

# COMPTE RENDU PROJET INTER-PROMO 2025

MASTER SCIENCE ET INGÉNIERIE DES DONNÉES

## RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ET CATASTROPHES NATURELLES

UNIVERSITÉ  
DE TOULOUSE



Enseignant tuteur : Mira EL DANAOUI  
Etudiant référent : Maxime GONCUKLIYAN

## Membres du groupes

Master 1	Master 2
BOURRET Chloé DAUFES Louna DOUMA Nassira TALL Ousmane	GONCUKLIYAN Maxime LARAVINE Noah BOUGHANEM Samy GHAZI Benjamin

## Remerciements

Nous souhaitons tout d'abord exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à la réussite de ce projet.

Nous remercions chaleureusement l'Université Paul Sabatier de nous avoir permis de participer à ce précieux projet inter promo qui s'est déroulé sur deux semaines, qui nous a permis d'explorer les problématiques liés aux changements climatiques et d'approfondir nos compétences en analyse de données.

Nos sincères remerciements vont également à notre encadrante Mira EL DANAOUI pour ses conseils avisés et pour son soutien continu tout au long de la réalisation de ce projet. Grâce à leur encadrement, nous avons pu maintenir une direction claire dans nos travaux et développer une analyse rigoureuse et pertinente.

Un immense merci à tous les membres de notre équipe, dont le travail collectif et l'engagement ont permis de concrétiser ce projet ambitieux. Leur esprit d'équipe, leur sérieux et leur enthousiasme ont été des moteurs dans l'avancement de notre réflexion, tout en créant un cadre de travail agréable et stimulant.

## Table des matières

Introduction.....	5
I. Gestion de projet.....	6
II. Description des données.....	8
III. Traitement des données.....	11
1. Données climatologiques.....	11
2. Données catastrophes naturelles.....	12
IV. Tableau de bord.....	14
1. Cartes.....	15
A. Cartes climatologiques.....	15
B. Cartes catastrophes naturelles.....	17
2. Graphiques.....	21
A. Evolution du climat.....	21
B. Evolution des catastrophes naturelles.....	27
3. Etudes de cas.....	31
A. Changement climatique en montagne.....	31
B. Fortes températures en Corse.....	34
V. Corrélation et prédictions.....	38
VI. Conclusion.....	40
VII. Bilan.....	41
VIII . Références.....	42

## Table des figures

Figure 1: Diagramme de Gantt prévisionnel.....	6
Figure 2 : Diagramme de Gantt réel.....	7
Figure 3 : Structure des données climatologiques.....	9
Figure 4 : Structure des données Catastrophes naturelles.....	10
Figure 5 : Température en 1960.....	15
Figure 6 : Température en 2022.....	15
Figure 7 : Précipitations en 1960.....	16
Figure 8 : Précipitations en 2022.....	16
Figure 9 : Répartition des sécheresses en 2022.....	17
Figure 10 : Répartition des inondations en 1982.....	18
Figure 11 : Répartition des inondations en 2022.....	19
Figure 12 : Répartition des inondations en 1999.....	19
Figure 13 : Evolution des températures entre 1960 et 2024.....	22
Figure 14 : Evolution de la température en Meurthe-et-Moselle et dans les Pyrénées-Orientales.....	23
Figure 15 : Evolution des précipitations solides entre 1960 et 2024.....	24
Figure 16 : Evolution des précipitations liquides entre 1960 et 2024.....	24
Figure 17 : Evolution des précipitations liquides en août entre 1960 et 2024.....	25
Figure 18 : Evolution de l'indice d'humidité des sols entre 1960 et 2024.....	26
Figure 19 : Evolution de l'indice d'humidité des sols en août entre 1960 et 2024.....	26
Figure 20 : Répartition des catastrophes naturelles par mois.....	28
Figure 21 : Répartition du type de catastrophes naturelles.....	29
Figure 22 : Répartition des catastrophes naturelles depuis 1982.....	29
Figure 23 : Répartition des inondations par mois en 1999.....	30
Figure 24 : Répartition des incendies depuis 1982.....	30
Figure 25 : Evolution de l'enneigement du Col de Porte.....	32
Figure 26 : Evolution de l'enneigement moyen par mois.....	33
Figure 27 : Evolution de la température moyenne par mois.....	33
Figure 28 : Evolution de l'humidité des sols.....	34
Figure 29 : Evolution des précipitations liquides et solides.....	34
Figure 30 : Evolution des températures moyennes estivales en Corse.....	35
Figure 31 : Température, incendies et sécheresses en été en Corse.....	36
Figure 32 : Indice d'humidité, incendies et sécheresses en été en Corse.....	37
Figure 33 : Précipitations liquides, incendies et sécheresses en été en Corse.....	37
Figure 34 : Matrice de corrélation.....	38
Figure 35 : Prédictions des températures mensuelles.....	39
Figure 36 : Prédictions de la température annuelle moyenne.....	39

## Introduction

Chaque année, pendant les deux premières semaines de janvier, les étudiants en master 1 et master 2 de la formation SID s'engagent dans un projet inter-promotionnel, une initiative qui favorise la collaboration interdisciplinaire et la mise en pratique des compétences acquises. Pour cette année scolaire 2024-2025, ce projet est en collaboration avec le programme de l'Open Data University. Leurs objectifs sont d'acculturer à la donnée grâce à l'open data et de valoriser les données ouvertes à travers des problématiques sociales et/ou environnementales. Le programme met à disposition un ensemble de données libres ainsi que des exemples de réalisations.

Notre sujet de projet porte sur l'analyse de l'évolution climatique et les catastrophes naturelles. L'objectif de notre sujet est d'analyser le climat passé et l'évolution des catastrophes naturelles, puis de valoriser nos analyses à l'aide d'un tableau de bord.

Notre équipe, constituée de 4 étudiants en deuxième année de master et de 4 étudiants en première année, a dû mettre en place une organisation efficace pour accomplir la mission qui nous avait été confiée.

## I. Gestion de projet

L'organisation et la planification du projet a pris naissance durant les séances avec le catalyseur. Nous avons pu planifier les tâches à réaliser et leur assigner un nombre d'heures théorique. Nous avons également déterminé les risques et menaces du projet avec des potentielles solutions. Cela nous a permis de prendre connaissance du projet en avance et d'aborder ces deux semaines plus sereinement.

Au cours de ces séances, nous avons pu parvenir à l'élaboration d'un diagramme de Gantt prévisionnel qui nous a permis de se faire une première idée des délais à respecter pendant les deux semaines de projet.

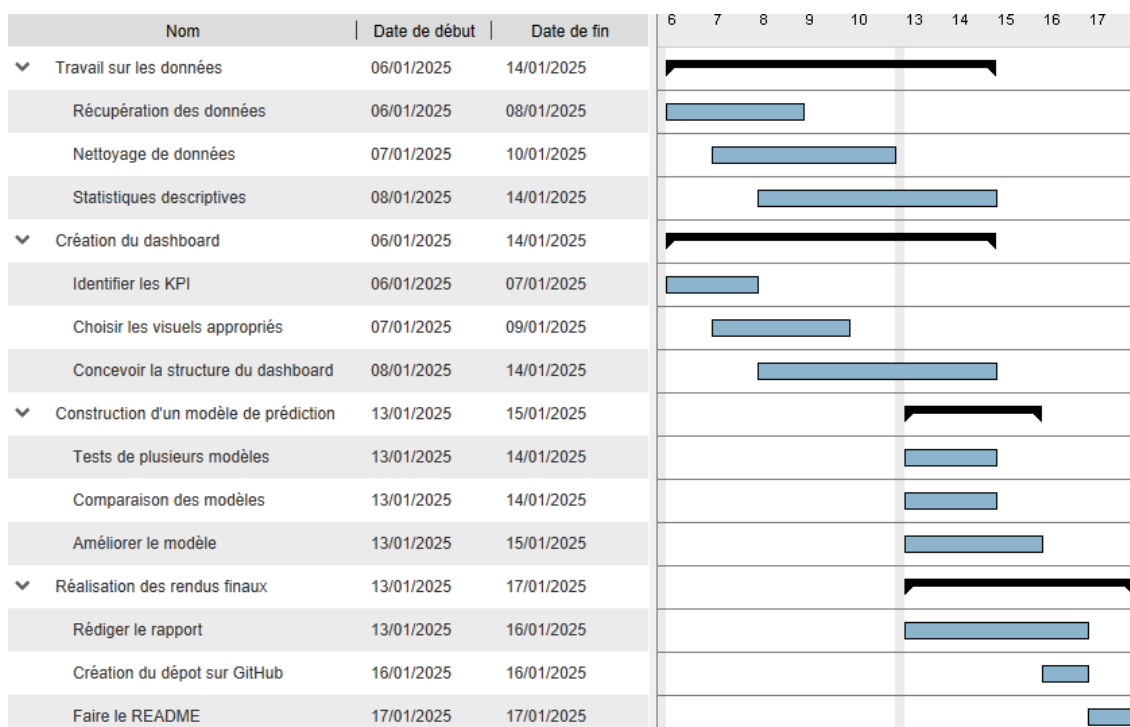


Figure 1 : Diagramme de Gantt prévisionnel

Tout au long du projet, nous avons adopté une approche collaborative en constituant des binômes et trinômes, associant des étudiants de première et deuxième année de master. Cette organisation a permis de tirer parti des compétences complémentaires de chacun, favorisant ainsi un apprentissage mutuel et une montée en compétences progressive.

La répartition des tâches a été pensée dans le but de maximiser l'efficacité du travail en parallèle. Chaque petit groupe constitué au fil du projet avait des responsabilités définies, ce qui a permis d'assurer une progression simultanée sur plusieurs aspects du projet.

La communication a joué un rôle central dans cette organisation. Des points réguliers étaient organisés chaque matin et chaque soir, afin de faire le bilan des avancées, identifier les éventuelles difficultés et ajuster la planification en conséquence. Les échanges, qu'ils soient internes à chaque groupe ou transversaux entre les différentes équipes, ont garanti une vision globale et cohérente de l'avancement du projet.

En optimisant ainsi l'organisation du travail et la circulation des informations, nous avons pu améliorer la coordination, réduire les redondances et optimiser le temps consacré à chaque tâche. Cette méthodologie s'est révélée particulièrement efficace pour assurer la réussite du projet dans les délais impartis.

Au cours des deux semaines de projet, nous n'avons pas respecté le temps d'exécution des différentes tâches. En effet, certaines ont été plus longues à cause de difficultés rencontrées tandis que d'autres ont été plus rapides. Nous obtenons donc un diagramme de Gantt réel différent de la version prévisionnelle.

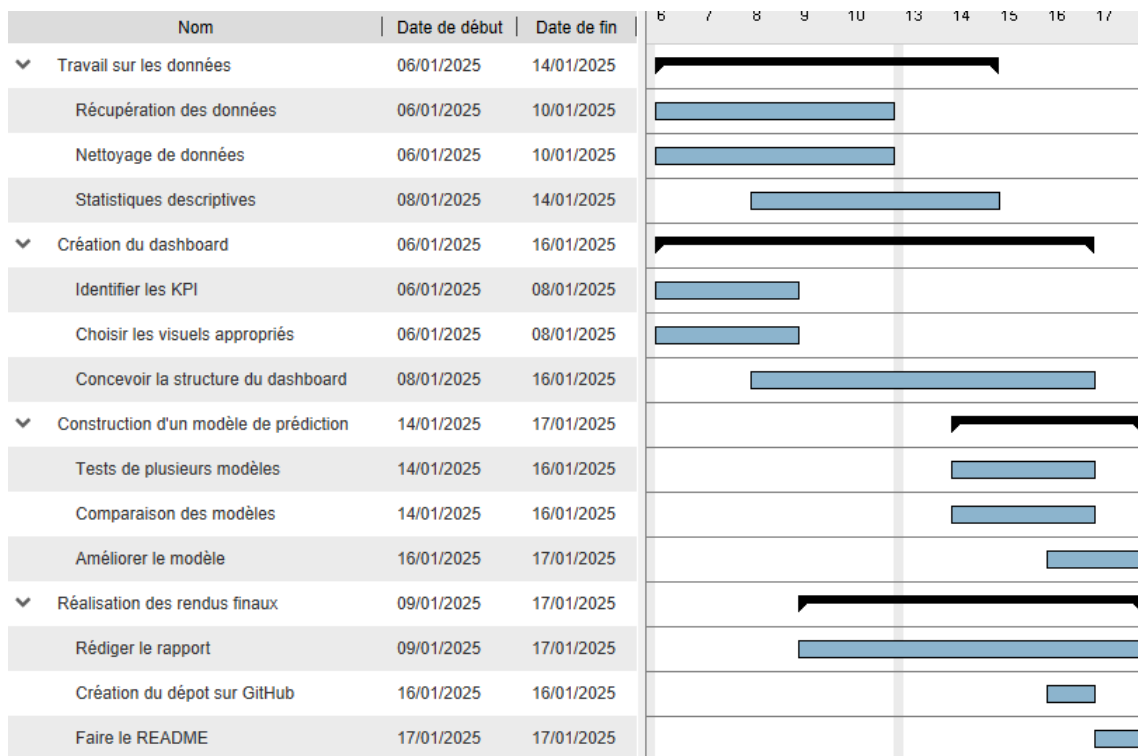


Figure 2 : Diagramme de Gantt réel



## II. Description des données

Nous avons eu à notre disposition de nombreux fichiers de données. Dans un premier temps, nous nous sommes réparti la tâche de regarder la pertinence et complétude des données qui nous ont été mises à disposition, afin de sélectionner celles qui étaient les plus appropriées pour mener à bien ce projet. Nous avons constaté une redondance des données avec deux types d'acquisitions différentes : des données de relevés météorologiques par station, et des données du modèle de simulation des schémas de surface (Safran - Isba) utilisées par Météo France. Ces données contiennent des paramètres atmosphériques de surface et des bilans des sols sous forme de points de grille issus de l'analyse de modèle simulant les flux d'eau et d'énergie à la surface terrestre.

Nous avons choisi de travailler avec ces données là en raison de leur régularité au niveau géographique (les points sont disposés de manière régulière tous les 8km), et du fait que toutes les données sont renseignées (pas de valeurs manquantes, pas de valeurs aberrantes). Ce choix nous a également permis d'éviter un travail de nettoyage qui aurait été laborieux avec les autres données (en raison d'un taux important de données manquantes notamment).

Le fichier utilisé a la particularité de contenir des données de climatologies selon des points de coordonnées en Lambert II étendu. Ces données sont enregistrées tous les mois de 1960 à 2024. Les points disponibles se trouvent principalement en France métropolitaine mais également en Belgique, Suisse, Allemagne, Autriche, Espagne et Italie au niveau des frontières.

Les variables recensées dans le fichier initial sont les suivantes, en cumul mensuel (sauf indication) :

- LAMBX : E en Lambert II étendu (en hm)
- LAMBY : N en Lambert II étendu (en hm)
- DATE : date au format AAAAMM
- PRENEI\_MENS : précipitations solides (en mm)
- PRELIQ\_MENS : précipitations liquides (en mm)
- PE\_MENS : pluie efficaces (en mm)
- T\_MENS : température moyenne (en °C)
- EVAP\_MENS : évapotranspiration (en mm)
- SWI\_MENS : indice d'humidité des sols
- ECOULEMENT\_MENS : écoulement à la base du manteau neigeux (en mm)
- DRAIN\_C\_MENS : drainage (en mm)
- RUNC\_MENS : ruissellement (en mm)

Voilà la structure des données avant traitement et tri des colonnes :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	LAMBX	LAMBY	DATE	PRENEL_MEN	PRELIQ_MEN	PRETOTM_MIT_MENS	EVAP_MENS	ETP_MENS	PE_MENS	SWI_MENS	DRAIN_MEN	RUNC_MENS	SPI1_MENS	SPI3_MENS	SPI6_MENS	SPI12_MENS	SSWI1_MENS	SSWI3_MENS	SSWI6_MENS	SSWI12_MEN	ECOULEMENT_MENS		
2	600	24010	202001 0.0	104.5	104.5	8.9	37.3	18.2	67.2	0.937	56.1	11.5	-0.04	0.90	1.58	1.08	0.30	1.75	2.09	1.55	0.0		
3	600	24010	202002 0.0	148.6	148.6	9.6	65.9	27.6	82.7	0.947	55.4	15.7	1.12	0.66	1.49	1.30	0.73	0.99	1.95	1.46	0.0		
4	600	24010	202003 0.0	67.1	67.1	8.8	53.0	51.3	14.1	0.927	62.7	7.9	0.30	0.65	1.33	1.23	1.24	0.88	1.87	1.49	0.0		
5	600	24010	202004 0.0	67.8	67.8	12.3	56.1	79.2	11.7	0.728	18.1	5.4	0.20	0.84	1.14	1.38	-0.53	0.57	1.54	1.41	0.0		
6	600	24010	202005 0.0	22.0	22.0	14.6	81.3	134.6	-59.3	0.676	16.3	1.9	-1.29	-0.62	0.23	1.31	-0.29	0.12	0.77	1.51	0.0		
7	600	24010	202006 0.0	120.3	120.3	15.6	72.4	90.3	47.9	0.608	13.8	7.4	1.67	0.55	0.75	1.43	0.01	-0.40	0.29	1.59	0.0		

Figure 3 : Structure des données climatologiques

Nous avons également fait le choix d'élargir dès le premier jour notre sujet en partant à la recherche de données libres sur les catastrophes naturelles en France métropolitaine (puisque les données climatologiques que nous avons en notre possession ne concernent que la France métropolitaine). L'objectif était de pouvoir ouvrir un peu plus notre sujet afin de pouvoir constater une potentielle évolution du climat en France sur les 60 dernières années, et voir l'incidence de cette évolution sur le nombre de catastrophes naturelles au fil des années. Nous avons trouvé des données allant de 1982 à 2024, et les avons récupérées depuis deux sources différentes :

- L'API Géorisques : cette API nous a permis de récupérer l'ensemble des catastrophes naturelles que nous avons ensuite labellisées comme 'Neige/Grêle', 'Mouvement de terrain', 'Inondations', 'Sécheresse'.
- La BDIFF (Base de Données sur les Incendies de Forêt en France) : cette base de données nous a permis de récupérer les incendies de forêt ayant pour cause une origine naturelle (c'est à dire qu'il n'y a pas d'incendies d'origine criminelle présumée dans nos données).

Après le traitement des données, qui sera détaillé dans la section suivante, les informations ont été obtenues sous la forme suivante :

- Code INSEE : identifiant unique de la commune concernée
- Département : numéro du département de la commune touchée
- Nom du département
- Année
- Mois : renseigné uniquement pour les fichiers mensuels
- Type de catastrophe (Incendie, Inondations, Neige/Grêle, Sécheresse)
- Surface : surface touchée en m², indiqué uniquement pour les incendies

En ce qui concerne les données provenant de l'API Géorisques, chaque ligne correspond à un arrêté pour catastrophe naturelle déclaré. Cela signifie que lorsqu'une même catastrophe a affecté plusieurs communes, ou s'est étendue sur plusieurs mois, une ligne distincte est présente pour chaque commune concernée, ainsi que pour chaque mois/année de l'événement, en fonction du type de fichier (annuel ou mensuel). Cela engendre une différence dans le comptage des catastrophes suivant la granularité temporelle du fichier utilisé : si une catastrophe s'étend de Juillet à Septembre sur une même année, il y aura une ligne pour chacun des trois mois durant lesquels elle a duré dans les fichiers mensuels, alors que dans les fichiers annuels il y aura une seule et unique ligne. Tout au long de notre travail nous avons veillé à conserver une cohérence à ce niveau afin de ne pas compter plusieurs fois une même catastrophe pour une même ville et même échelle de temps.

Concernant les données provenant de la BDIFF (toutes les catastrophes de type incendie), chaque ligne correspond à un incendie et une surface touchée par cet incendie. Pour le comptage nous nous sommes basés sur les surfaces touchées pour estimer de manière équivalente aux autres catastrophes naturelles, le nombre de communes qui ont pu être touchées par cet incendie.

Voilà donc la structure d'un fichier final mensuel :

	A	B	C	D	E	F	G
1	Code INSEE ▾	Département ▾	Mois ▾	Année ▾	Type catastrophe ▾	Surface ▾	Nom département ▾
2	4008	4	2	1982	Incendie	150000.0	Alpes-de-Haute-Provence
3	7262	7	4	1982	Incendie	15000.0	Ardeche
4	4135	4	4	1982	Incendie	5000.0	Alpes-de-Haute-Provence
5	7100	7	5	1982	Incendie	1000.0	Ardeche
6	7029	7	5	1982	Incendie	1000.0	Ardeche
7	83020	83	5	1982	Incendie	4000.0	Var

Figure 4 : Structure des données Catastrophes naturelles

### III. Traitement des données

#### 1. Données climatologiques

Nous avons tout d'abord converti les données Lambert en coordonnées GPS afin de faciliter leur intégration sur la carte du tableau de bord et leur mise en correspondance avec d'autres jeux de données. Par la suite, nous avons attribué un identifiant numérique à chaque point afin d'en faciliter l'identification.

Nous avons ensuite dissocié les mois et les années en créant des fichiers pour chacune des ces deux granularités temporelles. Cela nous a permis de traiter plus aisément les différents cas de figure et d'adapter le format de nos données pour les différents visuels qui ont par la suite été sélectionnés pour valoriser l'information. Au niveau géographique, les données ont été préparées sous deux formes : point par point, et département par département (en récupérant le département propre à chacun de ces points et en faisant des moyennes des différentes variables pour l'ensemble des points d'un même département).

Afin de récupérer les départements associés à chaque point de notre jeu de données, nous avons utilisé la librairie python Geopy qui permet d'interagir avec le géocodeur Nominatim. Les données fournies en entrée sont les coordonnées GPS (latitude, longitude), et les données en sortie sont les départements correspondants. Cela nous a également permis de filtrer les points afin de ne sélectionner que les points en France pour nos analyses.

Nous avons fait le choix d'ajouter une colonne d'identifiant permettant de lister les points uniques. Nous avons donc listé les couples de coordonnées et leur avons assigné un numéro. Puis, nous avons modifié le format des dates en séparant le mois et l'année. Enfin, nous avons supprimé les colonnes non nécessaires à nos analyses telles que les variables d'indice de sécheresse.

Pour finir nous avons créé un nouveau fichier contenant les moyennes des variables par année. En effet, étant donné que la plage temporelle d'étude est importante, il est parfois pertinent de construire des visuels en fonction des années plutôt que des mois..

## 2. Données catastrophes naturelles

Les données catastrophes naturelles n'étant pas initialement incluses dans les données à notre disposition, nous avons dû faire des recherches afin de trouver une source de données fiable et complète dans le but de mener à bien notre analyse. Finalement notre choix s'est arrêté sur l'API Géorisques et la Base de Données des Incendies de Forêt en France (BDIFF).

Dans le premier cas, nous avons mis en place un traitement faisant appel à l'API Géorisques. Pour cela nous avons commencé par constituer un fichier répertoriant l'ensemble des Codes INSEE de France Métropolitaine. Le code INSEE est un code numérique ou alphanumérique, élaboré par l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE), service public français chargé de la production et de l'analyse des différentes données statistiques concernant les collectivités, la géographie, les populations et les entreprises. L'utilisation du Code INSEE nous a permis de faire les appels à l'API pour chacune des villes de France, et nous a assuré une complétude de nos données pour la suite puisqu'il s'agit d'un identifiant fiable pour répertorier les communes françaises, mis en place par un institut national.

Afin de simplifier l'analyse des catastrophes naturelles nous avons décidé de regrouper la trentaine de causes de catastrophes naturelles, pertinentes dans le cadre de notre étude liée au climat, en seulement 3 causes de catastrophes naturelles :

- Les inondations : "Inondation"
- Les phénomènes liés aux précipitations solides : "Neige/Grêle"
- Les sécheresses : "Sécheresse"

Les catastrophes naturelles n'étant pas assimilables à ces trois types de catastrophe ont été supprimées pour la suite de notre analyse : par exemple les catastrophes naturelles pour "Effondrement lié à l'action mécanique des vagues" ne se révélaient pas utiles dans le cadre de notre analyse liée aux données climatologiques ne comprenant aucune information à ce sujet.

En parallèle nous avons pu récupérer par plage de 10 ans l'ensemble des incendies de forêt ayant eu lieu en France entre 1982 et 2024. Nous avons filtré ces dernières afin de ne conserver que les feux de forêt ayant une origine présumée naturelle, afin de ne pas biaiser notre étude par les feux aux causes criminelles notamment. Pour finir nous avons attribué à l'ensemble de ces données le type de catastrophe "Incendie".

Finalement l'ensemble de ces catastrophes naturelles ont été regroupées afin de constituer différents fichiers sur lesquels se basent les visualisations concernant les catastrophes naturelles par la suite :

- Données mensuelles (une ligne par catastrophe)
- Données annuelles (une ligne par catastrophe)
- Données mensuelles cumulées par département (une ligne par mois et année, département, et type de catastrophe, donnant le nombre cumulé de catastrophes pour ces critères là)
- Données annuelles cumulées par département (une ligne par année, département, et type de catastrophe, donnant le nombre cumulé de catastrophes pour ces critères là)

Pour finir, afin de joindre les deux fichiers de données climatologiques et de catastrophes naturelles, nous nous sommes basés sur les numéros de département. Puis, nous avons modifié la mise en forme des données afin de l'adapter aux besoins des graphiques que l'on souhaitait mettre en place. Nous avons ainsi créé de nouvelles colonnes pour obtenir une variable par nombre d'occurrences pour chaque type de catastrophe. Une fois ce travail réalisé, nous avons obtenu les derniers fichiers permettant la réalisation de certains visuels de notre dashboard.

#### IV. Tableau de bord

Pour la construction du tableau de bord, nous nous sommes tout d'abord renseignés sur les diverses bibliothèques et outils existants afin de choisir ceux qui nous permettraient de créer une solution de visualisation de données complète et adaptée à notre besoin. Après une évaluation des avantages et inconvénients de plusieurs solutions, nous avons décidé d'utiliser **Streamlit** ainsi que **Plotly** pour la création de visualisations interactives.

La première étape a consisté à définir les besoins du tableau de bord, notamment les visuels et filtres nécessaires. Nous avons ensuite structuré notre tableau de bord autour de différents onglets ayant chacun un but précis dans la démarche de valorisation des données : ces onglets se complètent afin d'offrir à l'utilisateur des possibilités d'analyses poussées. Les filtres majeurs sur lesquels l'utilisateur peut agir sont les suivants : la granularité géographique, la granularité temporelle, et le choix des types de catastrophe.

La structure de notre tableau de bord est détaillée dans les parties suivantes de ce rapport, avec des explications claires de son fonctionnement et des possibilités proposées, et des interprétations de visuels intéressants que nous avons pu obtenir avec notre tableau de bord.

Le lien pour accéder à notre tableau de bord est le suivant : [GitHub Dashboard](#).

## 1. Cartes

### A. Cartes climatologiques

Le premier onglet contient deux cartes : la première est une carte climatologique sur laquelle on peut afficher les différents paramètres des données climatologiques. Nous avons ici souhaité représenter l'évolution des indicateurs climatologiques entre 1960 et 2022.

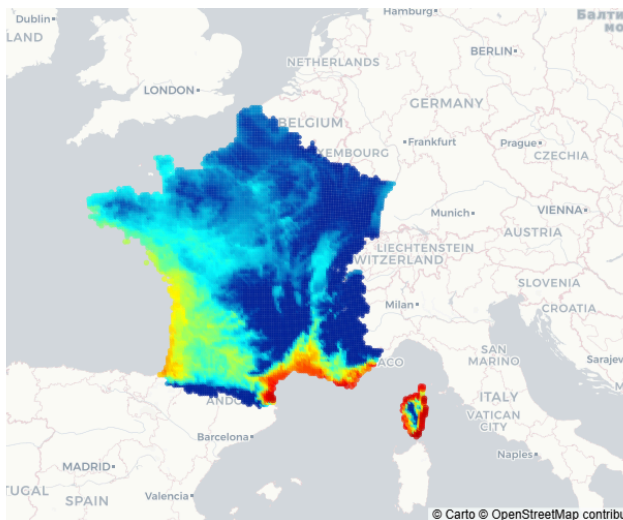


Figure 5 : Températures en 1960

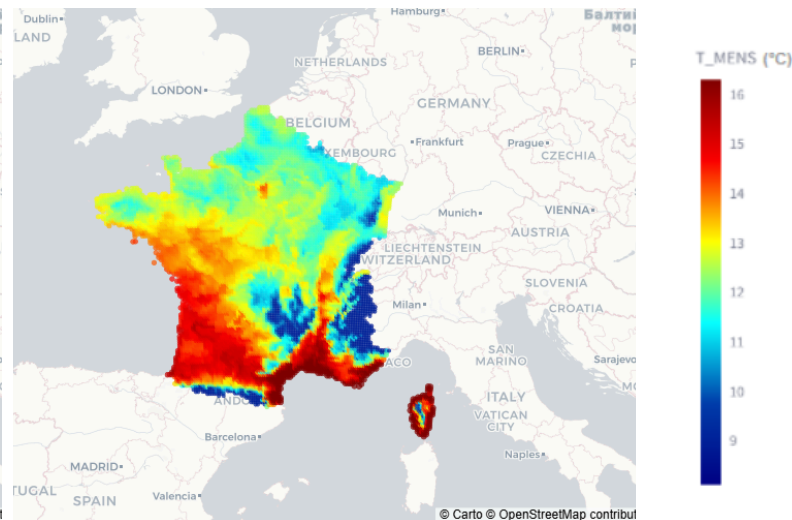


Figure 6 : Températures en 2022

Nous avons donc débuté par la variable de la température. Tout d'abord, en 1960, on remarque que la majorité de la France a enregistré des températures moyennes ne dépassant pas les 11°C. Les exceptions sont la Corse et la côte méditerranéenne, où les températures moyennes atteignent environ 15°C. Le Sud Ouest est légèrement moins froid que le Nord avec une température moyenne de 13°C. Nous avons par la suite regardé les valeurs en 2022. On remarque ici une augmentation significative de la température. En effet, la température moyenne atteint presque 18°C dans le sud et autour de la Méditerranée et en Corse. Dans le nord, la température moyenne est passée d'environ 10°C à 13°C en 62 ans. Nous remarquons également un réchauffement moins marqué dans certaines régions. C'est notamment le cas des Alpes et des Pyrénées, ce qui s'explique par l'altitude des points. Les valeurs que nous observons sur les années 1960 et 2022 ne sont pas des cas particuliers, et suivent la tendance que nous étudierons dans une prochaine partie.



[Extrait de l'article de data.gouv]<sup>1</sup>

*“En France métropolitaine, le climat a évolué depuis le milieu du XXe siècle sous l'effet du changement climatique. On observe ainsi une hausse des températures moyennes en France de 1,7 °C depuis 1900. C'est plus que le réchauffement constaté en moyenne dans le monde estimé à environ 1 °C depuis 1850 selon le rapport 1,5 °C du Giec. Les effets du changement climatique sont sensibles en France sur les précipitations, les vagues de chaleur, l'enneigement, les sécheresses, et impactent les événements extrêmes...”*

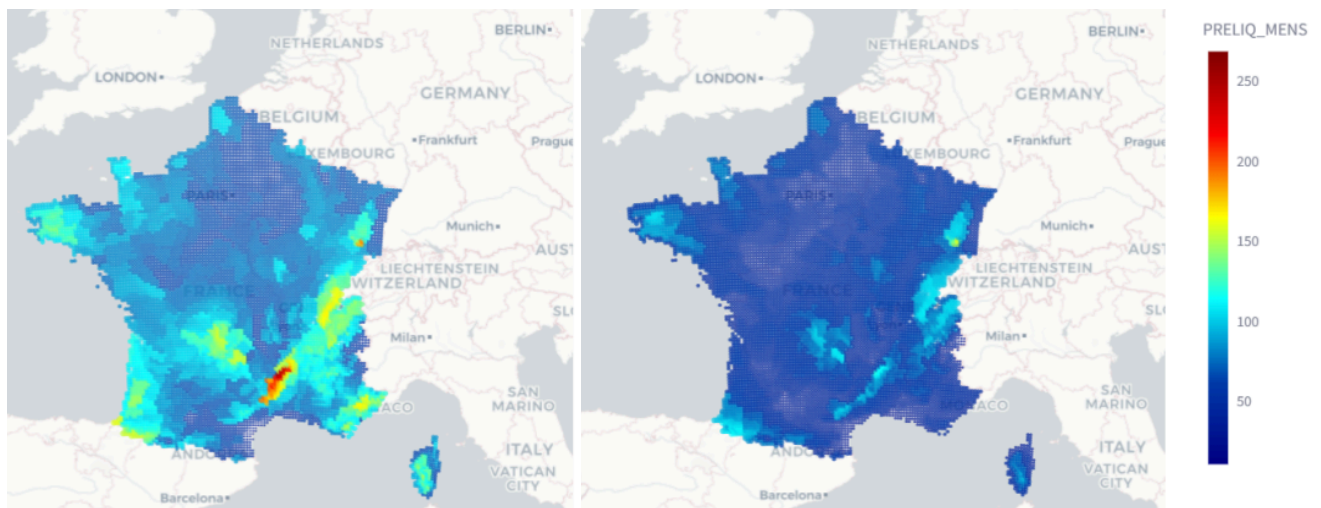


Figure 7 : Précipitations en 1960

Figure 8 : Précipitations en 2022

Nous avons ensuite représenté l'évolution d'autres paramètres climatologiques tels que les précipitations liquides entre 1960 et 2024.

Les valeurs observées dans les captures d'écran ci-dessus ne suivent pas une tendance définie d'évolution des précipitations liquides moyennes au fil du temps. En effet, ces années sont des exemples particuliers. Avec plus d'analyses, nous avons conclu que la tendance globale n'est pas à l'augmentation et dépend des années. Cela montre que la représentation des paramètres climatologiques à l'aide de ces cartes n'est pas toujours satisfaisante.

Les deux exemples précédents donnent une idée intéressante de ce qu'il est possible d'observer à l'aide de cette carte, ainsi que des limites de cette dernière. L'ensemble des variables climatologiques sont sélectionnables pour effectuer des analyses similaires sur cette carte. Elles représentent un outil intéressant de visualisation de l'évolution sur l'ensemble du territoire pour les différents paramètres en variant l'année sélectionnée à l'aide du curseur présent dans le tableau de bord. Pour certains paramètres tels que la température, les comparaisons au fil du temps permettent déjà de deviner une tendance générale d'évolution climatique en France.

<sup>1</sup> [Voir article \[1\]](#)

## B. Cartes catastrophes naturelles

Les catastrophes naturelles sont souvent citées comme l'une des conséquences visibles des changements climatiques. Cependant, détecter des tendances précises pour les différents types de catastrophes reste complexe. Si la fréquence et l'intensité de certains événements, tels que les inondations, les sécheresses ou les incendies, semblent avoir augmenté, cette évolution n'est pas linéaire. On observe plutôt l'apparition d'années particulièrement extrêmes en termes de nombre de catastrophes, ce qui souligne la variabilité et l'imprévisibilité des phénomènes climatiques.

Nous avons donc représenté ces catastrophes naturelles tout d'abord sur des cartes pour voir la répartition en fonction des départements. Ces cartes sont des outils d'analyse en complément des cartes climatologiques. Afin de fluidifier la lecture des cartes, nous avons appliqué un logarithme sur le nombre de catastrophes naturelles, afin d'avoir une échelle non biaisée par des valeurs trop extrêmes. Pour ce qui est de l'analyse de l'évolution des catastrophes naturelles, nous avons préféré des graphiques présentés par la suite.

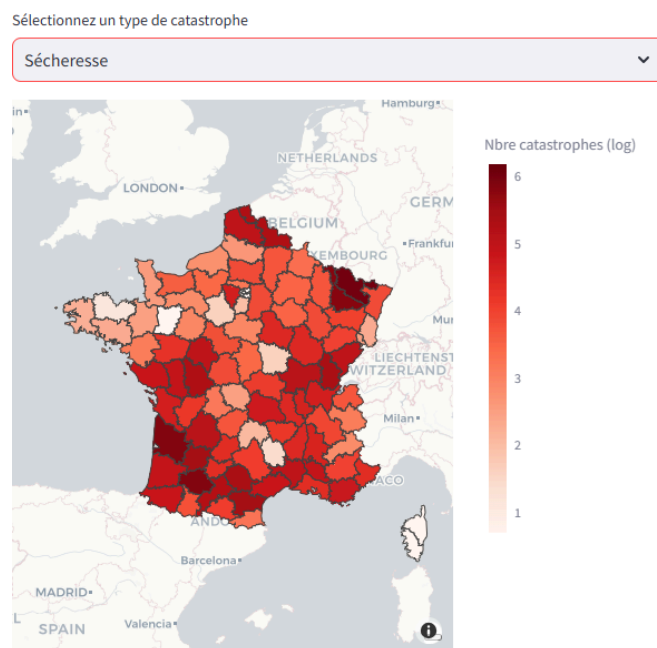


Figure 9 : Répartition des sécheresses en 2022

Cette carte représente les sécheresses enregistrées en 2022. On remarque par exemple  $\exp(6) = 403$  sécheresses enregistrées dans l'année dans le département de Moselle. Globalement, la France est de plus en plus touchée par les sécheresses. Cela est cohérent avec l'évolution des précipitations vue précédemment.

[Extrait de l'article du Centre de ressources de l'adaptation au changement climatique]<sup>2</sup>  
*La sécheresse menace notre consommation d'eau dans de nombreux domaines. Été 2022, une centaine de communes, privées d'eau potable, ont dû être alimentées en eau par camions-citernes. 2 MD de m3 d'eau manqueront en 2050 si la demande reste stable (source : Mission interministérielle sur les impacts du changement climatique, l'adaptation et les coûts associés en France). Par ailleurs, la sécheresse a des impacts sur la qualité d'eau (eutrophisation, température de l'eau) et la biodiversité (faune et flore).*

De la même façon, nous avons représenté les incendies, les inondations et les catastrophes liées à la neige et la grêle.

On peut voir la répartition de l'inondation de la France entre 1982 et 2022.

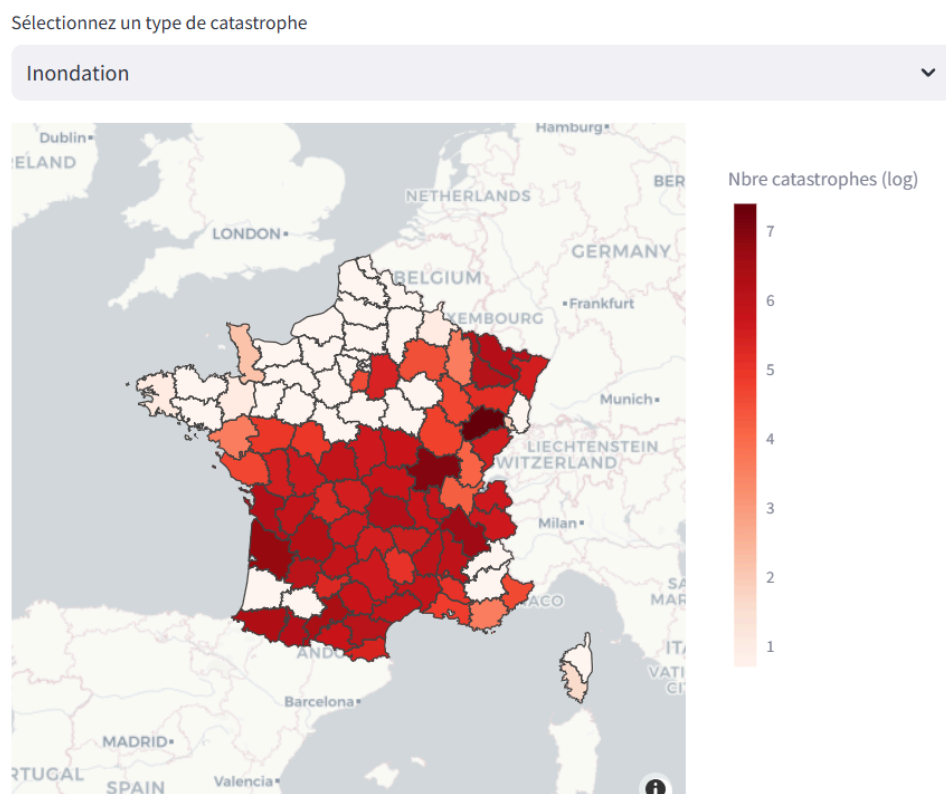


Figure 10 : Répartition des inondations en 1982

En 1982, la carte de l'inondation montre une différence marquée entre le nord et le sud du territoire de la France. Le nord, avec des teintes plus claires, indique une moindre exposition aux inondations, tandis que le sud, coloré teintes rouge, reflète des inondations plus élevées.

<sup>2</sup> [Voir article \[2\]](#)

Sélectionnez un type de catastrophe

Inondation

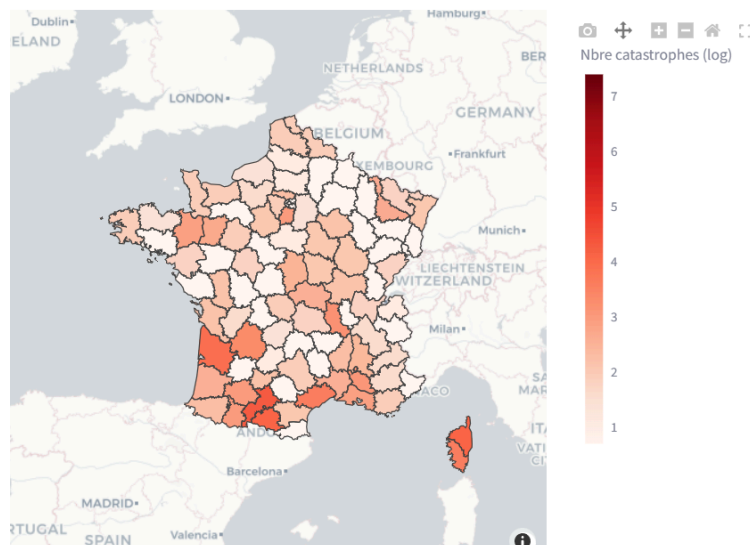


Figure 11 : Répartition des inondations en 2022

En 2022, la carte montre une réduction globale des inondations par rapport à 1982. Les teintes rouges, marquant une intensité élevée, sont nettement moins présentes, indiquant une diminution de la fréquence ou de l'ampleur des inondations.

Enfin, l'analyse de nos graphiques a mis en évidence une année particulièrement extrême en termes d'inondations : 1999, marquée par la 'tempête du siècle'. Cette observation est d'ailleurs corroborée par notre carte, qui illustre clairement l'impact de cet événement exceptionnel sur notre territoire.

Sélectionnez un type de catastrophe

Inondation

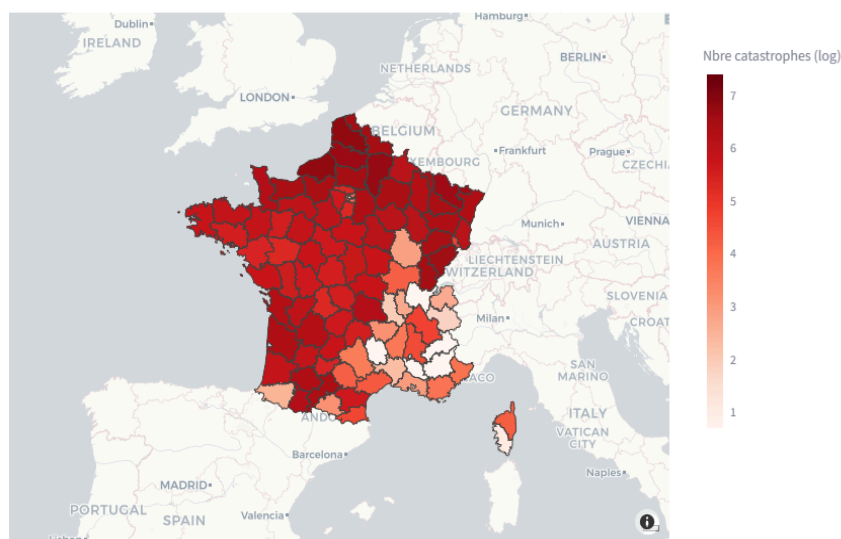


Figure 12 : Répartition des inondations en 1999

Ces cartes des catastrophes naturelles, bien qu'elles ne permettent pas de dégager une tendance ou une évolution claire dans le temps, offrent un outil précieux pour observer des années particulièrement marquées par des événements extrêmes. Elles complètent efficacement nos graphiques en apportant un éclairage géographique, permettant ainsi de confirmer ou d'enrichir nos analyses sur la répartition des catastrophes à l'échelle nationale.

## 2. Graphiques

Les deuxième et troisième onglets sont composés de graphiques permettant d'observer l'évolution des variables climatologiques et des occurrences de catastrophes naturelles, en agissant sur les différents filtres mis en place.

### A. Evolution du climat

Le deuxième onglet du tableau de bord se concentre sur l'évolution du climat en France métropolitaine entre 1960 et 2024. Les graphiques présentent l'évolution des paramètres suivants :

- Température moyenne
- Précipitations liquides
- Précipitations solides
- Humidité des sols

Par défaut, les 4 graphiques affichés montrent l'évolution de ces paramètres pour l'ensemble de la France métropolitaine, entre 1960 et 2024, avec des moyennes annuelles. Cependant, afin de permettre à l'utilisateur de tirer un maximum de conclusions sur l'évolution de ces différents paramètres, il est possible d'agir sur les différents filtres :

- La plage temporelle d'étude : afin de se focaliser sur une période donnée il peut être intéressant d'ignorer une partie des données pour regarder l'évolution sur une période plus courte.
- La zone géographique d'étude : il est possible d'obtenir ces graphiques pour l'ensemble de la France métropolitaine, ou pour seulement un ou plusieurs départements.
- Les mois d'études : par défaut la moyenne annuelle pour la zone géographique sélectionnée est affichée, mais il est parfois intéressant d'étudier l'évolution de paramètres sur une période de l'année précise : par exemple la température sur l'hiver, ou les précipitations liquides en août. Pour cela l'utilisateur peut sélectionner seulement le(s) mois souhaité(s) afin d'adapter son analyse.

Sur chaque graphique, les points correspondent à la valeur sur une année pour les mois et départements sélectionnés, et deux autres tracés sont ajoutés :

- La courbe bleue est une régression LOWESS (Locally Weighted Scatterplot Smoothing). Cette méthode permet de lisser les données tout en conservant les fluctuations locales, ce qui aide à visualiser une tendance générale non linéaire au fil du temps. Elle est particulièrement utile pour mettre en évidence les évolutions à

long terme tout en réduisant l'influence des anomalies ou des fluctuations ponctuelles.

- La courbe pointillée rouge correspond à une moyenne mobile. Contrairement à la régression LOWESS, elle calcule la moyenne des valeurs dans une fenêtre glissante fixe (ici sur 3 ans). Cela permet de lisser les variations à court terme tout en capturant les évolutions globales de manière simple et intuitive.

Ces deux tracés supplémentaires ont pour objectif de capturer la tendance globale d'évolution de ces paramètres, ou au contraire de montrer si aucune tendance ne semble observable sur le graphique affiché.

Le premier graphique (figure 13 ci-dessous) montre l'évolution de la température moyenne annuelle au fil des années.

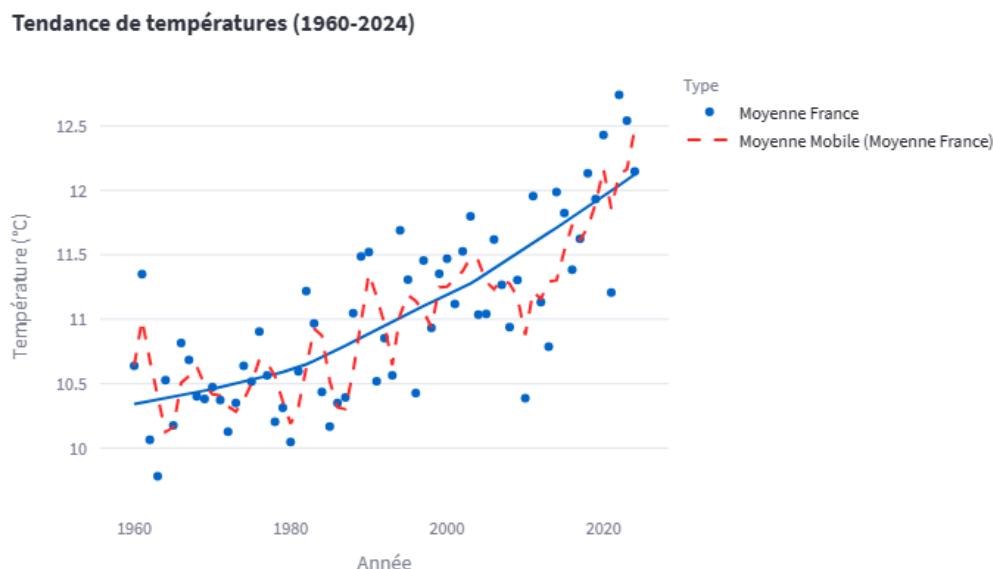


Figure 13 : Evolution des températures entre 1960 et 2024

Avec les critères par défaut de l'onglet, on observe une augmentation générale de la température entre 1960 et 2024. L'augmentation est d'environ 1.5°C sur l'ensemble de la France métropolitaine en une soixantaine d'années, et la tendance semble relativement régulière comme en témoigne la régression LOWESS sur ce graphe. Cette observation coïncide avec le chiffre annoncé par le Centre de ressources pour l'adaptation climatique<sup>3</sup> qui a annoncé une augmentation moyenne de près de 1.7°C entre le début du XXème siècle et 2022. En agissant sur le filtre des départements, on peut par ailleurs constater une tendance similaire sur l'ensemble de la France métropolitaine. En particulier, l'année

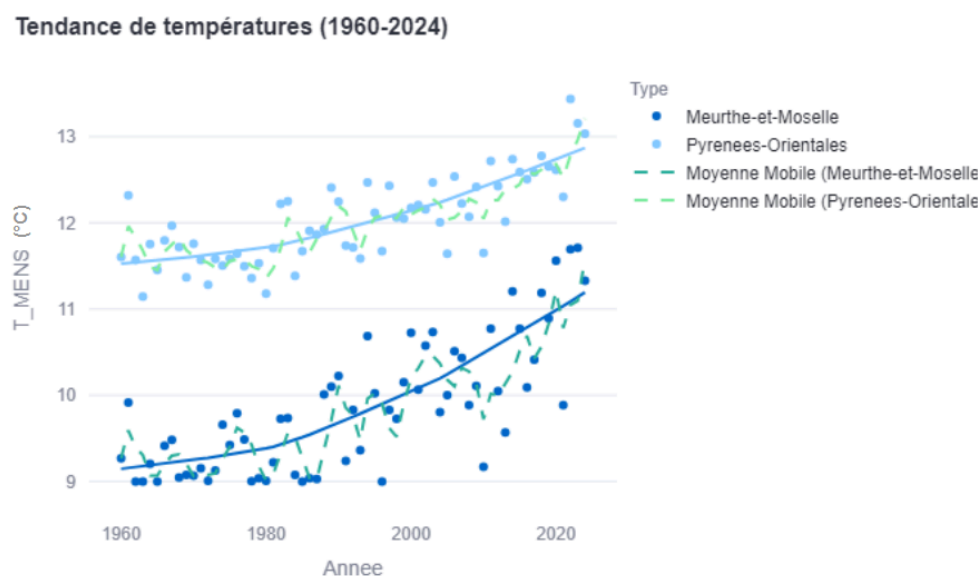
<sup>3</sup> [Voir article \[3\]](#)



2022 se distingue comme l'année la plus chaude depuis 1960 tandis que l'année 1963 est l'année la plus froide depuis 1960.

Dans la figure 14 ci-dessous, on voit l'évolution de la température moyenne annuelle dans deux départements aux profils très différents :

- Les Pyrénées-Orientales : département au climat méditerranéen et montagnard, situé dans le sud de la France dans lequel l'augmentation moyenne de la température annuelle constatée est en dessous de la moyenne nationale (autour d' $1.3^{\circ}\text{C}$  dans ce département).
- La Meurthe-et-Moselle : département au climat semi-continental, situé dans le nord-est de la France dans lequel l'augmentation moyenne de la température annuelle constatée est au-dessus de la moyenne nationale (autour de  $2^{\circ}\text{C}$  dans ce département).



*Figure 14 : Evolution de la température en Meurthe-et-Moselle et dans les Pyrénées-Orientales*

Ce visuel permet ainsi d'observer les tendances pour différents départements en parallèle, et d'étudier l'impact du changement climatique sur différentes zones de la France métropolitaine.

Deux options s'offrent à l'utilisateur lorsqu'il sélectionne plusieurs départements : il peut choisir d'observer les valeurs et tendances de température de manière séparée (tel que c'est le cas dans la figure 14) ou de faire une moyenne sur ces départements là. Cette deuxième possibilité permet par exemple d'observer l'évolution d'un paramètre sur une zone plus précise de la France métropolitaine en sélectionnant par exemple l'ensemble des



départements méditerranéens, ou encore les départements dans lesquels on retrouve les principales hautes montagnes de France métropolitaine.

Le deuxième graphique (figure 15 ci-dessous) montre l'évolution moyenne des précipitations solides : celles-ci regroupent la neige et la grêle qui ne peuvent donc être différenciées puisque c'est de cette manière que les données sont constituées.

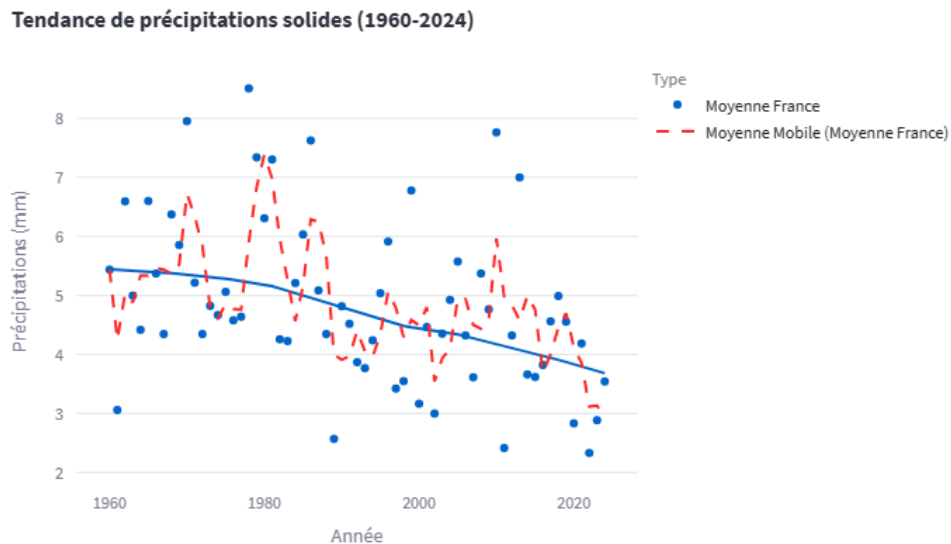
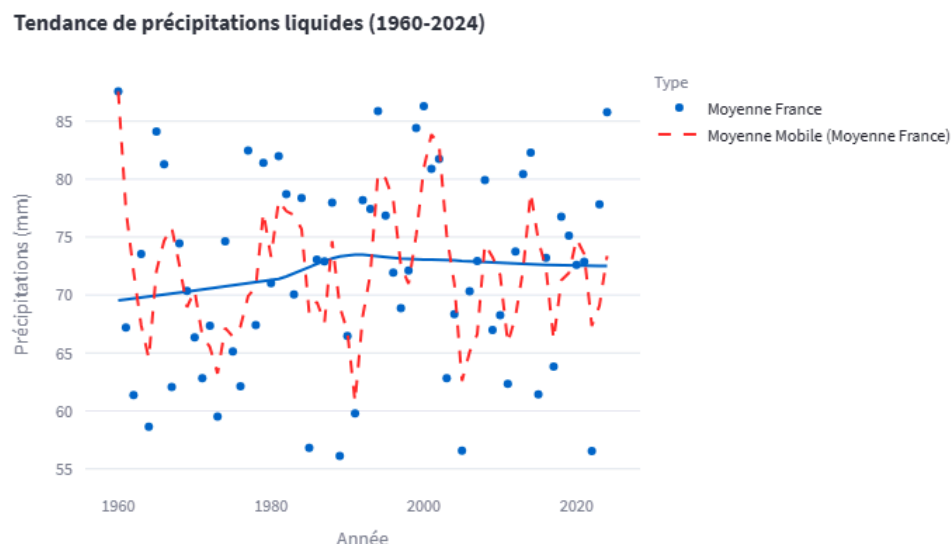


Figure 15 : Evolution des précipitations solides entre 1960 et 2024

La baisse des précipitations solides moyennes au fil des années visible dans la figure 15 fait sens notamment au vu de ce que l'on peut observer au niveau de l'évolution de la température. Des températures élevées impliquent une baisse des précipitations solides, et une augmentation des liquides. Cela a fait l'objet d'une étude plus poussée au cours de ce projet, qui sera détaillée dans la suite de ce rapport.

Le troisième graphique porte sur les précipitations liquides (voir ci-dessous).



On remarque sur la figure 16 ci-dessus que pour la France métropolitaine, il ne semble pas y avoir de tendance d'augmentation ou de diminution pour les moyennes annuelles. D'une année sur l'autre, les précipitations moyennes annuelles varient mais on n'observe pas d'évolution particulière au fil du temps.

Cependant en agissant sur le filtre de sélection des mois et en étudiant l'évolution des précipitations liquides pour le mois d'août au fil des années, on observe sur la figure 17 ci-dessous qu'il semble y avoir une tendance à la baisse.

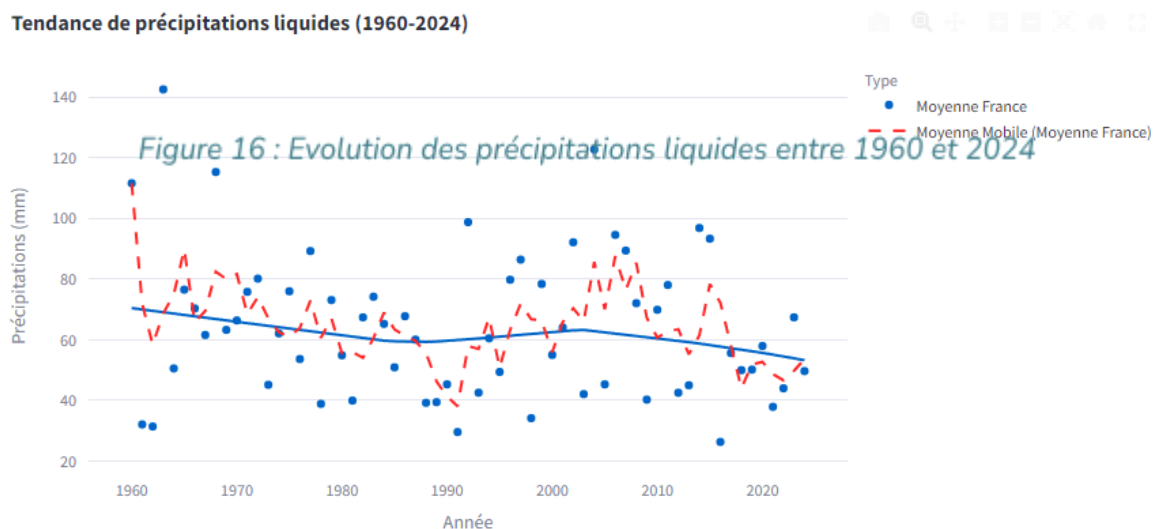


Figure 17 : Evolution des précipitations liquides en août entre 1960 et 2024

On a donc un phénomène d'assèchement du mois d'août, et la tendance pourrait indiquer que les mois d'août pourraient bénéficier de moins en moins de précipitations liquides dans les années à venir. Ce phénomène coïncide également avec une augmentation particulièrement forte de la température moyenne sur les mois d'août au fil des années (plus forte que l'augmentation constatée sur les moyennes annuelles).

De manière similaire, on observe dans le quatrième graphique (figure 18 ci-dessous) un assèchement des sols, avec une diminution globale de l'indice d'humidité des sols, et notamment pour le mois d'août (figure 19).

Tendance de l'indice de l'humidité (1960-2024)

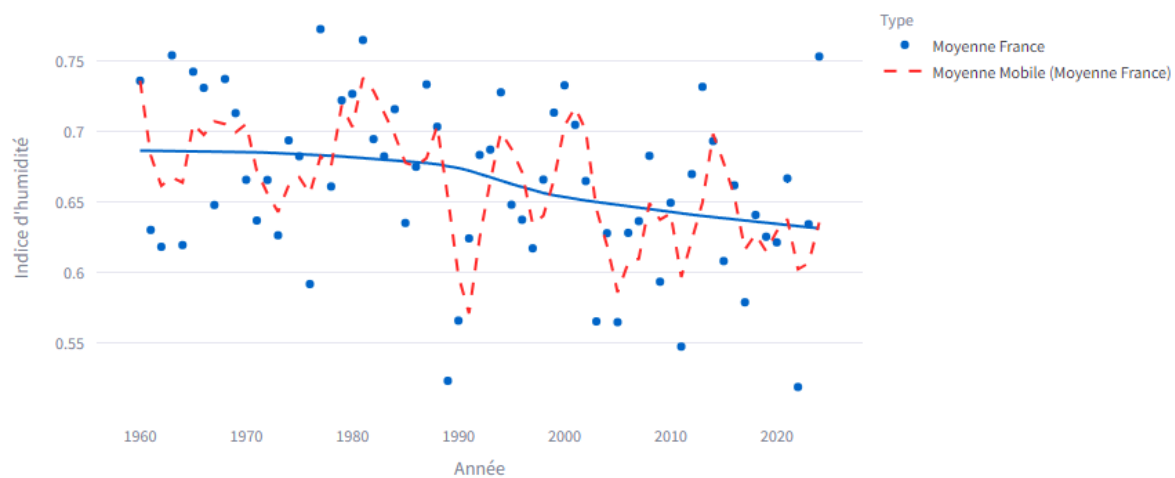


Figure 18 : Evolution de l'indice d'humidité des sols entre 1960 et 2024

Tendance de l'indice de l'humidité (1960-2024)

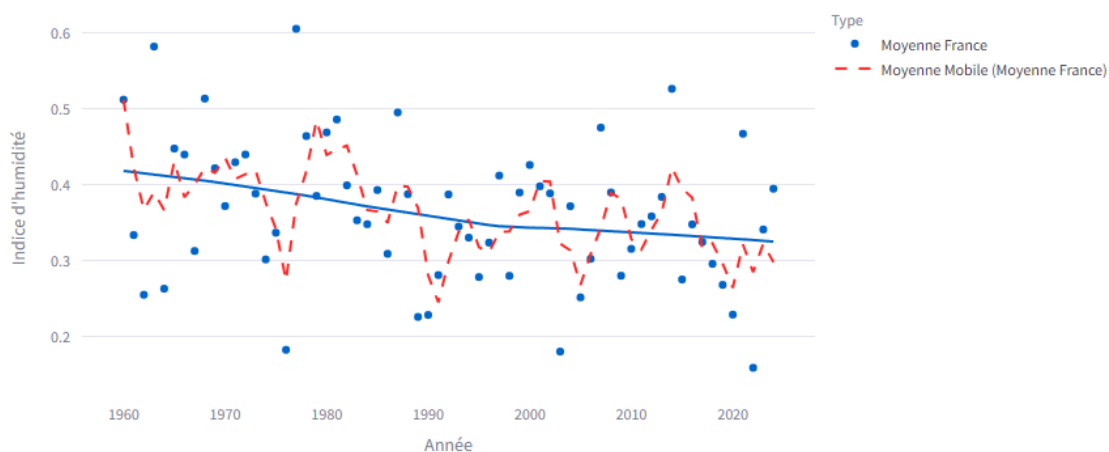


Figure 19 : Evolution de l'indice d'humidité des sols en août entre 1960 et 2024

On voit dans la figure 19 représentant l'évolution de l'indice d'humidité des sols durant le mois d'août, que la tendance de diminution de l'humidité des sols semble s'accélérer bien qu'elle reste dépendante des années : les années aux mois d'août secs se font plus fréquentes, et le manque d'humidité atteint des records tel qu'en 2022 avec la valeur la plus faible enregistrée sur le mois d'août pour l'ensemble de la France métropolitaine.

## B. Evolution des catastrophes naturelles

Le troisième onglet, "Catastrophes" a pour but de valoriser les données portant sur les catastrophes naturelles. Pour cela trois graphes distincts ont été sélectionnés afin d'offrir des possibilités d'analyse fines à l'utilisateur.

Par défaut, les 3 graphiques affichés montrent l'évolution des occurrences de catastrophes naturelles de tous types sur l'ensemble de la France métropolitaine, entre 1982 et 2024, avec des chiffres par département et par mois. Cependant, afin de permettre à l'utilisateur de tirer un maximum de conclusions sur l'évolution de ces différents paramètres, il est possible d'agir sur les différents filtres :

- La plage temporelle d'étude : afin de se focaliser sur une période donnée (une année dramatique par exemple) il peut être intéressant d'ignorer une partie des données pour analyser les graphes sur en ayant cette possibilité de focus.
- La zone géographique d'étude : il est possible d'obtenir ces graphiques pour l'ensemble de la France métropolitaine, ou pour seulement un ou plusieurs départements.
- Le type de catastrophe : afin d'étudier un ou plusieurs type(s) de catastrophes en particulier, il peut être intéressant de ne pas sélectionner certaines catastrophes.

L'ensemble des graphiques qui sont expliqués par la suite sont à mettre en parallèle avec la carte des catastrophes naturelles présentée précédemment (dans le premier onglet du dashboard), afin d'observer la répartition géographique d'une catastrophe naturelle massive identifiée à l'aide des graphiques suivants par exemple.

Le premier graphique permet de montrer la répartition des catastrophes naturelles sur la plage temporelle et la zone géographique sélectionnées selon les mois de l'année, ou selon les saisons : nous avons choisi de laisser le choix à l'utilisateur entre ces deux options afin qu'il puisse affiner plus ou moins son analyse.

Affichage par :

☒ Mois ☐ Saison

Répartition des catastrophes par mois

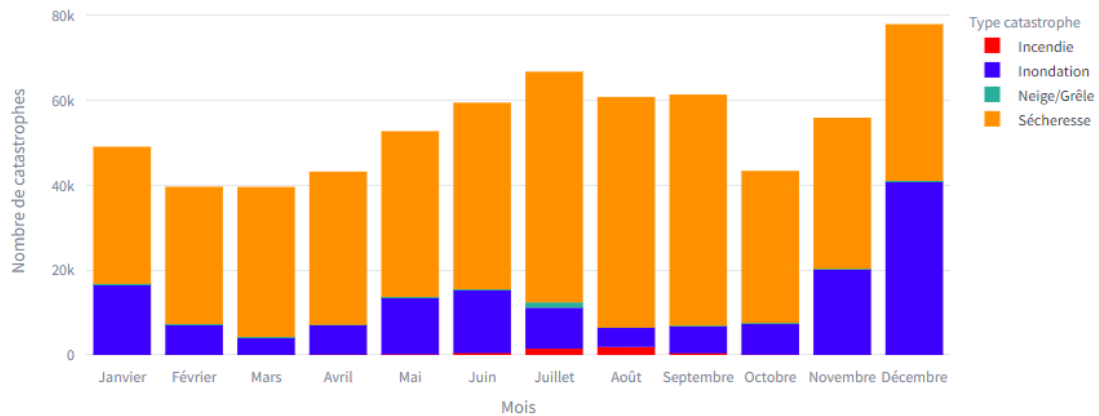


Figure 20 : Répartition des catastrophes naturelles par mois

Dans la figure 20 ci-dessus, on constate notamment les répartitions suivantes pour chacun des types de catastrophe :

- Inondations : elles apparaissent tout au long de l'année et plus fréquemment au printemps et en hiver.
- Sécheresses : elles apparaissent tout au long de l'année. Cela s'explique par le fait que les sécheresses puis réhydratations des sols ne causent souvent pas de soucis dès la première sécheresse mais plutôt suite à des répétitions, qui peuvent alors intervenir à tout moment de l'année et pas seulement au cours des étés où les sols sont le plus communément asséchés.
- Incendies : la majorité des incendies a lieu durant l'été mais on peut constater qu'il y a des incendies tout au long de l'année en étudiant seulement les incendies plutôt que toutes les catastrophes à la fois.
- Neige/grêle : leur nombre est particulièrement faible par rapport aux autres types de catastrophes, mais la grêle semble frapper plus fréquemment lors des étés, tandis que la neige impacte l'hiver.

Le deuxième graphe (figure 21 ci-dessous) montre pour les filtres sélectionnés (zone géographique, plage temporelle et liste de types de catastrophe) la proportion de chacun de ces types de catastrophes afin d'évaluer les catastrophes apparaissant le plus fréquemment.

### Répartition des types de catastrophes

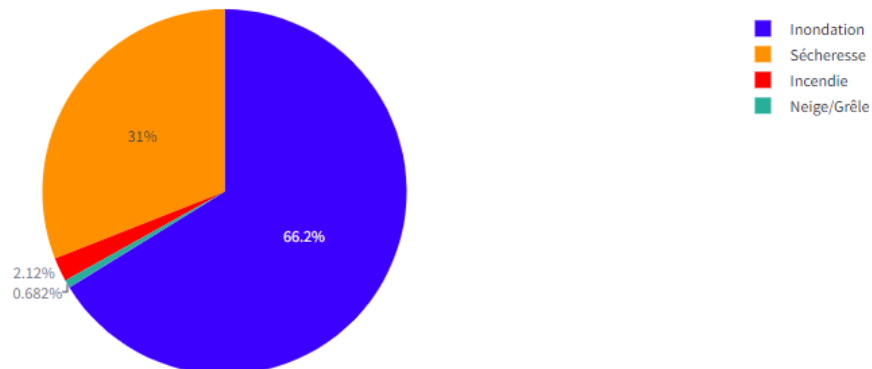


Figure 21 : Répartition du type de catastrophes naturelles

Il s'agit d'un outil complémentaire d'analyse afin de constater visuellement, et à l'aide des info-bulles présentes sur l'ensemble des graphiques de cet onglet, la répartition par type de catastrophe pour une période donnée et une zone choisie.

Pour finir le dernier graphique (voir figure 22 ci-dessous) montre la répartition des catastrophes sélectionnées sur la plage temporelle et la zone géographique choisies.

### Évolution du nombre de catastrophes annuelles par type

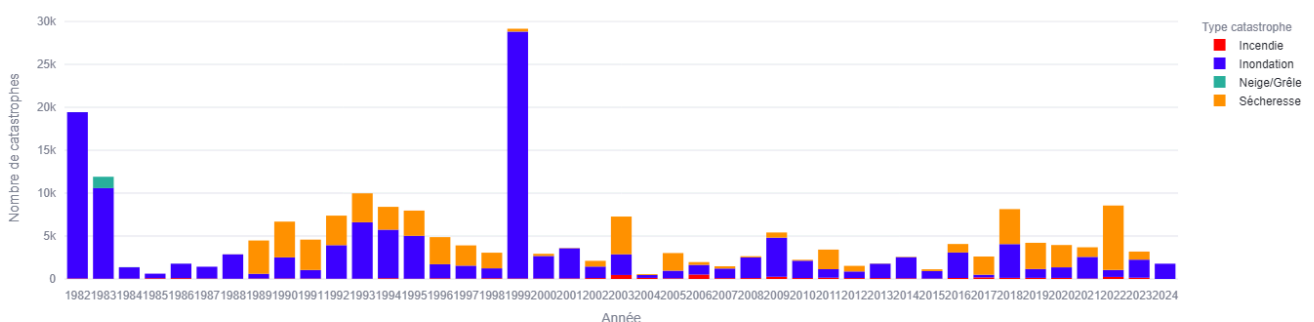


Figure 22 : Répartition des catastrophes naturelles depuis 1982

Avec les filtres par défaut, tel que précisé précédemment, on remarque rapidement un pic en 1999 par exemple, avec un tragique nombre d'inondations records. Ceci correspond à la tempête du 26/12/1999 qui a été qualifiée de "Tempête du siècle". On retrouve ceci dans la figure 23 ci-dessous, illustrant le fait qu'en 1999, les inondations ont quasiment toutes été enregistrées en décembre à l'occasion de cette tempête ayant eu un impact dramatique sur la France métropolitaine.

#### Répartition des catastrophes par mois

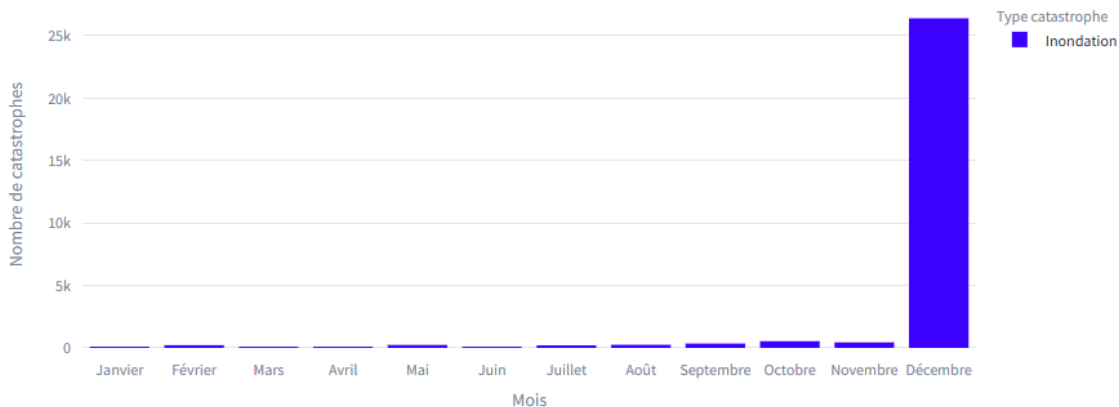


Figure 23 : Répartition des inondations par mois en 1999

De plus avec ce dernier graphique, en sélectionnant un unique type de catastrophe, on a l'opportunité de regarder l'évolution des occurrences pour ce type de catastrophe au fil du temps. Par exemple, dans la figure 24 ci-dessous montrant l'évolution de la quantité d'incendies au fil du temps, on peut constater une tendance générale à la hausse.

#### Évolution du nombre de catastrophes annuelles par type

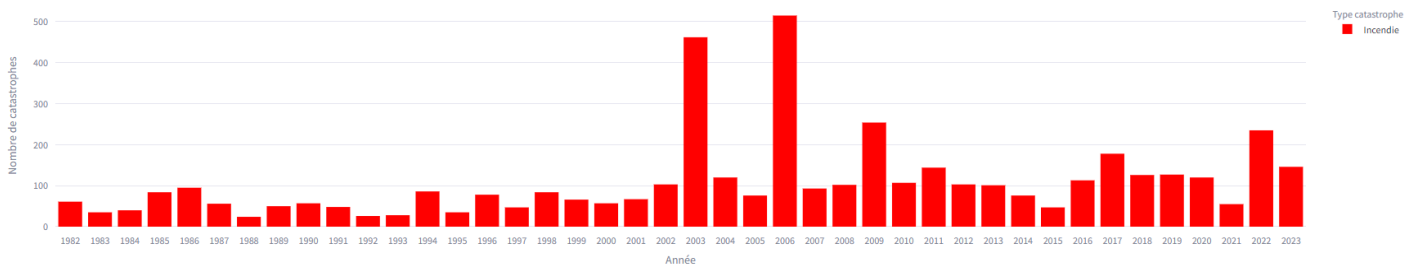


Figure 24 : Répartition des incendies depuis 1982

Les pics principaux observables correspondent aux années 2003, 2006, 2009 et 2022 qui ont été des années aux étés particulièrement chauds et secs. En ignorant ces années fortement touchées, il semble y avoir une tendance d'augmentation linéaire, qui pourrait notamment être liée à l'augmentation des températures moyennes, et à la diminution des précipitations en été.

### 3. Etudes de cas

Le quatrième onglet, “Etude de cas”, a pour but de se focaliser sur des études particulières en reprenant une partie des visuels déjà utilisés dans les onglets précédents du tableau de bord, tout en ajoutant de nouveaux visuels appropriés pour une étude plus poussée sur des problématiques définies. Nous avons également pu croiser plus précisément les phénomènes observés dans les deux études de cas que nous avons menées avec différents articles scientifiques et articles de presse, afin d’expliquer une partie des phénomènes observés.

#### A. Changement climatique en montagne

Notre première étude de cas porte sur le changement climatique en moyenne montagne (entre 1000 et 2000 mètres d’altitude). Pour cela, nous prenons comme exemple le Col de Porte. Il s’agit d’un col de montagne à 1 324 m d’altitude situé dans le département français de l’Isère.

L’article concerné<sup>4</sup> admet que ces 30 dernières années la température a augmenté de 1,1 degré et l’enneigement global a diminué de 38 cm.

Afin d’obtenir une estimation représentative du climat au niveau du Col de Porte, nous avons sélectionné les dix points les plus proches de ses coordonnées GPS. Une fois ces points identifiés, nous avons agrégé leurs données climatologiques en calculant la moyenne des différentes variables climatiques pour l’ensemble de ces points, pour chaque mois et année de notre jeu de données. Cette méthode nous a permis d’obtenir une approximation fiable des conditions climatologiques spécifiques à cette zone, en atténuant les variations locales potentielles et en assurant une meilleure représentativité des données utilisées.

Nous avons observé, sans surprise, une diminution de l’enneigement moyen au fil des années qui ne cesse d’évoluer en suivant une tendance similaire. Le graphique ci-dessous montrant l’évolution de l’enneigement par année permet de distinguer rapidement la baisse décrite, et la régression polynomiale appliquée confirme une tendance descendante au cours des décennies précédentes..

---

<sup>4</sup> [Voir article \[4\]](#)



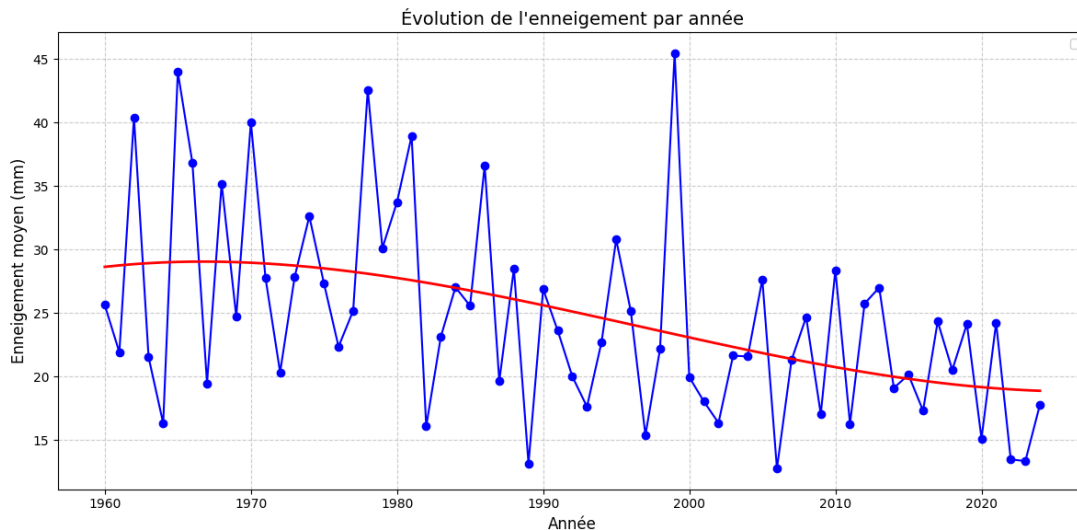


Figure 25 : Evolution de l'enneigement du Col de Porte

Afin de mettre en avant cette évolution remarquable, nous avons analysé l'enneigement sur deux décennies : de 1960 à 1970 puis de 2010 à 2020. Nous avons ainsi fait une moyenne des différentes années pour chacune de ces décennies afin d'avoir une idée générale de l'évolution de l'enneigement moyen après 40 années. En se basant sur des décennies complètes plutôt que sur des années précises, nous avons réduit les risques d'étudier les données d'une année "exceptionnelle" par rapport à la moyenne alors constatée sur les années de cette décennie. Nous remarquons dans le graphe ci-dessous, que sur la décennie 2010-2020, la neige semble apparaître plus tardivement et en quantité plus faible, puis disparaître plus rapidement également..

Ce phénomène s'explique par une hausse des températures notamment en décembre et en janvier, mais également sur l'ensemble de l'hiver (et même de l'année) en général, qui entraîne la fonte des neiges.

La diminution de l'enneigement pourrait probablement impacter l'évolution de l'humidité des sols dans une zone en contrebas : une diminution de l'humidité des sols au moment de la fonte des neiges dans ces zones-là pourrait par exemple bouleverser un écosystème.

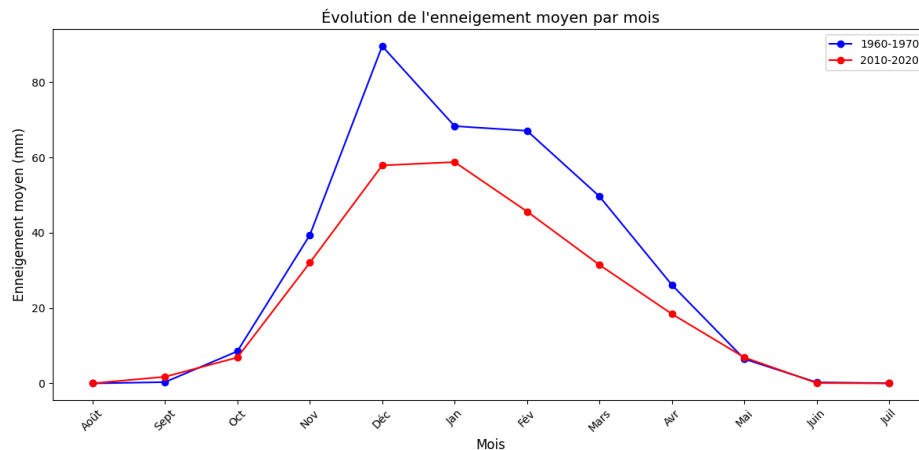


Figure 26 : Evolution de l'enneigement moyen par mois

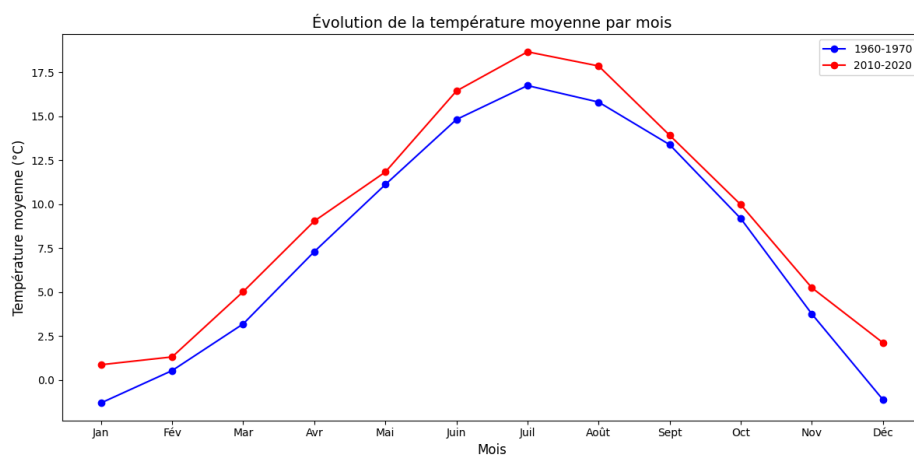


Figure 27 : Evolution de la température moyenne par mois

Pour confirmer cela, nous avons choisi de pousser notre analyse en étudiant une zone qui se situe en contrebas du col de Porte : la commune de Sarcenas. Nous analysons donc l'humidité des sols en mars et avril (lors de la fonte des neiges). Effectivement, nous constatons une baisse de l'humidité, mais avec la même tendance que pour la France. Donc l'évolution de l'humidité dans cette zone n'est pas "choquante" par rapport au reste de la métropole.

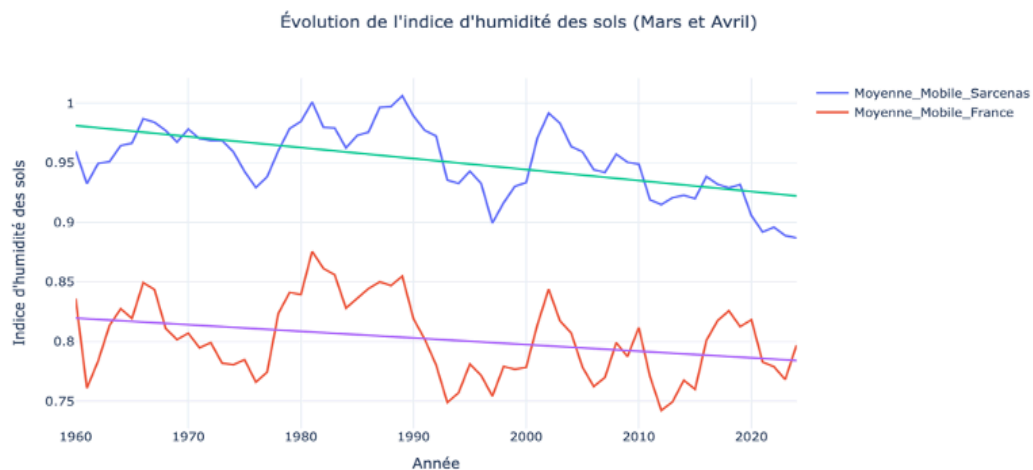


Figure 28 : Evolution de l'humidité des sols

Effectivement, comme on peut le voir ci-dessous, l'enneigement a diminué ces 20 dernières années mais les précipitations liquides ont augmentées en montagne. On observe un changement de tendance à partir de 1970. Cela explique que l'humidité diminue, mais pas à la même allure que l'enneigement.

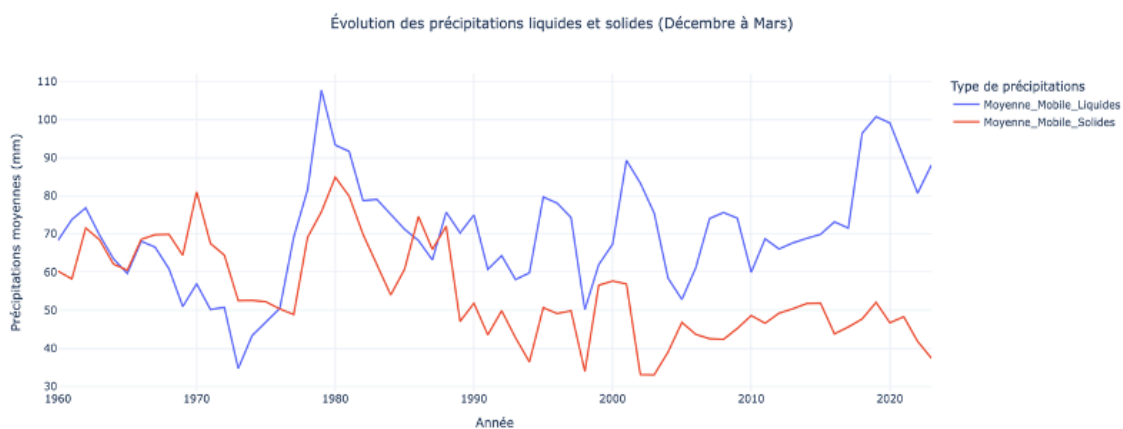


Figure 29 : Evolution des précipitations liquides et solides

## B. Fortes températures en Corse

La seconde étude de cas sur laquelle nous avons travaillé porte sur les changements climatiques en Corse. En effet, la Corse est particulièrement touchée par les phénomènes climatiques extrêmes tels que les sécheresses et les incendies. Ces événements, souvent

liés à des conditions climatologiques spécifiques, semblent s'intensifier dans un contexte de changement climatique global. Nous avons donc cherché à expliquer ce phénomène.

Pour cela, nous avons tout d'abord représenté l'évolution de la moyenne des températures en Corse sur les mois d'été : Juillet et Août pour garder les plus fortes températures (ce sont les mois utilisés pour obtenir les températures moyennes dans les graphes suivants, figures 30 à 33).

Nous remarquons globalement une tendance qui ne cesse d'augmenter comme nous avons déjà pu le constater dans le deuxième onglet ("Climat"), avec certaines années particulièrement fortes. C'est notamment le cas de l'année 2003, avec la canicule de début août qui *«reste à ce jour la plus sévère jamais enregistrée en France»*<sup>5</sup>. On peut donc dire que les étés deviennent de plus en plus chaud. L'augmentation moyenne de température sur ces mois d'été est d'environ 3.5°C entre 1960 et 2024, ce qui est bien au-dessus de l'augmentation constatée sur la moyenne annuelle de température.

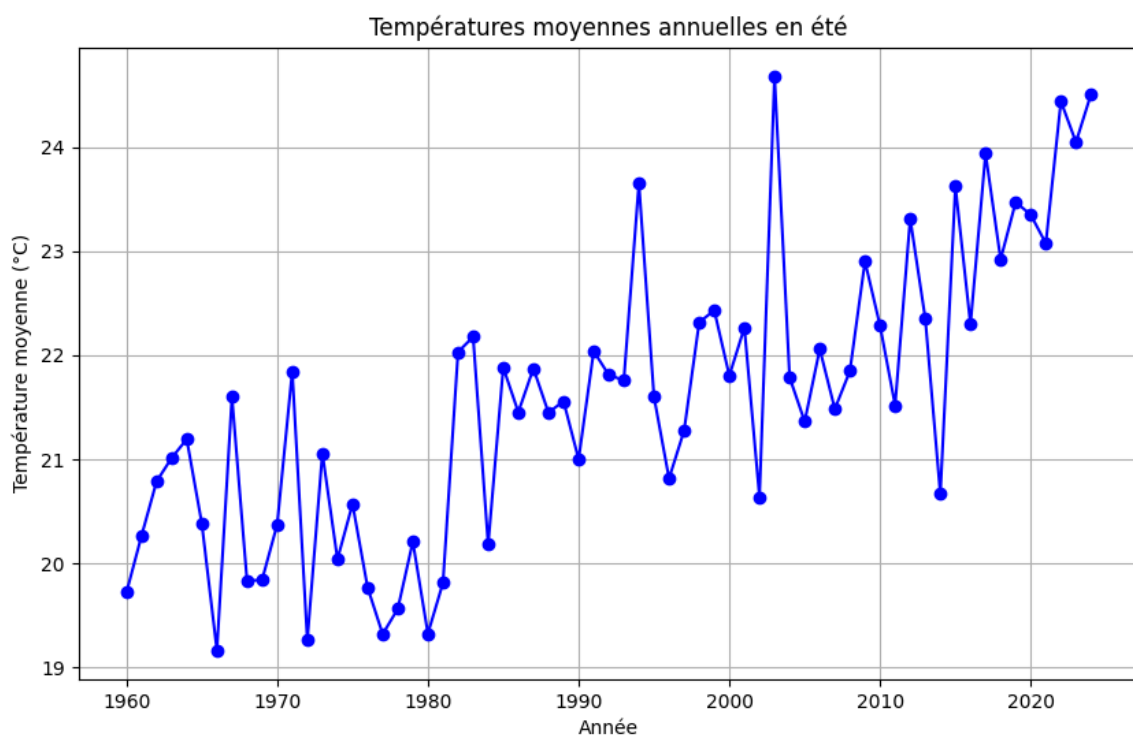


Figure 30 : Evolution des températures moyennes estivales en Corse

<sup>5</sup> [Voir article \[5\]](#)

Nous nous sommes donc appuyés sur ces données de températures et avons ajouté les catastrophes naturelles (sécheresses et incendies) enregistrées. Nous retrouvons ici l'année 2003 avec un nombre élevé d'incendies. C'est également le cas des années 2017 et 2022 avec un grand nombre de sécheresses. Nous avons pu trouver des articles de journaux<sup>6</sup> et des communiqués régionaux concernant ces catastrophes.

Attention sur les graphiques ci-dessous, l'échelle des sécheresses et des incendies n'est pas la même. En effet, puisque les catastrophes naturelles sont enregistrées suite à des décrets, toutes les sécheresses ne sont pas présentes dans les données. Nous avons donc choisi de séparer les échelles pour accorder autant de poids aux deux. On remarque de cette manière des pics de catastrophes naturelles pour les années aux températures extrêmes.

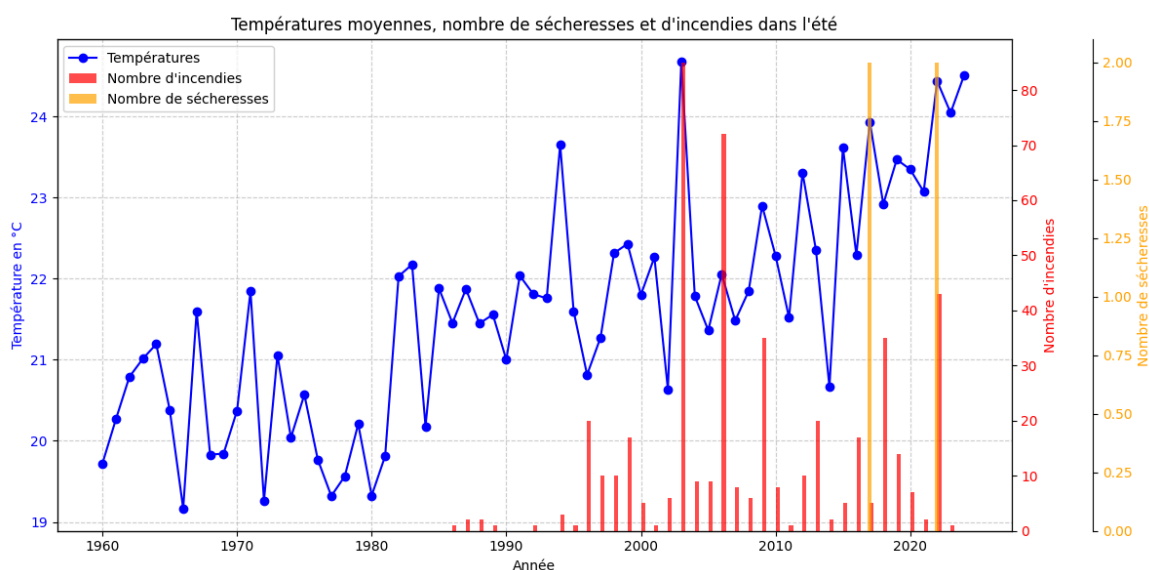


Figure 31 : Température, incendies et sécheresses en été en Corse

Nous avons par la suite souhaité étudier les variables de précipitations liquides et l'indice d'humidité des sols afin d'observer s'il semble y avoir des corrélations similaires avec ces variables également. De la même façon que pour la température, nous remarquons dans les figures 32 et 33 ci-dessous un lien entre ces variables et les catastrophes naturelles. Les années où la moyenne des précipitations sur juillet-août est plus faible, l'indice d'humidité des sols est faible et plus d'incendies et de sécheresses se déclarent.

<sup>6</sup> [Voir article \[6\] et \[7\]](#)

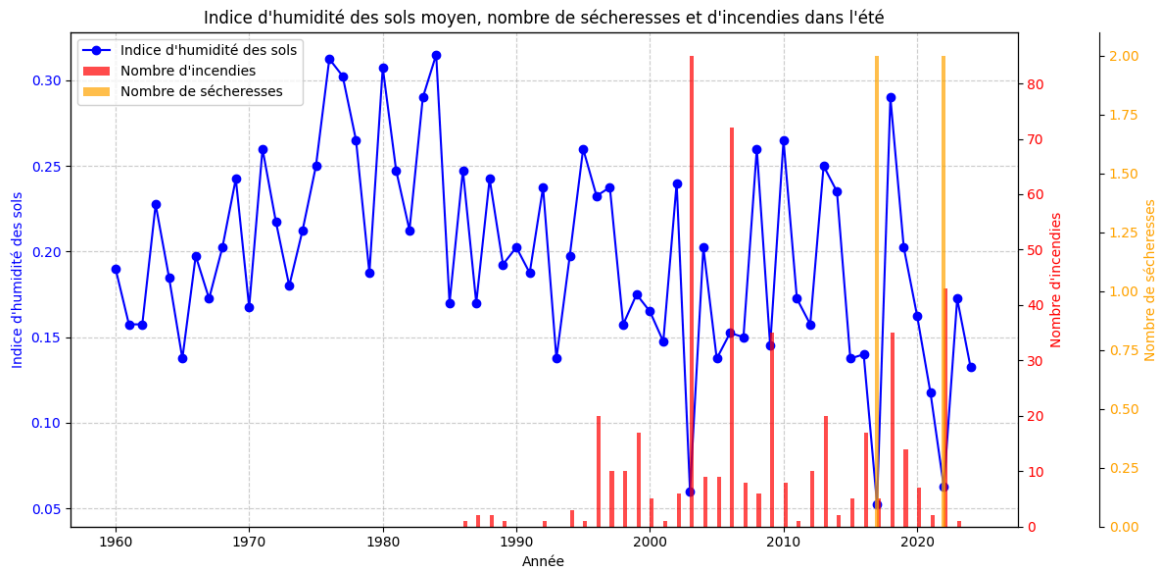


Figure 32 : Indice d'humidité, incendies et sécheresses en été en Corse

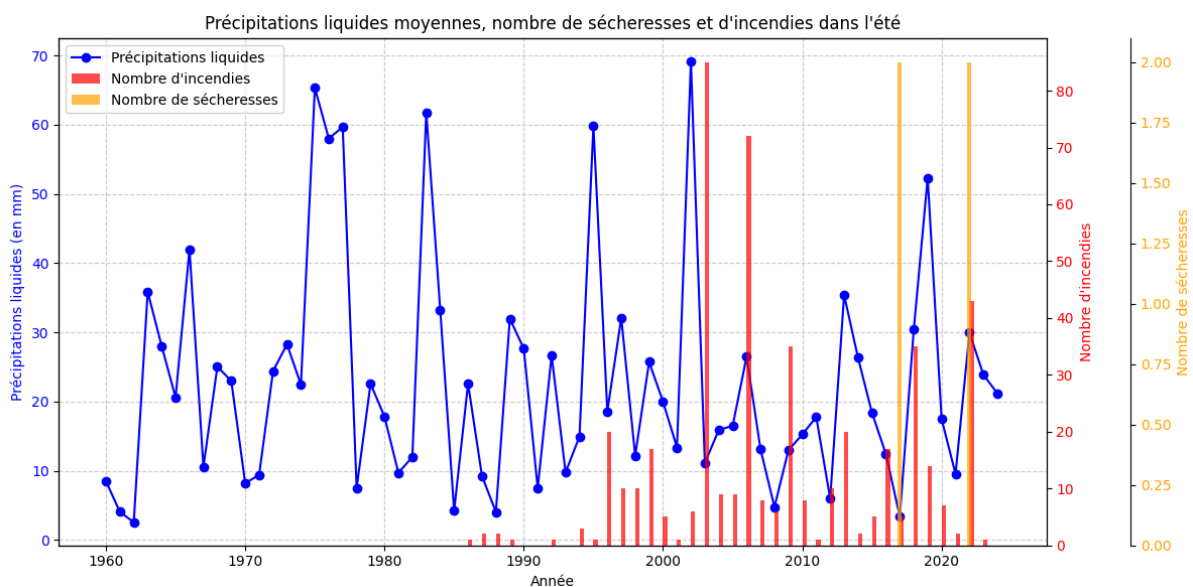


Figure 33 : Précipitations liquides, incendies et sécheresses en été en Corse

Cette étude de cas permet donc de constater que la tendance d'augmentation des températures sur l'été est particulièrement forte, et s'accompagne d'un nombre important de catastrophes naturelles dans les années les plus extrêmes. Ces phénomènes risquent de s'amplifier encore dans les années à venir puisque la tendance de réchauffement climatique ne semble pas prête de s'arrêter.

Cela semble également se corréler avec la tendance observée pour l'augmentation du nombre d'incendies au fil du temps. Et c'est pourquoi nous avons jugé intéressant de tenter de déceler des corrélations entre les données climatologiques et les occurrences de catastrophes naturelles dans la suite de notre projet.

## V. Corrélation et prédictions

Nous avons par la suite cherché à corrélérer nos données afin de prédire les catastrophes naturelles et l'évolution des données climatologiques.

Nous avons donc débuté par les coefficients de corrélation et obtenons la matrice de corrélation suivante. Nous remarquons ici que les coefficients de corrélation entre les variables des données climatologiques et les variables des catastrophes naturelles ne sont pas corrélées : les coefficients sont proches de 0.

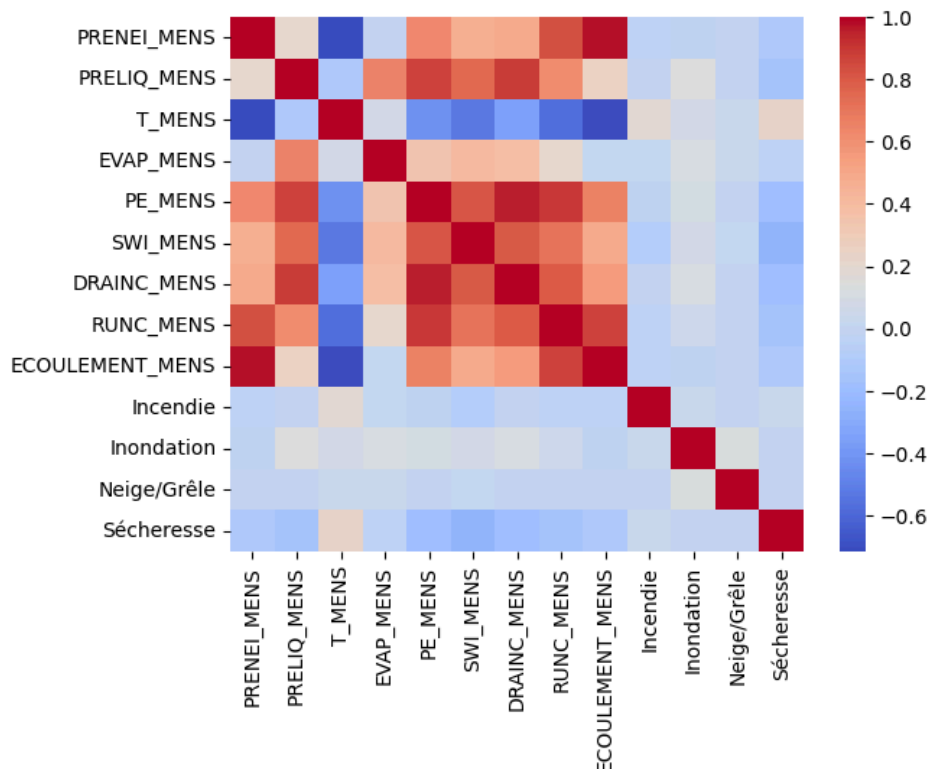


Figure 34 : Matrice de corrélation

Nous voyons cependant des corrélations entre les variables climatologiques. En effet, nous connaissons le lien négatif entre la température et les précipitations liquides. Ces phénomènes ne sont pas pertinents à analyser mais permettent de montrer la fiabilité des données.

Ce manque de corrélation s'explique par le caractère exceptionnel des catastrophes naturelles. En effet, les catastrophes naturelles sont des "phénomènes limites" et surviennent dans des conditions particulièrement extrêmes, comme des vagues de chaleur élevée ou encore suite à de fortes précipitations. Cependant, ils n'interviennent pas systématiquement dans des conditions données : même avec des températures particulièrement élevées, il n'est jamais certain qu'un incendie va se déclarer par exemple. Ils peuvent donc difficilement être prédits car dépendent d'un grand nombre de facteurs complexes.

Nous avons tout de même essayé de prédire l'évolution globale du paramètre température et obtenons les résultats suivants. Pour cela, nous avons choisi le modèle SARIMA qui est particulièrement adapté pour les données saisonnières mensuelles.

Nous avons effectué une prédiction sur les 50 prochaines années. D'après l'article de Météo France<sup>7</sup>, entre 2021 et 2050 les températures augmenteront en moyenne entre 0,6 et 1,3 °C. Effectivement, notre modèle indique une tendance globale qui augmente. Comme on peut le voir ci-dessous, les températures moyennes ne font qu'évoluer.

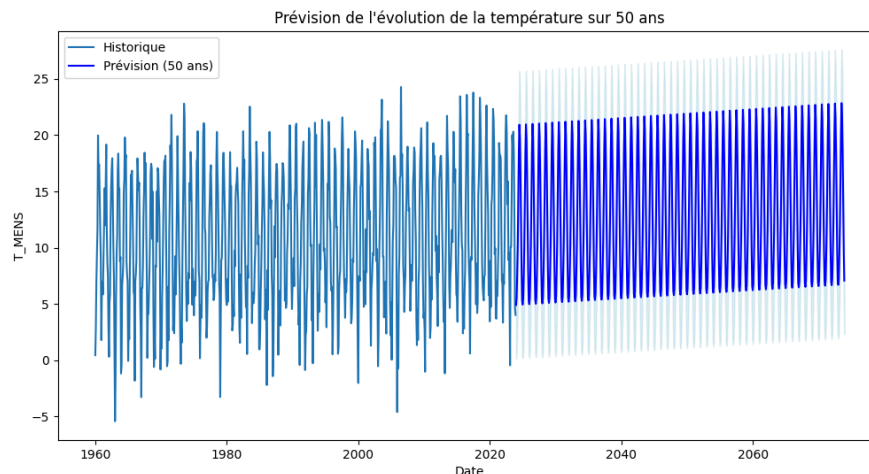


Figure 35 : Prédiction des températures mensuelles

Cependant, il est difficile de se rendre compte de l'évolution car les valeurs varient énormément. C'est pourquoi nous avons représenté l'évolution annuelle avec le graphique suivant.

On observe avec notre modèle une augmentation de plus d'1,5°C les 50 prochaines années, qui est donc plus importante que celle prédite par les experts. Malgré tout, nos prédictions restent similaires et mettent en évidence la hausse des températures au fil des années.

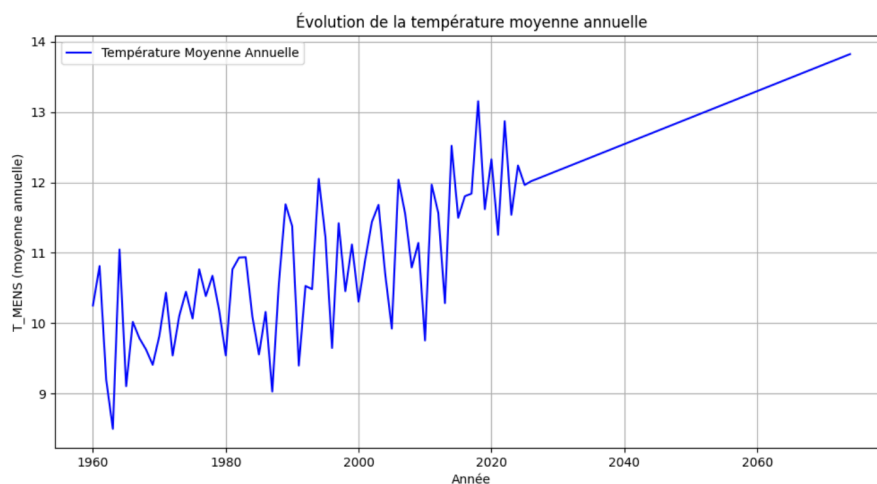


Figure 36 : Prédiction de la température annuelle moyenne

<sup>7</sup> [Voir article \[8\]](#)



## VI. Conclusion

Au terme de cette analyse des données météorologiques, nous avons pu mettre en évidence des tendances significatives dans l'évolution du climat en France métropolitaine au cours des 60 dernières années. Ces résultats s'alignent globalement avec les chiffres publiés par les grandes institutions spécialisées dans l'étude du climat, ce qui renforce leur pertinence.

Pour valoriser ces données et les rendre accessibles, nous avons développé un tableau de bord interactif. Ce support visuel nous a permis de synthétiser les informations clés et de proposer une lecture claire et cohérente des tendances observées. En complément, nous avons exploré la corrélation entre ces évolutions climatiques et les catastrophes naturelles, mais le manque de données cohérentes sur ces événements a limité la portée de cette partie de l'étude.

Sur le plan visuel, un soin particulier a été apporté à la sélection des graphiques et représentations afin d'assurer une communication efficace des résultats. Ce choix a facilité l'interprétation des données et mis en valeur les enjeux soulevés par notre analyse.

Enfin, cette expérience a été enrichissante d'un point de vue humain. Travailler en équipe sur une problématique concrète et essentielle nous a poussé à collaborer, à mutualiser nos compétences et à nous investir pleinement. Ce projet nous a permis d'encore mieux comprendre les enjeux climatiques tout en développant des outils pratiques pour répondre à ces défis.

## VII. Bilan

Au cours de ce projet, notre équipe a collaboré efficacement pour atteindre les objectifs définis dans le cahier des charges. Grâce à une répartition claire des tâches et une communication régulière, nous avons maintenu une progression constante malgré les quelques défis et soucis rencontrés.

Chaque membre a apporté ses compétences spécifiques, notamment dans le traitement des données, l'analyse et la création du tableau de bord. Les réunions quotidiennes et l'utilisation d'outils collaboratifs ont été déterminants pour coordonner nos efforts afin de répondre à une problématique concrète et essentielle.

Ce projet a été une expérience enrichissante, nous permettant d'appliquer concrètement nos connaissances tout en développant nos compétences en gestion de projet et en travail d'équipe. En respectant les délais impartis, nous avons mis en place une solution de visualisation de données tel que le sujet le demandait, en allant encore plus loin dans notre étude avec l'analyse de l'évolution des catastrophes naturelles. tout en renforçant nos aptitudes techniques et humaines.

## VIII . Références

- [1] [Graphiques historiques températures et précipitations](#)
- [2] [Sécheresse : à quoi s'attendre et comment s'adapter ?](#)
- [3] [Climat : ce que nous dit la science](#)
- [4] [La montagne, en première ligne face au réchauffement climatique](#)
- [5] [Il y a 20 ans, la canicule 2003](#)
- [6] [Ces grands incendies qui ont ravagé la Corse](#)
- [7] [Sécheresse en Corse - mesures de restriction d'eau](#)
- [8] [Le climat futur en France](#)
- [9] [Dépôt GitHub](#)