

**Master 2 Géographie : Géomatique et modélisation spatiale
(GMS)**

Projet de Géovisualisation

Cartographie des incendies par QGIS et par python

Département Alpes-Maritimes (06)

Réalisé par :

SALAMA Ayoub

Encadré par :

Pr. BRIDIER Sébastien

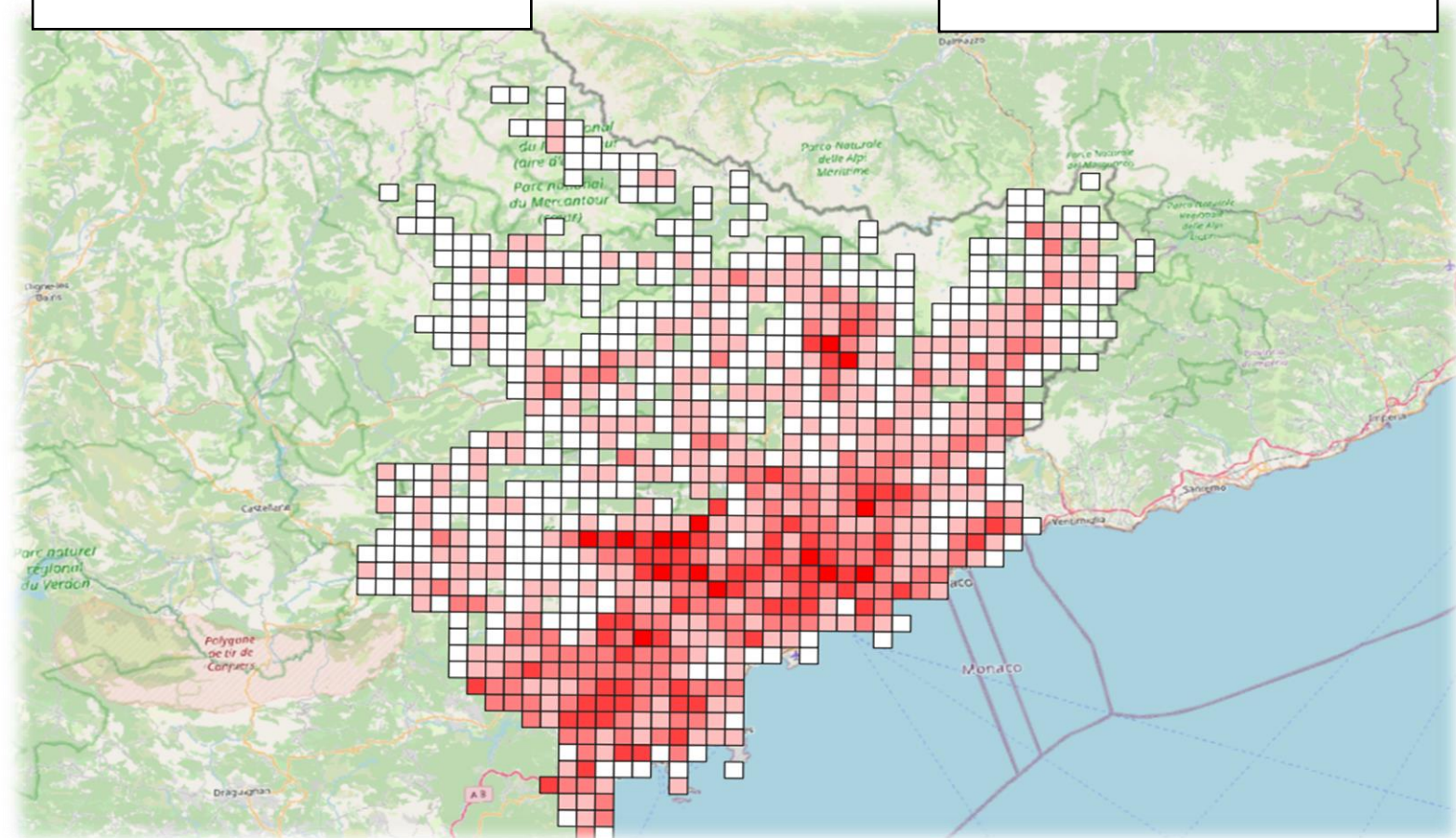


Table des matières :

I.	Introduction	3
II.	Objectifs	3
III.	Présentation des données utilisées.....	4
IV.	Méthodologie et Résultats	7
a.	Préparation et analyse des données d'incendies par Excel	8
b.	Utilisation de Qgis pour la production de cartes thématiques pertinentes	10
c.	Utilisation de Python pour reproduire les 2 premières étapes.....	15
d.	Création d'un dashboard en utilisant la librairie Streamlit	18
V.	Conclusion	19

I. Introduction

Les Alpes-Maritimes (06) constituent un territoire particulièrement exposé aux feux de forêt en raison de son climat méditerranéen, son relief escarpé et sa végétation dense. L'analyse des données historiques des incendies entre 1981 et 2022 démontre la vulnérabilité de ce département face à ce risque naturel majeur. Dans un contexte de changement climatique accentuant les périodes de sécheresse, la géovisualisation (par SIG et par Python) des données liées aux feux de forêt couplées à d'autres données permet de mieux comprendre la distribution spatiale et temporelle de ces événements, constituant ainsi un outil précieux pour la prévention et la gestion des risques dans les Alpes-Maritimes.

II. Objectifs

Ce rapport vise à analyser les données spatiales et temporelles des feux de forêt dans le département des Alpes-Maritimes (06), grâce aux outils de géovisualisation. Les objectifs principaux sont les suivants :

1. Analyse des données de feux de forêts en utilisant Excel

Utilisation d'Excel pour préparer et explorer les données relatives aux incendies.

2. Exploitation de l'outil SIG « QGIS »

Utilisation de QGIS pour combiner diverses données (spatiales et attributaires) et ainsi produire des cartes thématiques spécifiques permettant ainsi de visualiser le phénomène étudié sous plusieurs angles

3. Automatisation via Python

Les opérations réalisées dans QGIS sont reproduites à l'aide de scripts Python afin d'automatiser la préparation des données, la production des cartes et l'analyse spatiale.

4. Création d'un dashboard via Python

III. Présentation des données utilisées

Nous disposons des données suivantes :

- Un tableau Excel (Figure 1) répertoriant les incendies survenus dans plusieurs départements, y compris le 06 (Alpes-Maritimes) entre 1981 et le 20 septembre 2022. Il inclut des informations essentielles telles que l'année, le numéro de l'incident, le type de feu, le département, le code INSEE et le nom de la commune touchée, ainsi que le lieu-dit et le code DFCI (Défense des Forêts Contre les Incendies) pour localiser précisément l'incendie. Ce tableau provient du site suivant : <https://bdiff.agriculture.gouv.fr/incendies>

Année	Numéro	Type de feu	Département	Code INSEE	Commune	Lieu-dit	Code du ca	DFCI_2	Alerte	mois	heure	Origine de	Surface pa	surf_ha
1981	2670	0	83	83121	Salernes	SALERNES	LD24H3	LD24H3	#####	1	4	2	1000	0.1
1981	62	0	06	06140	Tignet (Le)	TIGNET LE	LD86H8	LD86H8	#####	1	5		20000	2
1981	2671	0	83	83019	Bormes-le	BORMES L	LC28D8	LC28D8	#####	1	10	1	1000	0.1
1981	2480	0	66	66190	Salses-le-C	SALSES	GC46E1	GC46E1	#####	1	11	2	10000	1
1981	2678	0	83	83017	Belgentier	BELGENTIE	KD80L5	KD80L5	#####	1	11	3	1000	0.1
1981	2681	0	83	83033	Carnoules	CARNOUL	LD00F9	LD00F9	#####	1	11	3	270000	27
1981	2672	0	83	83070	Lavandou	LAVANDO	LD20H1	LD20H1	#####	1	12	2	1000	0.1
1981	2673	0	83	83070	Lavandou	LAVANDO	LD20G1	LD20G1	#####	1	12		1000	0.1
1981	1663	0	2B	2B124	Ghisoni	GHISONI	NC60F1	NC60F1	#####	1	12		3000	0.3
1981	2674	0	83	83009	Bandol	BANDOL	KD60L0	KD60L0	#####	1	12	3	1000	0.1
1981	2677	0	83	83091	Pierrefeu-	PIERREFEU	LD00F6	LD00F6	#####	1	13	5	1000	0.1
1981	2675	0	83	83086	Muy (Le)	MUY LE	LD44B8	LD44B8	#####	1	14	3	1000	0.1
1981	2466	0	66	66170	Sainte-Col	SAINTE CO	GC22G7	GC22G7	#####	1	14	3	24000	2.4
1981	2680	0	83	83106	Rocbaron	ROCBARO	LD00D8	LD00D8	#####	1	14	3	10000	1
1981	2479	0	66	66016	Banyuls-su	BANYULS	GC60B9	GC60B9	#####	1	16		20000	2
1981	2676	0	83	83086	Muy (Le)	MUY LE	LD44B9	LD44B9	#####	1	16	3	1000	0.1
1981	77	0	06	06023	Breil-sur-R	BREIL SUR	MD08F6	MD08F6	#####	1	16		2000000	200

Figure 1 : Extrait du tableau Excel sur les incendies

- Shapefile contenant le corroyage DFCI (2Km), obtenu via le site suivant : [https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/carroyage-dfci-2-km/#:~:text=Carroyage%20DFCI%20\(2%20km\)%20%3A,%C3%A0%209%20pour%20les%20ordonn%C3%A9es.](https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/carroyage-dfci-2-km/#:~:text=Carroyage%20DFCI%20(2%20km)%20%3A,%C3%A0%209%20pour%20les%20ordonn%C3%A9es.)
- Shapefile (Figure 2) contenant la délimitation des communes (avec leur code INSEE) du département 06, obtenu via le site suivant : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/decoupage-administratif-communal-francais-issu-d-openstreetmap/>

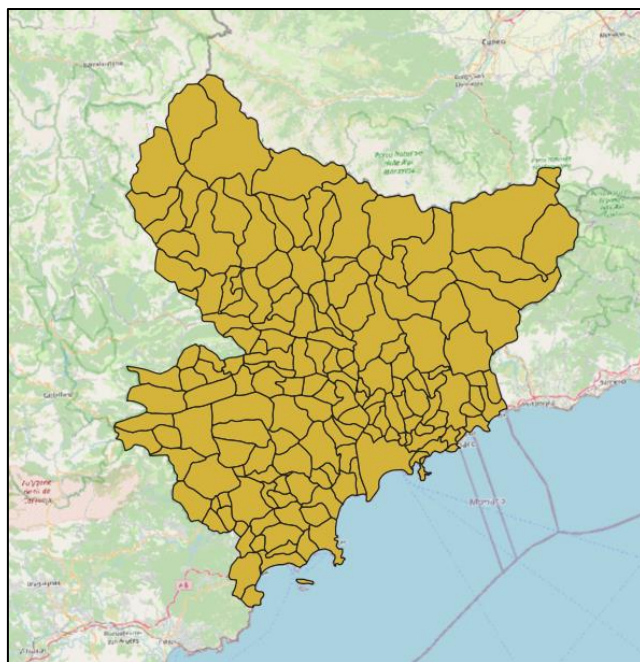


Figure 2 : Communes du département 06

- Shapefile (Figure 3) contenant la base de données forêt qui permet de localiser les zones de forêt au sens de la définition internationale de la Forêt de la FAO, obtenu via le site suivant : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/bd-foret-r/>

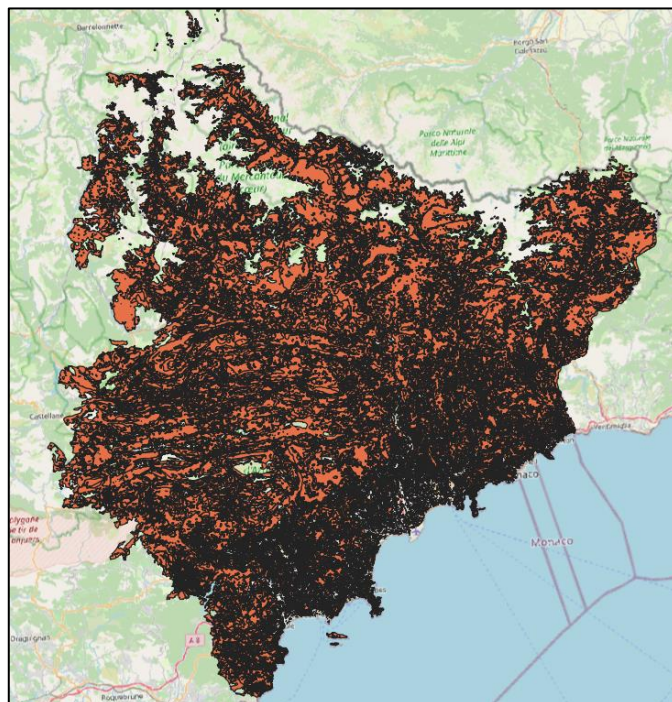


Figure 3 : BD Forêt V2

- Le modèle numérique de terrain (MNT) maillé qui décrit le relief du département 06 avec une résolution de 25m, obtenu via le site suivant : <https://geoservices.ign.fr/bdalti>

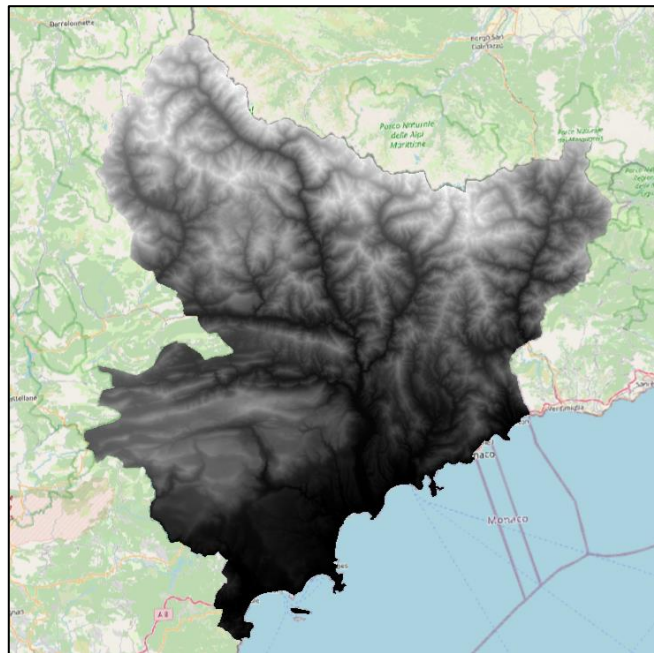


Figure 4 : MNT du département 06

- La vitesse moyenne annuelle du vent (m/s) calculée à partir des mesures relevées d'un certains nombres de stations météo-France à une hauteur de 10m, avec une résolution de 25m, obtenu via le site suivant :

<https://carmen.developpement-durable.gouv.fr/IHM/metadata/PACA/Publication/EOLIEN.html>

Les résultats sont découpés en plusieurs classes de vitesses de vent :

- Classe 1 : moins de 3.1 m/s
- Classe 2 : de 3.1 à 4 M/s
- Classe 3 : de 4 à 4.3 m/s
- Classe 4 : de 4.3 à 5 m/s
- Classe 5 : de 5 à 6 m/s
- Classe 6 : de 6 à 7.5 m/s
- Classe 7 : plus de 7.5 m/s

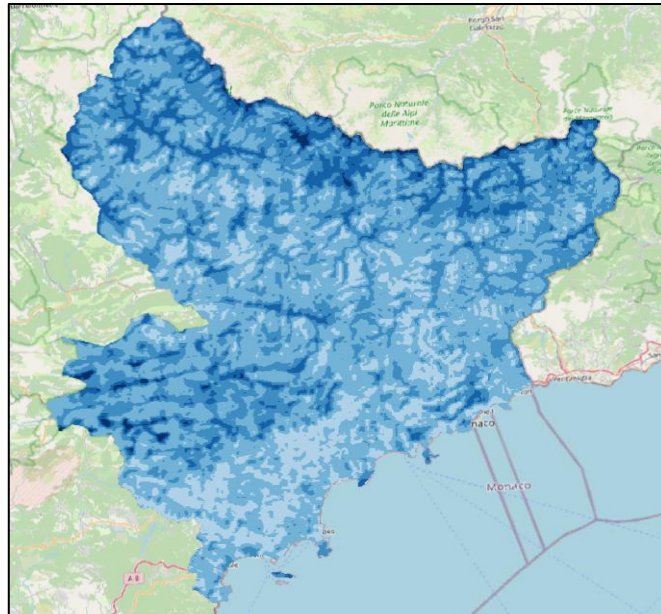


Figure 5 : Vitesse du vent à 10m de hauteur

- Raster contenant les types de climats en France avec une résolution de 250m. Les résultats sont découpés en plusieurs types :
 - Type 1 : les climats de montagne
 - Type 2 : le climat semi-continental et le climat des marges montagnardes
 - Type 3 : Le climat océanique dégradé des plaines du Centre et du Nord
 - Type 4 : Le climat océanique altéré
 - Type 5 : Le climat océanique franc
 - Type 6 : Le climat méditerranéen altéré
 - Type 7 : Le climat du Bassin du Sud-Ouest
 - Type 8 : Le climat méditerranéen franc

IV. Méthodologie et Résultats

La méthodologie choisie pour ce projet est composée de quatre étapes :

- **1^{ère} étape** : Préparation et analyse des données d'incendies par Excel
- **2^{ème} étape** : Utilisation de Qgis pour la production de cartes thématiques pertinentes
- **3^{ème} étape** : Utilisation de Python pour reproduire les 2 premières étapes
- **4^{ème} étape** : Création d'un dashboard en utilisant la librairie Streamlit

a. Préparation et analyse des données d'incendies par Excel

Sur Excel, après import du tableau brut, nous avons effectué des analyses spatiale et temporelle des données en utilisant des tableaux dynamiques croisés ainsi que des graphes ainsi qu'une préparation des données qu'on va utiliser par la suite sur Qgis.

- **Analyse temporelle :**

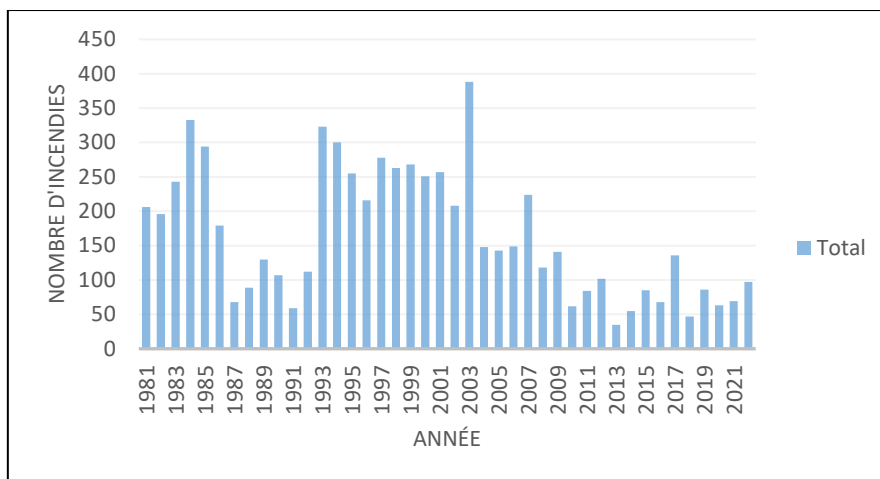


Figure 6 : Nombre d'incendies par année au département 06

Le graphique "Nombre d'incendies par année au département 06" montre une fluctuation importante du nombre d'incendies entre 1981 et 2022. On observe des pics notables en 1986, 2003 et 2007, avec plus de 300 incendies par an. Cependant, la tendance générale semble être à la baisse depuis les années 2000, malgré quelques années exceptionnelles. Cette diminution pourrait être attribuée à l'amélioration des mesures de prévention et de lutte contre les incendies

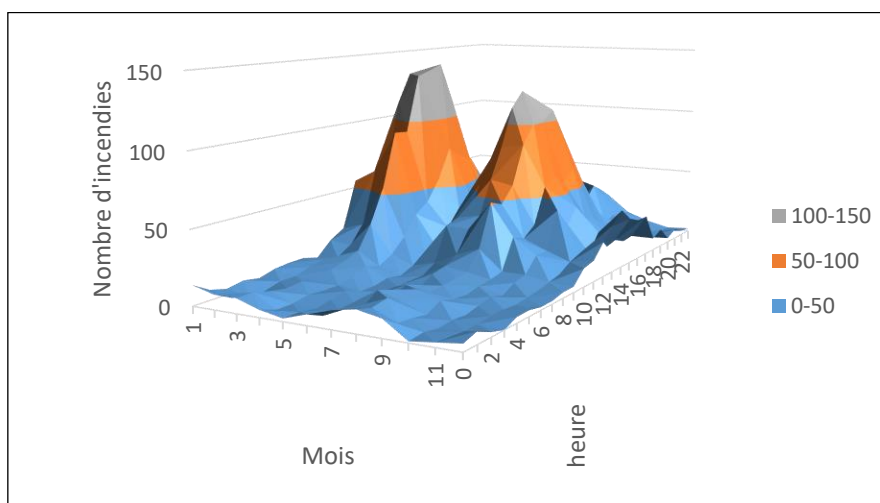
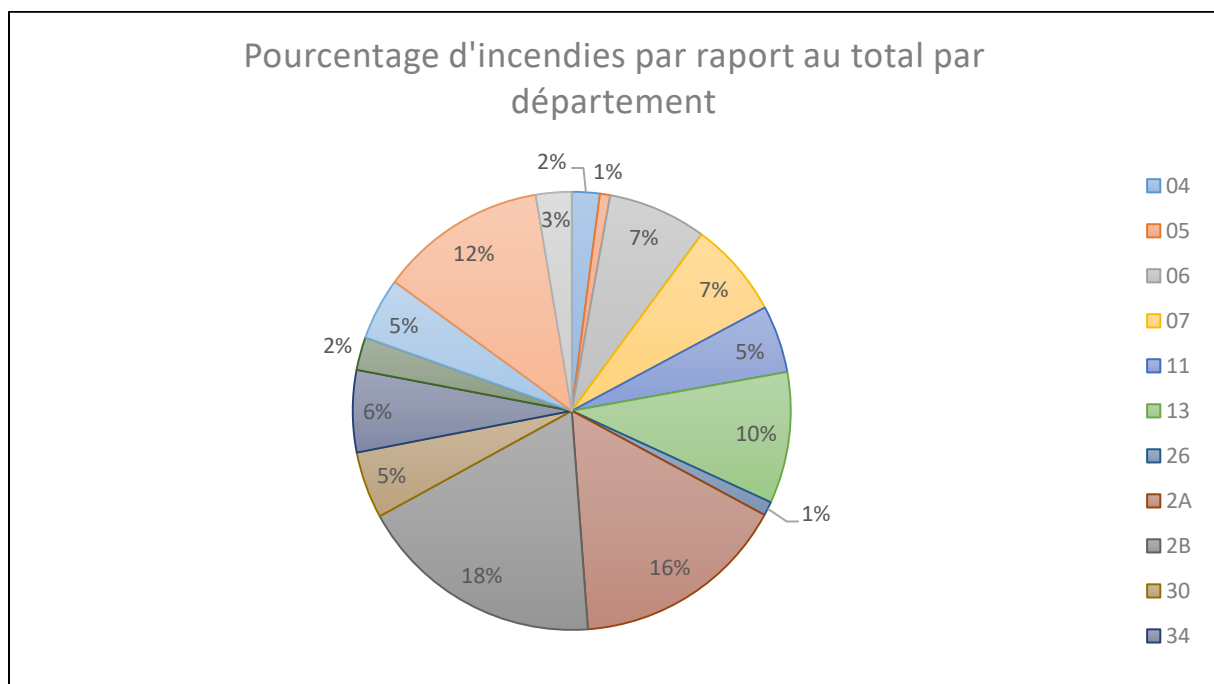


Figure 7 : Nombre d'incendies par mois et par heure

Le graphique "Nombre d'incendies au département 06 par mois et par heure" révèle une forte saisonnalité des incendies dans les Alpes-Maritimes. Les mois d'été (juin à septembre) concentrent la majorité des incendies, avec un pic en juillet et août. On constate également une variation horaire, avec une augmentation des incendies en milieu de journée et en début de soirée. Cette distribution temporelle correspond aux périodes de forte chaleur et de sécheresse, ainsi qu'aux moments d'activité humaine accrue.

- **Analyse spatiale :**



Le graphique circulaire montre la répartition des incendies de 1981 à 2022 par département, où le département 06 (Alpes-Maritimes) représente 7% du total des incendies recensés. Cette proportion relativement modérée le place en position médiane par rapport aux autres départements. Les départements codés 2B (Haute-Corse) et 2A (Corse-du-Sud) sont les plus touchés avec respectivement 18% et 16% des incendies, tandis que le département 06 partage le même niveau d'incidence que le département 07 (Ardèche).

- **Préparation des données :**

À partir du fichier Excel initial contenant les données brutes, j'ai pu créer deux nouveaux tableaux Excel distincts : "INSEE_incendie.xlsx" et "DFCI_incendie.xlsx" contenant

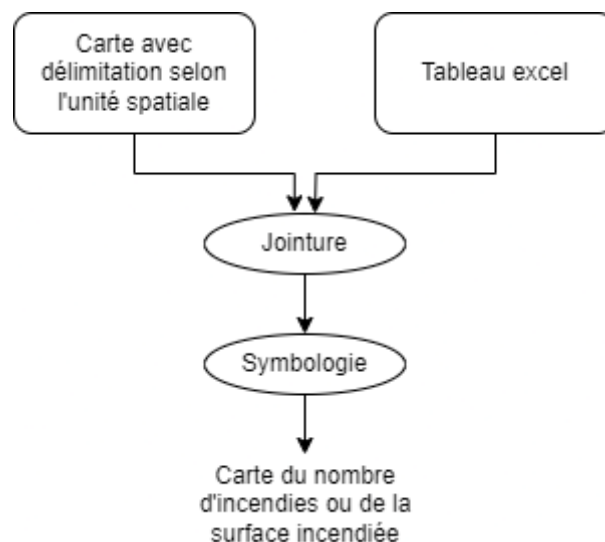
chacun. Le premier tableau contient les colonnes INSEE, Nombre d'incendies et Somme d'incendies (m2), tandis que le deuxième tableau comprend les colonnes DFCI, Nombre d'incendies et Somme d'incendies (m2). Ces fichiers restructurés pourront être importés dans QGIS pour réaliser une analyse spatiale et cartographique des incendies.

b. Utilisation de Qgis pour la production de cartes thématiques pertinentes

Dans cette étape, nous allons dans un premier temps nous focaliser sur la création de six cartes thématiques statiques distinctes : le nombre d'incendies, la somme des surfaces incendiées, le ratio de végétation, ainsi que l'altitude, le climat et la vitesse de vent à 10m de hauteur. Ces cartes seront réalisées selon deux types de découpage territorial : le maillage DFCI et le découpage communal INSEE, pour un total de douze cartes. Pour chaque type, nous annoncerons la méthodologie employée et présenterons les cartes obtenues. Et dans second temps, nous procéderons à la création de cartes dynamiques via le plugin « qgis2web », permettant une visualisation interactive des données.

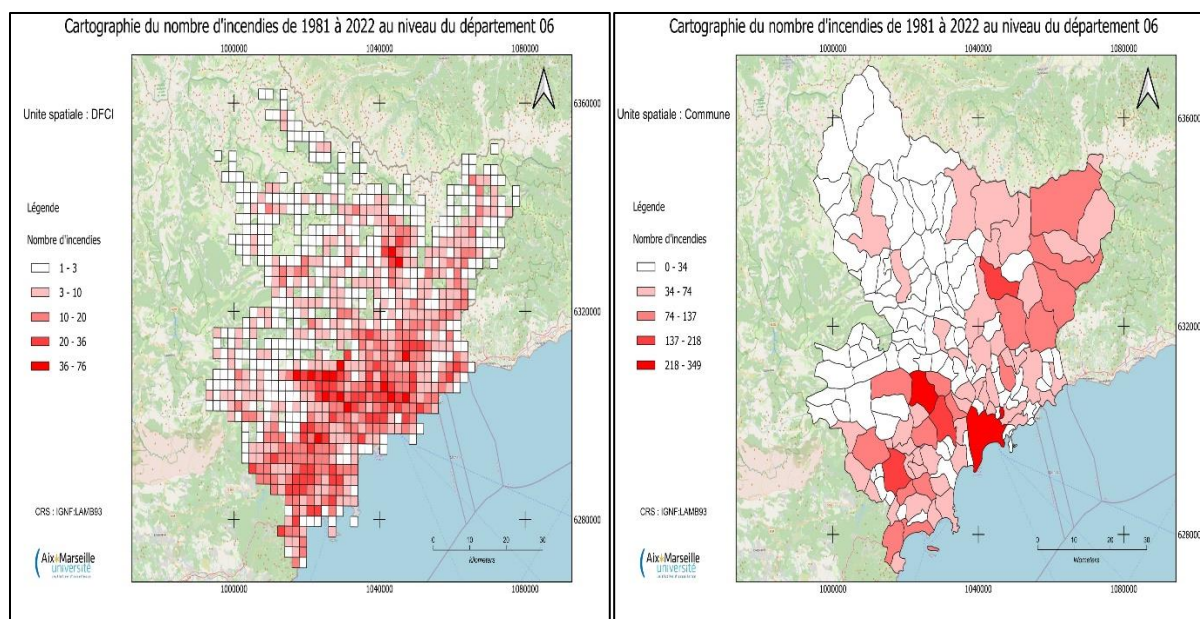
- **Cartes du nombre d'incendies et de la surface incendiée :**

La méthodologie suivie pour créer ces cartes est la suivante :

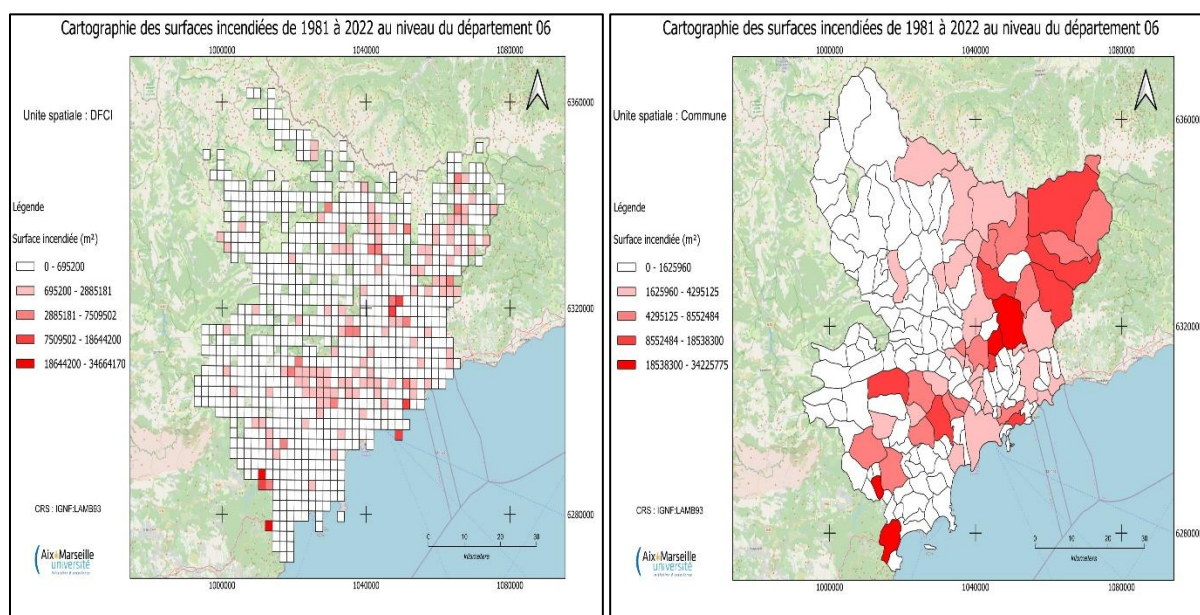


On obtient les résultats suivants :

- Pour la cartographie du nombre d'incendies :

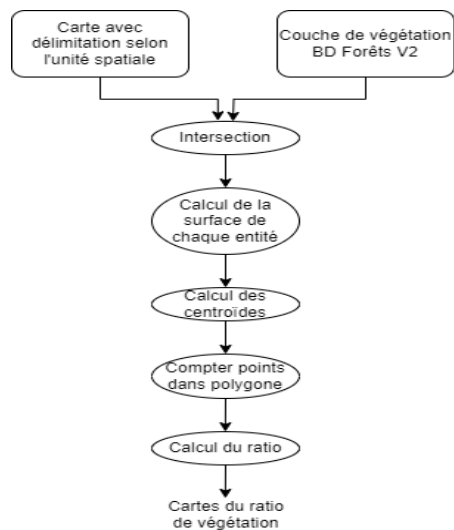


- Pour la cartographie de la surface incendiées :

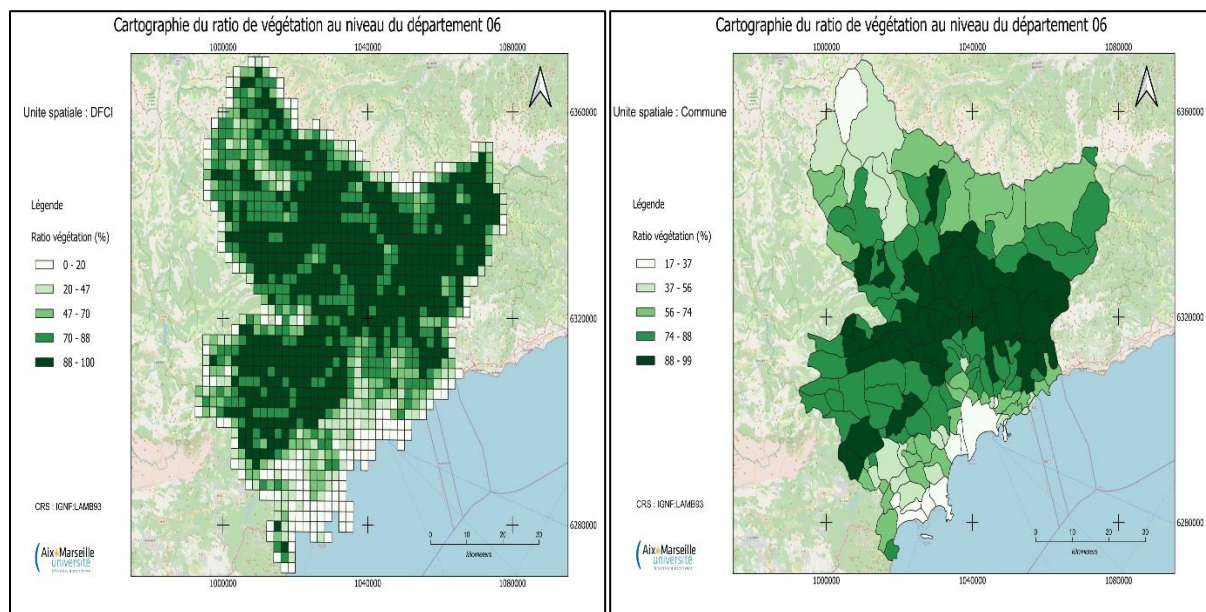


- **Cartes du ratio de végétation :**

La méthodologie suivie pour créer ces cartes est la suivante :

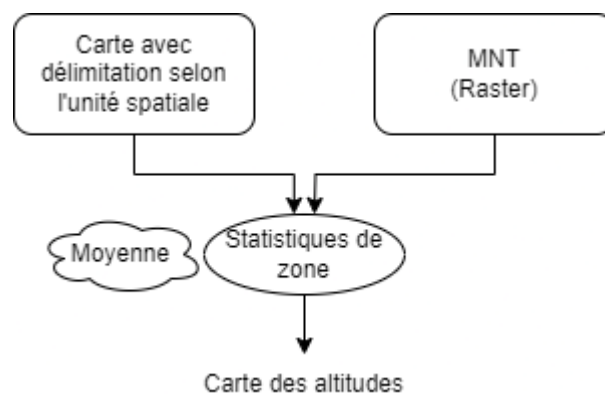


On obtient les résultats suivants :

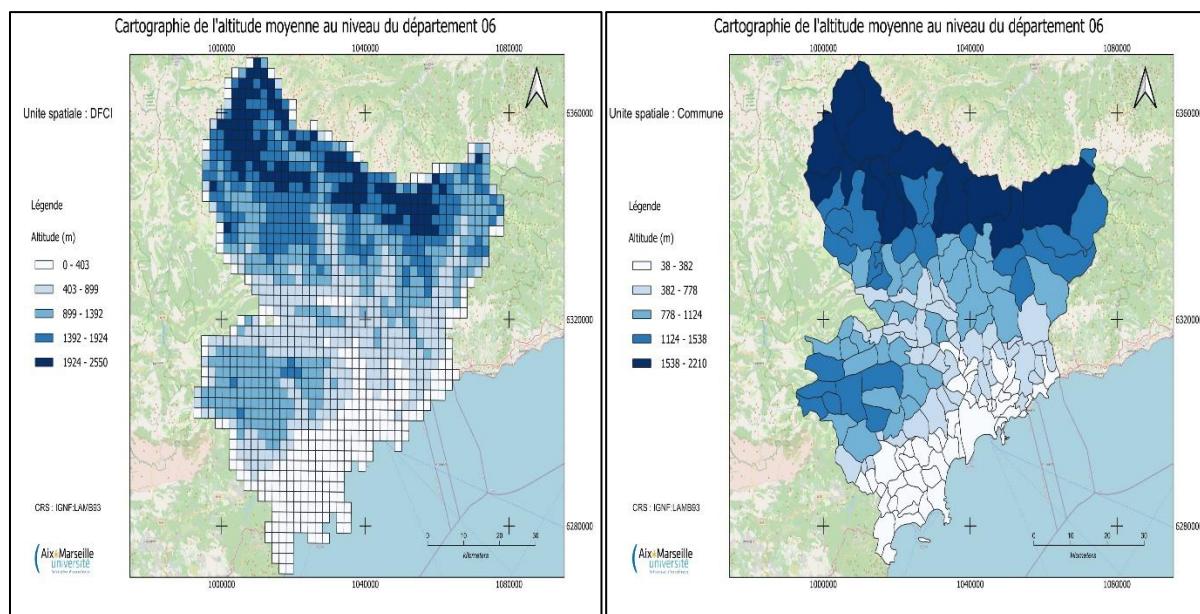


- **Cartes des altitudes :**

La méthodologie suivie pour créer ces cartes est la suivante :

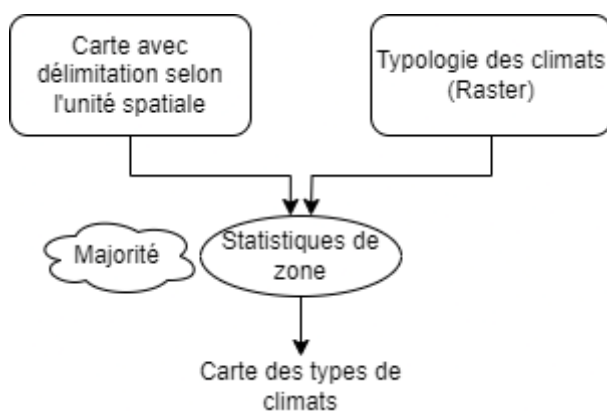


On obtient les résultats suivants :

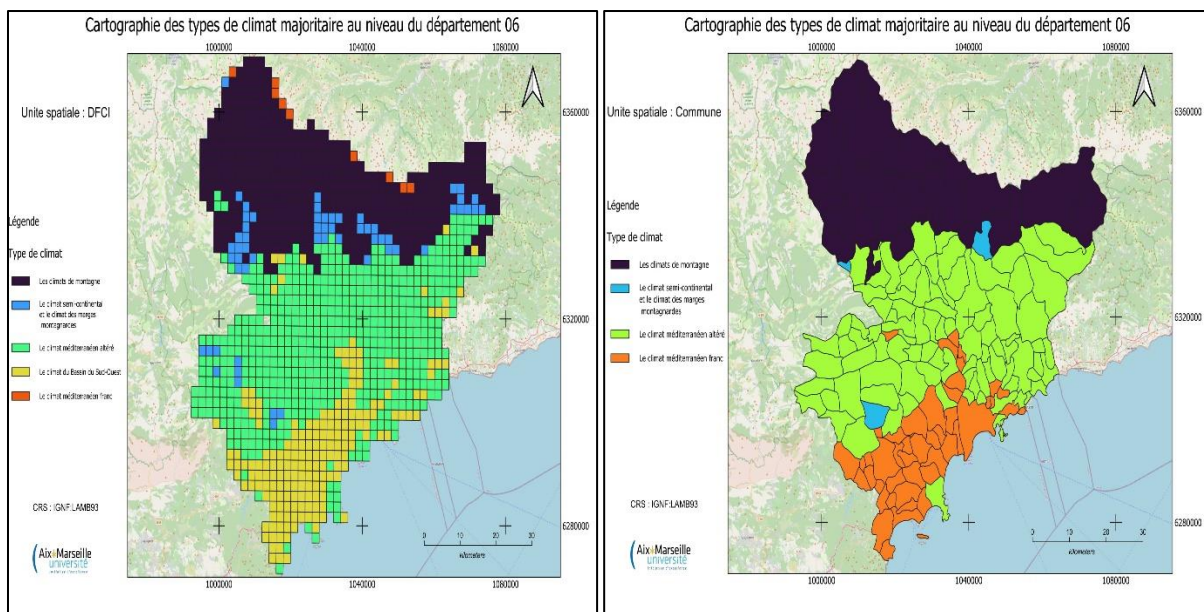


- **Cartes de la typologie de climats :**

La méthodologie suivie pour créer ces cartes est la suivante :

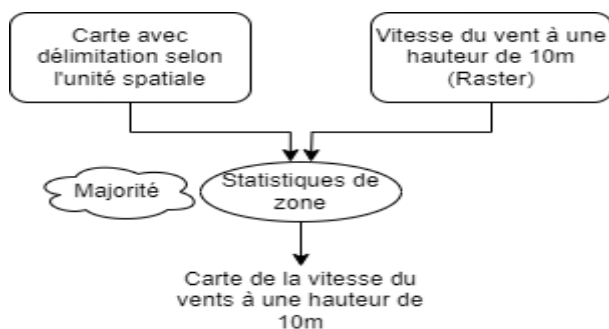


On obtient les résultats suivants :

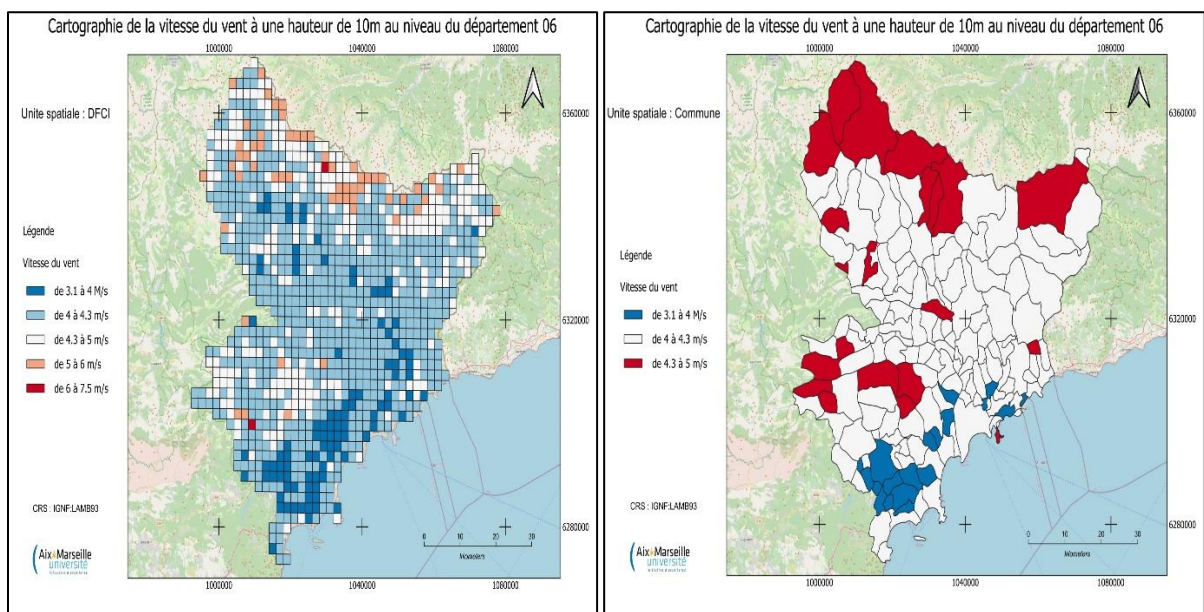


- **Cartes de la vitesse du vent à une hauteur de 10m :**

La méthodologie suivie pour créer ces cartes est la suivante :



On obtient les résultats suivants :



- **Cartes dynamiques via « qgis2web » :**

Dans cette partie, nous avons généré deux cartes interactives une basée DFCI et l'autre basée commune. Le dossier généré par le plugin pour chacune de ces cartes sera envoyé avec le rapport avec comme nom « Carte_interactive_insee » et « Carte_interactive_dfci ». Nous avons hébergé ces cartes au niveau de la plateforme GitHub Pages. Les liens pour y accéder sont les suivants :

- Carte basée DFCI : https://salama-ayoub-dev.github.io/Carte_interactive_dfci/
- Carte basée commune : https://salama-ayoub-dev.github.io/Carte_interactive_insee/

Ci-dessous un aperçu (Figure 8) d'une des cartes obtenues :

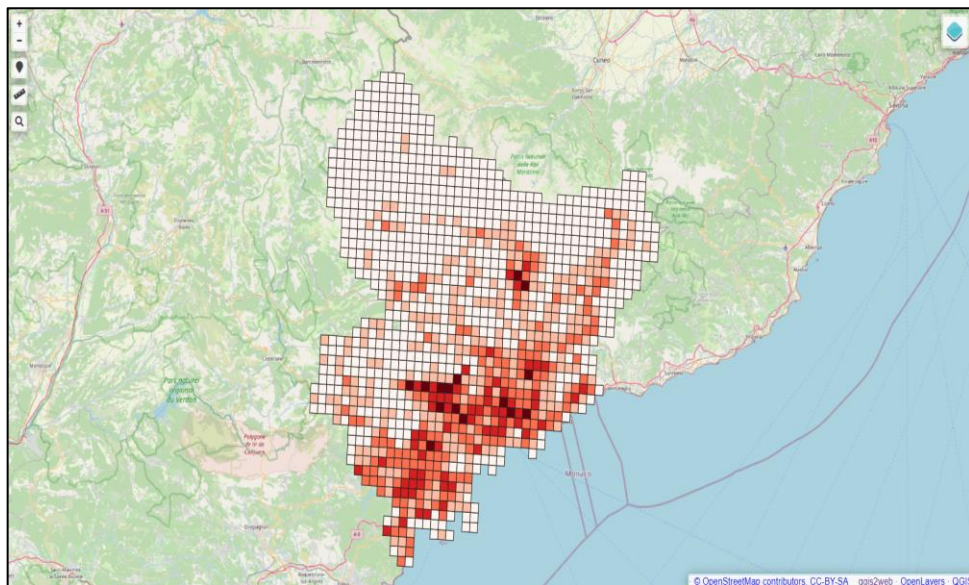


Figure 8 : Carte interactive basée DFCI

c. Utilisation de Python pour reproduire les 2 premières étapes

Dans cette partie, nous avons créé quatre scripts Jupyter Notebook, chacun ayant une mission spécifique. Nous allons expliquer de manière simplifiée chacun de ces scripts afin de donner une vue d'ensemble de leur fonctionnement et de leur utilité dans le cadre de notre projet.

- **Script 1 :**

Ce script a pour objectif de générer des tableaux croisés dynamiques et des graphiques similaires à ceux créés dans Excel. Il traite les données d'incendies pour calculer des statistiques agrégées, telles que le nombre d'incendies et la surface brûlée par unité spatiale (DFCI ou commune). Les résultats sont visualisés sous forme de tableaux et de graphiques statiques et dynamique.

- Bibliothèques utilisées : pandas, matplotlib et plotly

Un des graphes obtenus est le suivant :

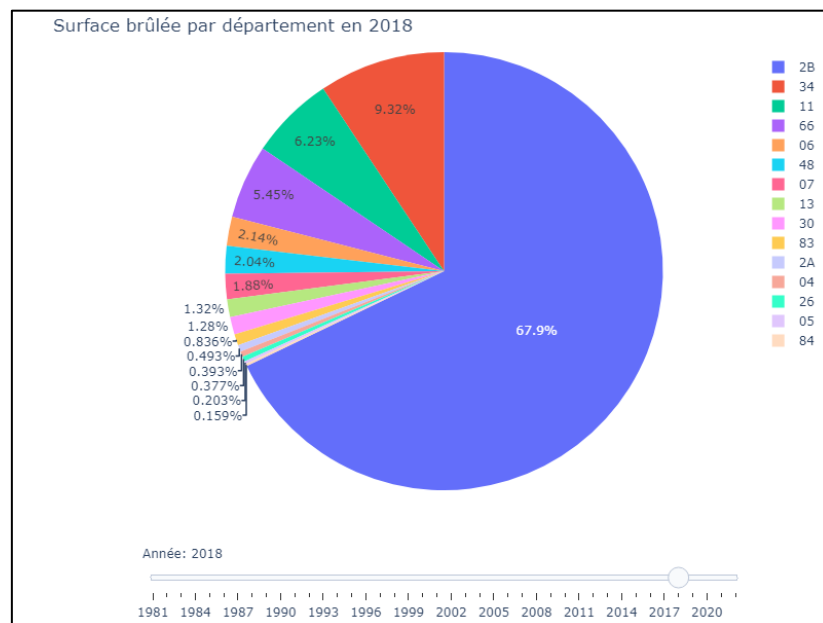


Figure 9 : Surface brûlée par rapport au total par département

- **Script 2-a :**

Ce script consiste à associer des indicateurs (nombre d'incendies, surface incendiées, ratio de végétation, altitude, climat et vitesse du vent à une hauteur de 10m) à chaque carreau DFCI et construit des cartes thématiques sans faire de représentation visuelle. C'est une étape de préparation et d'enrichissement des données géographiques, comparable à ce que l'on ferait sous QGIS.

- Bibliothèques utilisées : pandas, geopandas, matplotlib, rasterio, rasterstats et numpy

- **Script 2-b :**

Ce script est similaire au précédent, mais il utilise les communes comme unité spatiale.

- Bibliothèques utilisées : pandas, geopandas, matplotlib, rasterio, rasterstats et numpy

- **Script 3 :**

Ce quatrième et dernier script se consacre à la visualisation des cartes élaborées dans le script 2. Il génère des cartes statiques (via matplotlib et éventuellement contextily pour ajouter un fond) et/ou des cartes interactives (à l'aide de folium), permettant de représenter clairement les phénomènes étudiés.

- Bibliothèques utilisées : pandas, geopandas, matplotlib, folium, leafmap et contextily

Parmi les résultats obtenus, on trouve :

- **Cartes statiques :**

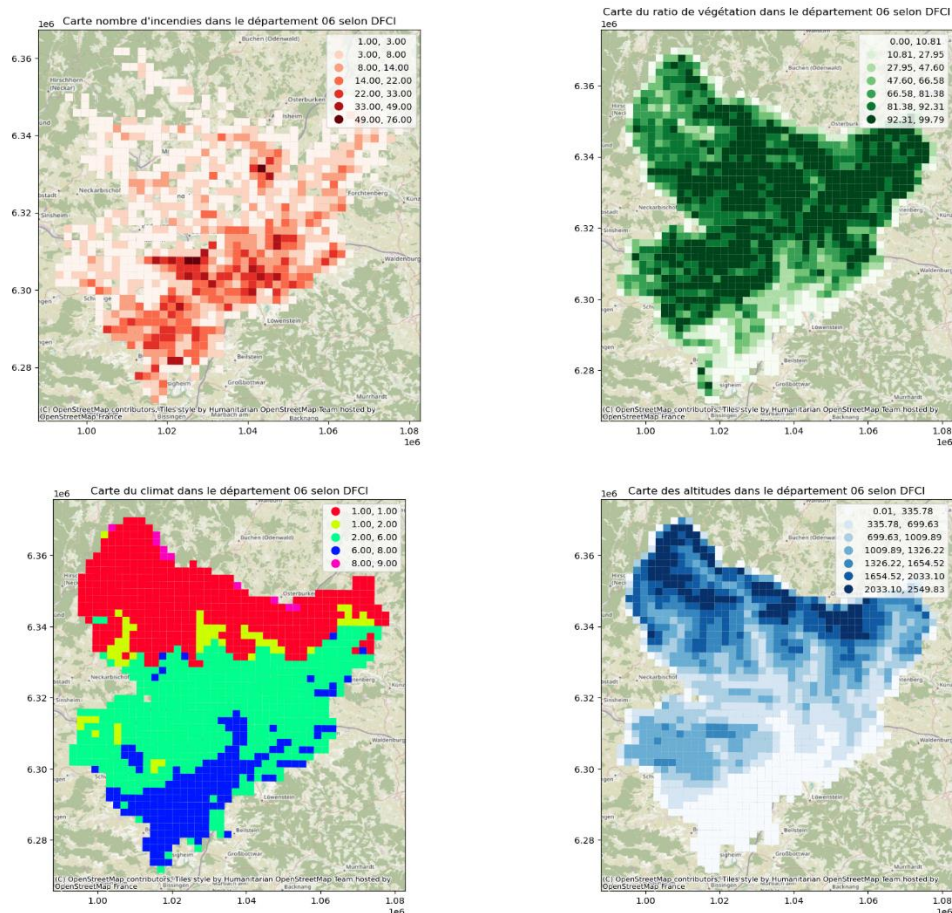


Figure 10 : Cartes statiques basées DFCI générées par python

- **Carte dynamique :**

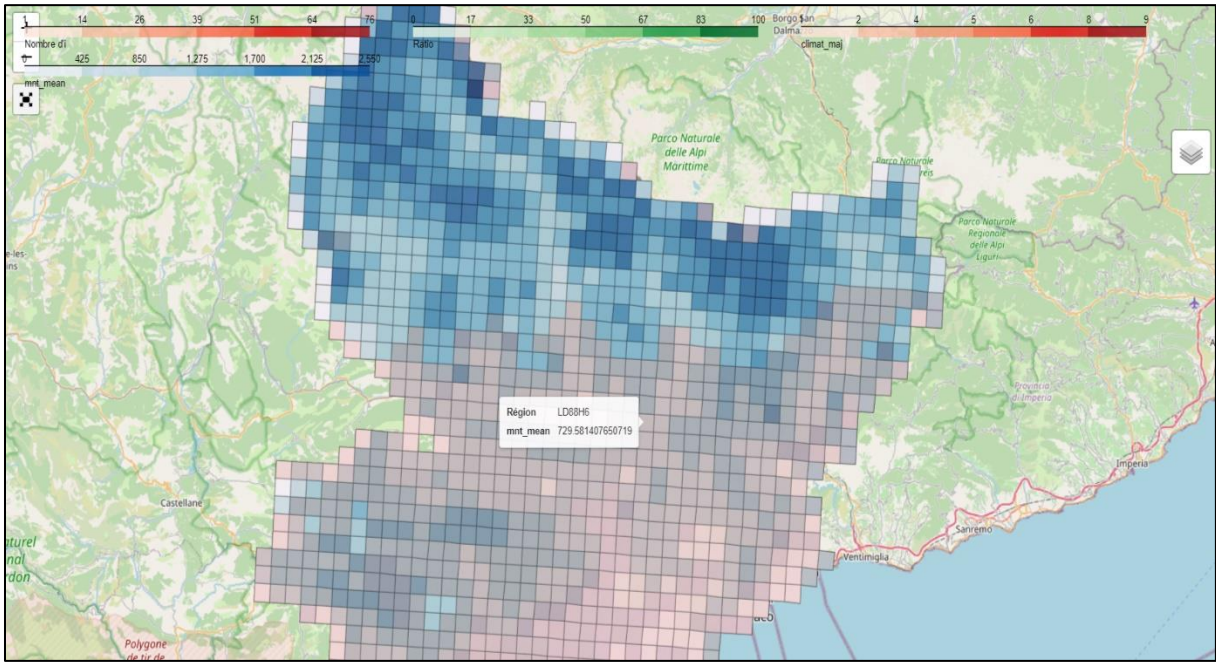


Figure 11 : Carte interactive basée DFCI générée par python

d. Création d'un dashboard en utilisant la librairie Streamlit

La quatrième étape consiste à développer un tableau de bord interactif à l'aide de la bibliothèque Streamlit, qui simplifie la création et le déploiement d'interfaces web pour la visualisation de données. Dans notre cas, l'objectif est de permettre aux utilisateurs d'explorer les informations sur les incendies de façon intuitive, grâce à des cartes thématiques, des graphiques interactifs et des résumés statistiques. Le script (dashboard.py) met en œuvre différentes composantes, notamment des contrôles pour filtrer les données, des histogrammes pour analyser la distribution des variables, et des cartes générées avec folium, le tout directement accessible depuis un navigateur web.

Notre script récupère les données traitées dans les étapes précédentes (par exemple, les surfaces incendiées ou les différentes unités spatiales) et les affiche dynamiquement sous forme de cartes ou de graphiques. Chaque composant (carte, histogramme, statistiques) peut être mis à jour en temps réel selon les filtres sélectionnés, offrant ainsi une expérience plus interactive et plus riche.

Nous avons hébergé notre application Streamlit au niveau de la plateforme Streamlit Share. Le pour y accéder est le suivant :

<https://dashboard-geovisualisation-np5ws2bwxdpc4yatej6hdj.streamlit.app/>

Ci-dessous un aperçu (Figure 12) du dashboard crée :

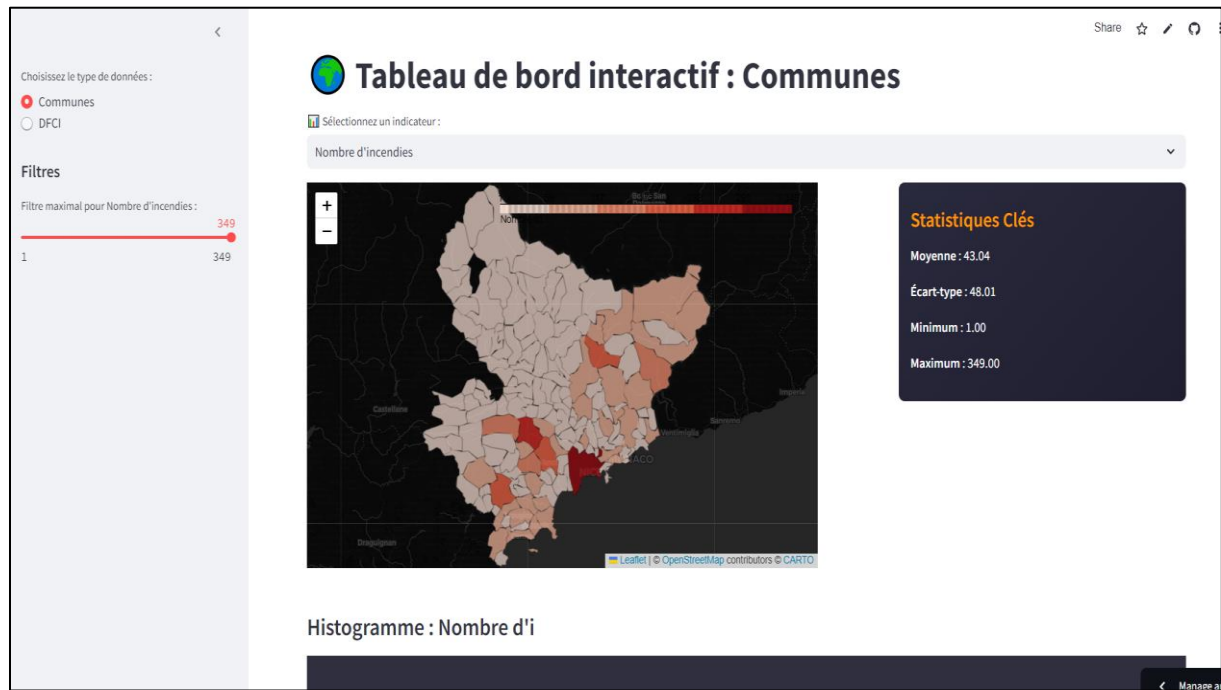


Figure 12 : Dashboard interactif

V. Conclusion

Ce rapport met en évidence l'importance de la géovisualisation pour comprendre la répartition spatio-temporelle des incendies dans le département des Alpes-Maritimes. Il montre comment l'utilisation combinée d'Excel, QGIS et Python permet de préparer, d'analyser et de cartographier efficacement ces données, puis de produire des cartes statiques et interactives. L'intégration d'un tableau de bord Streamlit facilite l'exploration et la compréhension des informations par un large public. L'approche adoptée, fondée sur des analyses multi-échelles et l'automatisation des tâches, ouvre la voie à une meilleure prévention et gestion des risques d'incendie. Elle témoigne enfin de la valeur ajoutée d'outils libres et collaboratifs dans le domaine de la visualisation de la donnée spatiale.