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	4200003 – Chimie
Mention du Doctorat	Chimie théorique, physique et analytique – 31°
Domaine scientifique principal	Chimie analytique – Combustion – Simulation
Domaines scientifiques secondaires	-
Entités de rattachement	UMR SPE / FF
Direction de la thèse	Dr-HDR Toussaint Barboni barboni@univ-corse.fr Pr Paul-Antoine Santoni santoni@univ-corse.fr
Collaborations extérieures éventuelles envisagées	ONF, CRPF, CDC, UMET Lille
Type de financement visé	Contrat doctoral
Connaissances et compétences requises chez l'étudiant	- Connaissances en combustion, compétences en techniques expérimentales et analytiques, risque incendie - Master Risques et Environnement et Chimie analytique
Titre de la thèse	**Elaboration d'un retardant bio-sourcé pour la prévention et l'extinction des incendies de forêts**
Abstract 1	Le nombre croissant de feux de forêt nécessite d'innover dans des solutions permettant de prévenir et stopper rapidement ces incendies, tout en intégrant l'impact environnemental et sociétal des formulations développées. Cette recherche vise à développer un retardant innovant et bio-sourcé, avec pour objectif principal la prévention et l'extinction efficace des feux de forêt. En explorant des composants d'origine naturelle, l'étude aspire à créer une solution respectueuse de l'environnement et performante.
Abstract 2	Ce sujet s'inscrit dans le projet Feux de l'université de Corse. Il répond aux demandes des décideurs pour le risque incendie et dans un objectif de développement d'un bio-retardant pour les feux de forêt avec une empreinte environnementale faible. Il participe à atteindre les objectifs définis dans le projet Feux, à savoir l'amélioration des connaissances fondamentales sur les incendies de forêt et leur application en prévision et lutte contre le risque incendie.
	Explicitation sur page suivante

Explicitation du Projet de thèse

1°) Présentation des aspects scientifiques du projet de thèse

Les incendies de forêt constituent une préoccupation grandissante, accentuée par les effets du changement climatique qui engendrent un accroissement de la fréquence et de l'intensité de ces événements. Parallèlement, la forte croissance de la population dans les zones d'interface forêt/habitat complexifie la prévention et la lutte incendie. Dans ce scénario, les actions de lutte se concentrent principalement sur la suppression précoce des incendies, car leur extinction devient ardue à mesure qu'ils gagnent en intensité, ainsi que sur la protection des populations. Les méthodes traditionnelles d'extinction des incendies, impliquant l'utilisation d'eau et de solutions chimiques, s'avèrent coûteux et sont étroitement liés à l'intensité saisonnière des feux. Les solutions chimiques utilisées sont classées en retardant à long terme permettant d'éteindre l'incendie, mais pouvant servir également comme mesure coupe-feu. Toutefois, ces produits commerciaux, souvent basés sur le polyphosphate d'ammonium (APP) et des modificateurs de viscosité, ont des conséquences écologiques néfastes[1-2].

Cette thèse propose une approche novatrice en formulant un nouveau retardant biosourcé dérivé de la biomasse, qui devra être écologique, biodégradable et durable. Les objectifs de cette thèse incluent le développement, la formulation, les tests aux feux et la production d'un nouveau retardant à long terme. Ce retardant doit être efficace rapidement pour arrêter un incendie et il pourra être également appliqué au début de la saison des incendies dans le cadre d'actions préventives, de type coupe-feu. L'efficacité ignifuge et sa durabilité seront au cœur de ce projet de thèse. Pour cela, différentes formulations seront étudiées afin de définir la meilleure combinaison permettant d'obtenir un retardant capable d'éteindre un incendie et/ou de réduire la chaleur dégagée lors de la combustion, par comparaison aux retardants commerciaux. Un criblage des formulations sera effectué en fonction de leur efficacité contre le feu et les formulations seront ensuite ajustées. Pour les solutions présentant des résultats intéressants, leur mouillabilité sur le végétal sera vérifiée ainsi que leur applicabilité (viscosité adaptée à la pulvérisation). La quantité de retardant requit par mètre carré de végétation sera évaluée. Généralement, ces recommandations varient de 0,5 à 1,5 L de retardant par mètre carré de végétation. Cependant, la quantité optimale de retardant à appliquer peut varier en fonction des conditions d'incendie spécifiques. Pour déterminer cet optimal, nous étudierons, à l'aide d'un calorimètre grande échelle (LSHR, hotte de 3 m × 3 m), comment le retardant atténue la puissance d'un front de feu. Les feux expérimentaux seront conduits sur une table de combustion située à l'intérieur de la hotte du calorimètre, sans pente ni vent. Une barrière de retardant sera appliquée en fin de propagation sur une surface de végétation de 30 cm de profondeur et 2 m de large. Plusieurs modalités seront étudiées en faisant varier la quantité (en l/m^2) de retardant longue durée. L'efficacité du retardant sera établie en mesurant le taux de dégagement de chaleur, la perte de masse, la propagation ou le taux d'extinction par rapport à la même quantité d'eau sans retardant. Après avoir finalisé la formulation du retardant bio-sourcé en laboratoire, elle sera testée à la pleine échelle au moyen de la plateforme EXPLORII. Cette plateforme de 500 m², conçue pour étudier les incendies se développant à l'interface forêt/habitat, est unique en Europe. La plateforme est constituée d'un terrain en pente de 20° de 10 m de long sur 6 m de large et d'un plateau situé à son sommet. Le plateau accueille une maison instrumentée de plain-pied construite en parpaings avec terrasse. La plateforme est équipée de différents capteurs : station météorologique, anémomètres, cellule de pesée, jauges de flux thermique, thermocouples, caméras et analyseurs chimique. Le produit retardant à long terme sera testé en attaque direct sur le feu ou encore comme barrière entre la zone à risque et les flammes. L'efficacité des propriétés extinctrices du retardant à long terme sera évaluée par rapport aux retardateurs à long terme commerciaux et aux expériences sans retardateur. L'efficacité du retardant sera évaluée en mesurant le taux de consommation du combustible, le pic de taux de perte de masse (MLR), la durée de la phase de flamme et le flux thermique maximal reçu à distance de la zone traitée. Pour conduire ce projet de thèse, nous procéderons en plusieurs étapes :

- Etude bibliographique :
  - Bibliographie sur les retardants feux de forêt conventionnels et bio-sourcés
  - Bibliographie sur les extraits de la biomasse
  - Bibliographie sur les méthodes d'extractions (traditionnelles et verte) et d'analyses des extraits
  - Bibliographie sur les essais au feu (ATG, Cône calorimètre, etc.)

- Caractérisation des extraits et formulation
  - Méthode d'extraction verte, choix du solvant, et Extraction des molécules d'intérêt
  - Caractérisation chimique des extraits (sucres, tannins, polyphénols, etc.)
  - Isolement des molécules intérêts
  - Formulation en retardant long terme
  - Taux d'imprégnation du retardant

- Etude de la réaction au feu à l'échelle
  - Influence du retardant sur la cinétique de décomposition de la végétation
  - Test en laboratoire, au moyen du LSHR
  - Essais sur la plateforme EXPLORII

- Mesure de l'efficacité du retardant : HRR, temps d'allumage, puissance dégagée (HRR), énergie totale dégagée (THR), vitesse de développement du feu (FIGRA), vitesse de développement des fumées (SMOGRA), etc.

2°) Présentation des enjeux de la thèse

Le projet Feux 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, aménagement du territoire, PPFENI, etc.). Les activités menées concernent principalement deux objectifs. Le premier est scientifique et vise à l'amélioration des connaissances fondamentales dans toutes les disciplines relevant de cette thématique de recherche : combustion, transferts thermiques, génie chimique, chimie analytique, vision, etc. 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 connaissance fondamentale, d'une part sur les propriétés physico-chimique de la combustion des végétaux et d'autre part sur la formulation de retardateur de flamme pour la prévention du risque incendie. L'objectif principal de ce projet de thèse vise à concevoir un retardant écologique à long terme contre les incendies de forêt et souligne l'importance de développer des outils innovants et respectueux de l'environnement. Ce projet vise à fournir aux pompiers un outil efficace pour maîtriser et/ou réduire la propagation des incendies. Ce nouveau retardant devra, non seulement améliorer l'efficacité de l'extinction mais également minimiser les risques environnementaux et sanitaires associés à l'utilisation de produits chimiques traditionnels. Ainsi, cette recherche contribue directement à l'amélioration des pratiques et des outils utilisés par les pompiers dans leur mission critique de lutte contre les incendies de forêt tout en préservant la santé des écosystèmes forestiers.

Références bibliographiques:
1. Agueda, A.; Pastor, E.; Planas, E. Different scales for studying the effectiveness of long-term forest fire retardants. *Prog. Energy Combust. Sci.* **2008**, *34* (6), 782-796, Review. DOI: 10.1016/j.pecs.2008.06.001.
2. Gimenez, A.; Pastor, E.; Zarate, L.; Planas, E.; Arnaldos, J. Long-term forest fire retardants: a review of quality, effectiveness, application and environmental considerations. *Int. J. Wildland Fire* **2004**, *13* (1), 1-15, Article. DOI: 10.1071/wf03001.