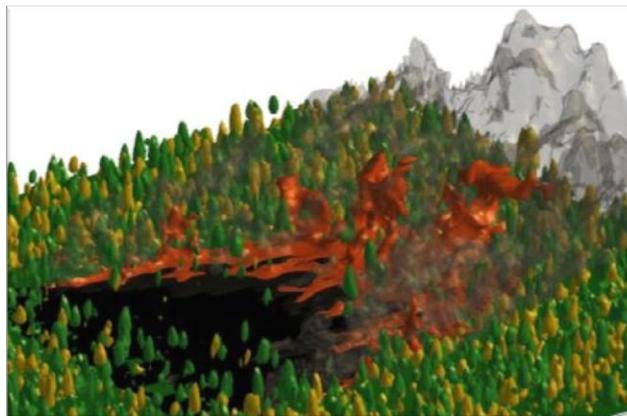
Pins d'Alep au stade rouge



Peuplement sain



58% mortalité, stade rouge



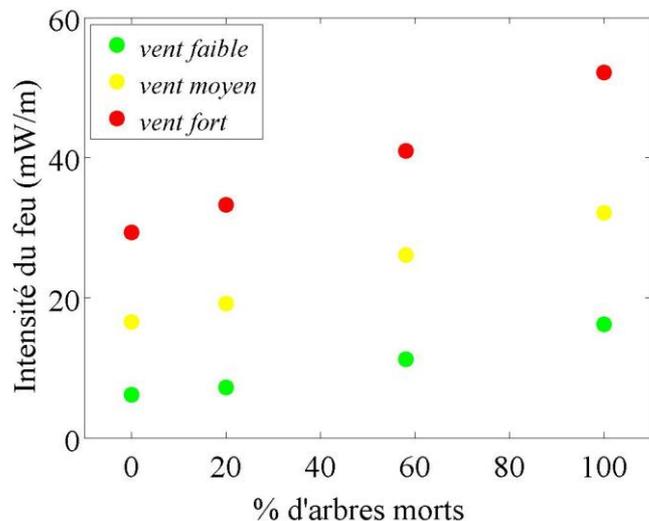
58% mortalité, stade gris



FIRETEC : simulations de feu après attaques de scolytes

- Effets de la mortalité et du vent sur la puissance du feu du même ordre (stade rouge)
- Interactions complexes entre insectes et incendie (mesurée sur la puissance du feu)

Puissance du feu selon la mortalité



Interactions attaques d'insectes - incendie

	Vent faible	Vent moyen	Vent Fort
Stade « Rouge », 20 %	0	0	0
Stade « Rouge », 58 %	+++	+	0
Stade « Rouge », 100 %	+++	+	0
Stade « Gris », 20 %	+	-	0
Stade « Gris », 58 %	-	--	-
Stade « Gris », 100 %	-	--	--

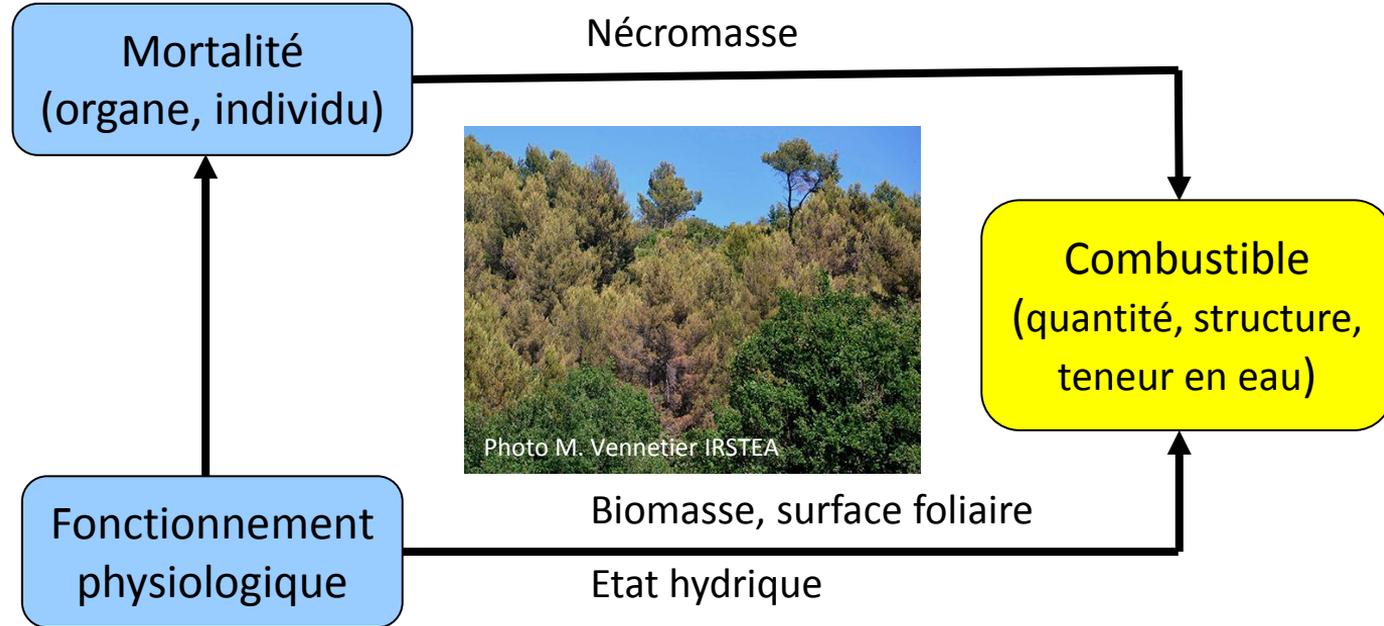
Indépendance (0), synergie (+) ou antagonisme (-) des perturbations

Modélisation du combustible : approche fonctionnelle de l'impact de la sécheresse

Peuplement soumis à la sécheresse

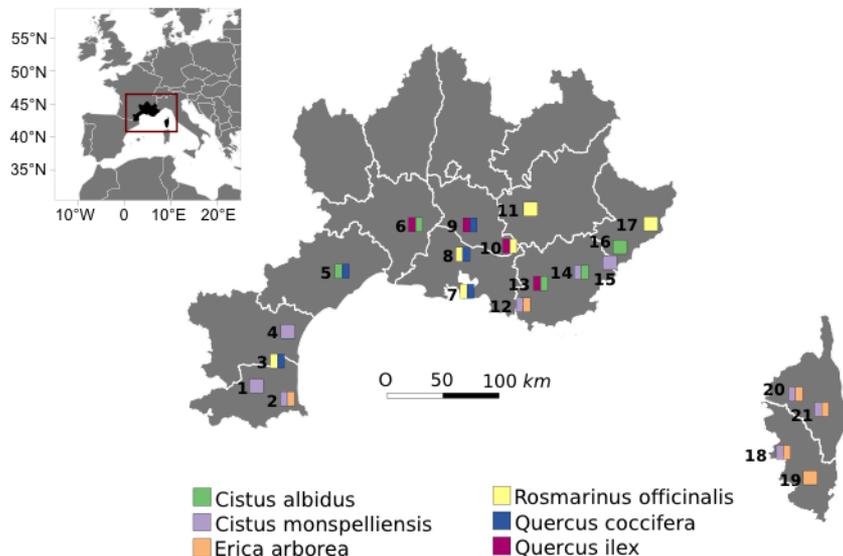
Impacts sur arbres et arbustes

Traits hydrauliques, allocation du carbone

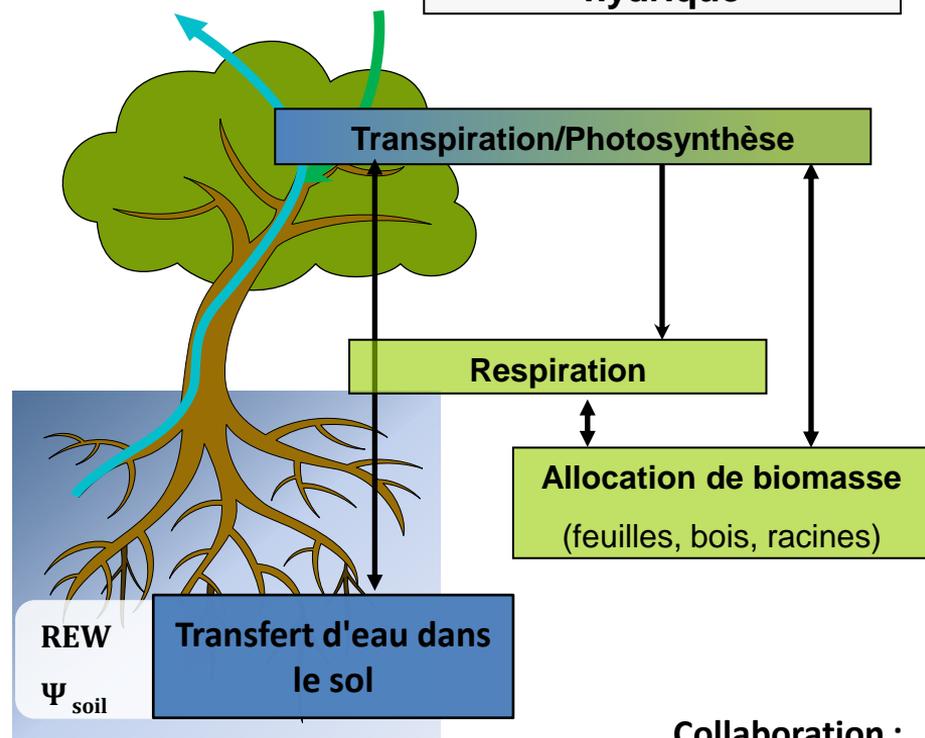


Prédiction fonctionnelle de la teneur en eau des arbres et arbustes

Base de données du réseau hydrique
(15 ans de suivi estival, ONF)



Modèle de bilan hydrique

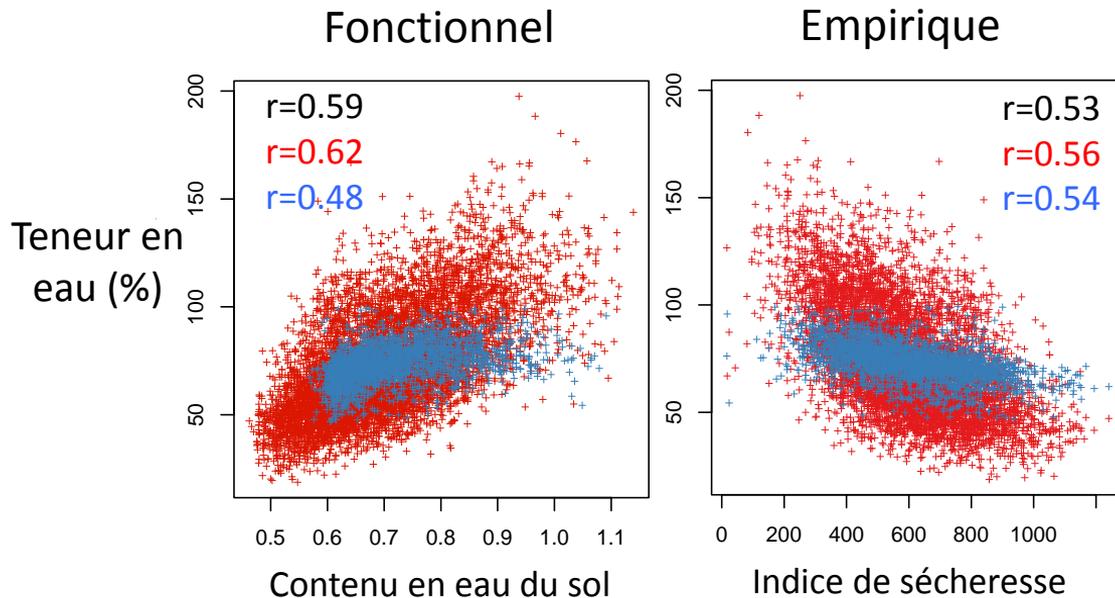


Collaboration :
URFM (PEF-EFDC) – CEREGE (Ruffault J) – CEFE (Mouillot F)

Prédiction fonctionnelle de la teneur en eau des arbres et arbustes : premiers résultats

Corrélation des indices fonctionnel et empirique avec la teneur en eau

Approche fonctionnelle :
sol et traits des plantes identiques, sauf enracinement:
- superficiel (rouge)
- profond (bleu)

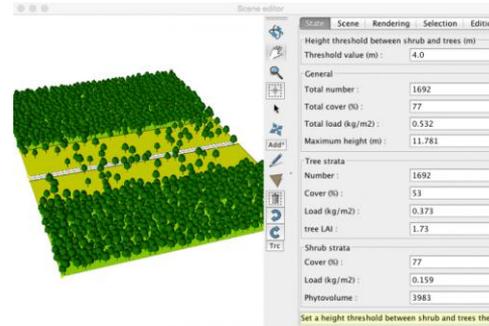
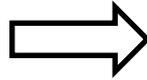
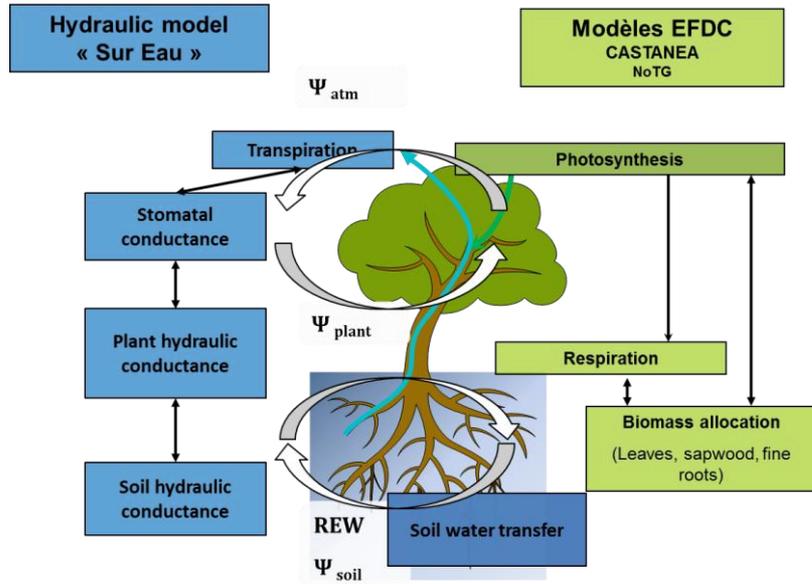


r corrélation de Pearson (val. abs.)

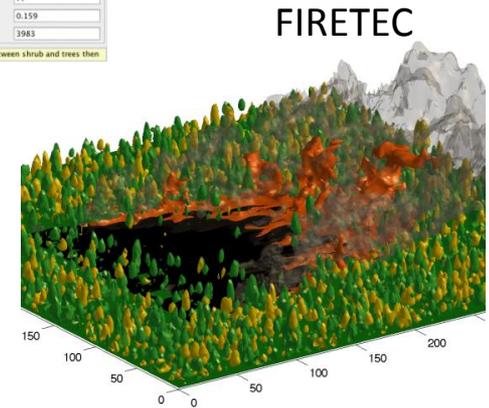
Collaboration :

URFM (PEF-EFDC) – CEREGE (Ruffault J) – CEFE (Mouillot F)

Vers une chaîne de modèles pour la simulation de la dynamique du combustible et du feu



Librairie "Fire" (Capsis)



Merci pour votre attention

