UNIVERSITA DI CORSICA - PASQUALE PAOLI

ECOLE DOCTORALE "Environnement et Société"

BP 52, 20250 Corti – Tel : 04 95 37 23 22 / 45 02 20 – E.mail : ecole.doctorale@univ-corse.fr
Site : http://ed.univ-corse.fr

FICHE PROJET DE THESE pour ANNEE 2024-2025

Discipline du Doctorat	4200014 – Mécanique des fluides, énergétique, thermique, combustion, acoustique
Mention du Doctorat	Energétique, génie des procédés – 62°
Domaine scientifique principal	Combustion
Domaines scientifiques secondaires	Transferts thermiques
Entités de rattachement	UMR SPE / FF
Direction de la thèse	Dr-HDR Virginie Felicelli Tihay tihay_v@univ-corse.fr Pr Paul-Antoine Santoni santoni_p@univ-corse.fr
Collaborations extérieures éventuelles envisagées	Université de Lorraine (Anthony Collin) USDA US Forest Service (William Mell) SIS 2B (Marien Setti)
Type de financement visé	Contrat doctoral
Connaissances et compétences requises chez l'étudiant	Transferts thermiques, combustion, simulation numérique
Titre de la thèse	**Utilisation de la brumisation pour réduire la vulnérabilité des structures face à un incendie de forêt et limiter leur propagation**
Abstract 1	Cette étude vise à réduire l'impact d'un feu extérieur (feu de végétation ornementale ou de structures secondaires) sur l'enveloppe d'une structure (habitat ou autre) et à limiter sa propagation. Les études expérimentale et numérique viseront à : caractériser l'efficacité de différents brouillards d'eau pour réduire les sollicitations thermiques engendrées par la combustion de différents complexes végétaux et/ou structures secondaires ; étudier le comportement au feu d'éléments de l'enveloppe d'une structure (bâtiment ou autre) avec et sans brouillard d'eau ; limiter la propagation d'un incendie à l'aide d'une brumisation opérationnelle.
Abstract 2	Ce sujet s'inscrit dans le projet Feu de l'Université de Corse. Il répond à un objectif scientifique défini dans notre projet à 5 ans, à savoir : optimiser les espaces défendables et renforcer la résistance des constructions contre les incendies dans les interfaces forêt/habitat.
	Explicitation sur page suivante

Explicitation du Projet de thèse

1°) Présentation des aspects scientifiques du projet de thèse

En raison de l'augmentation du nombre de grands incendies d'extérieurs (Large Outdoor Fires), notamment ceux liés aux feux de forêt, de nombreux continents/pays (Europe, Australie, Russie, USA, Japon) sont impactés par un risque incendie accru portant sur les environnements bâtis, les sites industriels, les hébergements touristiques... Notre groupe développe depuis 2018 une thématique de recherche portant sur la réduction du risque incendie aux interfaces forêt/habitat, en collaboration avec des acteurs académiques internationaux (USA, Europe), des industriels et les acteurs régionaux. Nos travaux les plus récents ont porté sur l'étude du comportement au feu de différentes haies d'espèces végétales en laboratoire et sur le terrain. Nous avons caractérisé expérimentalement les sollicitations thermiques engendrées par la combustion de ces haies. Une modélisation détaillée de leur combustion et de leur impact est actuellement en cours.
Le sujet de thèse proposé s'inscrit dans la poursuite de ces travaux et vise à développer des moyens de mitigation pour diminuer la vulnérabilité de l'enveloppe d'une structure (habitat ou autre) face à un incendie extérieur. Pour cela, nous proposons d'étudier comment un brouillard d'eau peut être utilisé afin de protéger les matériaux et éléments de construction d'une structure mais également comment il peut être employé pour limiter la propagation de l'incendie. Il s'agira, *in fine*, de fournir des préconisations pour que les bâtiments et plus généralement toute structure soit plus résistante en cas d'agression thermique liée à un incendie de forêt. Cette thèse comprendra trois axes d'étude suivant que le brouillard d'eau soit utilisé comme écran thermique ou comme contributeur à l'extinction :

- Dans un premier temps, il s'agira de caractériser l'efficacité de brouillards d'eau comme écran thermique afin de réduire les sollicitations thermiques engendrées (densités de flux, brandons…) par la combustion de complexes végétaux rencontrés au plus près des habitations, sites industriels, hébergements touristiques. Une attention particulière sera portée sur la teneur en eau des végétaux afin de se situer dans des conditions réalistes rencontrées lors des journées à risque incendié élevé. Un foyer modèle sera également développé à partir de liteaux afin de durcir le scénario d'agression thermique (durée de combustion et puissance supérieures à celles occasionné par la combustion d'une haie d'arbustes).
- Dans un deuxième temps, il s'agira d'étudier le comportement au feu d'éléments (bardage, volet, menuiserie…) de l'enveloppe d'un bâtiment et d'autres structures avec et sans brouillard d'eau (positionné comme écran thermique) face à deux agressions thermiques typiques d'un feu dans une interface forêt/habitat : le rayonnement et le contact avec les flammes. Cette partie de l'étude sera réalisée avec un objectif prénormatif. Des enveloppes d'usage courant seront considérées mais des nouveaux dispositifs à base de matériaux bio-sourcés pourront également être testés.
- Enfin, l'action du brouillard d'eau comme contributeur à l'extinction de l'incendie sera étudiée, notamment dans le cas du foyer modèle.

Ces travaux de thèse comprendront une approche expérimentale et numérique. Les expériences en laboratoire seront réalisées à l'échelle produit avec un grand calorimètre à consommation d'oxygène LSHR (Fig. 1a). Ces travaux permettront de définir la réaction au feu des matériaux sélectionnés face à une source radiative et au contact d'une flamme. Pour cela, les grandeurs relatives à l'inflammabilité (temps d'inflammation, flux critique d'allumage…) et à la combustibilité (perte de masse, puissance dégagée…) seront étudiées. Les travaux expérimentaux se poursuivront ensuite sur la plateforme EXPLORII (Fig. 1b) dédiées à l'étude des incendies à la pleine échelle. Les éléments de construction seront incorporés sur une maison et placés en situation d'agression thermique face à un feu maitrisé, se propageant sur un terrain en pente et arrivant sur un complexe végétal. L'efficacité des systèmes de brouillard d'eau seront testés à cette échelle. Ces expériences in situ permettront :

- De quantifier le terme source d'incendie (puissance, flux émis) en fonction du type de combustibles (haie ou feu modèle) et de son humidité,
- De quantifier la répartition entre les impacts radiatifs et convectifs avec et sans brouillard d'eau agissant en qualité d'écran thermique,
- D'évaluer l'impact du feu sur les éléments sélectionnés avec et sans brouillard d'eau agissant en qualité d'écran thermique,
- De tester l'efficacité du brouillard d'eau comme contributeur à l'extinction de l'incendie

Fig. 1 : 1) Photographie d'essai effectué sous le LSHR b) Photographie de la plateforme EXPLORII

La partie numérique se situera dans la continuité des travaux actuels de notre groupe de recherche en collaboration avec l'USDA (Etats Unis). Dans un premier temps, il s'agira d'inclure dans l'outil de simulation le foyer modèle en s'appuyant sur les résultats des expériences réalisées sur la plateforme EXPLORII afin de déterminer son impact radiatif et convectif sur une structure. Dans un second temps, il s'agira d'inclure dans l'outil de simulation les brouillards d'eau (écran thermique et contributeur à l'extinction) et d'évaluer l'action de ces systèmes sur les impacts radiatifs et convectifs d'une part et sur l'extinction d'autre part. Enfin différents scenarii seront étudiés pour tester l'efficacité des brouillards d'eau pour des configurations que la plateforme EXPLORII ne permet pas de représenter (topographie plus raide, vent fort, végétation arborée…). Ces données numériques couplés aux résultats expérimentaux obtenus sur la vulnérabilité des différents éléments de l'enveloppe permettront de définir des préconisations sur le choix des brouillards les plus adaptés afin d'avoir des bâtiments/des structures plus résistants. Ces simulations permettront également d'explorer la contribution possible des brouillards d'eau afin de limiter la propagation d'un incendie.

2°) Présentation des enjeux de la thèse

Le projet Feu s'inscrit d'une part dans les problématiques internationales du risque incendie et d'autre part dans les enjeux territoriaux de la Corse (gestion des forêts, plan de prévention des risques...). Les activités menées concernent principalement deux objectifs. Le premier est scientifique et concerne l'amélioration des connaissances fondamentales dans toutes les disciplines relevant de cette thématique de recherche : combustion, transferts thermiques, analyse chimique... Le second concerne le développement d'outils de lutte et de prévision à l'attention des professionnels du feu. Ces dernières années, nous avons franchi des étapes importantes en matière de connaissances fondamentales grâce aux travaux menés en combustion et en transfert thermique. Parallèlement à cela, les projets européens INTERMED, MED-STAR et FIRE-RES ont permis la réalisation d'une plateforme unique permettant d'étudier en situation réelle l'impact d'un feu arrivant sur une construction. Enfin, l'achat d'un supercalculateur par l'Université de Corse nous permet à présent de simuler un incendie à l'échelle d'un hameau à l'aide d'un modèle détaillé de propagation incendie. Sur ces bases, le projet Feux a défini le renforcement de la résistance des constructions contre les incendies aux interfaces habitat-forêt comme un de ses objectifs prioritaires pour la période 2024-2028.

Lors d'incendies intervenant dans les interfaces forêt/habitat, les moyens de lutte sont souvent mobilisés pour défendre les habitations et les infrastructures au détriment de la lutte. Pour permettre aux opérationnels de se concentrer sur le feu de forêt en lui-même, il faudrait que les constructions soient plus résistantes lorsqu'elles sont impactées par un feu. Les obligations légales de débroussaillement (OLD) et les modalités constructives permettent de donner des préconisations afin de limiter le risque. Il existe cependant des configurations pour lesquelles ces préconisations peuvent être insuffisantes (sites industriels, camping, mobil-home, chalet…). De plus, avec l'évolution des réglementations thermiques, les moyens constructifs ont évolué depuis les années 1970 ce qui a conduit à un recours de plus en plus important aux matériaux bio-sourcés et à l'isolation thermique par l'extérieur. Ces modalités constructives induisent une vulnérabilité accrue des constructions face à un feu extérieur. Bien que les Eurocodes fournissent une courbe standard de sollicitation thermique extérieure (EN-1991-1-2 :2002), celle-ci n'est pas représentative des feux de végétation et reste par ailleurs très peu utilisée dans les essais de résistance au feu des matériaux de construction. Face à ce constat, il semble nécessaire d'une part de mieux caractériser les agressions thermiques engendrées par les feux extérieurs et notamment les feux de végétation et d'autre part de proposer des méthodes complémentaires aux OLD afin de réduire le risque aux interfaces forêt/habitat. Nous proposons dans cette thèse d'étudier comment la technique des brouillards pourrait être utilisée afin de réduire la vulnérabilité des structures en les rendant plus résistances face à un incendie de forêt. Nous

proposons également d’étudier dans quelle mesure les brouillards d’eau pourraient contribuer à limiter la propagation d’un incendie.