



Modélisation intégrée du risque d'incendie et vulnérabilité du territoire dans un contexte de changement global

Marielle Jappiot & Renaud Barbero

**Christophe Bouillon, Thomas Curt, Anne Ganteaume, Fabien Guerra, Eric Maillé,
Adeline Bellet, Bastien Romero**

Mathieu Audouard, Roland Estève, Jean-Michel Lopez, Denis Morge, Christian Travaglini



www.irstea.fr

Journée scientifique OT-Med RECOVER / UEFM / URFM / IMBE
sur les risques sur les écosystèmes forestiers

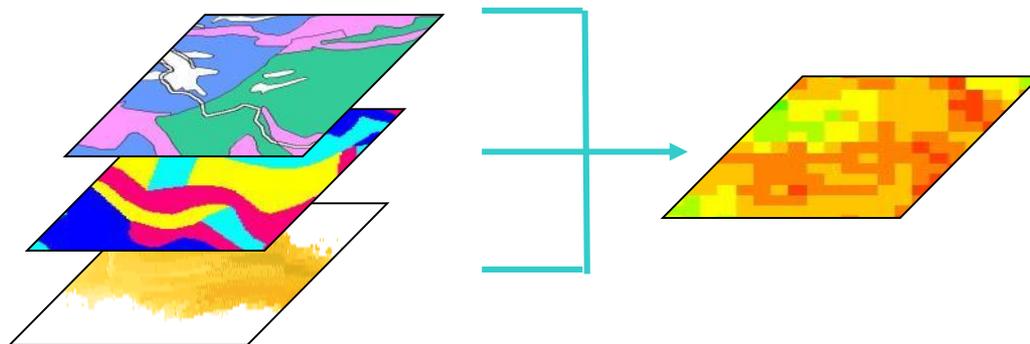
Atelier « Risque d'incendie »

31 janvier 2019 - Irstea

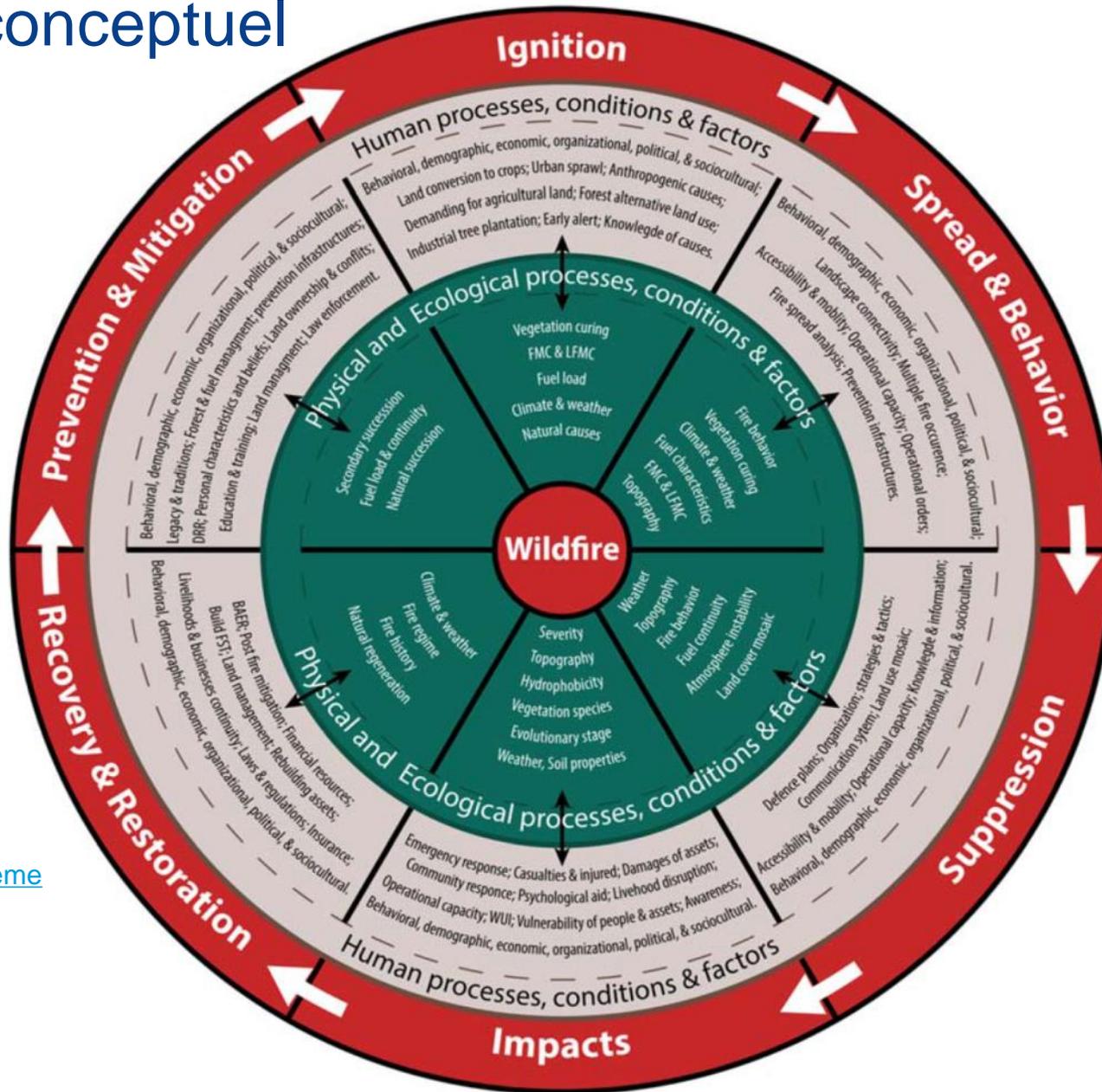


Irstea « Canal historique »

Approches spatialisées, échelles moyennes



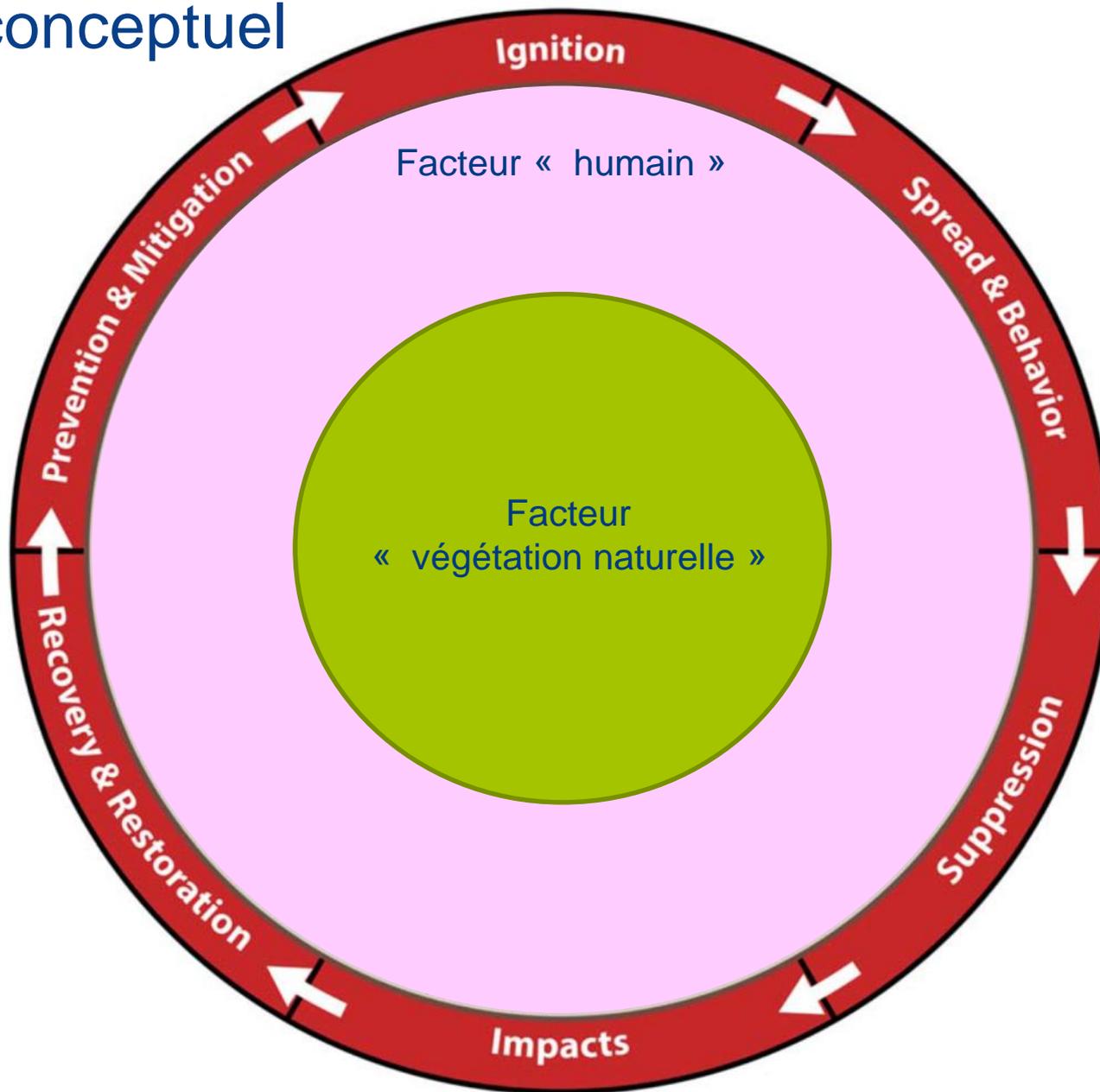
Cadre conceptuel



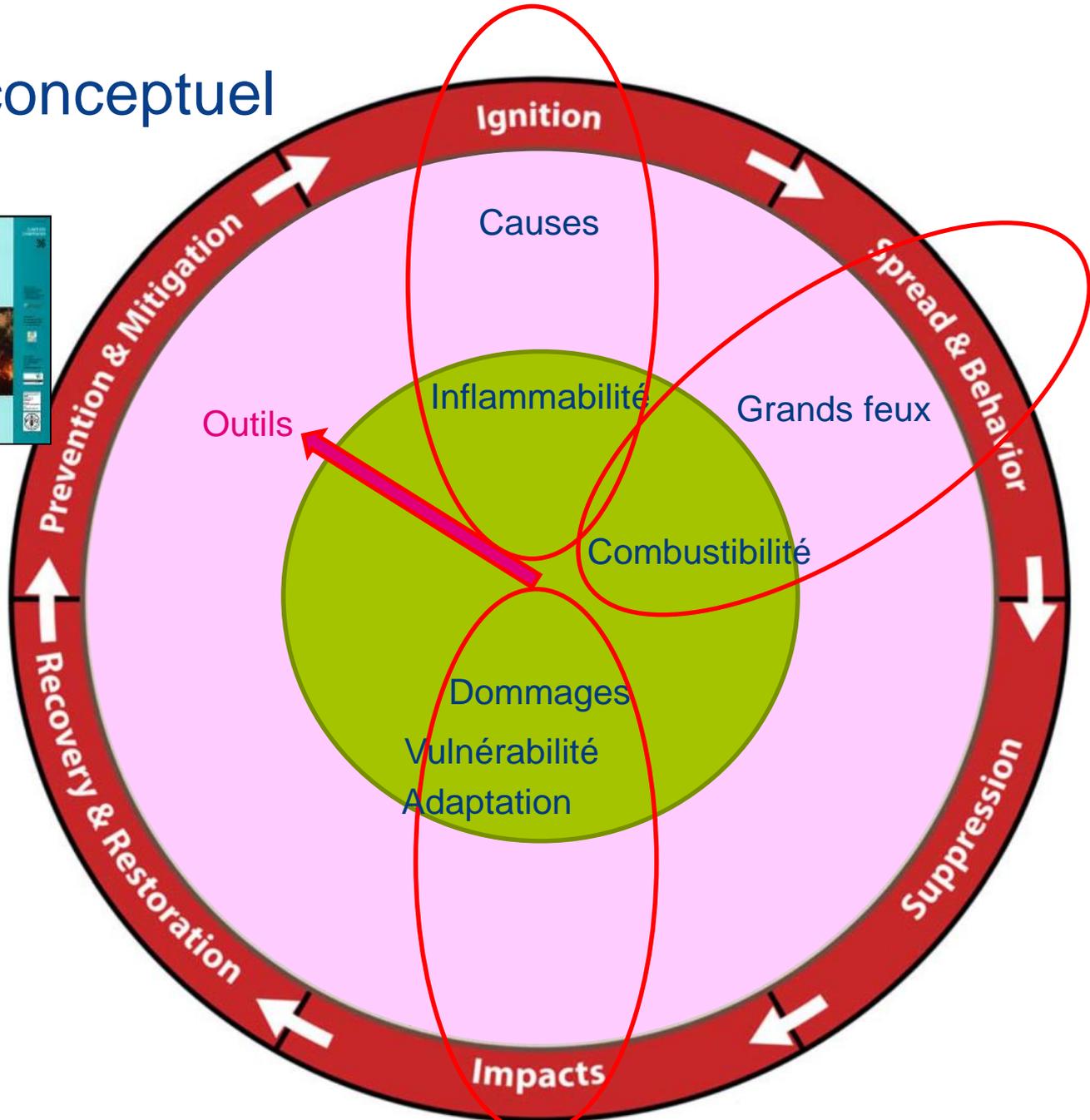
Tedim et al., [Defining extreme wildfire events: difficulties, challenges, and impacts](#)

Fire, 2018

Cadre conceptuel



Cadre conceptuel





Facteurs humains

CAUSES DE DÉPART DE FEU



Amélioration de la connaissance des causes de départs de feu

- Revue des principaux drivers en Europe
- Harmonisation des causes à l'échelle européenne
- Causes des grands feux

Ganteaume et al., 2013, Envir. Manag

Ganteaume & Jappiot, 2013, Forest Ecol. Manag.

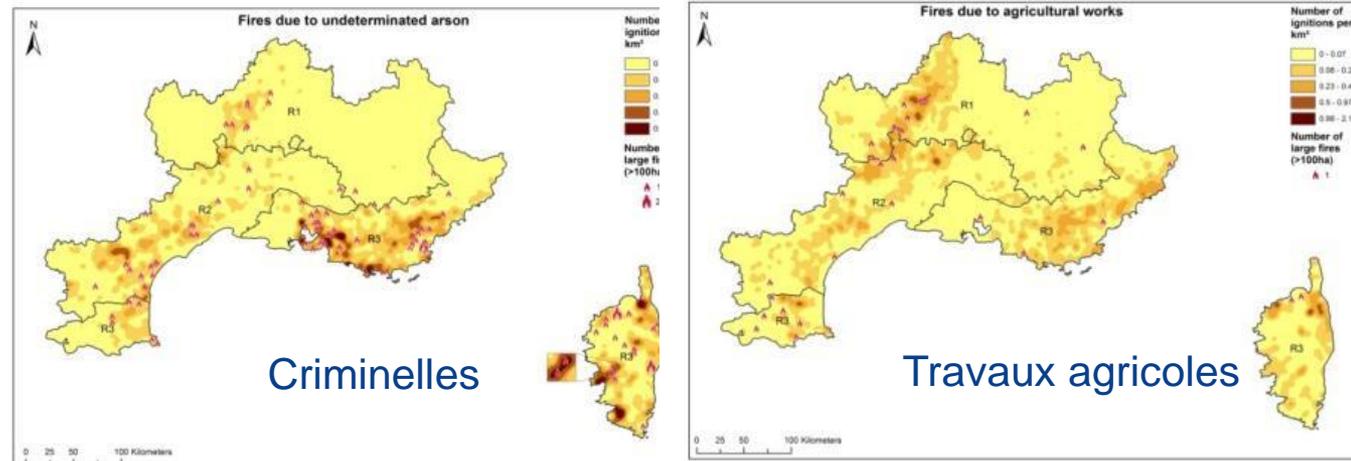


Formation Haute-Corse, 2006

Variation spatio-temporelle des feux

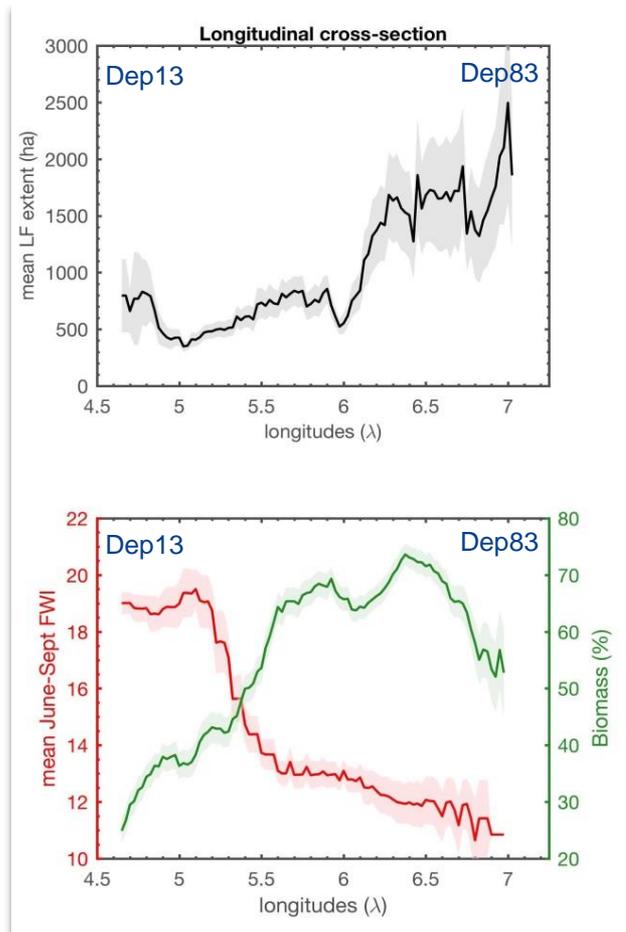
- Variation des drivers
- Variations des causes

Ganteaume & Guerra, 2018, Appl. Geogr.



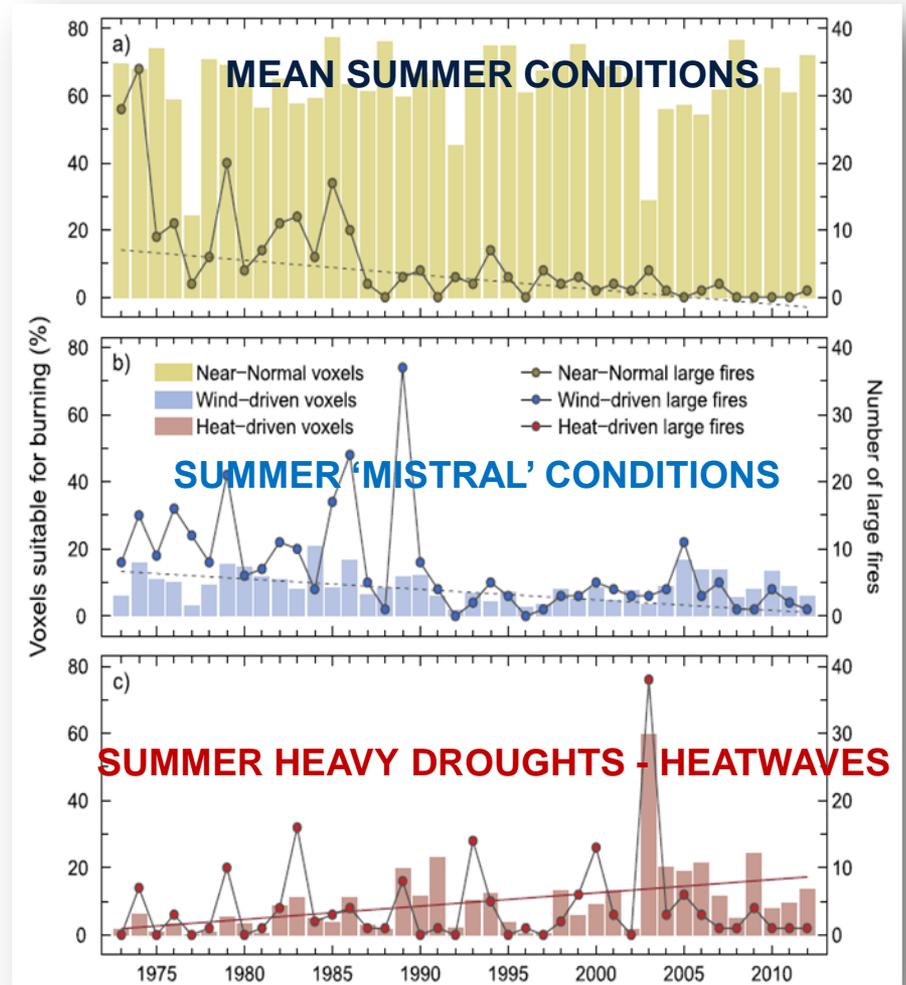
Les grands feux

Le régime des grands feux varie-t-il à différentes échelles du territoire?



Ganteaume & Barbero, 2018, Nat Haz Earth Sci

Déterminants climatiques



Ruffault et al. (2016-2018)

Facteurs végétation

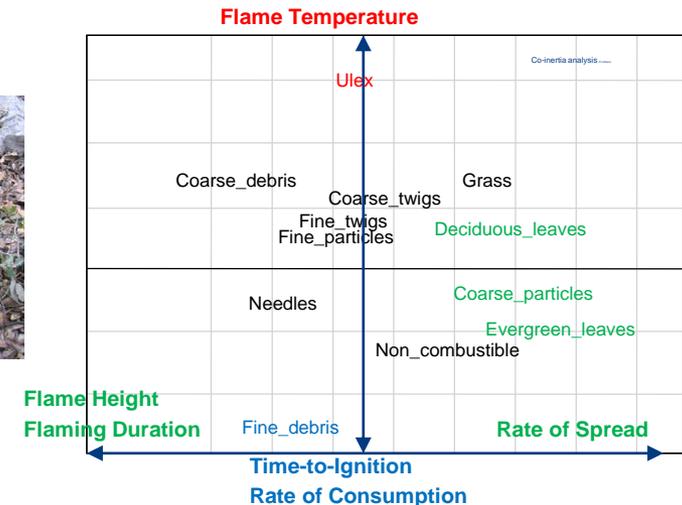
INFLAMMABILITÉ

Expérimentations en laboratoire



Caractérisation de l'inflammabilité

- Capacité des brandons à enflammer des litières
- Quel paramètre de la litière affecte quelle composante de l'inflammabilité?
- Rôle de la composition des litières dans l'inflammabilité?
- Rôle de la méthode de prélèvement des litières dans l'évaluation de l'inflammabilité?



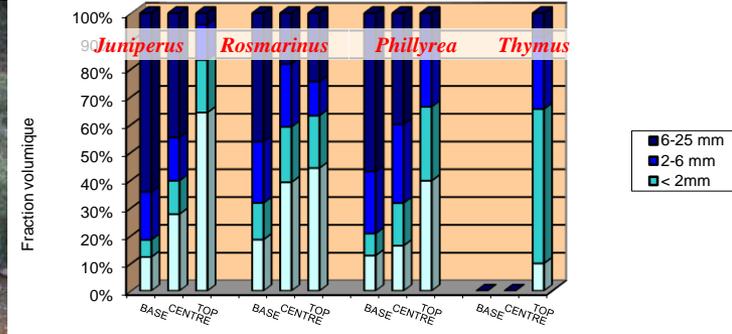
Facteurs végétation

COMBUSTIBILITE



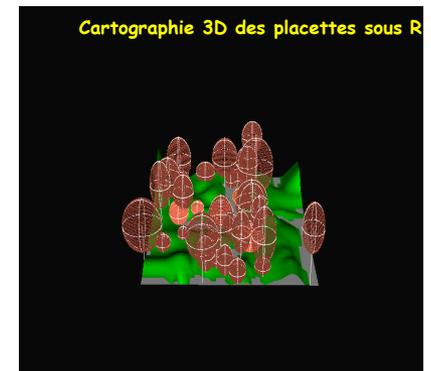
Échelle de la particule

- Influence du type de végétation sur la répartition spatiale des particules ?



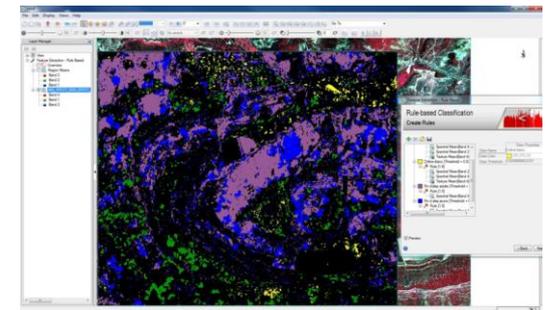
Échelle du peuplement

- Influence du régime de feux sur la structure des combustibles ?
- Typologie du combustible ?



Cartographie du combustible

- Drone
- Satellite



H2020 projet CHIST-ERA réseau de capteurs



Impacts sur la végétation

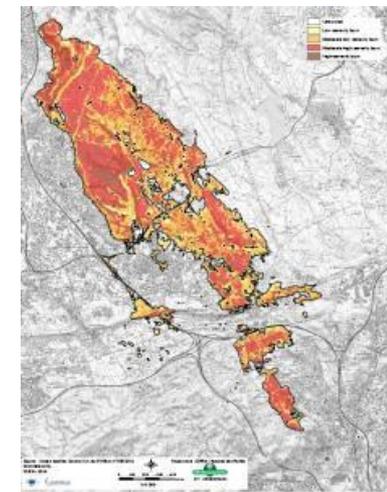
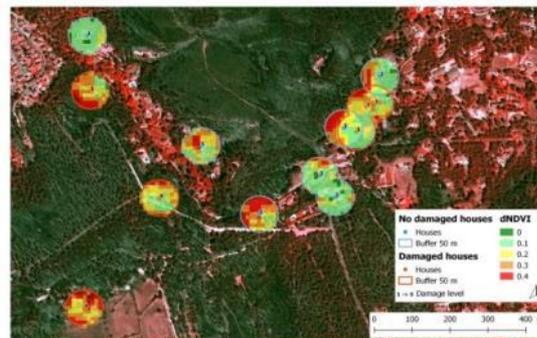
CARTOGRAPHIE DES DOMMAGES PAR TÉLÉDÉTECTION



Échelle d'intensité

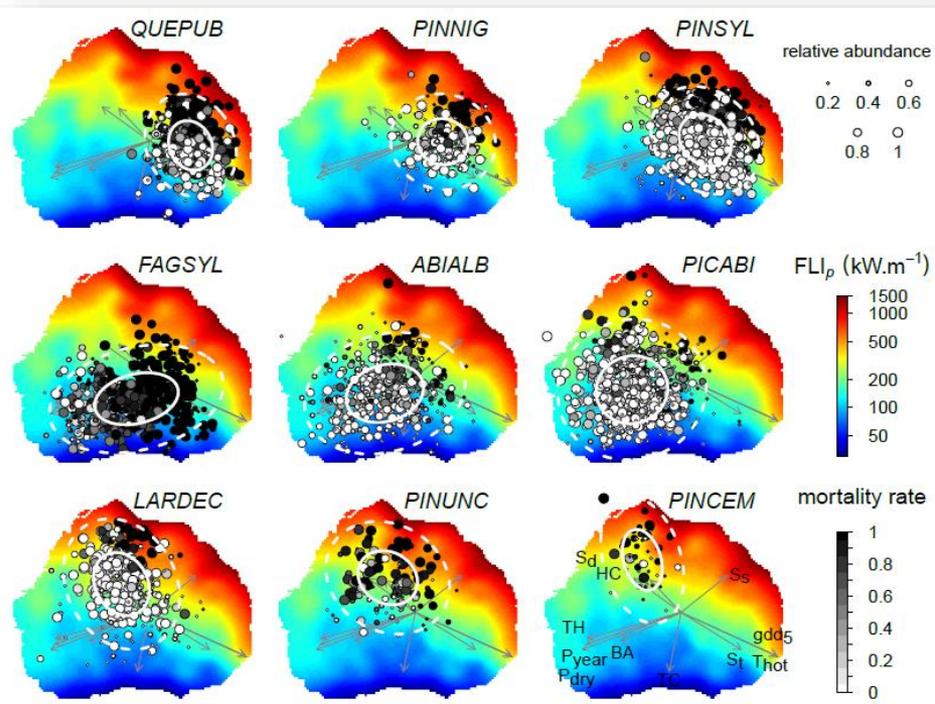


TOSCA



Vulnérabilité au feu des écosystèmes

IMPACT DES INCENDIES ET EFFETS EN CASCADE



Fréjaville et al. (2015-2018)

Les forêts montagnardes de protection touchées par les feux peuvent créer un effet cascade : les chutes de blocs augmentent et touchent les enjeux humains en aval

L'aléa incendie croisé avec les caractéristiques des peuplements détermine la vulnérabilité des espèces

Zone	Forêts de protection	Capacité protection	Densité Enjeux
1. Nord ≤ 800m	18%	 	
2. Nord > 800m	28%		
3. Sud ≤ 800m	4%		
4. Sud > 800m	11%		

Dupire et al. (2017) For. Ecol. Manag.

Adaptation des espèces au feu

PLASTICITÉ DES TRAITS

Changement climatique => changement régime de feu => impact sur les espèces végétales adaptées

➤ 2 stratégies au feu

- Résilience



Pinus halepensis

- Résistance



Pinus sylvestris

➤ 2 modalités de régime de feu



Feux



No-Feux

➤ 2 répartitions biogéographiques



- Variation des traits liés au feu (physiques, chimiques, fonctionnels), de l'inflammabilité
- Microévolution génétique

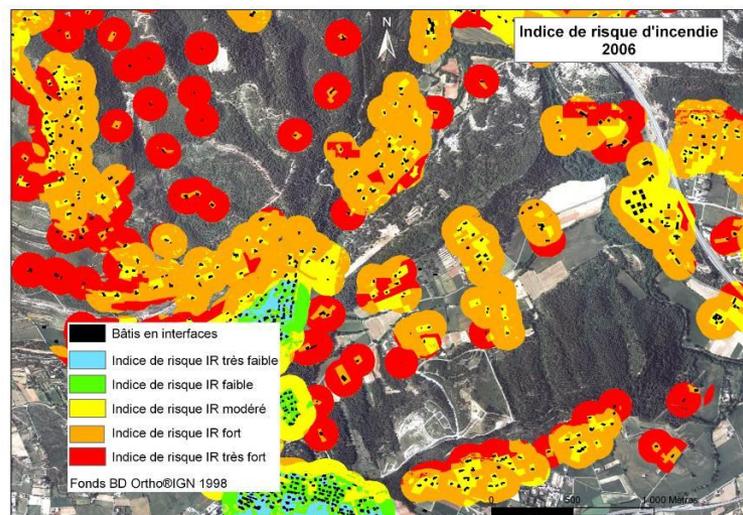
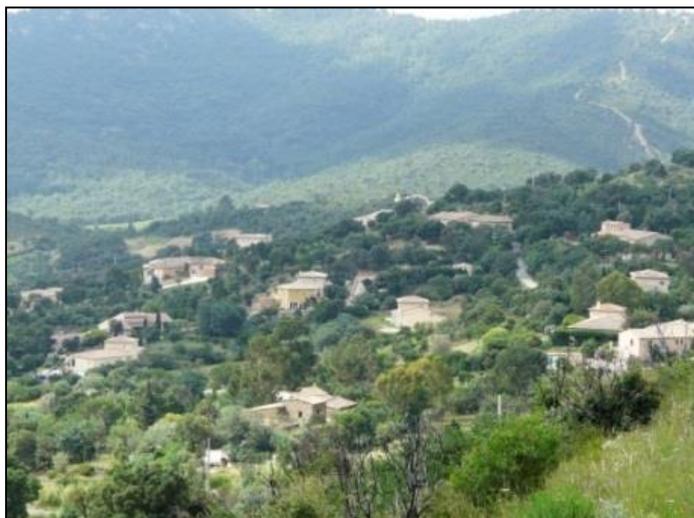


Thèse Bastien Romero (2017-2020)



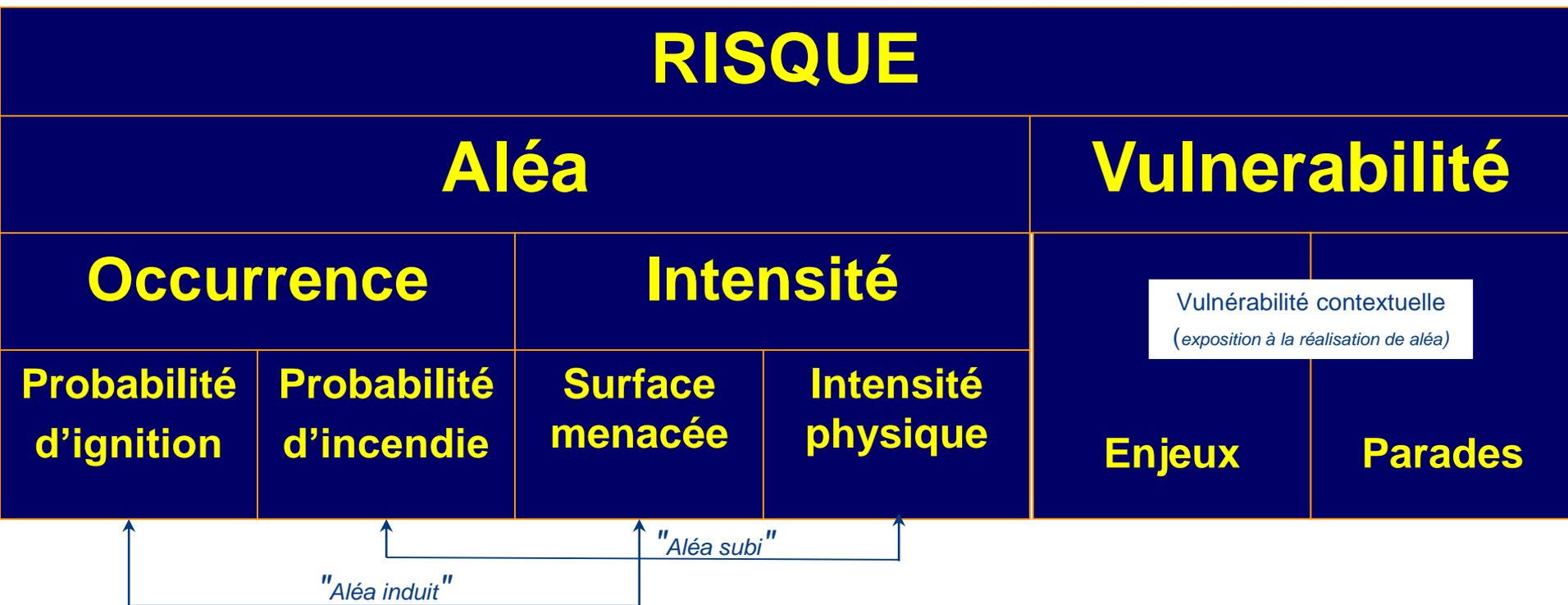
Irstea « Canal habituel »

Caractérisation des interfaces habitat-forêt
dans un objectif de modélisation intégrée du risque



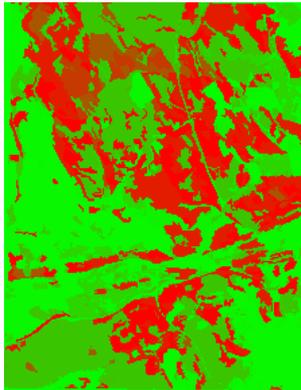


Cadre conceptuel

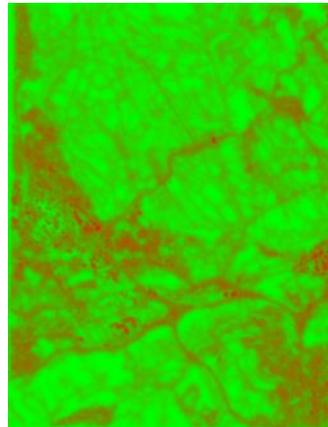


Formalisation du risque induit/subi pour l'évaluation de la vulnérabilité d'exposition

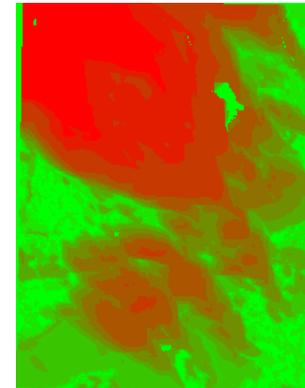
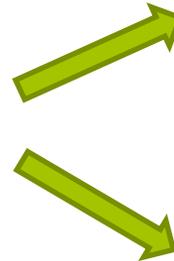
Question : quelle représentation formelle (modèle) des concepts d'aléa induit / subi utilisés par les opérationnels de l'aménagement



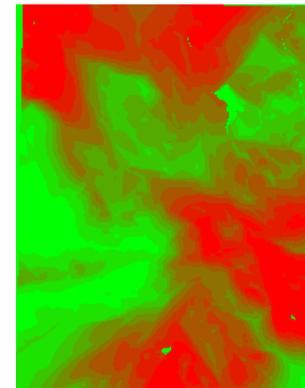
Cartes de charges
(ignition, propagation)



Cartes de potentiels
(ignition, propagation)



Aléa induit



Aléa subi
(exposition de propagation)

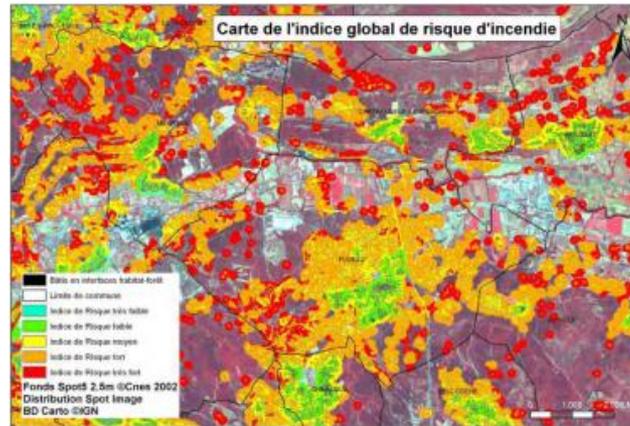
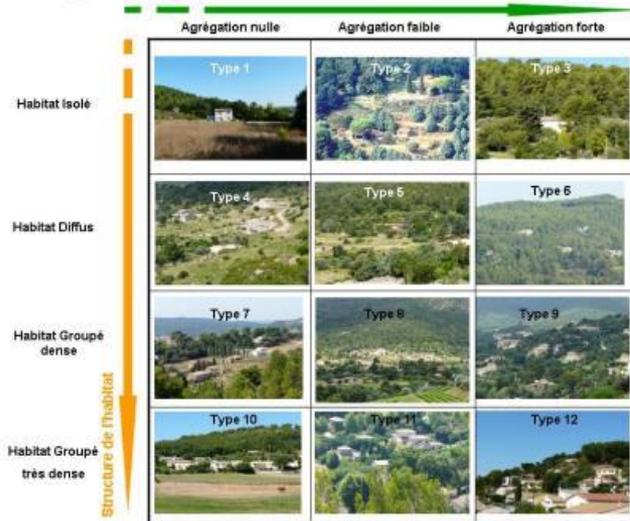


Interfaces

CARACTERISATION

Typologie d'interface habitat-forêt

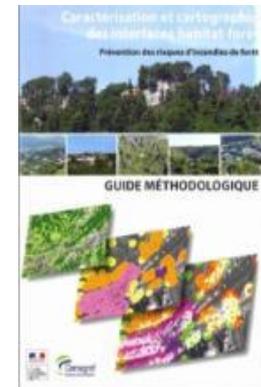
Structure de la végétation



Source: Cemagref
Lampin-Maillet C



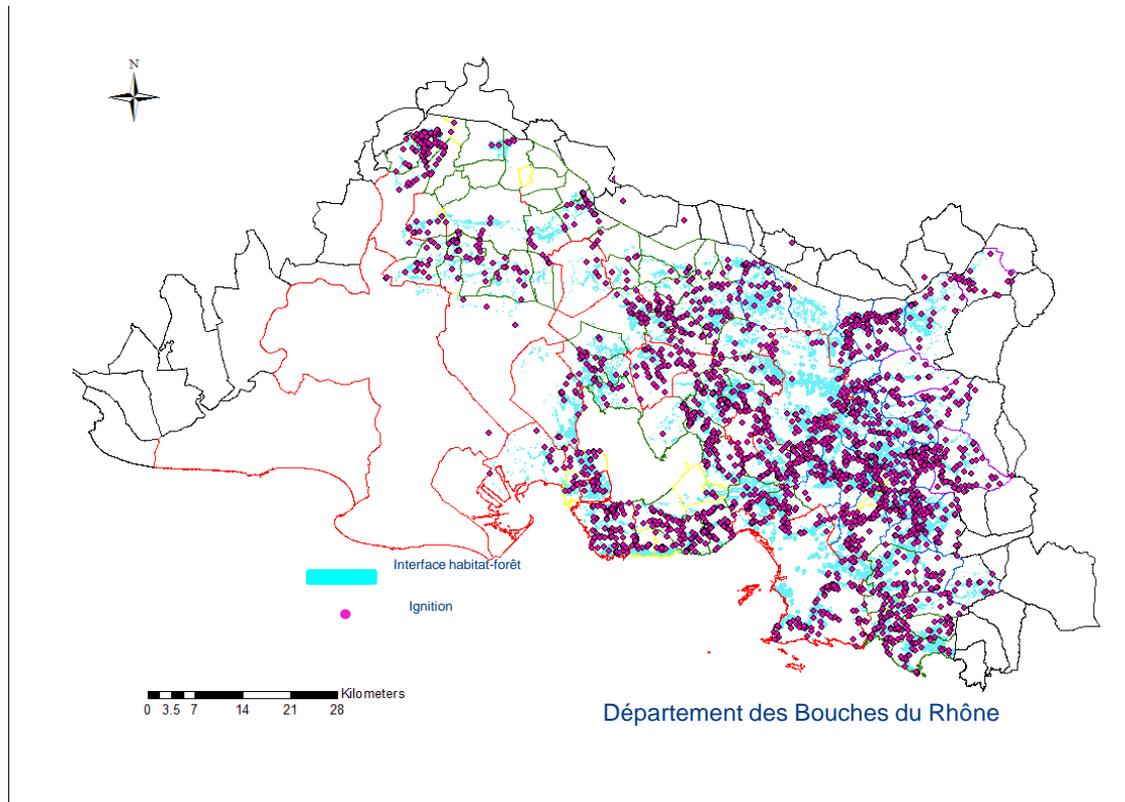
Logiciel, C. Bouillon



Thèses E. Dumas, 2006 / C. Lampin, 2009
 Dumas et al., 2008, *Landscape Urb Plan.*
 Lampin et al., 2009, *Computers, Environ. and urban syst*
 Circa et al., 2017, *Environ. Modelling & Software*

Interfaces et facteur humain

ÉCLOSION ET CAUSES DE DÉPART DE FEU



47% éclosions en interfaces (15% du département)

1999-2009 : + 10% d'interfaces

Ganteaume & Long-Fournel, 2015, IJWF

Changement global => augmentation des interfaces => augmentation du risque incendie



Interfaces et végétation ornementale

INFLAMMABILITÉ, COMBUSTIBLE D'INTERFACE



- **Caractérisation inflammabilité et combustibilité de plusieurs espèces ornementales**



Ganteaume et al., 2013, Envir. Manag.
Ganteaume et al., 2013, IJWF

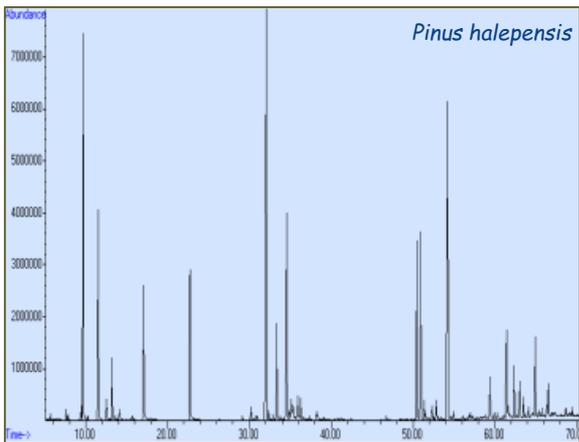


- **Classification des espèces : peut différer en fonction du type de combustible**

Ganteaume, 2018, IJWF

- **Liens terpenes - inflammabilité**

Romero et al., 2018, en révision IJWF



Comportement du feu dans les interfaces

ORGANISATION SPATIALE DE LA VÉGÉTATION



Nécessité d'une typologie du combustible d'interface



Nécessité d'un code de simulation adapté



Thèse M. Lorans (2013-2015)

Modélisation de la propagation du feu dans la végétation ornementale : impact sur le bâti



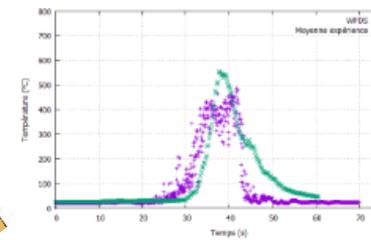
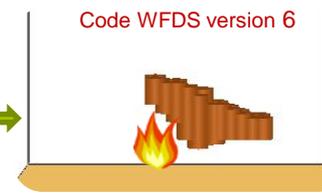
Basé sur le modèle de propagation du feu SWIFFT (De Gennaro et al. 2017)



Modélisation de la propagation du feu dans la végétation ornementale : de la litière à la base de la haie



Terrei et al., 2017, IJWF



Vulnérabilités anthropiques

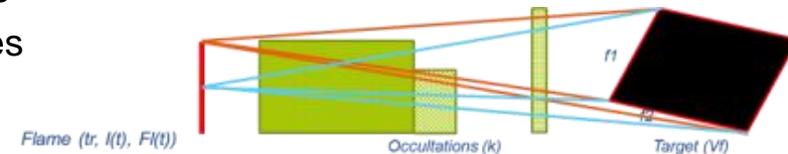
PAR CLASSE D'ENJEUX (BÂTIS, ZONES D'INTERFACE HABITAT-FORET, ...)

Comment évaluer la vulnérabilité d'une classe d'enjeu (ici le "bâti d'interface") ?

- Méthodes fondées sur l'analyse statistique des dommages
- "Objectivation" des dires d'experts par analyse multicritères
- Méthodes basées sur la simulation (modèles d'exposition)

Thèse . Pugnet, 2015

Maillé et al., 2018, VIIIth ICFFR, Coimbra



Outil web
VULNEFEUX



Base de données des dommages : vers une standardisation du protocole d'acquisition ?



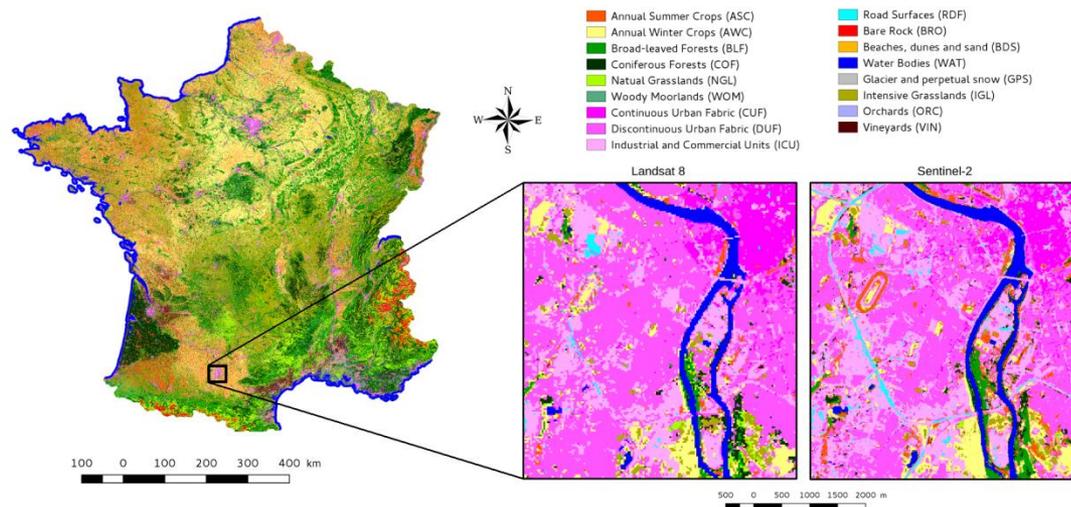
Irstea « Les nouveautés »

Changement climatique

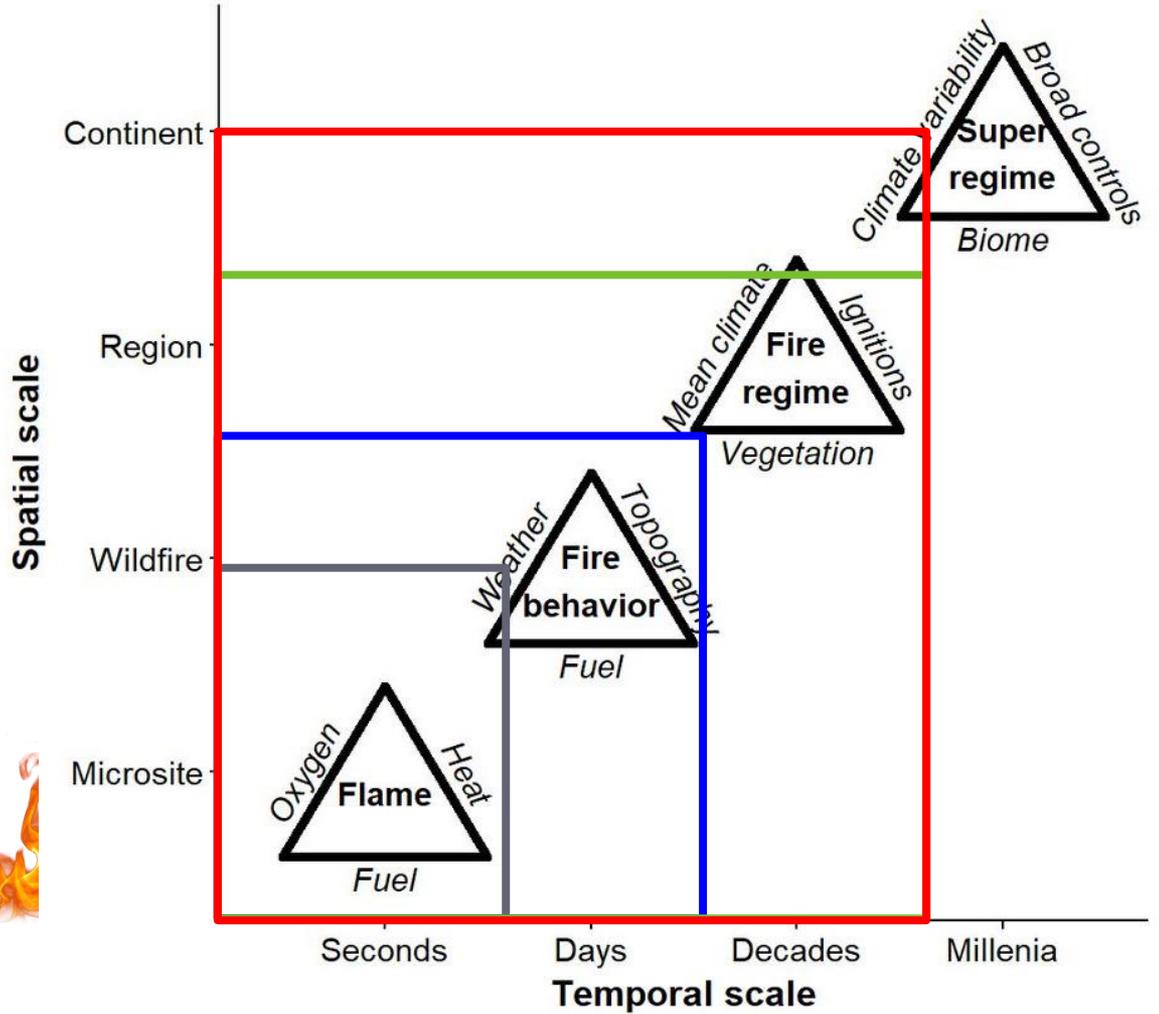
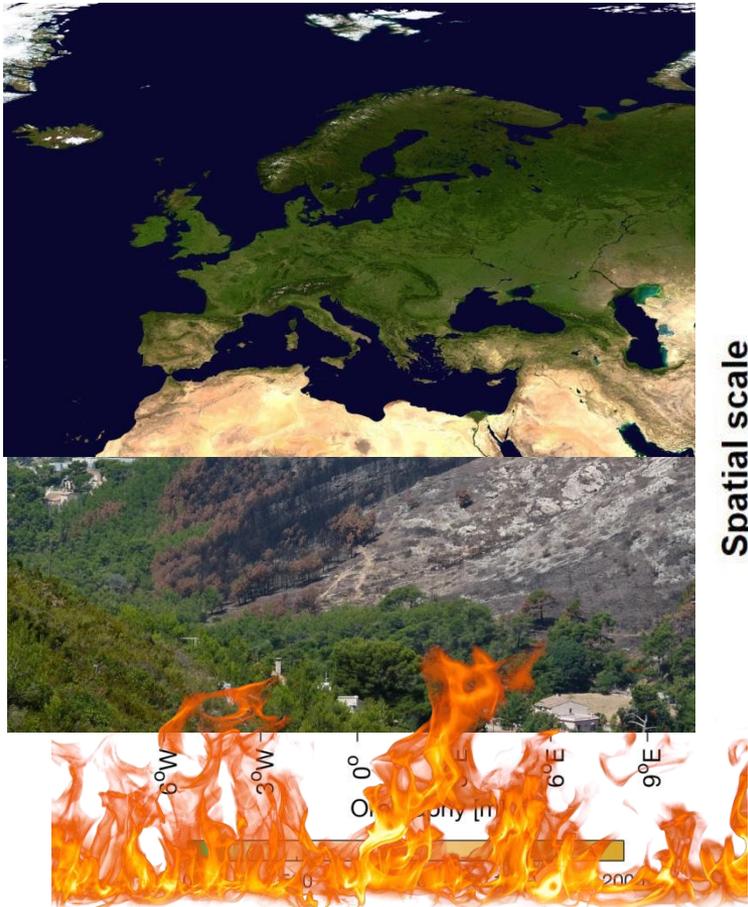


Changements d'occupation du sol

France land cover classification, from Landsat 8 to Sentinel-2.

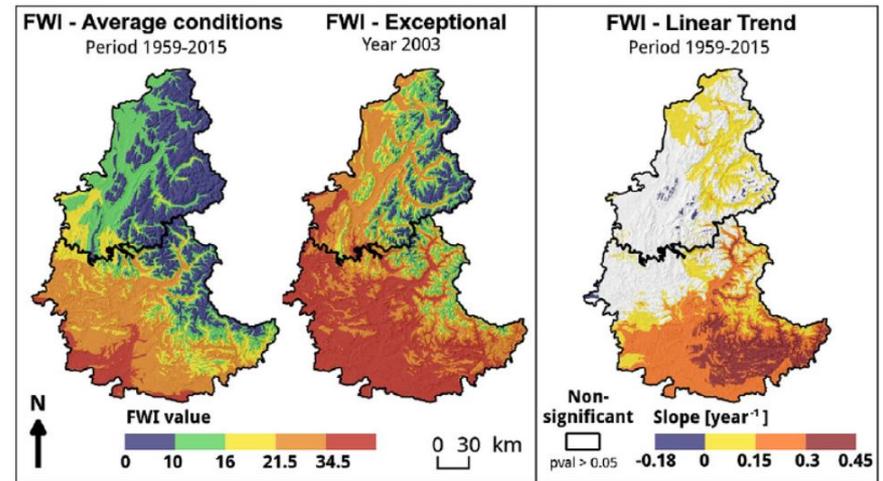


Les échelles spatiales et temporelles



L'aléa incendie a fortement évolué au cours des dernières décennies

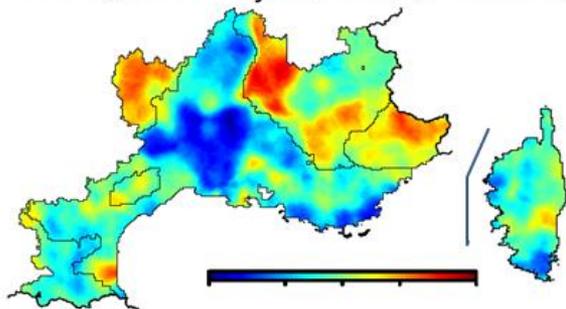
- ...sous l'effet du changement climatique
-et sous l'effet des changements de politiques incendies



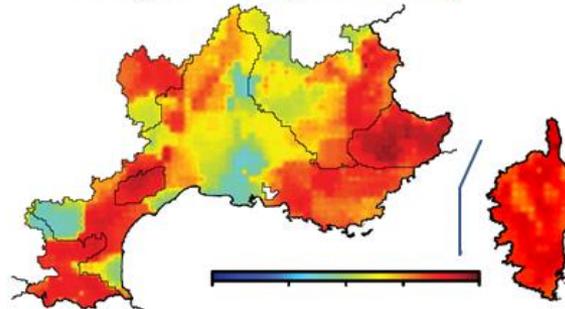
Dupire et al. (2017) *Sci. Total Env.*

Fréjaville & Curt (2015) *Climatic Change*

Changes in Fire Frequency (1975-2011)

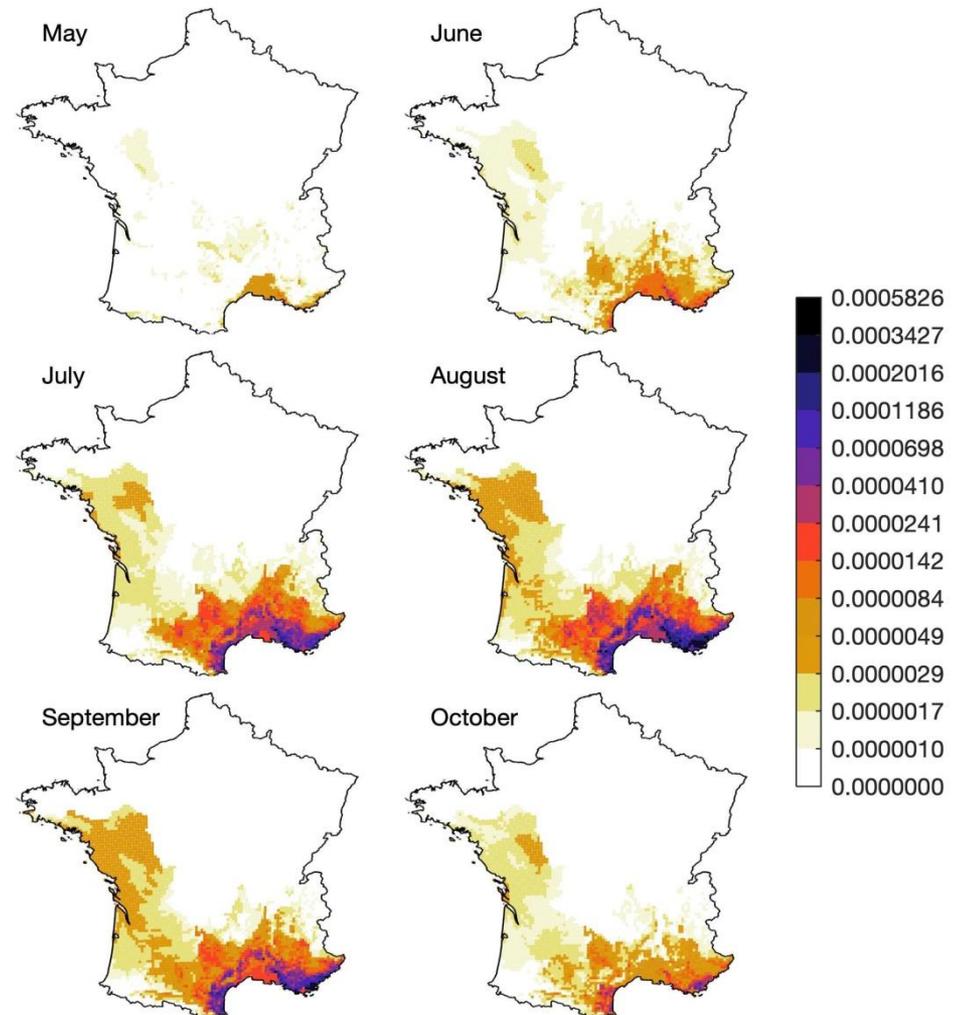


Changes in FWI (1975-2011)



La modélisation de l'aléa incendie

- Modèle statistique simulant la probabilité d'occurrence d'un grand feu (>100 ha)
- Couplage modèle de feu avec projections climatiques pour simuler le risque futur
- Développement d'une interface web pour visualiser le risque futur (sur le modèle du portail DRIAS de Météo-France)





La situation Européenne

Portugal: octobre 2017 (41 morts)

Suède: été 2018



Grèce: juillet 2018 (100 morts)

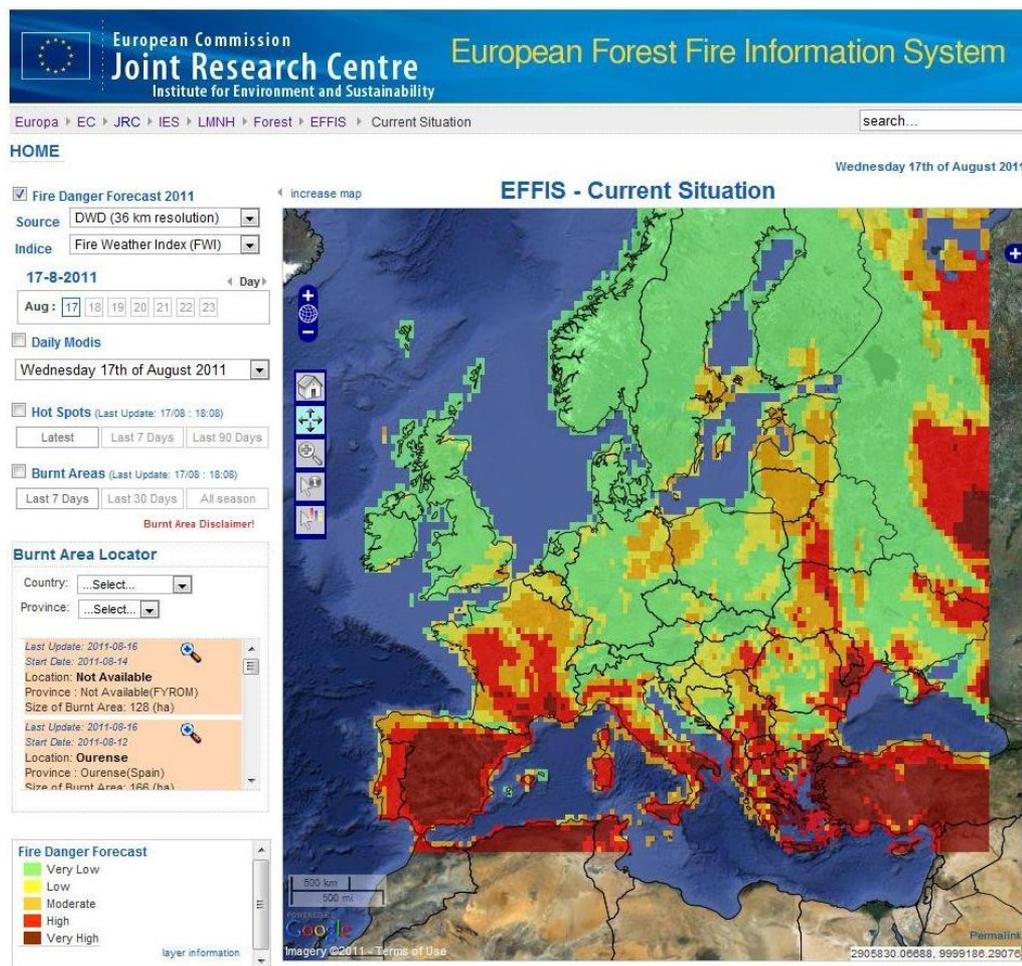


Portugal: juin 2017 (64 morts)

Projet de thèse: Modéliser le risque futur de grands incendies en Europe

Directeur: T. Curt, codirection R. Barbero (démarrage fin 2019)

- Évaluer l'aléa futur en distinguant les effets relatifs du climat, de la végétation et des activités humaines
- Estimer les impacts et les dommages causés par les grands feux
- Simuler le risque futur



FORESTFIRE 2019 = Composante européenne de la 6^{ème} « Fire Behavior and Fuels » International Conference *Marseille, Palais du Pharo, 29 avril au 3 mai 2019*



<http://marseilles.firebehaviorandfuelsconference.com/>



A decorative graphic element in the top-left corner consisting of several overlapping, semi-transparent green shapes that form a stylized, angular shape.

Merci de votre attention !



www.irstea.fr