

Titre de la thèse

« Modélisation du comportement des feux de végétation : influence de certains paramètres (vent, pente, structure et teneur en eau de la végétation) sur le régime de propagation »

Directeur de thèse : Dominique MORVAN, Laboratoire M2P2

dominique.morvan@univ-amu.fr

1. Contexte général

Les saisons des feux enregistrées ces dernières années en Californie, en Australie, au Portugal, en Grèce et dans d'autres régions du monde ont mis en évidence l'impact de plus en plus grand de ce risque naturel sur le fonctionnement des écosystèmes et des activités humaines. Les projections faites par le Groupe Intergouvernemental des Experts sur l'évolution du Climat (GIEC) montrent clairement que le réchauffement climatique va affecter de manière significative la vulnérabilité aux feux de nombreux écosystèmes (méditerranéens, boréaux ...), en augmentant à certains endroits la fréquence, la durée et l'intensité des périodes de sécheresse, en généralisant les zones classées à risque, en rendant plus fréquents les étés exceptionnellement chauds. A ces facteurs climatiques, il faut ajouter ceux liés aux activités humaines, tels que l'abandon de certaines terres agricoles et l'extension des zones périurbaines en contact avec les zones naturelles (ce que l'on désigne par Interface Forêt/Habitat, Wildland Urban Interface ou WUI dans la littérature anglo-saxonne).

On sait d'avance que dans de très nombreuses situations les capacités opérationnelles des moyens de lutte contre ces incendies sont largement dépassées, y compris les moyens aériens. La puissance dégagée par un front d'incendie, mesurée en kW/m, dépasse très souvent le seuil critique d'efficacité des moyens aériens (évalué à 10 000 kW/m), à titre d'exemple au cours du fameux « Black Saturday » de Février 2009 dans l'état de Victoria en Australie, on a même enregistré des pics de puissance de l'ordre de 80 000 kW/m. Dans ces conditions, il est facile de comprendre que la seule manière de réduire les conséquences de telles catastrophes est d'agir sur l'un des trois paramètres qui gouvernent le comportement d'un incendie (triangle du feu), à savoir la biomasse, les deux autres étant les conditions météorologiques et la topographie du terrain.

Ces quelques mots d'introduction, mettent en évidence qu'une meilleure évaluation des risques induits par ce risque naturel nécessite une connaissance approfondie de la physique qui gouverne le comportement des fronts de flamme en propagation à travers une strate (homogène ou non) de végétation. Les travaux de recherche qui seront réalisés dans le cadre de cette thèse ont pour but de contribuer à cet objectif.

2. Démarche proposée

L'essentiel des travaux sera constitué par des simulations numériques réalisées à partir d'un code développé en collaboration entre M2P2-AMU, l'Université de Toulon

et l'Université Libanaise (FIRESTAR3D). Ce code de type CFD (Computation Fluid Mechanics) permet de reproduire avec un maximum de détails le comportement d'un front d'incendie sur des échelles allant jusqu'à quelques centaines de mètres. Cet outil de simulation est basé sur une formulation multi-phasique, dans laquelle la végétation est représentée sous la forme d'un milieu poreux très peu dense (même dans une litière compacte au sol, le volume occupé par le combustible ne représente pas plus de 3 à 4% de l'espace disponible). Il est capable de calculer la dégradation de la végétation (perte en eau, pyrolyse) lorsqu'elle est soumise à une source de chaleur intense (un front de flamme) et les interactions multiples entre la strate de végétation et l'atmosphère environnant. Cet outil a déjà permis d'identifier différents régimes de propagation des feux de surface (i.e. feux se propageant uniquement à travers une strate de végétation en contact immédiat avec le sol, litière, prairie, garrigue, maquis ...) tels que les feux pilotés par le vent et ceux pilotés par le panache. Les simulations qui seront conduites au cours des trois années de thèse viseront à répondre à certaines questions telles que :

- Existe-t-il des valeurs seuils de teneur en eau du combustible, de vent, de pente du terrain, de température et d'humidité relative de l'air ambiant au-delà ou en deçà desquels l'incendie adopte un comportement plus erratique, moins prévisible, plus dangereux ?
- Comment s'opère la transition entre un feu de surface et un feu de cime ?
- Quel est l'impact thermique d'un feu de faible intensité (brûlage dirigé) sur le sol, les racines, les banques de graines ?
- De quelle manière se comparent les résultats de simulation obtenus par une approche détaillée telle que celle développée dans FIRESTAR3D (dont l'utilisation est limitée à des échelles de l'ordre de quelques ha) avec des modèles physiques simplifiés couplés à des modèles atmosphériques qui peuvent être utilisés sur des échelles beaucoup plus grandes de plusieurs centaines ou milliers d'ha ?

3. Collaborations et projets en soutien

Les travaux de recherche seront réalisés en collaboration avec une équipe de l'Université de Corse, de l'Université de Toulon et de l'Université Libanaise, ils pourront bénéficier du soutien financier apporté par un projet financé par la Communauté Territoriale de Corse (CTC), le projet GOLIAT, dont l'objectif est d'apporter des outils d'aide à la décision aux services de lutte et de prévention des incendies de forêt en Corse. Plus généralement ces travaux seront intégrés aux collaborations scientifiques internationales que notre équipe entretient sur ce sujet, en particulier avec le Worcester Polytechnic Institute (WPI) (Worcester, USA), la San José State University (San José, USA), l'University of Utah (Salt Lake city, USA) et l'University of Victoria (Melbourne, Australie). Ces collaborations permettront de confronter les résultats de simulation avec des données expérimentales collectées en laboratoire ou sur le terrain.

La thèse se déroulera dans les locaux du Laboratoire de Mécanique Modélisation et Procédés Propres (M2P2) localisé au sein de l'Ecole Centrale de Marseille sur le site de Château-Gombert à Marseille.

4. Références de l'équipe d'encadrement sur le sujet

Notre équipe de recherche travaille sur la problématique des feux de forêt depuis plus de 20 ans, elle a participé dans le passé à plusieurs projets européens sur le sujet dans le cadre des 4^e, 5^e et 6^e programmes cadres financés par l'Union Européenne. L'encadrant principal (D. Morvan) est par ailleurs éditeur associé au journal de référence sur ce sujet, à savoir l'International Journal of Wildland Fire.

Quelques publications récentes de l'équipe sur ce sujet:

[1] M. EL HOUSSAMI, A. LAMORLETTE, D. MORVAN, R. HADDEN, A. SIMEONI "Framework for submodel improvement in wildfire modelling" 2018, Combustion and Flame, 190, pp.12-24.

[2] A. LAMORLETTE, M. EL HOUSSAMI, D. MORVAN "An improved non-equilibrium model for the ignition of living fuel" 2018, Int. J. Wildland Fire, 27, pp.29-41.

[3] D. MORVAN, G. ACCARY, S. MERADJI, N. FRANGIEH, O. BESSONOV "A 3D physical model to study the behaviour of vegetation fires at laboratory scale", 2018, Fire Safety Journal, 101, pp.39-52.

[4] N. FRANGIEH, D. MORVAN, S. MERADJI, G. ACCARY, O. BESSONOV "Numerical simulation of grassland fires behaviour using an implicit physical multiphase model", 2018, Fire Safety Journal, 102, pp.37-47.

[5] D. MORVAN, N. FRANGIEH "Wildland fires behaviour: wind effect versus Byram's convective number and consequences upon the regime of propagation", 2018, Int. J. Wildland Fire, 27(9), pp. 636-641.

[6] W. MELL, A. SIMEONI, D. MORVAN, K. HIERS, N. SKOWRONSKI, R. HADDEN "Clarifying the meaning of mantras in wildland fire behaviour modelling: reply to Cruz et al", 2018, Int. J. Wildland Fire, 27(9), pp.770-775.

[7] J.L. ROSSI, D. MORVAN, A. SIMEONI, Th. MARCELLI, F.J. CHATELON "Fuelbreaks: a part of wildfire prevention", 2019, The UN Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR19).

[8] D. MORVAN "Wildfires modelling: short overview, challenges and perspectives", 2019, Journal of the Combustion Society of Japan, 61(196), pp.120-125.

[9] N. FRANGIEH, G. ACCARY, D. MORVAN, S. MERADJI, O. BESSONOV "Wildfires front dynamics: 3D structures and intensity at small and large scales", 2020, Combustion and Flame, 211, pp.54-67.

[10] D. MORVAN (2019) "Validation of Wildfire Spread Models". In: Manzello S. (eds) Encyclopedia of Wildfires and Wildland-Urban Interface (WUI) Fires. Springer, Cham.