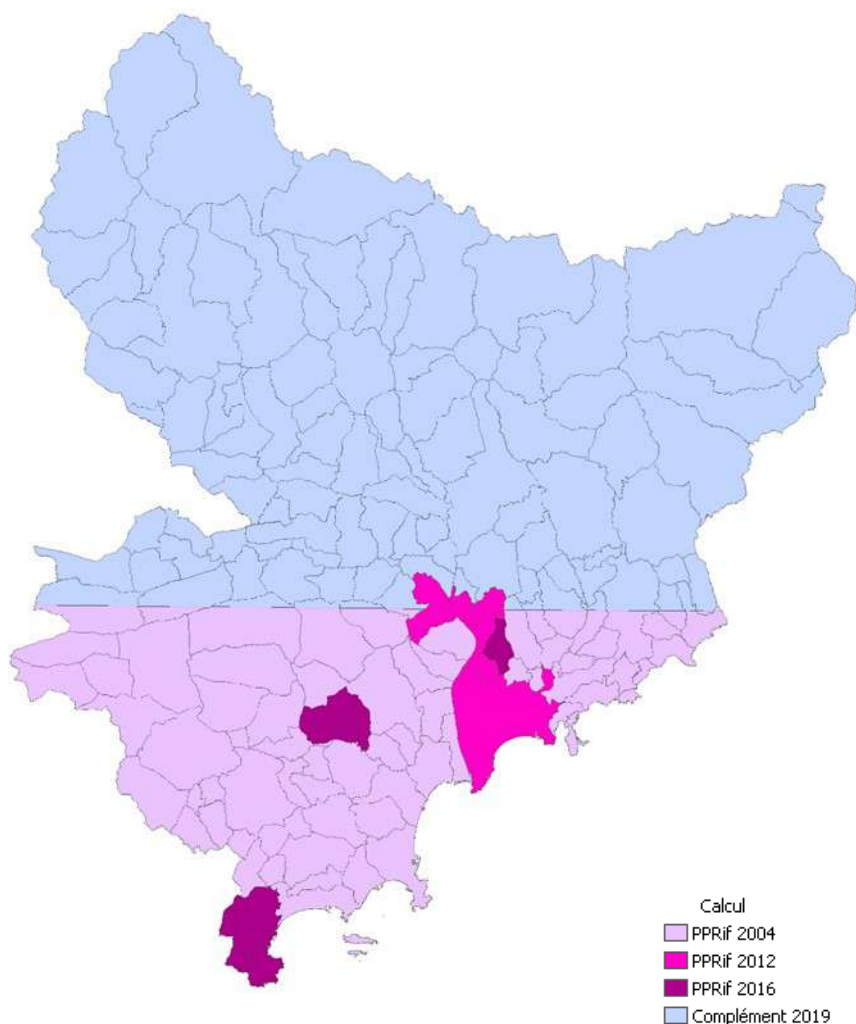


5.2 Carte départementale de l'aléa feux de forêt

Calcul de l'aléa

Le calcul de l'aléa proposé ici a été réalisé de manière composite, en utilisant différentes sources d'informations disponibles et en les complétant.

Ainsi, pas moins de trois générations de cartographies de l'aléa d'incendie de forêt préexistent sur le territoire départemental. Elles ont été élaborées préalablement à la réalisation de PPRIF et couvrent le tiers sud du département. Elles ont été combinées à un calcul indiciaire complémentaire couvrant les deux autres tiers des Alpes-Maritimes. L'ensemble a été unifié dans un même gradient de légende, dans une approche plus relative que dimensionnée.



Différentes générations de cartes d'aléa

Calcul de 2004

En 2004, une première couche d'aléa a été calculée sur 70 communes ou parties de communes environ. La méthode utilisée représente un intermédiaire entre l'approche indiciaire, combinant différents facteurs, et le calcul d'une puissance de front de feu.

Pour la végétation, une image satellite a servi de base pour obtenir la couverture de la combustibilité. C'est un cliché de Landsat Thematic Mapper datant de 2002 (pixel de 30 mètres ré-échantillonné à 15 mètres) qui a été utilisé. L'image a fait l'objet d'un traitement en classification supervisée, les essences disponibles dans la couche IFN de 1996 ont permis d'enrichir le calcul. Les types obtenus ont tenu compte de la biomasse présente par introduction d'un indice de végétation normalisé.

Ensuite, le modèle numérique de terrain de l'IGN (maille de 50m) a permis de sortir différents indices complémentaires tels que la pente, l'ensoleillement, la topomorphologie ou l'exposition au vent dominant.

Les facteurs obtenus ont été croisés pour obtenir la couche finale d'aléa en les combinant de la manière suivante :

$$i \% = \frac{\text{LN}(1 + \text{Combustibilité} \times \text{Biomasse} \times \sqrt{\text{Pente} \times \text{Exposition} \times \text{Topomorphologie}})}{\text{LN}(1 + \text{Produit maxima 5 facteurs})}$$

L'indice brut obtenu a été lissé en fonction du vent dominant.

Une extrapolation a permis enfin d'approcher la puissance du feu par affinage. La puissance finale a tenu compte de la puissance brute du feu, de la puissance lissée en fonction du vent simulé sur 200 mètres selon un angle de 60 degré et fonction de la direction du vent. Celle-ci a été simulée par une modélisation numérique (optiflow). Le résultat final a été affiché en 6 classes de puissance en utilisant l'unité du kW/m :

- 0
- 1-350
- 350-1700
- 1700-3500
- 3500-7000
- 7000 et plus

Calcul de 2012

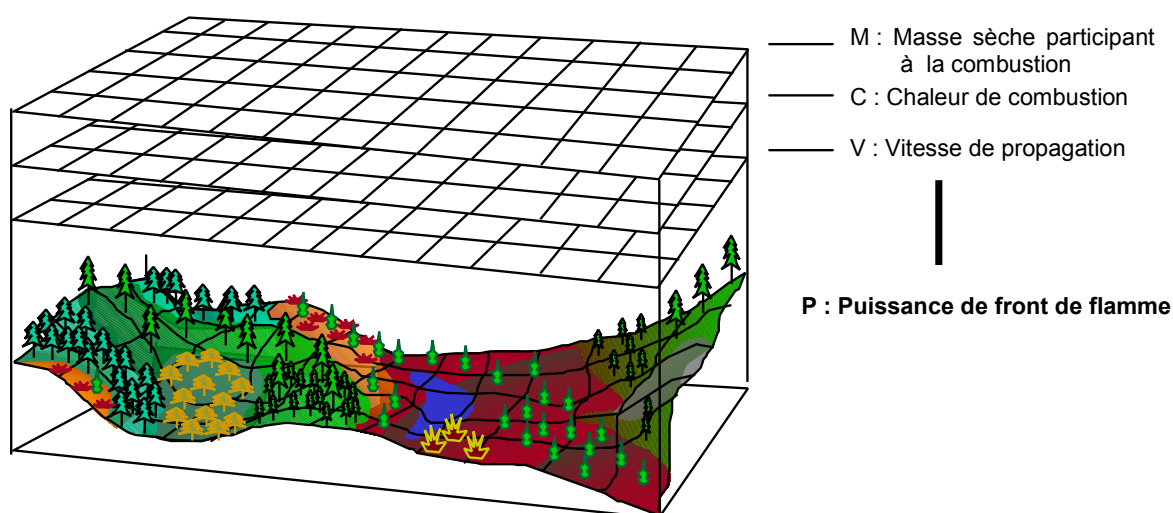
En 2012, 6 communes ont fait l'objet d'un nouveau traitement dans lequel l'intensité du feu a été appréhendée par une grandeur physique, la puissance de front de flamme (Pff), basée sur la formule de Byram :

$$P = M \times C \times V_p$$

Où :

- P : puissance de front de flamme en kW.m-1
- M : masse sèche du combustible brûlé en kg.m⁻²
- C : chaleur spécifique de combustion en kJ.kg-1
- V_p : vitesse de propagation du feu en m.s-1

Pour l'application de cette formule, en tout point du territoire étudié, les valeurs des 3 facteurs M, C et V ont été déterminés. Une fois ces 3 valeurs définies, l'utilisation du SIG a permis d'obtenir pour chacun de ces pixels la valeur de l'intensité du front de flamme.



En pratique les facteurs M et C, tous deux étroitement liés à la nature des formations végétales observées, ont été calculés simultanément. Le facteur M.C ainsi défini correspond de fait à la quantité de chaleur dégagée sur 1 m² lors de l'incendie de la formation végétale considérée.

Cartographie du facteur MC

Pour cette étape il a été procédé dans un premier temps à la cartographie de la végétation existante. Cette cartographie s'est appuyée sur l'analyse d'une couverture de photos satellites RapiEye de 2011 au pas de 5 mètres. Ces clichés ont été interprétés par la méthode de la classification supervisée, comme en 2004 : après avoir défini sur le terrain des placettes de références pour les différents types de formations végétales représentatives à l'échelle du département, chaque pixel

est classé dans un type de formation végétale, par une succession de comparaisons des données de ce pixel avec celles caractérisant les pixels occupés par les différentes placettes de références (réponse dans les différents canaux de l'image avec un calcul de maximum de vraisemblance).

Les classifications supervisées ont été complétées par un calcul d'indice de végétation normalisé qui donne une approche de la biomasse présente en chaque point (intensité de l'activité photosynthétique). Plusieurs autres traitements complémentaires ont été menés (IFN, zones agricoles, etc.).

Les formations végétales ainsi cartographiées ont été regroupées en classes homogènes du point de vue de leur comportement au feu (pelouses, landes basses, moyennes ou hautes, pinèdes lâches, pinèdes denses, taillis de chêne pubescent, ...). Chaque type de combustible ainsi défini a été caractérisé par une valeur propre du facteur MC, qui a donc été utilisée pour l'application de la formule de Byram.

L'exposition de la végétation au rayonnement du soleil influe directement sur son niveau de dessèchement en période estivale. Cette influence a été prise en compte par l'application d'un facteur correctif aux valeurs du facteur MC précédemment cartographiées, en fonction de l'exposition de chaque pixel de la carte (exposition calculée à partir du modèle numérique de terrain de la BDTopo de l'IGN au pas de 25 mètres).

Cartographie du facteur Vp

Le facteur Vr, vent résultant, est une combinaison l'effet du vent local et l'effet de la pente.

Le vent local a été modélisé numériquement sur la zone d'étude au pas du MNT (25 m) à l'aide du logiciel FLOWSTAR en se basant sur un vent de référence qui est un vent moyen synoptique.

L'effet de pente sur l'incendie a été matérialisé par un vecteur dont la direction est la ligne de plus grande pente et dont la vitesse a été calculée selon la formule :

$$V_{pe} \text{ (en m/s)} = 15 * P^2$$

(où P = pente en % plafonnée à 15m/s)

Le vent résultant Vr a été le résultat de la somme vectorielle des vecteurs vent Vv et pente Vpe (effets de la pente : accélération par pente montante / ralentissement par pente descendante).

Le facteur Vp a été lui calculé par la formule établie en 2011 par l'INRA à partir de plusieurs simulations avec le logiciel FIRETEC

$$VP = 0,03 + 0,075 (Vr \times K)^{0,75} (1 - e^{-0,3(Vr \times K)})$$

Le coefficient K rend compte de l'influence des éléments locaux de rugosité au vent (ici, la végétation) sur l'écoulement de ce dernier et donc sur sa vitesse. Liée aux caractéristiques de la végétation, sa valeur a été prise de manière variable en fonction du type de combustible considéré. Celle-ci a été déterminée pour chaque type de combustible précédemment cartographié (faible pour les formations de type pelouses ou landes basses, élevée dans les peuplements arborées).

Carte de la puissance de front de feu : application de la formule de Byram

Sur la base des facteurs MC et Vp précédemment cartographiés, la formule de Byram a donc été appliquée pour chaque pixel de la zone d'étude. A noter que ce calcul brut a fait l'objet d'un lissage afin de tenir compte de la dynamique réelle d'un feu, l'intensité du phénomène en un point étant évidemment liée aux conditions observées en ce point, mais aussi à la cinétique de la réaction observée en amont, dans le sens de déplacement du feu (effets combinés des phénomènes de radiation et de convection).

Les résultats ainsi obtenus ont été répartis sur la base des classes élaborées par le CEMAGREF, à partir de critères liés aux dégâts aux habitations.

Niveau	Paramètres physiques	Effets sur les enjeux
Très faible	Pff < 350 kW/m	Pas de dégâts aux bâtiments. Sous-bois partiellement brûlés.
Faible	350 < Pff < 1700 kW/m	Dégâts faibles aux bâtiments si respect des prescriptions. Tous les buissons brûlés, ainsi que les branches basses.
Moyen	1700 < Pff < 3500 kW/m	Dégâts faibles aux bâtiments si respect des prescriptions, mais volets en bois brûlés. Troncs et cimes endommagés.
Élevé	3500 < Pff < 7000 kW/m	Dégâts aux bâtiments, même avec respect des prescriptions. Cimes toutes brûlées.
Très élevé	Pff > 7000 kW/m	Dégâts aux bâtiments, même avec respect des prescriptions. Arbres tous calcinés.

Échelle de valeurs de la puissance de front de flamme utilisée dans le cadre des PPRIF

Calcul de 2016

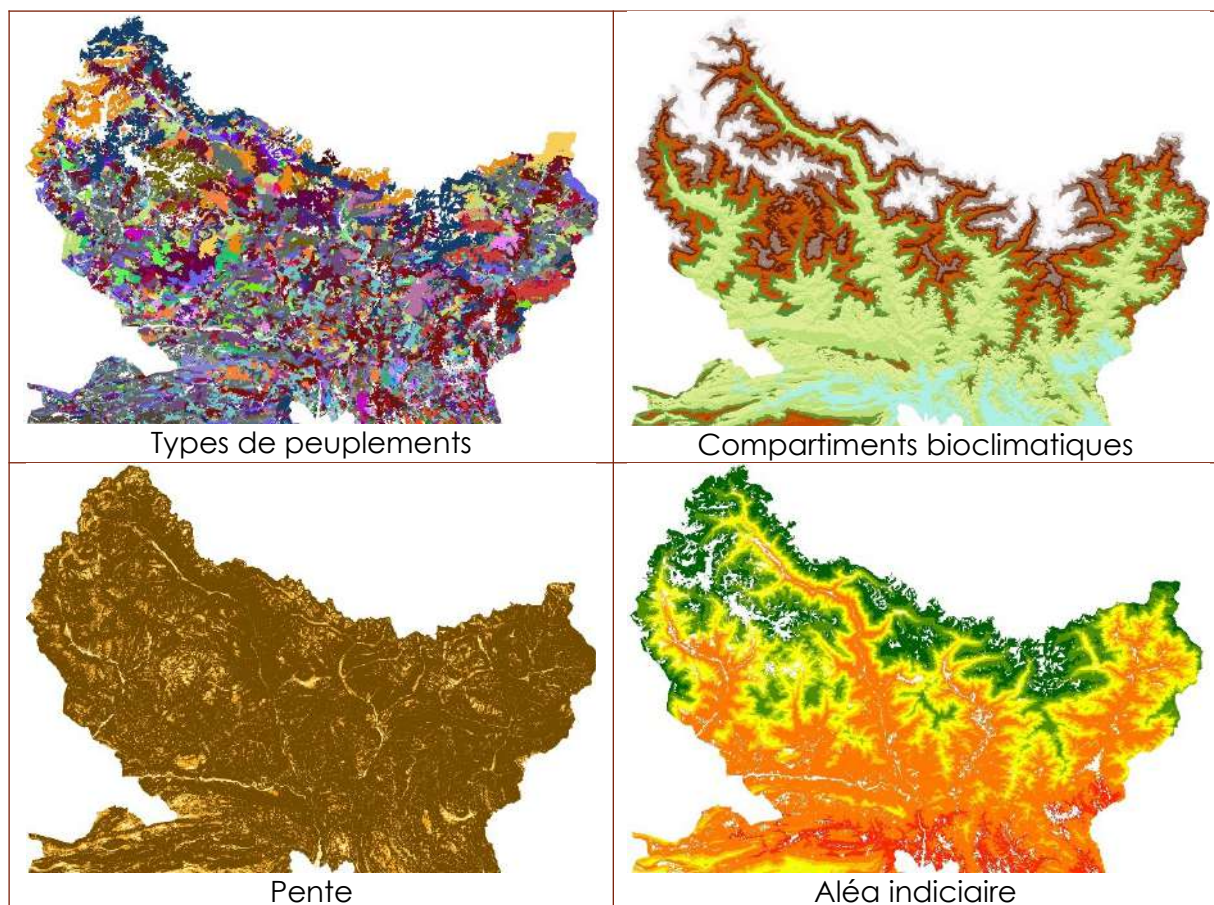
Le calcul de 2016 a suivi exactement les mêmes principes que celui de 2012. Les deux principales différences concernent le satellite ayant fourni les images de base du calcul et la modélisation du vent. Pour les images, il s'est agi en 2016 de clichés du satellite Sentinel 2, à la résolution de 20 mètres ré-échantillonnée à 10. Pour l'aérologie, en plus de FLOWSTAR, le calcul a également requis l'emploi du module Wind Ninja. Pour le reste, la méthode et l'indexation des résultats sur l'échelle de puissance de front de flamme ont exactement été les mêmes.

Complément de 2019

Les calculs précédents ont été retenus dans l'ordre inverse de leur ancienneté. Les données de 2016 et de 2012 ont primé sur celle de 2004. Cet ensemble a été complété pour les zones vides en utilisant un calcul indiciaire simple.

Celui-ci a mis en œuvre d'abord les types de peuplements issus de la BD Forêt de l'IGN de 2004. Ils ont été enrichis par leur position en terme d'altitude, d'exposition et de zone météorologique (compartiment bioclimatique). Enfin, la pente a été prise en compte en 3 classes. L'ensemble des plus de 1500 combinaisons obtenu a été hiérarchisé en près de 200 notes d'aléa différentes, sans unité de mesure.

Il n'a pas été possible de procéder à une modélisation du vent car celle-ci aurait nécessité un travail préalable sur les conditions de références, complexe compte tenu du relief tourmenté de l'arrière-pays des Alpes-Maritimes. Pour autant, ces secteurs ne sont pas exempts de problèmes aérologiques, notamment du fait des brises de vallées et phénomènes thermiques, non pris en compte ici.



Finalement, l'ensemble des cartographies de 2004, 2012, 2016 et 2019 ont été combinées. Chacune a été retenue en 5 classes en essayant d'appréhender l'aléa (puissance ou indiciaire) de la manière suivante :

- Aléa nul à très faible (les zones urbaines denses, minérales ou en eau étant considérées comme en aléa nul)
- Aléa faible
- Aléa moyen
- Aléa fort
- Aléa très fort

Cet assemblage ne bénéficie donc pas d'une homogénéité de méthode de calcul ni d'échelle de valeur. Il permet en revanche d'avoir une approche hiérarchisée du territoire départemental pour la problématique de l'aléa d'incendie de forêt, dans sa dimension d'intensité (pas de notion d'occurrence prise en compte). Il répond au besoin de disposer d'une cartographie unique départementale exploitable à l'échelle du 1/100 000^{ème}.

Aléa feux de forêt des Alpes-Maritimes

