Sujet de stage de M2 / fin d'études

Analyse de la saison exceptionnelle des feux de forêt 2026 en France : météorologie et pyroconvection

Niveau	Stage de M2 ou stage de fin d'études d'école d'ingénieurs
Laboratoires d'accueil	LMD (Laboratoire de Météorologie Dynamique) et LATMOS (Laboratoire Atmosphères, Observations Spatiales)
Lieu	Sorbonne Université (campus Pierre et Marie Curie à Jussieu)
Durée	Environ 6 mois
Période indicative	mars à août 2027
Encadrement	Marine Lanet, Maîtresse de conférences Sorbonne Université / LMD Solène Turquety, Professeure Sorbonne Université / LATMOS
Mots-clés	Feux de forêt, météorologie du feu, pyroconvection, ERA5, APIFLAME, données satellites

Candidature : CV et lettre de motivation à envoyer à marine.lanet@lmd.ipsl.fr et solene.turquety@latmos.ipsl.fr.

Contexte scientifique

La saison 2026 est la plus sévère enregistrée en France depuis le début des statistiques du système européen EFFIS en 2006, devant 2022 (EFFIS, JRC / Copernicus). 96 743 hectares cumulés ont brûlés le 2 septembre 2026 contre 13 699 en moyenne sur la période 2006-2025 (EFFIS, JRC / Copernicus). Fin juillet, les émissions de carbone cumulées des feux français estimées par CAMS/GFAS dépassaient déjà les niveaux extrêmes de 2003 et 2022 (World Weather Attribution, 2026).

Cette saison s'est construite sur une succession de vagues de chaleur, dont un mois de juin 2026 record en France, et sur un printemps et un été très secs après un hiver plutôt humide. D'après l'étude d'attribution de World Weather Attribution (2026), fondée sur l'indice FWI et ERA5, la sévérité météorologique observée sur la Gironde et les Landes a une période de retour d'environ 20 ans dans le climat actuel et est au moins deux fois plus probable qu'en climat préindustriel. Elle s'inscrit dans une hausse du nombre de jours de danger météorologique extrême en Europe de l'Ouest depuis les années 1950 (Bayar et al., 2026).

Un des événements emblématiques est le feu de Gironde, déclenché le 22 juillet 2026 dans la forêt des Landes de Gascogne. Avec environ 40 000 ha, c'est le deuxième plus grand feu en France depuis la Seconde Guerre mondiale ; il a produit un pyrocumulonimbus, avec foudre et vents forts qui ont accéléré sa propagation (World Weather Attribution, 2026). Environ 220 000 personnes ont été évacuées, et la qualité de l'air a été très fortement dégradée jusqu'à environ 400 km sous le vent du panache.

Les incendies de grande ampleur peuvent en effet générer des panaches convectifs intenses, parfois suffisamment développés pour atteindre la haute troposphère, voire la stratosphère. Ces phénomènes, regroupés sous le terme de pyroconvection, constituent une manifestation particulièrement intense du couplage entre les incendies et l'atmosphère. Ils peuvent conduire à une injection de gaz et d'aérosols à des altitudes importantes. La hauteur de cette injection conditionne le transport à longue distance des polluants, les impacts sur la qualité de l'air et le bilan radiatif, et reste une source majeure d'incertitude dans les modèles de chimie-transport. L'étude de la saison 2026 offre ainsi l'occasion de mieux comprendre les interactions entre conditions météorologiques, dynamique des incendies et processus atmosphériques associés.

Ces observations posent deux questions de recherche. Quelles conditions météorologiques et de sécheresse expliquent le caractère exceptionnel de la saison, et en quoi diffèrent-elles de 2022 ? Quand et pourquoi un feu bascule-t-il en pyroconvection, et à quelle altitude injecte-t-il alors ses fumées ?

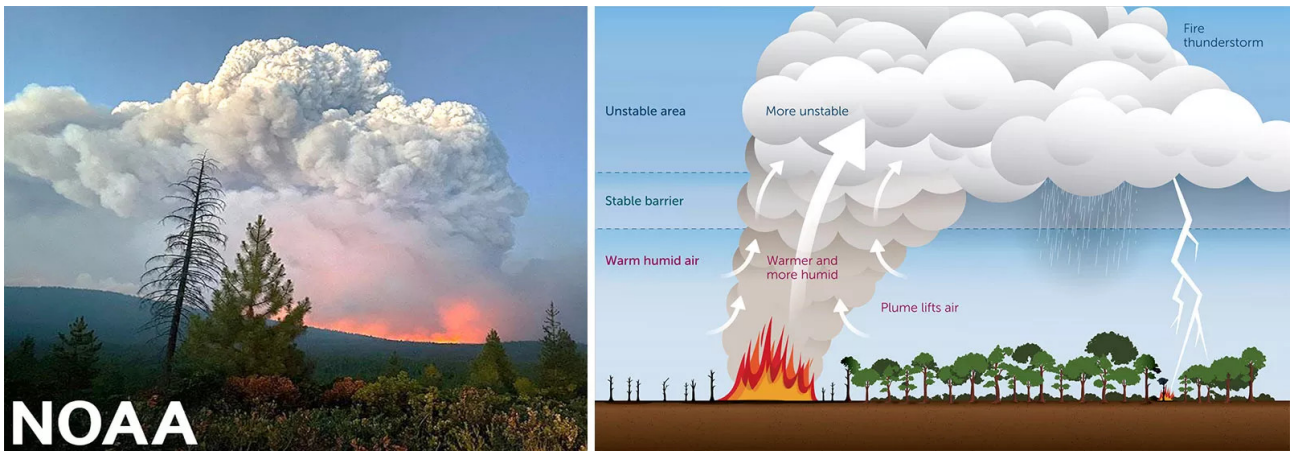

Figure 1 À gauche : Pyrocumulonimbus se développant au-dessus de l'incendie de Bootleg, dans l'Oregon, le 7 juillet 2021. Crédit : InciWeb/NOAA. À droite : Les nuages pyrocumulonimbus se forment lorsque l'air est aspiré dans un panache de fumée, où il se réchauffe et se charge en humidité, devenant ainsi plus instable. Crédit : Gouvernement australien, Bureau de météorologie. (source : https://www.nesdis.noaa.gov/news/harnessing-the-power-of-jpss-satellites-predicting-pyrocumulonimbus-clouds)

Objectifs du stage

L'objectif général est de réaliser une analyse intégrée de la saison des feux de forêt 2026 en France, afin de caractériser les conditions météorologiques ayant favorisé les incendies, de documenter leur activité, et d'identifier et étudier les événements ayant donné lieu à des phénomènes de pyroconvection.

Le travail s'articulera autour de trois axes principaux :

1. **Caractériser l’activité des incendies pendant la saison 2026 :**

Ce premier axe portera sur la caractérisation spatiale et temporelle des incendies et des surfaces brûlées. L'étudiant·e exploitera différentes données satellitaires, les sorties du modèle APIFLAME (qui mobilise notamment les observations MODIS), et les données des inventaires national et européen BDIFF et EFFIS. Les analyses pourront porter sur :

- L'évolution temporelle et géographique du nombre de feux, des surfaces brûlées, du Fire Radiative Power (FRP) et des émissions ;
- La mise en perspective avec la climatologie 2003–2025 et l'année 2022.

Une attention particulière sera portée à l'identification des événements les plus intenses.

2. **Relier l'activité des feux aux conditions météorologiques :**

L'étudiant·e analysera les conditions météorologiques ayant précédé et accompagné les principaux épisodes de feux de forêt en France en 2026.

Cette analyse reposera notamment sur l'exploitation des réanalyses ERA5 et pourra inclure :

- Les températures, les précipitations, l'humidité relative, l'humidité des sols et les conditions de sécheresse ;
- Les caractéristiques du vent et les situations météorologiques favorisant la propagation des incendies ;
- Les indices de danger (e.g. *Fire Weather Index*) ;
- Les conditions de stabilité atmosphérique et de convection ;
- La mise en relation des conditions météorologiques avec l'activité des incendies identifiée dans le premier axe.

L'objectif sera notamment d'identifier les configurations météorologiques ayant favorisé l'activité des feux et de replacer la saison 2026 dans un contexte climatologique, en comparant les conditions observées aux normales et aux saisons précédentes.

3. **Étudier la pyroconvection :**

Le troisième axe, plus exploratoire, sera consacré à l'étude des phénomènes de pyroconvection associés aux incendies majeurs de la saison 2026. Certains incendies de grande ampleur peuvent produire des panaches convectifs particulièrement intenses, capables de transporter des gaz et des aérosols vers des altitudes élevées. Ces phénomènes restent encore relativement peu documentés à l'échelle de la France et de l'Europe. L'étudiant·e cherchera à identifier les principaux épisodes susceptibles d'avoir donné lieu à de la pyroconvection, puis à caractériser leurs propriétés à partir des observations disponibles. Les travaux s'appuieront notamment sur :

- Les observations satellitaires des gaz traces et des aérosols permettant de déterminer l'altitude des panaches de fumée et de suivre le transport ;
- Les réanalyses ERA5 pour étudier les conditions atmosphériques favorisant le développement de la pyroconvection (instabilité, humidité, cisaillement).

L'objectif sera notamment de rechercher des relations entre l'intensité et la dynamique des incendies, les conditions météorologiques et l'altitude des panaches.

Profil recherché

Élève ingénieur·e en dernière année ou étudiant·e de M2 en sciences de l'atmosphère, du climat, de l'environnement, en physique ou en science des données.

Qualités recherchées :

- Maîtrise de Python pour l'analyse de données scientifiques
- Intérêt pour l'analyse de données satellitaires et les données géophysiques
- Autonomie, rigueur et goût pour le travail en équipe entre deux laboratoires
- Anglais scientifique lu et écrit

Le sujet est volontairement ambitieux : il ouvre bien plus de pistes qu'un stage de six mois ne permet d'en explorer, et nous l'avons pensé comme le point de départ possible d'une thèse sur la pyroconvection et la modélisation des feux et de leurs émissions. Si vous y prenez goût, nous serons ravies d'en parler avec vous au fil du stage. Et si la question d'un doctorat ne s'est pas encore posée pour vous, ce stage est l'occasion de découvrir la recherche.

Environnement de travail

Le stage est co-encadré par le Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD) et le Laboratoire Atmosphères, Observations Spatiales (LATMOS) (deux laboratoires voisins sur le campus Pierre et Marie Curie de Sorbonne Université). Les deux laboratoires font partie de l'IPSL, qui offre un environnement de calcul et d'accès aux données mutualisé. L'étudiant·e participera aux réunions des équipes et pourra interagir avec plusieurs chercheur·euse·s permanant·e·s, postdoctorant·e·s, doctorant·e·s, et stagiaires travaillant sur des thématiques ou outils similaires.

Références

- EFFIS – statistiques saisonnières, JRC / Copernicus Emergency Management Service
- World Weather Attribution (2026). Climate change increases likelihood of compounding drivers of severe wildfire conditions in France and Spain. Imperial College London.
- Bayar, A. S., Pinto, J. G., Gouveia, C. M., and Ramos, A. M.: Strong intensification of extreme fire weather in Europe under 3 °C compared to 2 °C global warming, Earth Syst. Dynam., 17, 929–954, https://doi.org/10.5194/esd-17-929-2026, 2026.
- Turquety, S., Menut, L., Siour, G., Mailler, S., Hadji-Lazaro, J., George, M., Clerbaux, C., Hurtmans, D., and Coheur, P.-F. : APIFLAME v2.0 biomass burning emissions model : impact of refined input parameters on atmospheric concentration in Portugal in summer 2016, Geosci. Model Dev., 13, 2981-3009, doi :10.5194/gmd-13-2981-2020, 2020.