



<https://www.lepoint.fr>

PROJET EXPÉRIMENTAL ET NUMERIQUE : **SIMULER UNE CATASTROHE NATURELLE**

Par quels moyens l'IA simule-t-elle les catastrophes naturelles et peut-elle ainsi prévoir les conséquences engendrées ?

SOMMAIRE

<u>INTRODUCTION</u>	P.2
<u>I/ FLOOD HUB, UNE IA QUI PRÉDIT LES INONDATIONS</u>	P.3-5
1) Qu'est-ce que Flood Hub et sur quelles données s'appuie-t-elle ?	P.3-5
2) Exemple : L'Aisne le 08 janvier 2025	P.5
<u>II/ DANS LE RÔLE DE L'IA</u>	P.6-11
1) Démarche expérimentale : absorption de l'eau selon le type de sol	P.6-8
2) Récupération de données météorologiques	P.8-11
<u>III/ LES USAGES POSSIBLES ET LES LIMITES</u>	P.11-12
1) Mise en situation : L'Espagne	P.11-12
2) Limites de l'utilisation d'une IA	P.12
<u>CONCLUSION</u>	P.12
<u>CARNET DE BORD</u>	P.13-15

INTRODUCTION

De nos jours, de nombreux territoires font face à des catastrophes naturelles telles que des inondations, des tempêtes, ou encore des tremblements de terre. Aujourd'hui et les années à venir, nous serons confrontés de plus en plus souvent à ces catastrophes à cause du réchauffement climatique. En parallèle, on développe de plus en plus de technologies permettant d'améliorer la vie quotidienne et depuis plusieurs années l'intelligence artificielle a pris une place importante dans la société. On la retrouve aujourd'hui par exemple dans la médecine et l'aide à la personne. On pourrait donc allier cette technologie aux catastrophes naturelles et ainsi prévenir.

C'est pour cela que nous verrons par quels moyens l'IA simule-t-elle les catastrophes naturelles et peut-elle ainsi prévoir les conséquences engendrées ?

Nous prendrons comme l'exemple les inondations. Dans un premier temps, nous parlerons d'une IA déjà existante qui permet de prévoir les inondations en France et nous verrons sur quelles données elle s'appuie. Puis dans un second temps, nous nous mettrons dans la peau d'une IA et nous essayerons de prévoir si une inondation aura lieu à Vienne avant de terminer dans une troisième partie, sur les limites des prédictions ainsi que sur les usages possibles.

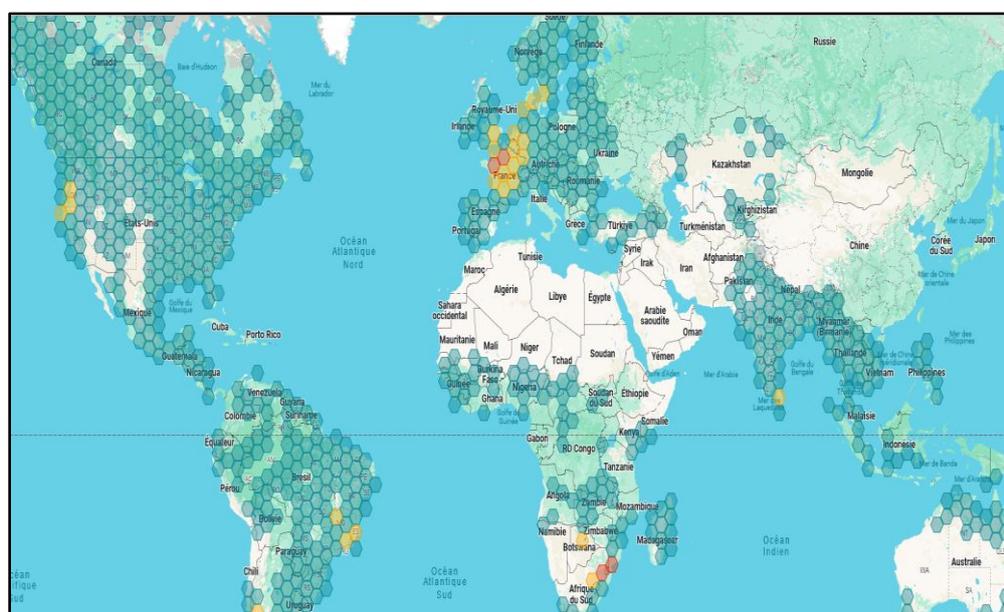
I/ FLOOD HUB

Flood Hub a été déployé par le géant américain : Google, en 2023. Cet outil permet de prévoir des inondations dans plus de 80 pays dont la France. Cette application est basée sur l'intelligence artificielle et est capable de fournir des prévisions de crues et d'inondations sept jours à l'avance. A cause du réchauffement climatique de plus en plus d'habitants sont confrontés à des catastrophes importantes dont des inondations, cette intelligence artificielle pourrait donc être un avantage majeur face à ces catastrophes de plus en plus présentes.



Logo Flood Hub

Ce dispositif a été mis en place pour la première fois en Inde, l'un des pays les plus affectés au monde. Flood Hub localise sur la carte du monde les divers endroits avec des risques d'inondations ainsi que le niveau de dangerosité. Il établit ensuite une échelle de risque :



Légende

-  Niveau extrême
-  Niveau "Danger"
-  Niveau "Avertissement"
-  Niveau normal
-  Aucune donnée

Légende de la carte

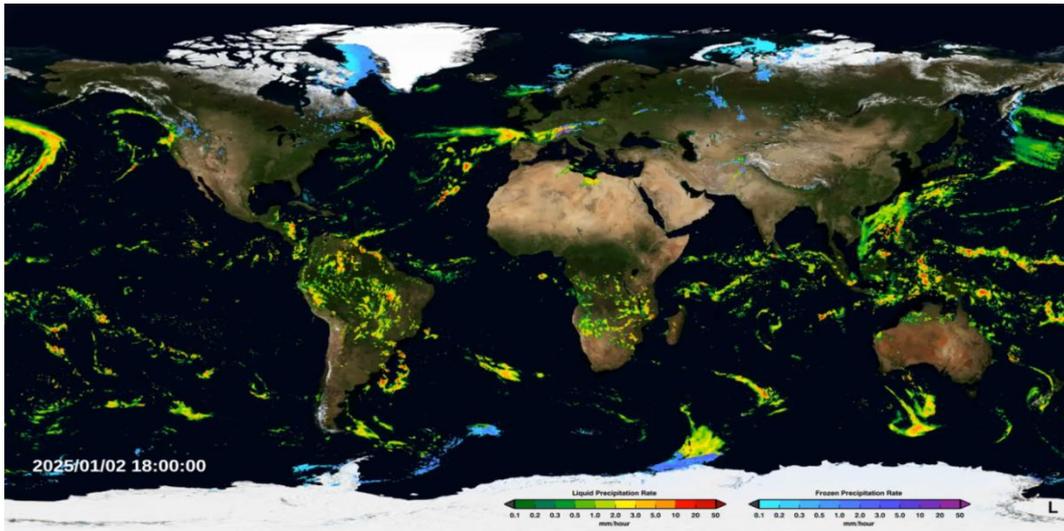
Flood Hub

Capture d'écran de Flood Hub le 08 janvier 2025

<https://sites.research.google/floods>

(Lien valable pour toutes les captures d'écran de Flood Hub)

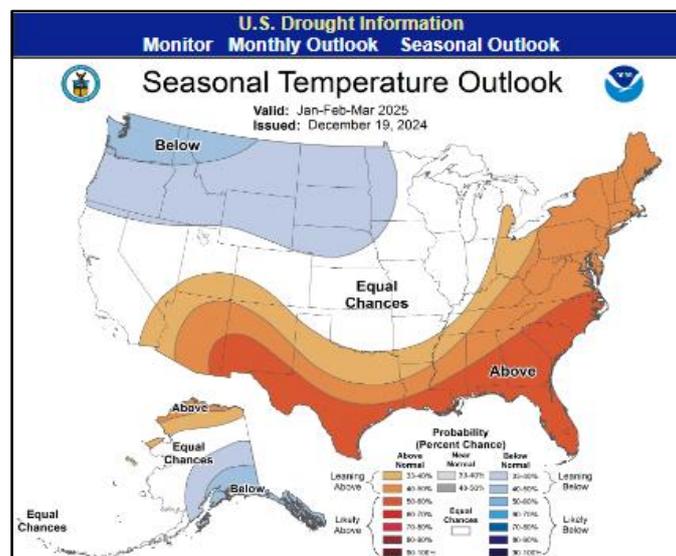
Flood Hub utilise IMERG (Integrated Multi-satellite Retrievals for Global Precipitation Measurement) une plateforme, développée par la NASA, qui récupère et analyse les données provenant des satellites du programme européen. IMERG développe des modèles hydrologiques et des cartes, elle est utile particulièrement dans les zones reculées. Elle a enregistré des données diverses sur plus de deux décennies, ce qui permet aux scientifiques d'accéder à une large plage de données historiques.



IMERG

<https://gpm.nasa.gov/data/imerg>

Pour certains continents tel que l'Amérique, Flood Hub utilise, en plus de IMERG, le centre américain de prévision climatique (CPC : Climate Prediction Center).



CPC

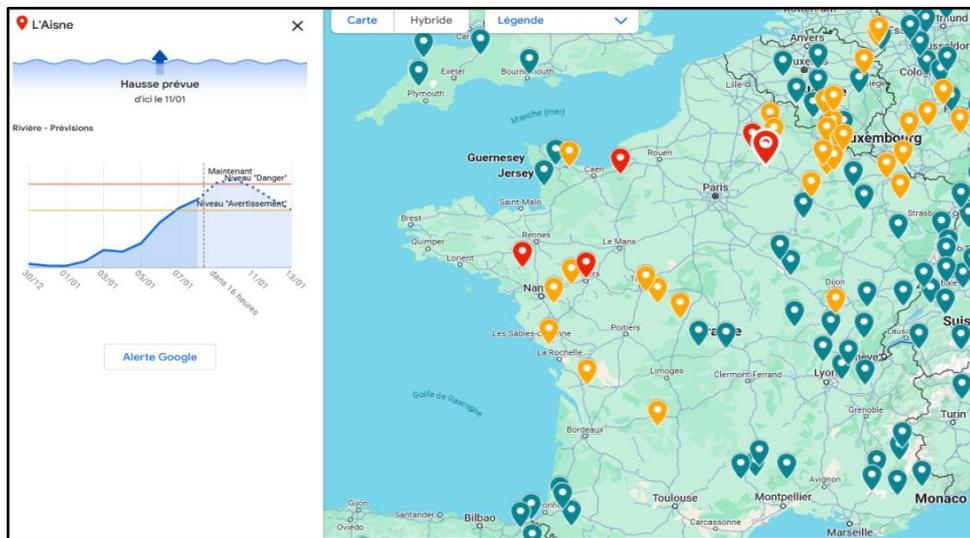
<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/>

Ainsi, après avoir analysé les données récupérées, cette IA s'appuie sur deux modèles :

- Le modèle hydrologique : il prévoit la quantité d'eau dans les rivières et ainsi quel cours d'eau pourrait déborder.
- Le modèle d'inondation : il prédit quelles zones seront touchées et le niveau d'intensité.

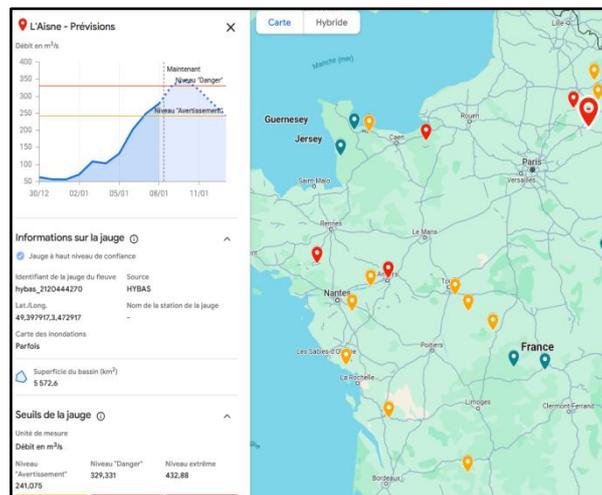
En résumé Flood hub peut prévoir quel cours d'eau pourrait déborder et quelles seraient les zones impactées ainsi que le degré d'intensité.

A plus petite échelle, cette IA simule les variations de hauteurs des fleuves et donc les risques potentiels de crues, pour cela, le 08 janvier nous sommes allées sur flood hub et nous avons vu plusieurs zones en niveau de dangers tels que l'Aisne au niveau de *Condé-sur-Aisne*. On nous indique les hausses prévues du fleuve dans les prochaines heures.



Flood Hub, le 08 janvier, exemple de l'Aisne

En mode expert, Flood Hub permet d'analyser les risques d'inondation à travers des cartes interactives, des données en temps réel (météo, niveaux d'eau) et des simulations de scénarios futurs.



Flood Hub en mode expert

II/ NOS DONNEES

Pour étudier au mieux le rôle de l'IA dans la prévention aux catastrophes naturelles et plus précisément aux inondations. Nous avons fait la même chose que Flood hub. Nous avons récolté des données sur le lycée Galilée dans le but de simuler une inondation. En premier lieu, nous avons étudié la topographie du lieu. Au départ, notre première idée était de simuler une inondation dans une cuve à l'aide d'un capteur d'humidité ainsi qu'un buzzer afin de simuler une alarme d'avertissement lorsque que le niveau de l'eau était trop haut. Cependant nous l'avons abandonnée car elle n'illustrait pas ce que une IA faisait.

On pense que selon le type de sol, l'eau n'est pas absorbée de la même façon. Pour cela nous avons réalisé l'expérience suivante :

- Nous avons mis dans deux coupelles séparées, une même quantité de terre ou de graviers. Ces deux matières en plus du béton sont les 3 types de sols du lycée. A l'issue de l'expérience, nous avons donc pu voir quelles zones sont plus vulnérables aux inondations, c'est-à-dire où l'eau est le moins bien absorbée.

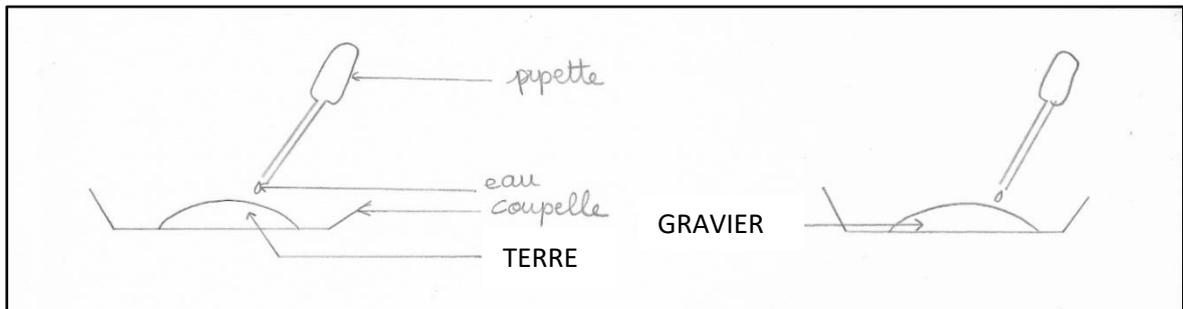


Schéma de l'expérience répondant à l'hypothèse : l'eau n'est pas absorbé de la même façon selon le type de sol

Une fois l'expérience terminée, nous pouvons voir que ce n'est pas la même quantité d'eau qui a été absorbée. En effet, dans la coupelle contenant de la terre, celle qui représente le type de sol « terre », une fine couche d'eau apparaît après 2min 30 en ayant absorbé 190 gouttes d'eau. Dans la coupelle contenant du gravier, symbolisant le type de sol « gravier », on voit que seulement 150 gouttes d'eau ont pu être absorbées avant que le sol ne soit saturé.

On peut donc conclure qu'un sol de terre absorbe mieux l'eau qu'un sol de gravier.

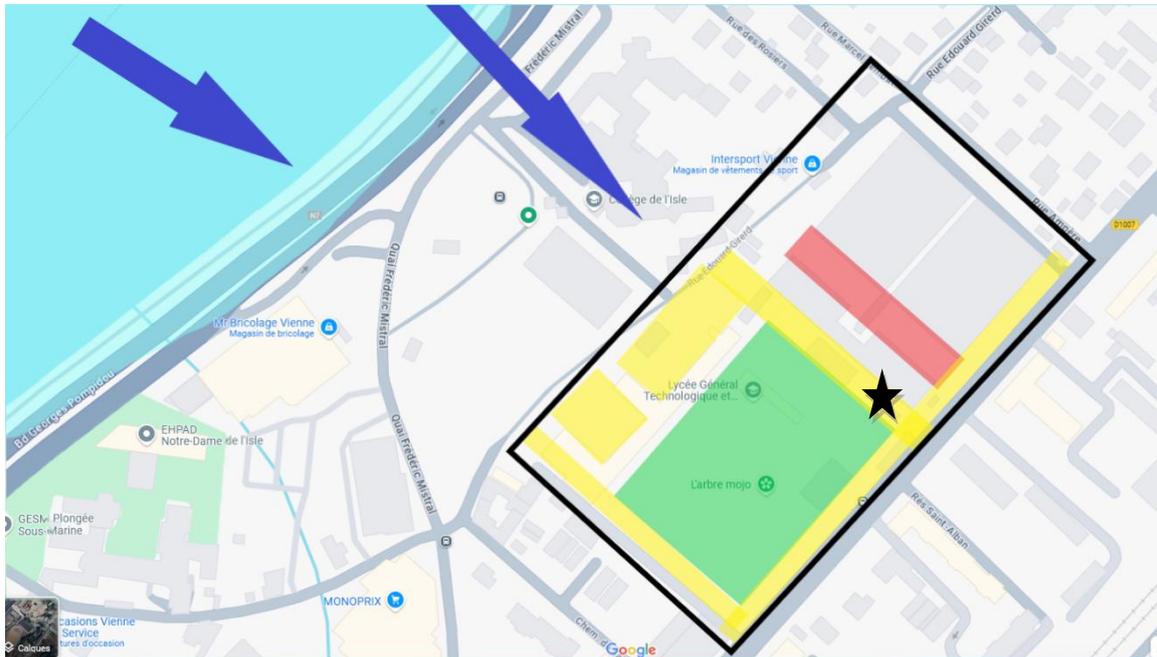


Coupelle contenant la terre



Coupelle contenant le gravier

Sur la carte, les zones jaunes correspondent aux zones bétonnées, les zones rouge aux graviers, les zones vertes à la verdure (terre+ herbe) et l'on voit en bleu le Rhône.



Carte du lycée avec les différentes zones délimitées selon le type de sol

A la suite de l'expérience, nous avons établi une échelle de risque :

- En cas d'inondation, les zones les plus impactées au lycée, seraient tout d'abord la zone rouge, où l'eau met plus de temps à être absorbée.
- Ensuite, il y a un endroit qui est régulièrement inondé (représentée par une étoile sur la carte) même en cas de petite pluie, comme on peut le voir sur l'image ci-dessous.



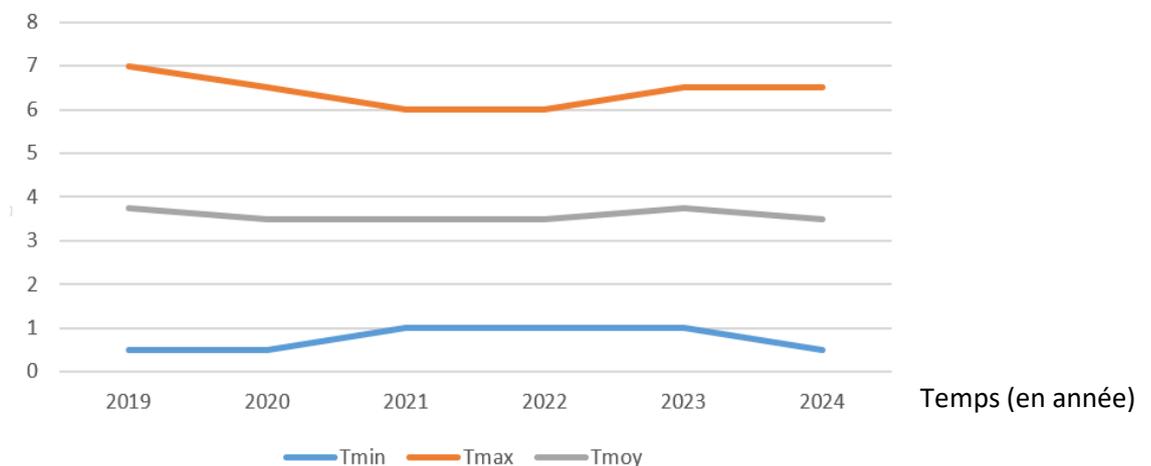
- Les zones vertes (végétal) et les zones jaunes (bétons) seront les moins impactées car d'après notre expérience, l'eau était facilement absorbée avec la terre. Il faut bien sûr ne pas oublier que nous sommes en janvier/ février, des mois plutôt pluvieux, la terre peut donc être déjà humide. C'est pour cela que lors de notre expérience, nous avons utilisé une terre humide. Concernant la zone jaune, celle-ci est bétonnée, or le béton peut absorber l'eau grâce à sa texture poreuse.

- Maintenant si l'on prend en compte le Rhône située relativement proche du Lycée, en cas de crue cela seraient les parties visées par les flèches bleues les plus vulnérables.

Nous avons également récolté d'autres données météorologiques pour essayer de prédire et voir quelles seraient les conditions météorologiques favorables à de fortes pluies. Nous avons donc relevé la température moyenne en janvier sur plusieurs années à Vienne, ainsi que la couverture nuageuse (c'est-à-dire la présence ou non de nuage) et les précipitations mensuelles.

1) TEMPÉRATURE

Température (en °C)



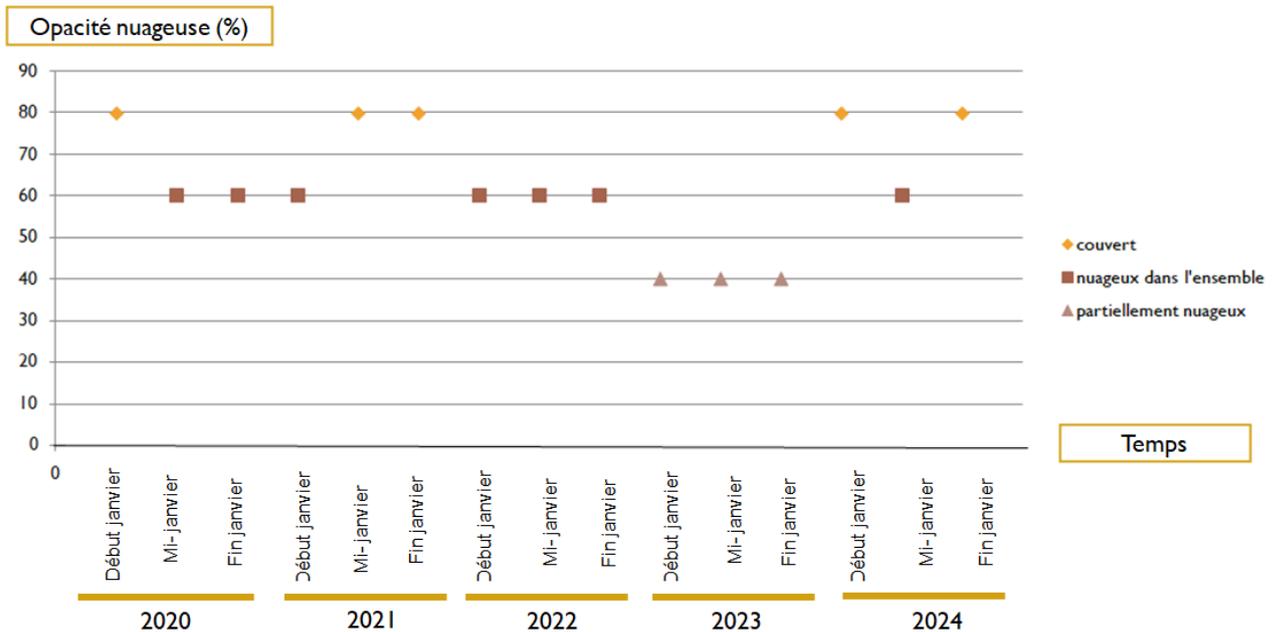
Graphique de la température à Vienne en fonction de la période entre 2019 et 2024

Ce graphique représente l'évolution de trois courbes représentant les températures minimales (Tmin), maximales (Tmax) et moyenne (Tmoy) sur une période allant de 2019 à 2024 :

- La température maximale démarre autour de 7°C en 2019 puis diminue en 2021 et augmente ensuite jusqu'en 2023 aux alentours de 6.5°C avant de se stabiliser
MOYENNE Tmax : $(7+6.5+6+6+6.5+6.5)/6 = 6.4$ à 10^{-1} près.
- La température moyenne reste stable autour de 4°C, avec une légère augmentation dès 2022.
-
- La température minimale commence près de 0°C, augmente légèrement jusqu'en 2021, avant de diminuer en 2024
MOYENNE Tmin : $(0.5+0.5+1+1+1+0.5)/6 = 0.8$ à 10^{-1} près

→ Le graphique montre une stabilité générale des températures moyennes, avec une tendance à la baisse des températures maximales jusqu'en 2021, suivie d'une reprise.

2) COUVERTURE NUAGEUSE



Graphique de la couverture nuageuse en fonction de la période entre 2020 et 2024

Ce graphique représente l'évolution de l'opacité nuageuse en % en janvier entre 2020 et 2024, avec trois catégories : couvert, nuageux dans l'ensemble et partiellement nuageux :

- 2020 à 2022 : La majorité des points se situent entre 60% et 80%, ce qui indique des conditions particulièrement couvertes.
- 2023 : L'opacité nuageuse diminue légèrement par rapport aux années précédentes.
- 2024 : Retour à une opacité assez élevée (entre 70% et 80%), correspondant à des conditions très nuageuses.

→ La période de janvier semble majoritairement couverte.

3) PRÉCIPITATIONS

Probabilité de précipitations à Vienne (en %)



Graphique de la probabilité de précipitation à Vienne en fonction de la période <https://weatherspark.com>

Ce graphique montre la probabilité quotidienne de précipitations à Vienne (38), exprimé en pourcentage (%), correspondant au nombre de jours pluvieux en janvier et Février :

- La probabilité de jours pluvieux est relativement stable
- JANVIER commence avec une probabilité autour de 23%, ce qui indique environ un jour pluvieux sur quatre
- En FÉVRIER, cette probabilité baisse légèrement pour atteindre environ 18%

→ Ces deux mois constituent un période plutôt sèche à Vienne, avec une faible fréquence de précipitations (moins d'un jour/4).

Avec une opacité nuageuse élevée de plus de 40%, les conditions sont propices à un ciel largement couvert, ce qui augmente les chances de précipitations. La probabilité de pluie de 25% sur le mois indique qu'il y a une chance modérée de journées pluvieuses, bien que les précipitations ne soient pas constantes. La température de 3,5°C, assez fraîche, suggère qu'il pourrait y avoir des pluies fines ou, dans certaines situations, des épisodes de pluie plus intenses. Toutefois, il n'y a pas de risque immédiat de fortes pluies continues. Les conditions peuvent varier, mais le mois sera globalement marqué par un temps humide, avec des périodes de pluie occasionnelles.

Au final, pour se mettre dans la peau de l'IA nous avons dû étudier et analyser la topographie du lieu puis étudier les conditions météorologiques afin de savoir si oui ou non elles seraient favorables à de fortes pluies.

III/ LIMITES DES PREDICTIONS ET USAGES

Si dorénavant, un outil fiable est capable de prévoir des inondations plusieurs jours à l'avance, cela permettrait aux gouvernements des différents pays, de faire de la prévention afin que lors d'une vraie alerte, la population soit préparée et que les évacuations se fassent le plus efficacement possible. Les alertes pourraient être également données à l'avance si elles se basent sur Flood Hub et donc si elles prennent en compte les prédictions de celle-ci.

Le 29 octobre 2024, le sud de l'Espagne a subi de graves inondations et beaucoup de dégâts matériels et humains ont été engendrés.



<https://tamateo.com>

Inondation en Espagne le 29/10/2024

Le problème est que l'alerte a été donnée trop tard à cause d'une sous-estimation des risques encourus par les autorités nationales et locales. De ce fait, les habitants n'ont pas eu le temps de rentrer chez eux, de partir dans des zones moins touchées ou de prévoir des protections pour les bâtiments comme des batardeaux par exemple. A cause de l'alerte tardive, les secours ont également mis du temps à arriver. Un grand nombre de dégâts et de morts aurait pu être évité avec une alerte bien moins tardive. Flood Hub aurait donc pu sauver des vies.

Connaitre le risque d'une inondation une semaine à l'avance, permet également de mettre en sécurité ou de protéger ce qui ne peut pas être évacué comme des bâtiments, des vestiges historiques... Cependant, Flood hub a tout de même des limites. En effet, elle ne prévoit que

les inondations « pluviales » c'est-à-dire, les inondations liées à la sortie de lit d'un fleuve à cause d'un trop plein de pluie.

Ce n'est pourtant la seule manière d'avoir des inondations. Certaines zones et principalement les zones du littoral peuvent être confrontées à des raz de marées, qui ne pourront, elles, pas être prédites par Flood hub. Cette IA ne prévoit pas non plus les conséquences engendrées et quelles autres catastrophes pourraient survenir dans un deuxième temps comme des ruptures de barrages, des effondrements ou encore des coulées de boues.

CONCLUSION

Pour conclure, l'IA simule des catastrophes naturelles à l'aide d'algorithmes, de modèles et en analysant un grand nombre de données diverses. Pour cela, elle va s'appuyer sur des organismes comme la NASA (IMERG) et le CPC (en Amérique) pour avoir accès à une multitude de données sur plusieurs décennies et pratiquement partout dans le monde. Elle va également récolter des données météorologiques, géographiques, topographiques et historiques dans le but de prédire l'intensité et l'étendue des catastrophes. A la suite de cela, elle permet d'optimiser la gestion des risques en donnant l'alerte plus rapidement. Analyser des données est possible pour un être humain, cependant, avec un tel nombre de données qu'il serait impossible d'arriver au même point qu'avec l'IA. A l'heure actuelle l'IA n'est pas encore optimale mais à l'avenir, elle pourrait avoir un rôle crucial dans la protection des populations ainsi que la réductions des dégats occasionés.

Carnet de bord du Projet Expérimental et Numérique

Année 202-2025

Programme officiel: Grâce, notamment, à l'approche scientifique, l'être humain dispose des outils intellectuels nécessaires pour devenir un acteur conscient et responsable de la relation au monde et de la transformation des sociétés. L'approche scientifique nourrit le jugement critique et rencontre des préoccupations d'ordre éthique. Ainsi, c'est de façon rationnellement éclairée que chacun doit être en mesure de participer à la prise de décisions, individuelles et collectives, locales ou globales.

Le projet s'articule autour de la mesure et des données qu'elle produit, qui sont au coeur des sciences expérimentales. L'objectif est de confronter les élèves à la pratique d'une démarche scientifique expérimentale, de l'utilisation de matériels (capteurs et logiciels) à l'analyse critique des résultats.

Le projet expérimental et numérique comporte trois dimensions :

- utilisation d'un capteur éventuellement réalisé en classe
- acquisition numérique de données
- traitement mathématique, représentation et interprétation de ces données.

Selon les projets, l'une ou l'autre de ces dimensions peut être plus ou moins développée. L'objet d'étude peut être choisi librement, en lien avec le programme ou non.

SUJET/ PROBLÉMATIQUE :

Simuler une catastrophe naturelle : Par quels moyens l'IA simule-t-elle les catastrophes naturelles et peut-elle ainsi prévoir les conséquences engendrées ?

GROUPE :

XXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Séance 1 et 2 : Semaine du 16/12

- Recherche de la problématique : « Par quels moyens l'IA simule-t-elle les catastrophes naturelles et peut-elle ainsi prévoir les conséquences engendrées ?
Exemple des inondations
- Création d'un plan : 1- Etude d'une IA existante qui prédit les inondations
2- Dans le rôle d'un IA
3- Limites et usages possibles
- Réflexion, quelles données pourraient être utiles

Séance 3 et 4 : Semaine du 6/01

- Exploitation de Flood Hub
Rédaction partie I
- Recherche d'une expérience + schéma de notre modèle : L'absorption de l'eau diffère-t-elle selon les types de sols ?
- Récupération des données météorologiques suivantes : Températures; Précipitations et opacité nuageuse
- Mise des données météorologiques sous forme de graphiques

Séance 5 et 6 : Semaine du 13/01

- Relevé de l'expérience : Pour 35g de matière :
 - 1) Terre => 190 gouttes d'eau
 - 2) Gravier => 150 gouttes d'eau
- Exploitation des données de l'expérience+ Etablissement d'une échelle de risque au lycée en cas de fortes pluies.
- Rédaction partie II

Séance 7 et 8 : Semaine du 20/01

- Réflexion sur les usages possibles de l'IA et quelles sont ses limites + rédaction partie III
- Début du diaporama

Séance 9 et 10 : Semaine du 27/01

- Finalisation du diaporama
- Recherche de conclusion au problème
- Mise en forme du dossier à rendre

Séance 11 et 12 : Semaine du 03/02

- Finalisation oral
- Finalisation dossier
- Passage à l'oral