



CERFACS



CENTRE EUROPÉEN DE RECHERCHE ET DE FORMATION AVANCÉE EN **CALCUL SCIENTIFIQUE**



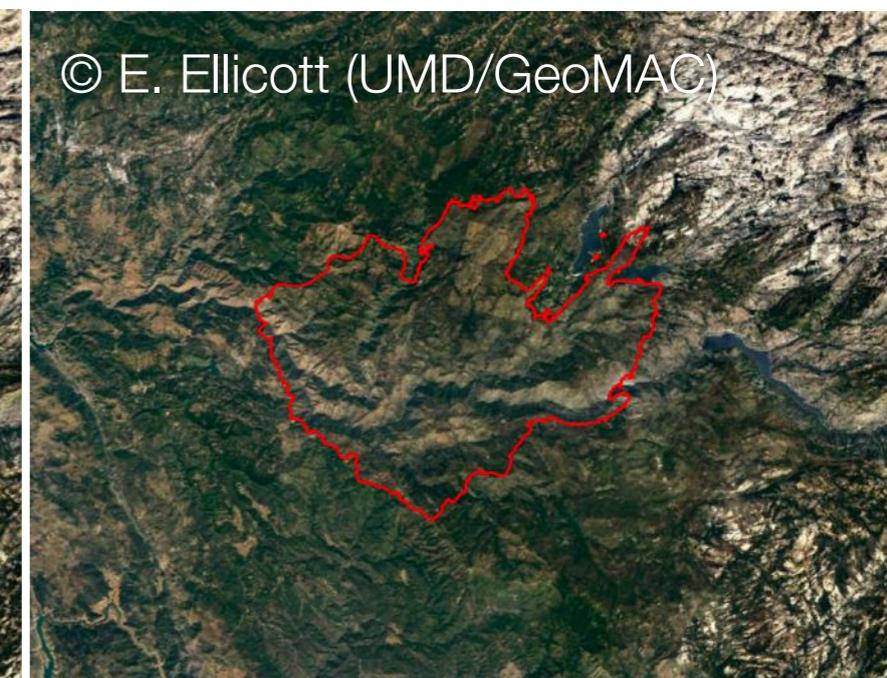
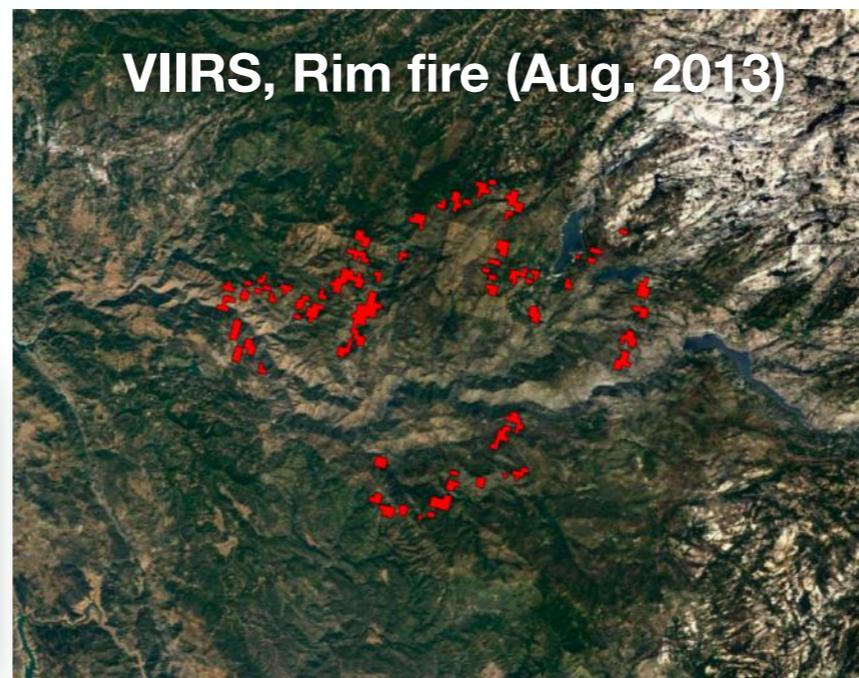
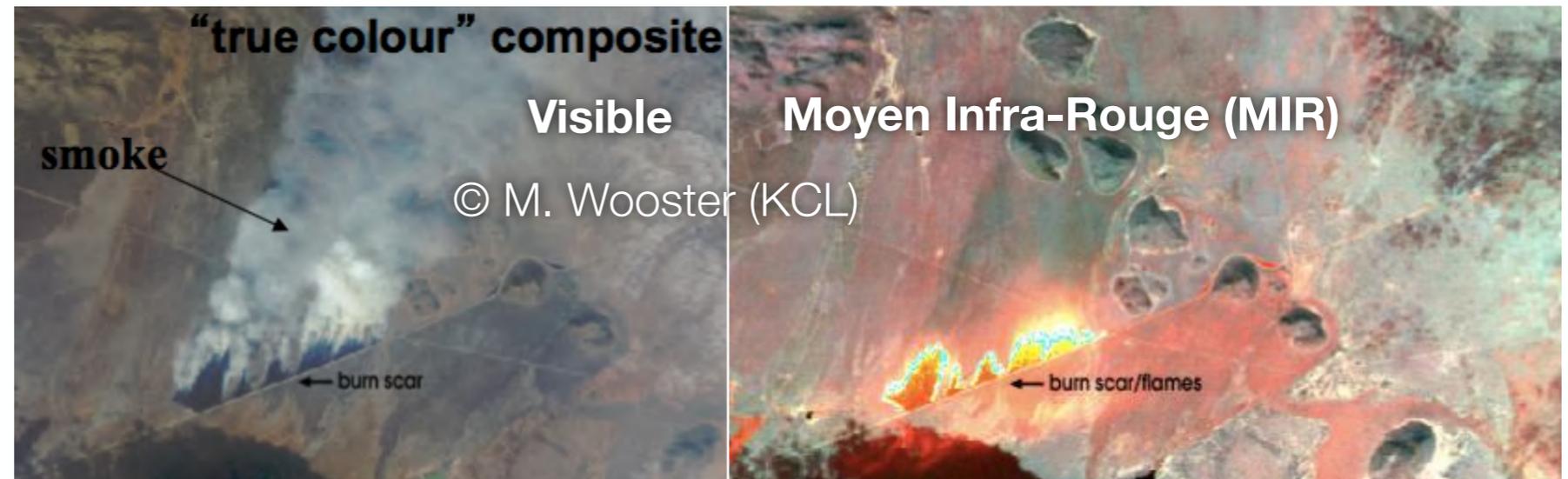
"Données de télédétection et Incendies", CES Incendie
L'assimilation de données d'imagerie
infrarouge pour les incendies de forêt

Mélanie Rochoux★, Ronan Paugam, Aurélien Costes
CECI, Université de Toulouse, CNRS – CERFACS

Arnaud Trouvé, Michael Gollner, Cong Zhang
Dept. of Fire Protection Engineering, University of Maryland - USA

Données de télédétection (1/2)

Imagerie infrarouge



Données Multi-Plateforme →

Feux actifs détectés →

Reconstruction du périmètre du feu

Données de télédétection (2/2)

Limitations

- Couverture et résolution spatiales limitées ➤ opacité du panache, vue d'ensemble du feu ?
- Fréquence d'acquisition basse ➤ 2 fois par jour pour les satellites en orbite (MODIS 1km, VIIRS 750m/375m), acquisition la nuit pour le programme NIROPS (National Infrared Operations / Service forestier des USA)
- Capacité de prévision du comportement de l'incendie limitée



© N. Merlet, P. Crombette
(Univ. Toulouse/GEODE)

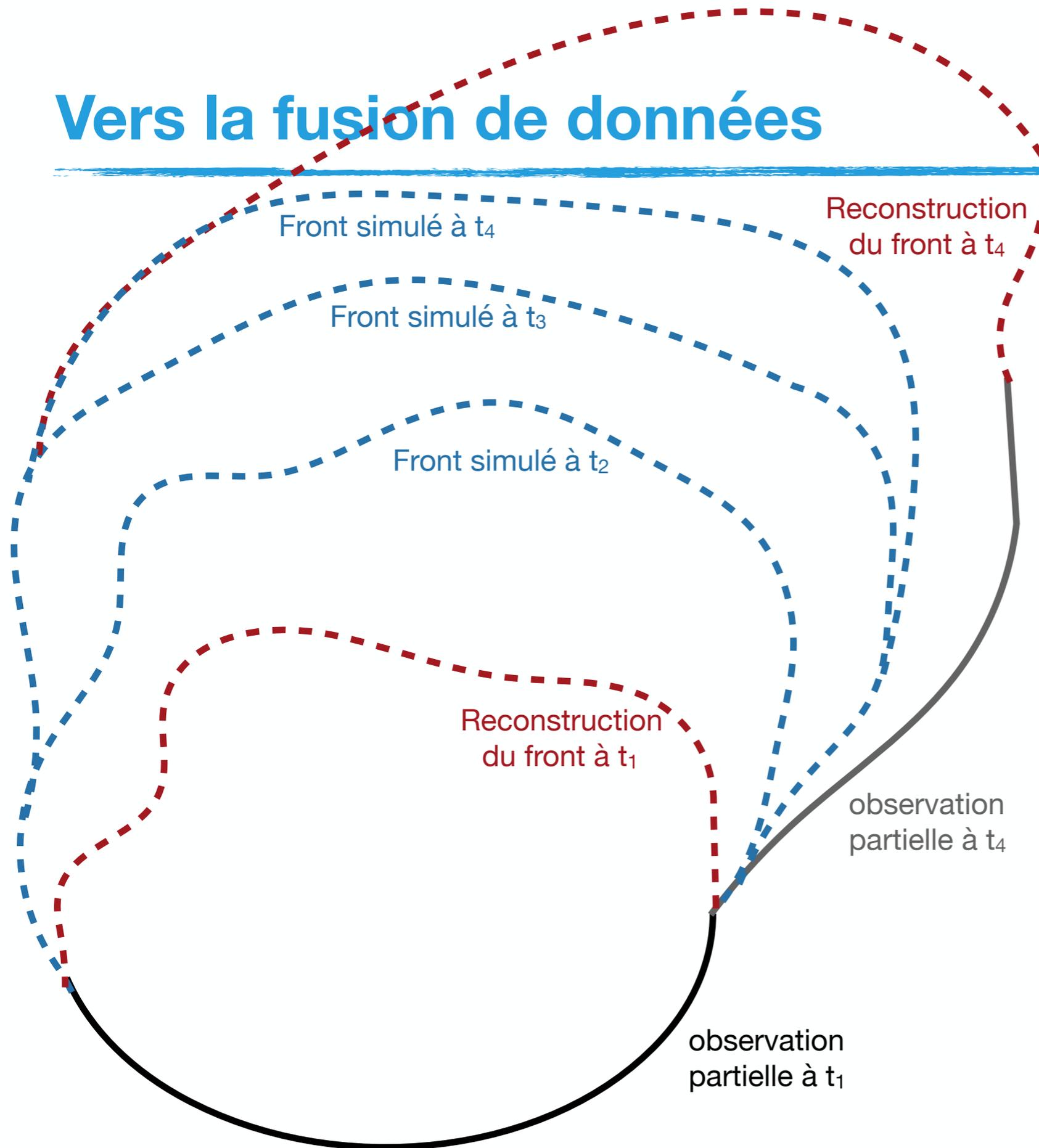
Verrou .1. REANALYSE

Comment reconstruire l'historique de l'incendie en continu ?
i.e. comment interpoler le comportement de l'incendie entre les observations ?

Verrou .2. PREVISION

Comment anticiper le comportement de l'incendie ? i.e. comment extrapoler le comportement de l'incendie au-delà des observations ?

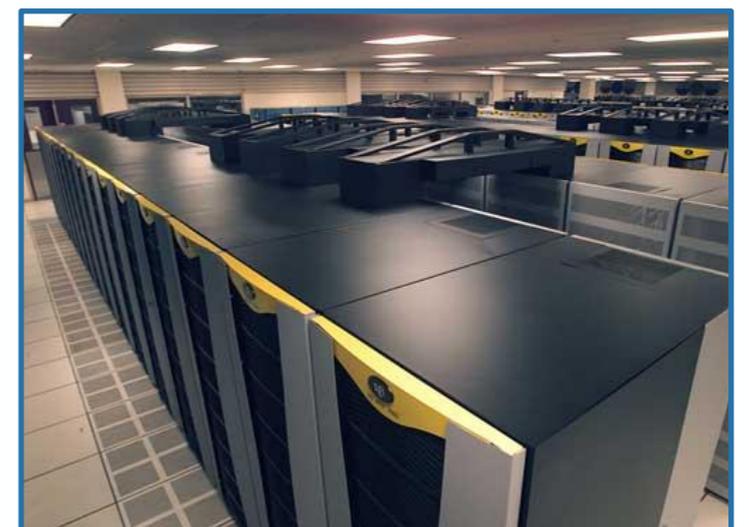
Vers la fusion de données



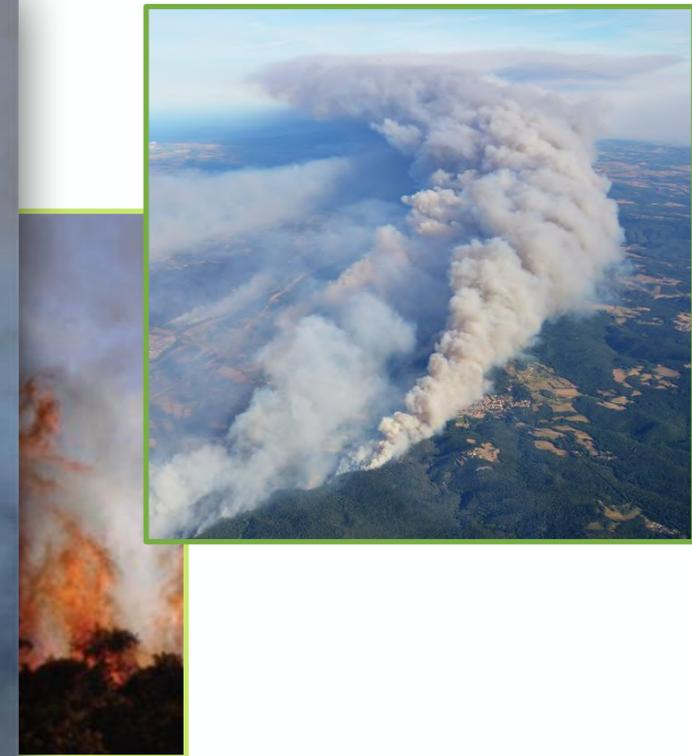
Données Observées

**Assimilation de données
par filtrage**

Données simulées



Modèle numérique



Combustion

- 1 mm - 10 m
- secondes/minutes

Echelles spatio-temporelles

Régionale

- 10-100 km
- heures/jours

FLAMME

✗ Trop coûteux à grande échelle

ZONE BRULEE

✓ Faisable pour simuler le comportement de l'incendie à l'échelle du paysage

PANACHE

✗ Pas d'information sur les paramètres de combustion

Contexte probabiliste de simulation (1/4)

Présence d'incertitudes

- Paramètres, forçages externes liés aux entrées du modèle de ROS
- Formulation du modèle de propagation de front



Incertitude aléatoire vs. Incertitude épistémique

➤ Variabilité intrinsèque du système qui est irréductible mais qui doit être caractérisée

➤ Lacunes du modèle lié à la limitation des ressources de calcul et aux hypothèses de modélisation

Question .1.

Comment intégrer les incertitudes dans une chaîne de modélisation ?

Question .2.

Comment combiner données observées et simulées en présence d'incertitudes ?

Contexte probabiliste de simulation (2/4)

Présence d'incertitudes

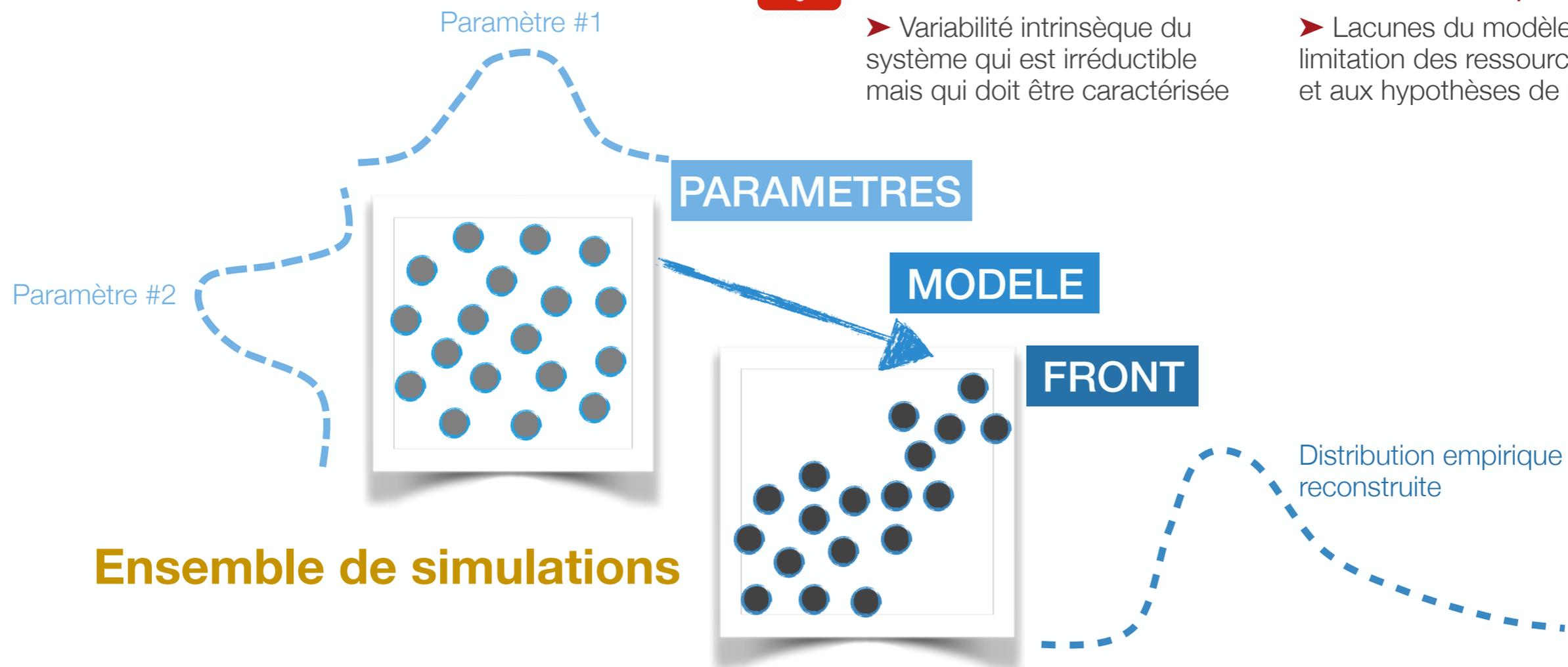
- Paramètres, forçages externes liés aux entrées du modèle de ROS
- Formulation du modèle de propagation de front



Incertitude aléatoire vs. Incertitude épistémique

► Variabilité intrinsèque du système qui est irréductible mais qui doit être caractérisée

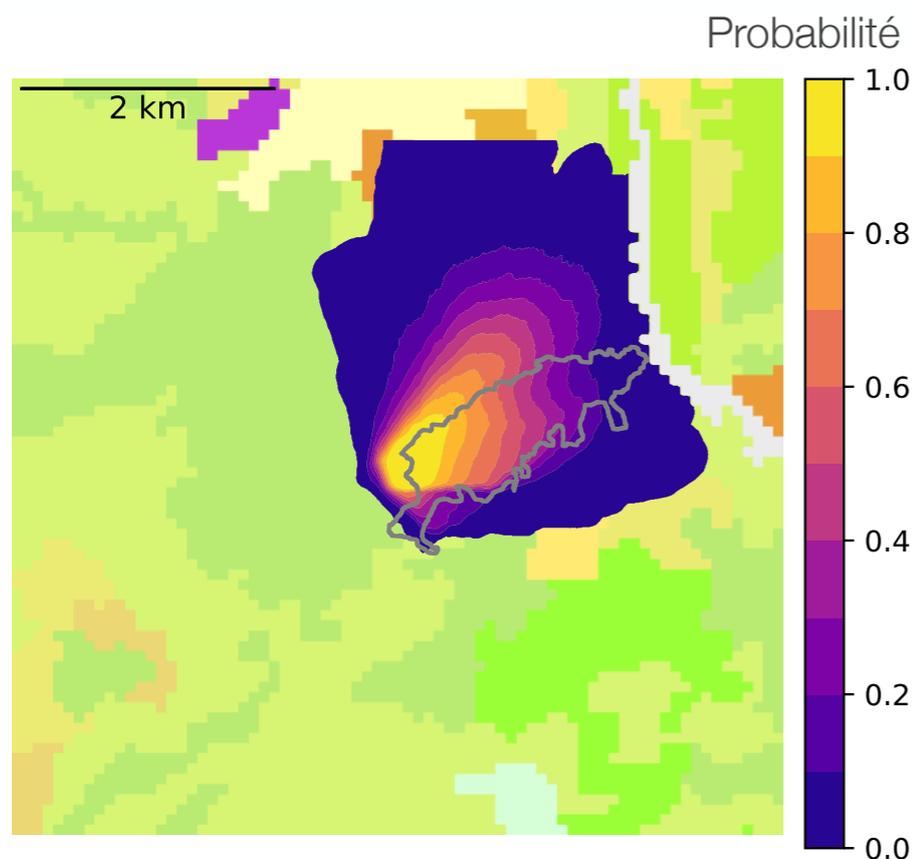
► Lacunes du modèle lié à la limitation des ressources de calcul et aux hypothèses de modélisation



Contexte probabiliste de simulation (3/4)

Présence d'incertitudes

- Paramètres, forçages externes liés aux entrées du modèle de ROS
- Formulation du modèle de propagation de front



Incertitude aléatoire vs. Incertitude épistémique

➤ Variabilité intrinsèque du système qui est irréductible mais qui doit être caractérisée

➤ Lacunes du modèle lié à la limitation des ressources de calcul et aux hypothèses de modélisation



Allaire et al. (2018) Generation and evaluation of ensemble wildfire spread simulations, ICFFR.



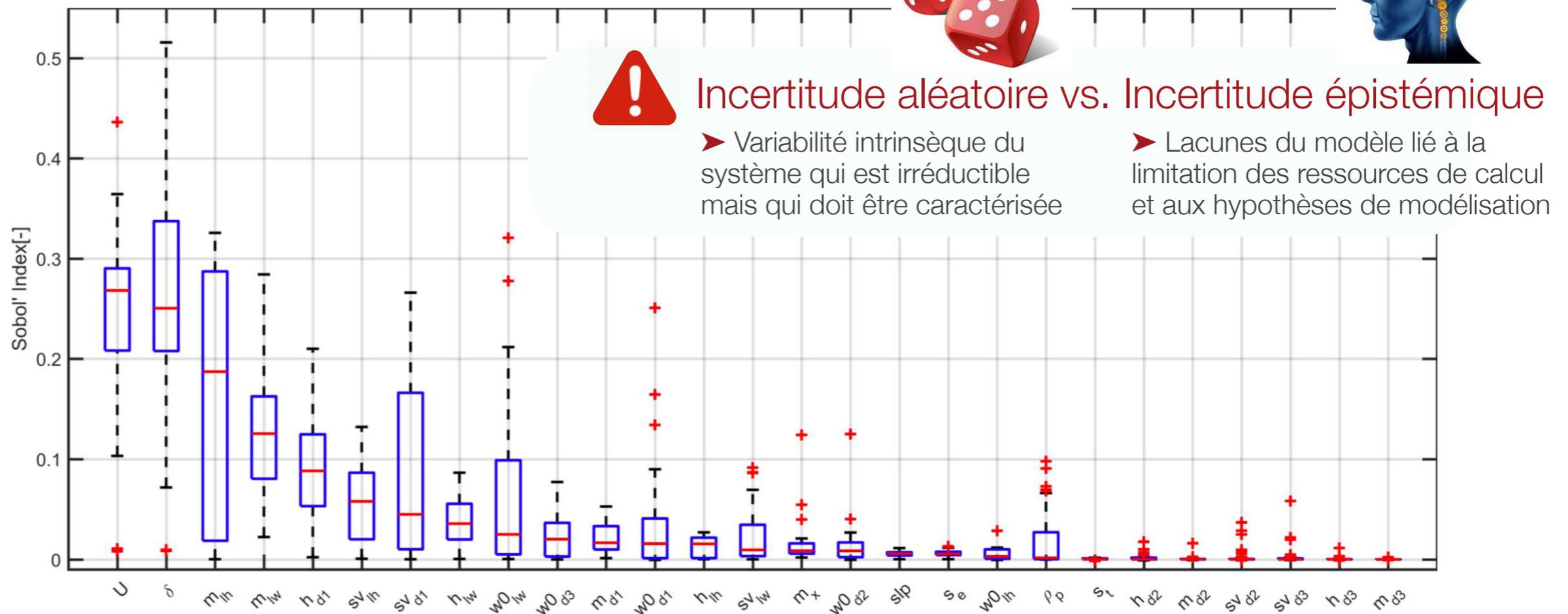
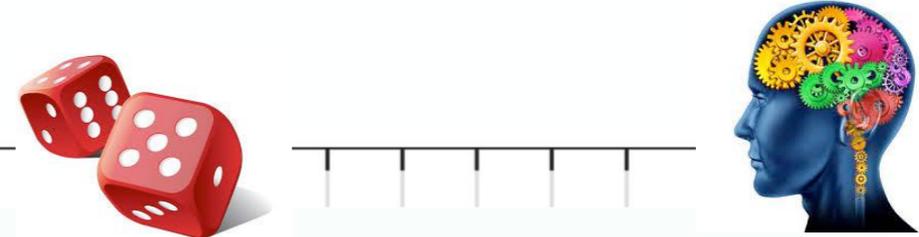
Analyse des incertitudes

- différents scénarios possibles
- niveau d'incertitudes

Contexte probabiliste de simulation (4/4)

Présence d'incertitudes

- Paramètres, forçages externes liés aux entrées du modèle de ROS
- Formulation du modèle de propagation de front



Analyse de sensibilité

- calcul d'indices de sensibilité entre paramètres et ROS
- identification des principales sources d'incertitudes



Rios O., Inverse modelling in wildfire spread forecasting: towards a data-driven system, thèse de doctorat, UPC (2018).

Assimilation de données ensembliste



Rochoux M. (2014), Thèse de doctorat, Ecole Centrale Paris.



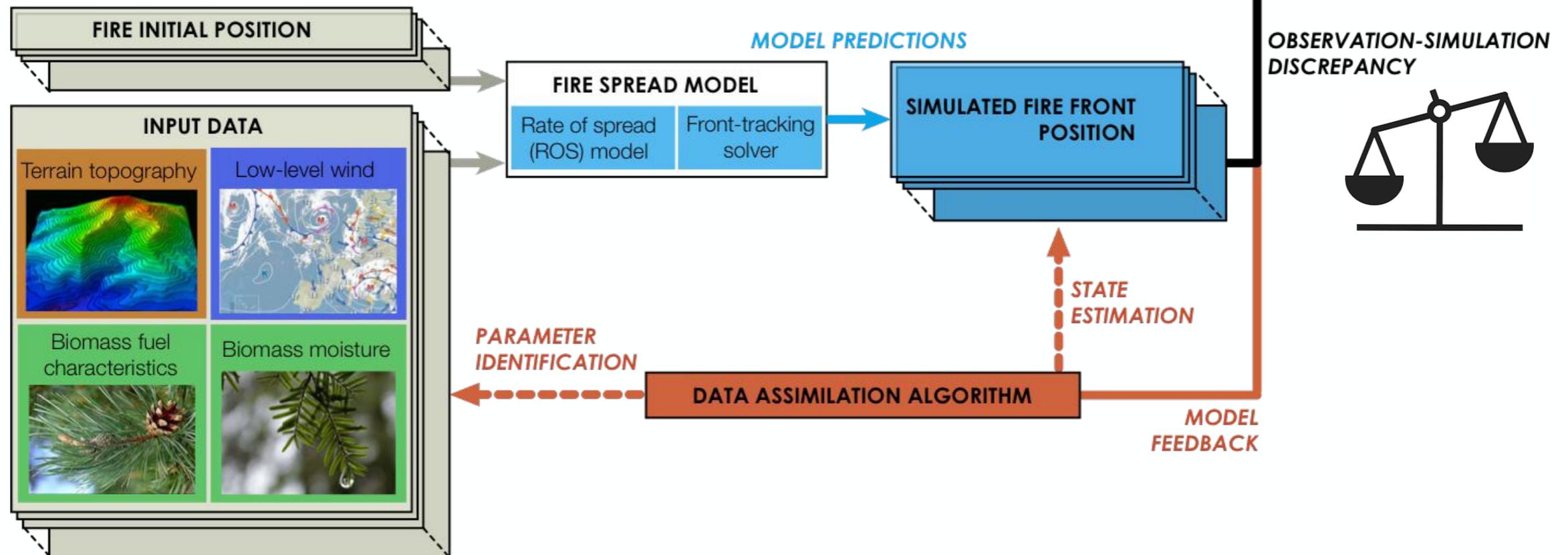
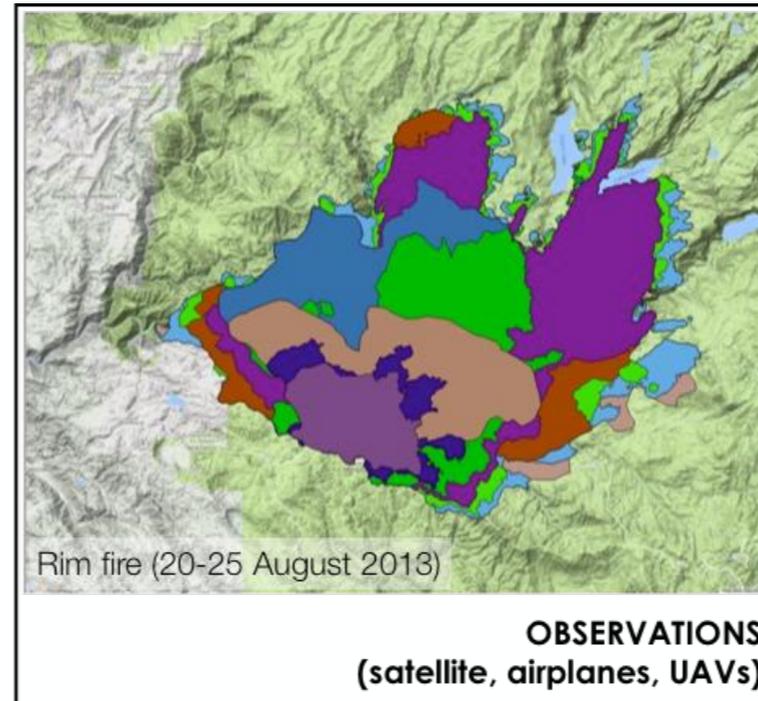
Rochoux et al. (2014, 2015), Natural Hazards and Earth System Sciences



Zhang C. (2018), Thèse de doctorat, University of Maryland.

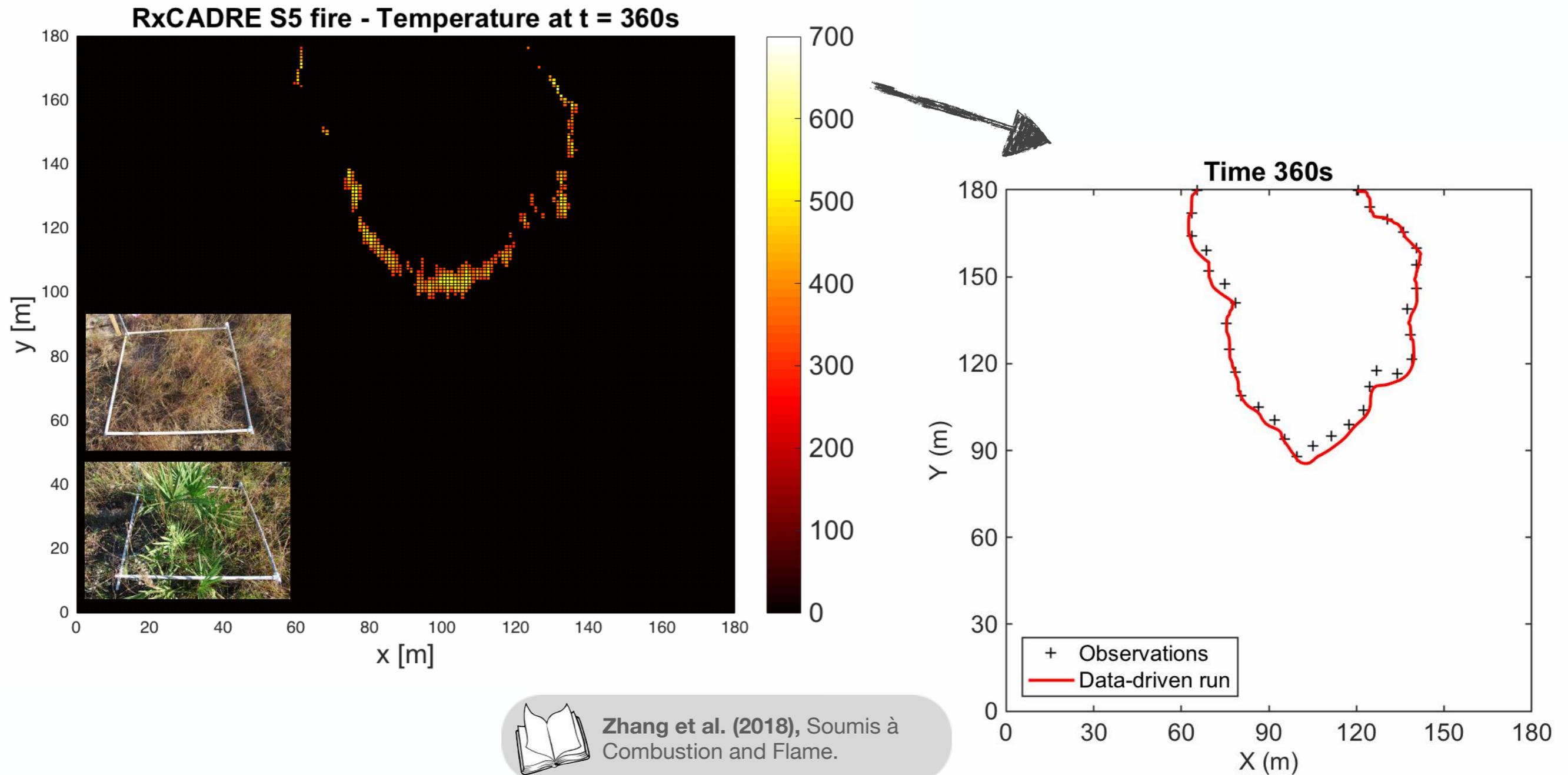


Rochoux et al. (2018), ESAIM: Proceedings and Surveys



Un exemple

Feu expérimental de 3 ha, RxCADRE S5)



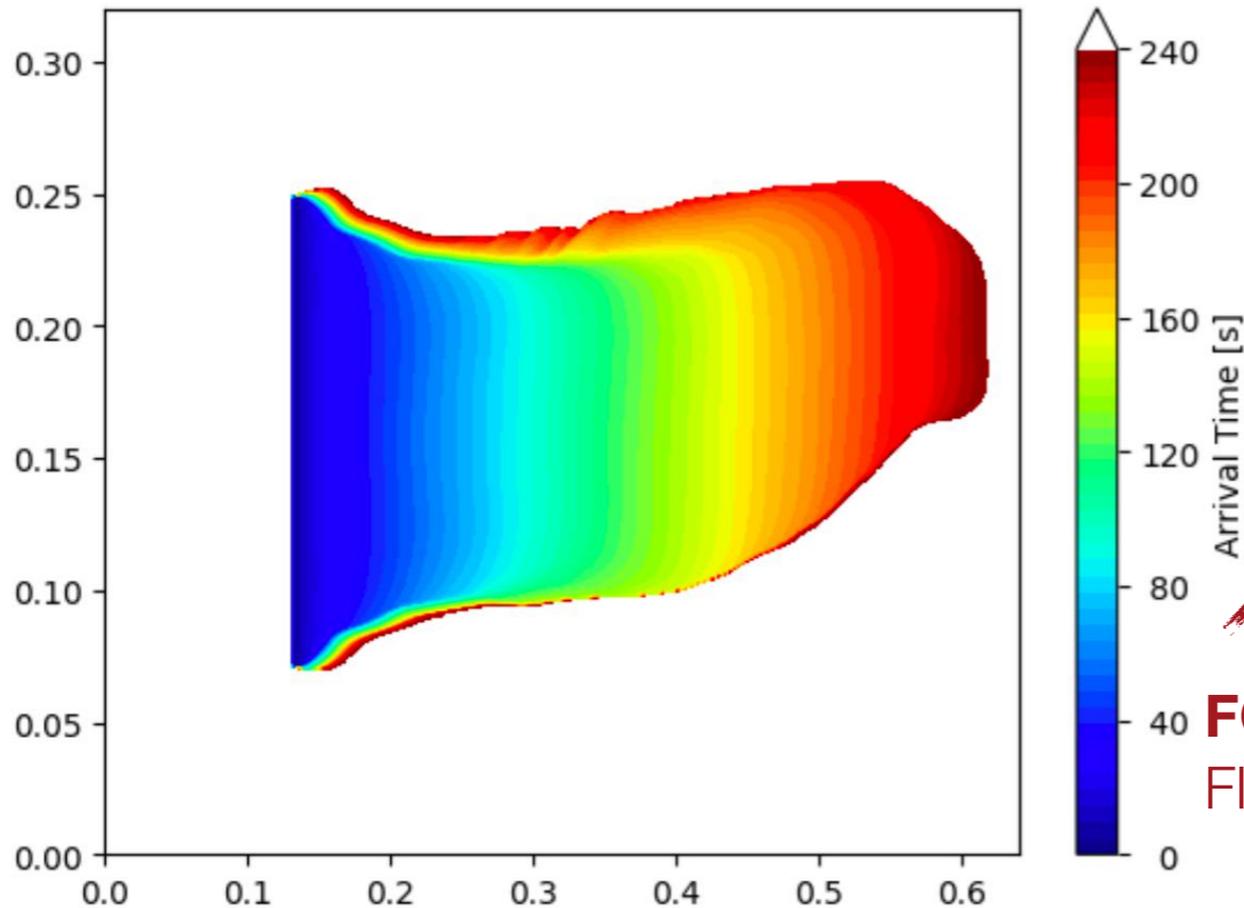
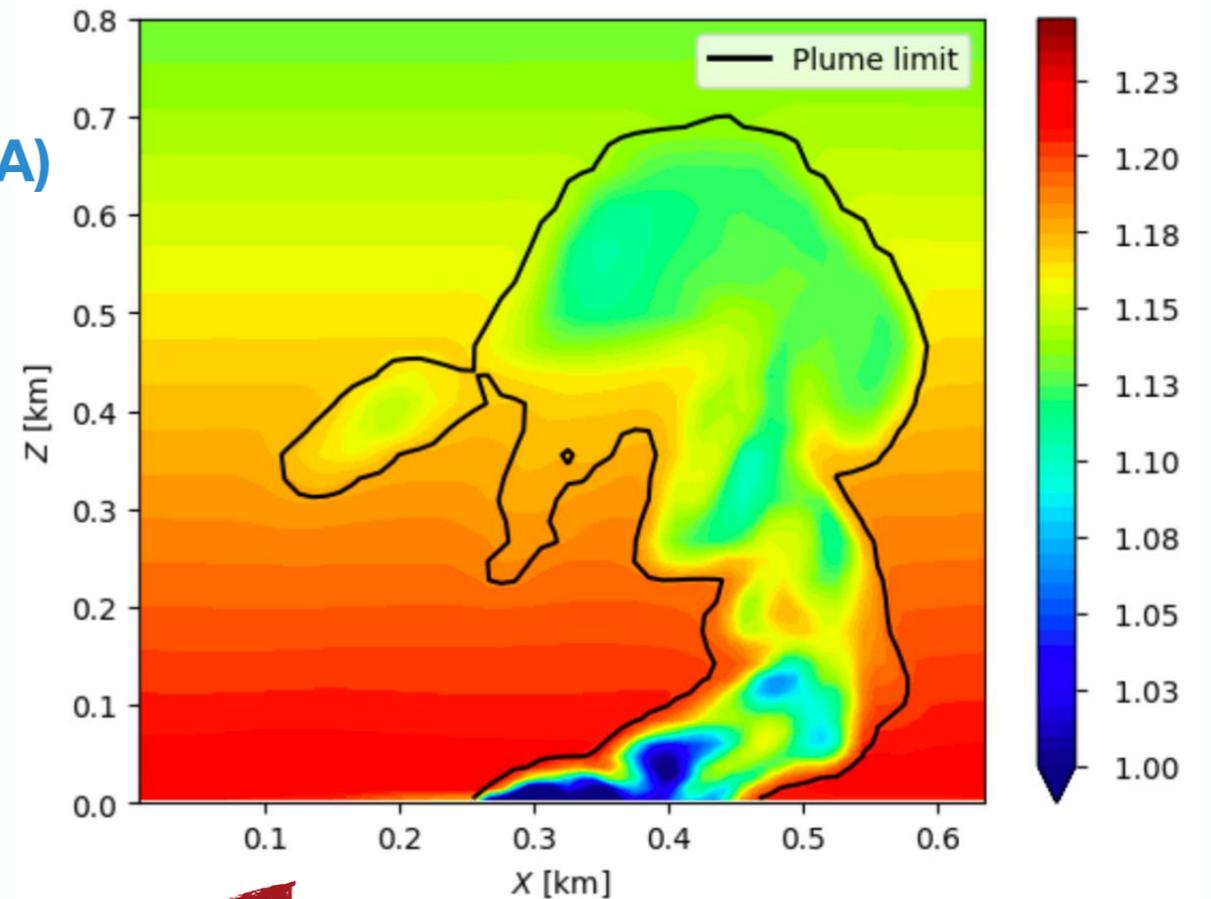
Systeme couplé feu-atmosphère (1/2)



MesoNH (CNRM/LA)
Vents de surface



Costes et al. (2018), Bi-directional fire-fire-atmosphere coupling for on-demand wildfire simulations, ICFR



FOREFIRE (Univ. de Corse)
Flux de surface

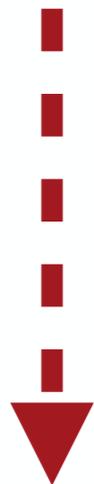
PERSPECTIVE :
extension de l'assimilation de données au système couplé

Vers l'assimilation de données de télédétection (1/2)

PETITE ECHELLE
(quelques m²)



MOYENNE ECHELLE
(quelques hectares)



FEUX ACCIDENTELS
(centaines d'hectares,
plusieurs jours)



Feux expérimentaux

- Contrôle des conditions environnementales
- Exemples : FIREFLUX, RxCADRE, Kruger National Park (présentation de Ronan Paugam, session 2)
- Limitations : Est-ce représentatif des conditions réelles lors des feux accidentels ?



© NASA



Vers l'assimilation de données de télédétection (2/2)



Satellites

MODIS, VIIRS (LANDSAT)

- Produit : détection de feu actif (changement de couverture végétale)
- Résolution temporelle : 2 fois par jour
- Limitation : résolution spatiale

Besoin de données multi-plateforme

Avions

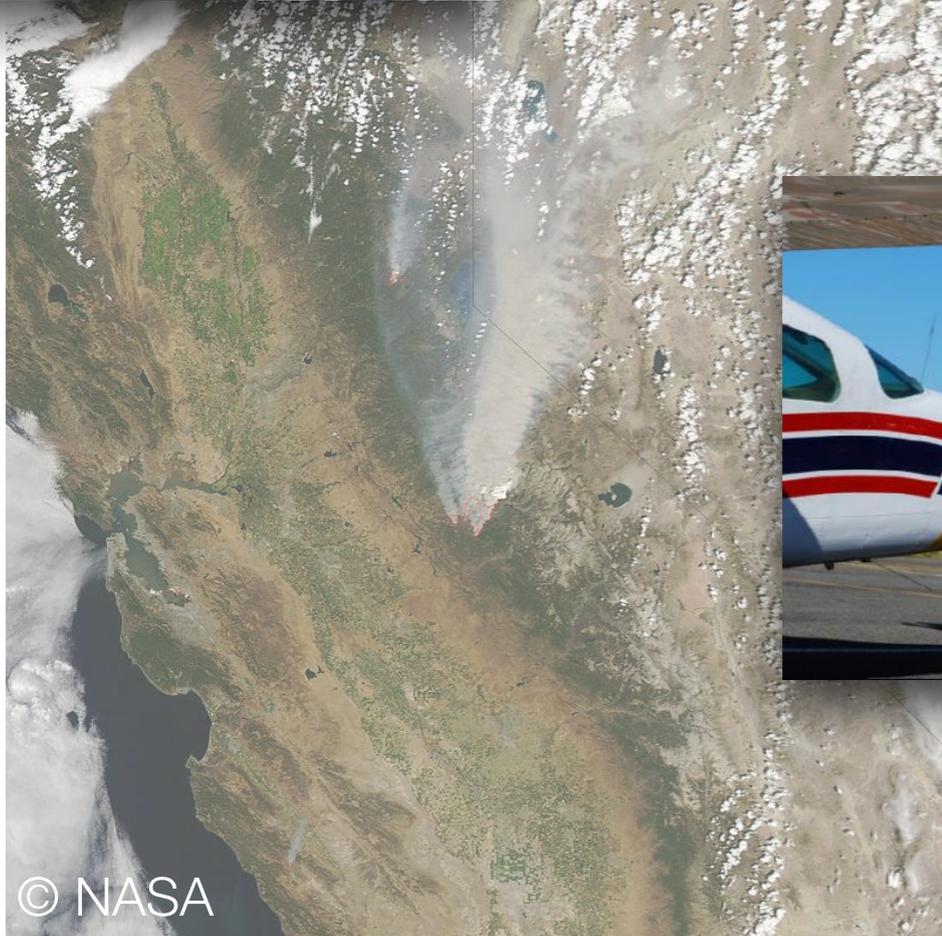
Ex : NIROPS

- Service forestier des USA
- Acquisition infrarouge (nuit)
- Limitation : résolution temporelle

Drones

Ex : MQ-1 predator RPA

- Limitation : pas de programme permanent, coût, sécurité



© NASA

© Nicolas Merlet

Vue d'ensemble de la recherche en incendie de forêt

AIDE A LA DECISION

Simuler le comportement des incendies de forêt



QUALITE DE L'AIR

Evaluer les émissions, leur impact sur l'atmosphère et le climat



COMPREHENSION

Analyser les données pour mieux comprendre les processus physiques et leurs interactions



Merci de votre attention.
Des questions ?

Contact
Melanie.Rochoux@cerfacs.fr

© Pauline Crombette

