

**Introduction :** Le 5 Août 2025, un feu se déclare dans l'Aude. [...] Ce feu "hors normes" a parcouru 17.000 hectares, en a brûlé plus de 13.000 entre le 5 et le 10 août, et a touché 16 communes, a indiqué la Sécurité civile. L'article de Sciences et avenir indique que ce feu a mobilisé plus de 2.000 sapeurs-pompiers, avec des renforts venus de tout le territoire. En termes d'équipement, La Sécurité civile en France dispose de 12 Canadair. Cet été, pendant l'incendie de l'Aude, trois étaient en maintenance, rappelle Jean-Paul Boslan, président de la Fédération nationale des sapeurs-pompiers (FNSP). *"Si demain on doit faire face à deux gros feux importants sur deux secteurs différents"*, les moyens actuels, notamment aériens, *"ne suffiront pas"*, alerte-t-il. Source : [https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/climat/ete-2025-des-feux-hors-normes-en-france-et-en-europe\\_188683](https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/climat/ete-2025-des-feux-hors-normes-en-france-et-en-europe_188683)

Les chercheurs de Météo-France ont étudié l'évolution de l'aléa feu de forêts au cours du siècle passé et pour les prochaines décennies : il augmente depuis les années 1960 et devrait encore augmenter au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. Les simulations réalisées par Météo-France en 2022 montrent une augmentation constante de la fréquence des jours présentant un danger météorologique de feux de forêts et une extension des territoires exposés au risque de feux. Source : <https://www.ecologie.gouv.fr/dossiers/comprendre-risques-naturels-sen-protoger/savoir-feux-foret-vegetation-france>

## Document 1 : la technologie LIDAR (Light Detection And Ranging) au service de la gestion des forêts

Des nouvelles techniques de mesure peuvent être utilisées permettant une gestion des forêts plus robuste. Le LIDAR est une méthode de télédétection et de télémétrie semblable au radar, mais au lieu d'onde de radio il émet des impulsions de lumière infrarouge sur des objets ou de la matière. Des exemples d'applications de cette technologie sont abordés dans une vidéo (à visionner jusqu'à 1min10) au bas de cet article :


<https://www.onf.fr/onf/%2B/1637::la-modelisation-une-innovation-dans-la-gestion-des-forets-de-demain.html>

### • Objectifs

La région du Puy de Dôme a fait l'objet d'une étude portée par différents contributeurs dont l'IGN et le Service Départemental d'Incendie et de Secours du Puy de Dôme.

**Comment les données LiDAR permettent d'identifier les zones vulnérables en termes d'incendie et d'améliorer la défendabilité de ces zones ?**

### • Ressources

- Logiciel CloudCompare 
- Fiche protocole d'utilisation de CloudCompare
- Nuage de points de la région du Puy de Dôme
- Ensemble documentaire

## Partie 1 : définir l'aléa "feux de végétaux" dans la région

A l'aide des ressources disponibles :

- **établir** une stratégie pour définir l'aléa "feux de végétation" dans la région du Puy-de-Dôme
- **identifier** dans cette région une zone en pente comportant un aléa important de feux de végétation. Votre réponse doit être argumentée et s'appuyer sur une capture d'écran. **Voir fiche protocole "Tutoriel d'utilisation de Cloud Compare" : faire les étapes 1, 6 et 7.**

### Remarques pour la fiche protocole tutoriel :

Pour créer le MNT, dans "Projection - Cell height", choisir "Minimum" permet de garder les points les plus bas = le sol. Et pour créer le MNS, dans "Projection - Cell height", choisir Maximum permet de garder les points les plus hauts (sommet de la végétation).

## Document 2 : l'aléa feu de végétation

L'aléa est la possibilité que se produise un événement impliquant une **perturbation de l'équilibre d'un milieu**. Les feux constatés dans le département du Puy de Dôme se sont produits dans des espaces quasiment exclusivement couverts par de la végétation basse. Une connaissance fine de cette végétation basse est donc stratégique pour la définition de l'aléa « feux de végétaux », bien plus que la nature (espèces) des formations végétales ou d'autres paramètres. Or les données relatives à la végétation actuellement disponibles se basent sur des technologies optiques (imagerie spatiale et aérienne) et se heurtent donc au masquage de la végétation basse par les strates les plus hautes. A l'opposé, **la technologie LIDAR (télémétrie aéroportée) pénètre au sein de la végétation**, une estimation de la présence de végétation basse sous couvert arboré est donc envisageable.

Source : feu de végétaux : caractérisation de la végétation à partir des données LiDAR HD de l'IGN, Janvier 2024, rapport synthétique + Géoconfluences

## Document 3 : représentation de la végétation avec la technologie Lidar

### • L'obtention d'un nuage de points avec LiDAR

Le LiDAR (Light Detection And Ranging) est une technologie envoyant des impulsions laser qui rebondissent sur les surfaces et retournent vers leur point d'émission. Avec le temps de retour, on peut calculer la distance entre le capteur et la surface.

Chaque mesure correspond à un point dans l'espace, avec des coordonnées :

- **X** : position est-ouest
- **Y** : position nord-sud
- **Z** : altitude (hauteur)

L'ensemble de ces millions de points forme ce qu'on appelle un **nuage de points**, c'est-à-dire une représentation 3D très précise du terrain et des objets présents à la surface.

### • Les différents modèles numériques

À partir du nuage de points LiDAR, on peut construire différents **modèles numériques** du paysage.

#### Schéma des différents modèles numériques



#### **MNS = modèle numérique de surface**

C'est la surface la plus haute détectable = premier obstacle rencontré par le laser. Ce modèle comprend la hauteur du sol + la hauteur des objets.

#### **MNH = modèle numérique de hauteur**

Il représente la hauteur des objets au-dessus du sol et permet d'étudier la structuration verticale de la végétation.

#### **MNT = modèle numérique de surface**

Il représente uniquement la surface du sol, sans la végétation ni les bâtiments.

Figure modifiée depuis la source "Un modèle numérique de canopée pour l'estimation de la hauteur dominante des peuplements résineux en Région wallonne", January 2009, Stéphanie Bonnet

Ainsi, pour obtenir un MNH, il faut faire le calcul suivant :  $MNH = MNS - MNT$

## Document 4 : la propagation du feu

La végétation très basse, et plus globalement la litière (les premiers centimètres du sol) ont un **impact majeur dans la dynamique du feu**. La caractérisation de la végétation basse reste aujourd'hui un défi pour le traitement des données LIDAR, comme en témoignent les différentes publications scientifiques sur le sujet. Il est en effet complexe de dissocier les échos correspondant au sol en tant que tel des échos liés à la végétation proche du sol, particulièrement pour les vingt premiers centimètres (végétation herbacée).

En termes de dynamique d'incendie, une fois qu'un feu a éclaté, il se propage, pourvu que la végétation soit assez sèche, **abondante et continue**. Les différentes strates de végétation peuvent alors être concernées : strate herbacée, arbustive et arborée. Lorsque le feu brûle toutes les strates de végétation on parle de feu de cimes. Ces feux libèrent en général de grandes quantités d'énergie et sont d'autant plus intenses et difficiles à contrôler que le vent est fort et que le combustible est sec.

*Source : feu de végétaux : caractérisation de la végétation à partir des données LiDAR HD de l'IGN, Janvier 2024, rapport synthétique*

## Partie 2 : déterminer l'accessibilité de la région du Puy de Dôme par les secours

A l'aide de l'ensemble des ressources disponibles et de votre résultat précédent :

- **identifier** une zone du Puy de Dôme présentant une difficulté d'accessibilité. Vous argumenterez votre réponse et l'accompagnerez d'une capture d'écran. **Voir fiche protocole "Tutoriel d'utilisation de Cloud Compare" : faire les étapes 1, 3, 4 et 5.**
- **proposer** des solutions pour améliorer la défendabilité de la zone et **déterminer** les avantages et les limites de la technologie LiDAR au service de la gestion des incendies.

## Document 5 : défendabilité de la zone et données LIDAR

La défendabilité est une notion spécifique aux incendies de forêt et de végétation. La défendabilité correspond à la capacité d'une zone à être défendue ; elle vise à améliorer la protection des personnes et des biens et donc à réduire leur vulnérabilité. Cette notion prend ainsi en compte les possibilités d'intervention des services de secours dont le rôle est prépondérant dans la gestion de crise. Elle est caractérisée par trois facteurs essentiels : la présence de voies d'accès suffisantes, la réalisation effective du débroussaillage et la disponibilité d'hydrants ou de réserves d'eau.

*Source : <https://observatoire.foret.gouv.fr/themes/le-risque-de-feux-de-foret>*

L'exploitation des données LIDAR du sol apportent des informations sur le terrain, notamment en termes de pente. Dans ces conditions, il est possible de coupler des conditions de pente avec la présence de végétation pour déterminer l'accessibilité des zones et identifier des conditions d'intervention. L'objectif de cette approche est double, en opération et en prévention :

- aider à identifier les idées de manœuvres qui pourraient être mises en œuvre en cas d'événement ;
- apporter des éléments de réflexion dans le cadre de l'analyse de risques ou pour la mise en place d'aménagements, comme l'ouverture de pistes.

Il est alors possible d'identifier les zones pour lesquelles un engagement d'un engin de type camion-citerne feux de forêts (CCF) peut être envisagé hors des pistes. Un seuil de pente de 15 degrés a été retenu au-delà duquel la circulation est impossible.

Toutefois, les zones densément végétalisées masquent le sol, limitant le nombre d'échos LIDAR correspondant au terrain. Ceci a un impact sur la précision du modèle numérique de terrain calculé.

*Source : feu de végétaux : caractérisation de la végétation à partir des données LiDAR HD de l'IGN, Janvier 2024, rapport synthétique*