# **Manuel de formation à CLIMADA**

**Évaluation probabiliste des risques climatiques et impacts économiques** Ministère de l’Économie et des Finances de Côte d’Ivoire

## **Introduction**

Le changement climatique constitue un défi majeur pour la stabilité économique et sociale des pays, en particulier ceux vulnérables comme la Côte d’Ivoire. Les événements climatiques extrêmes tels que les inondations, cyclones ou sécheresses ont des effets directs et indirects importants sur les infrastructures, l’agriculture, la santé et les finances publiques. Pour anticiper ces impacts, il est crucial de disposer d’un outil performant capable d’évaluer de manière probabiliste les risques climatiques et leurs conséquences économiques. CLIMADA, logiciel libre développé à l’échelle internationale, répond précisément à ce besoin. Il permet de combiner données climatiques, exposition des territoires et vulnérabilité économique, fournissant des résultats fiables pour guider la prise de décision.

Ce manuel a pour but d’accompagner les ingénieurs, statisticiens et économistes du ministère dans la maîtrise de CLIMADA, afin d’intégrer cette compétence dans la gestion proactive des risques climatiques nationaux.

## **Objectifs de la formation**

La formation vise à permettre aux utilisateurs de :

* Comprendre les concepts fondamentaux du risque climatique et son approche probabiliste.
* Installer et configurer correctement l’environnement CLIMADA.
* Charger, personnaliser et calibrer les données d’aléa, d’exposition et de vulnérabilité adaptées au contexte ivoirien.
* Calculer et interpréter les indicateurs clés de risque économique.
* Simuler l’effet des mesures d’adaptation et en analyser la rentabilité économique.
* Utiliser les outils avancés de CLIMADA pour automatiser les analyses et soutenir les décisions stratégiques.

## **Définitions clés**

Avant d’aborder la manipulation pratique de CLIMADA, il est important de clarifier quelques notions essentielles.

* **Aléa (Hazard)** : phénomène naturel susceptible de se produire, caractérisé par son intensité, sa localisation et sa fréquence (exemples : tempête, cyclone, inondation).
* **Exposition (Exposure)** : ensemble des biens, populations, infrastructures et activités économiques susceptibles d’être affectés par un aléa.
* **Vulnérabilité (Vulnerability)** : degré de sensibilité de l’exposition à l’aléa, souvent exprimé par une fonction reliant l’intensité de l’aléa aux pertes subies.
* **Risque climatique** : combinaison de la probabilité d’occurrence d’un aléa, de l’exposition et de la vulnérabilité, représentant les dommages attendus.
* **Pertes Annuelles Moyennes (PAM)** : moyenne des pertes économiques attendues annuellement à cause des aléas climatiques.
* **Pertes Maximales Probables (PMP)** : pertes maximales probables sur une période définie, par exemple lors d’un événement qui se produit une fois tous les 100 ans.

## **Installation et configuration**

Pour utiliser CLIMADA, certaines étapes sont nécessaires afin de préparer un environnement de travail robuste et compatible.

1. **Préparer le matériel** : ordinateur avec système d’exploitation Windows, Linux ou macOS, disposant d’une connexion internet.
2. **Installer Python** : CLIMADA est développé en Python. Il faut installer Python 3.8 ou une version plus récente. Le logiciel est disponible sur [python.org](https://www.python.org/).
3. **Installer les dépendances** : il est recommandé d’utiliser un environnement virtuel Python pour installer les bibliothèques nécessaires, notamment numpy, pandas, geopandas, matplotlib.  
    Commandes générales à exécuter dans un terminal ou invite de commandes :
4. shell
5. python -m venv climada\_env
6. climada\_env\Scripts\activate *# Windows*
7. source climada\_env/bin/activate *# Linux/macOS*
8. pip install numpy pandas geopandas matplotlib
9. **Installer CLIMADA** : depuis l’environnement virtuel activé, installer CLIMADA via pip :
10. shell
11. pip install climada\_python
12. **Vérifier l’installation** : dans un terminal Python, lancer :
13. python
14. **import** climada.engine **as** ce
15. **print**("CLIMADA version:", ce.\_\_version\_\_)
16. Un message indiquant la version confirme la bonne installation.

## **Structure fonctionnelle de CLIMADA**

CLIMADA s’appuie sur trois piliers fonctionnels complémentaires pour évaluer les risques :

* **La composante aléa (hazard)** : caractérise les événements naturels avec leurs propriétés physiques et probabilités d’occurrence.
* **La composante exposition (exposure)** : localise et quantifie ce qui est exposé à ces aléas (personnes, infrastructures, économies).
* **La composante vulnérabilité (vulnerability)** : établit la relation entre l’intensité des événements et le niveau des dommages économiques attendus.

La combinaison de ces trois éléments permet à CLIMADA de fournir des mesures probabilistes de pertes économiques potentielles pour des territoires spécifiques.

## **Utilisation de base de CLIMADA**

## **Charger un jeu de données d’aléa**

Il est possible de charger des données d’aléas préexistantes associées à des phénomènes climatiques, par exemple :

python

**from** climada.engine **import** Hazard

hazard = Hazard.from\_predefined('cyclone\_ATL')

Ce code charge un jeu d’événements cycloniques simulés pour la région Atlantique.

## **Charger une exposition**

L’exposition peut être chargée depuis des fichiers vectoriels ou rasters représentant la population ou les infrastructures.

python

**from** climada.engine **import** Exposures

exposures = Exposures()

exposures.read\_raster('chemin/vers/fichier\_exposition.tif')

## **Définir une fonction de dommage**

La fonction de dommage exprime comment l’intensité d’un aléa se traduit en pertes économiques ou matérielles. Voici un exemple simple :

python

**from** climada.engine **import** Vulnerability

vuln = Vulnerability()

vuln.set\_pwl(damage\_bins=[0, 50, 100], damage\_frac=[0, 0.5, 1])

## **Calculer l’impact attendu**

Le calcul combiné intègre les trois composantes précédentes via :

python

impact = exposures.calc\_impact(hazard, vuln)

**print**("Pertes annuelles moyennes estimées :", impact.mean())

## **Personnalisation avancée des paramètres d’aléa**

Le système permet de manipuler finement les événements climatiques selon les réalités locales. Par exemple, modifier la liste des événements en changeant intensités ou localisations :

python

events = hazard.events

events.loc[0, 'intensity'] = 120

events.loc[0, 'latitude'] = 5.25

hazard.events = events

On peut aussi générer de nouveaux événements représentant des scénarios climatiques futurs adaptés aux projections.

## **Importer et calibrer des données locales**

Pour ajuster CLIMADA aux réalités ivoiriennes, il faut importer vos propres données mesurées, que ce soit des relevés climatiques, des historiques d’événements ou des données économiques géolocalisées.

Les données doivent être formatées en DataFrame pandas avec colonnes explicitant intensité, localisation et fréquence. Cette étape est cruciale pour une calibration précise du modèle.

python

**import** pandas **as** pd

local\_events = pd.read\_csv('donnees\_locales.csv')

hazard.events = local\_events

## **Évaluer les mesures d’adaptation**

CLIMADA permet d’intégrer dans les calculs l’impact des mesures d’adaptation (ex. digues, amélioration des constructions, polices d’assurance) en modifiant la vulnérabilité.

Par exemple, une réduction des dommages est représentée sur la fonction de dommage :

python

vuln\_adapt = Vulnerability()

vuln\_adapt.set\_pwl(damage\_bins=[0, 50, 100], damage\_frac=[0, 0.3, 0.6])

impact\_adapt = exposures.calc\_impact(hazard, vuln\_adapt)

dommages\_évités = impact - impact\_adapt

**print**("Dommages évités grâce à l’adaptation :", dommages\_évités.sum())

## **Visualisation et partage des résultats**

Pour une interprétation claire, il est conseillé d’utiliser les outils graphiques.

python

**import** matplotlib.pyplot **as** plt

impact.plot\_hist()

plt.show()

Les résultats peuvent être exportés en CSV ou formats géographiques (GeoJSON) pour diffusion auprès des décideurs.

## **Bonnes pratiques et conseils**

* Assurez-vous de la qualité et de la cohérence des données importées.
* Documentez soigneusement chaque étape et paramètre modifié.
* Explorez plusieurs scénarios d’aléas et d’adaptations pour comprendre la gamme des risques.
* Utilisez les ressources et tutoriels officiels CLIMADA pour approfondir votre maîtrise.
* Favorisez le travail collaboratif et le partage d’expériences pour enrichir votre expertise.

## **Conclusion**

Ce manuel a pour vocation d’accompagner les agents du ministère dans la maîtrise technique de CLIMADA pour des analyses robustes et contextualisées des risques climatiques. L’intégration de ces compétences permettra d’optimiser les stratégies économiques et budgétaires nationales face au changement climatique.

Ce manuel peut être enrichi avec des annexes spécifiques aux données locales et des exemples concrets issus du travail des utilisateurs ivoiriens.

# **Manuel d’utilisation de CLIMADA**

**Évaluation probabiliste des risques climatiques et impacts économiques** Pour ingénieurs, statisticiens et économistes du ministère de l’Économie et des Finances de Côte d’Ivoire

## **1. Présentation générale**

CLIMADA est un logiciel open-source conçu pour modéliser les risques climatiques en combinant des données d’aléas, d’exposition et de vulnérabilité afin d’évaluer les impacts socio-économiques. Il est particulièrement adapté pour le soutien à la décision en matière d’adaptation et de gestion des risques.

## **2. Installation et configuration**

## **Prérequis**

* Système d’exploitation : Windows, Linux, macOS
* Python 3.8 ou supérieur
* Bibliothèques Python : numpy, pandas, geopandas, matplotlib, entre autres (listées dans la documentation CLIMADA)

## **Procédure d’installation**

1. Installer Python (si non déjà fait) via [python.org](https://www.python.org/)
2. Installer CLIMADA via pip dans un terminal ou invite de commande :
3. text
4. pip install climada\_python
5. Vérifier l’installation dans un terminal Python :
6. python
7. **import** climada.engine **as** ce
8. **print**(ce.\_\_version\_\_)

## **3. Structure générale de CLIMADA**

CLIMADA repose sur trois composantes principales :

* **Aléa (Hazard)** : événements climatiques simulés (ex. cyclones, inondations) avec intensité, localisation et fréquence.
* **Exposition (Exposure)** : objets exposés (populations, infrastructures, secteurs économiques) localisés géographiquement.
* **Vulnérabilité (Vulnerability)** : fonctions de dommages traduisant la perte probable selon l’intensité de l’aléa.

## **4. Premiers pas : Évaluation simple du risque**

## **Charger un aléa existant**

python

**from** climada.engine **import** Hazard

hazard = Hazard.from\_predefined('cyclone\_ATL')

## **Charger une exposition**

python

**from** climada.engine **import** Exposures

exposures = Exposures()

exposures.read\_raster('path/to/exposure\_raster.tif') *# ou importer données vectorielles*

## **Assigner une fonction de dommage**

python

**from** climada.engine **import** Vulnerability

vuln = Vulnerability()

vuln.set\_pwl(damage\_bins=[0, 50, 100], damage\_frac=[0, 0.5, 1]) *# Exemple simple*

## **Calcul du risque**

python

**from** climada.engine **import** Impact

impact = exposures.calc\_impact(hazard, vuln)

**print**(f"Perte moyenne annuelle estimée : {impact.mean()}")

## **5. Personnalisation des aléas**

## **Modifier des événements climatiques**

python

*# Accès aux évènements*

events = hazard.events

*# Modifier intensité ou localisation*

events.loc[0, 'intensity'] = 120

events.loc[0, 'latitude'] = 5.35

## **Générer un nouvel ensemble d’événements**

python

hazard.generate\_event\_set(num\_events=500, scenario='RCP8.5')

## **6. Importer et calibrer des données locales**

1. Importer vos mesures locales sous forme de DataFrame pandas avec colonnes d’intensité, fréquence, latitude, longitude.
2. Remplacer les événements du hazard avec ces nouvelles données.
3. Ajuster les paramètres de fréquence et intensité selon les résultats de calibration.

Exemple :

python

**import** pandas **as** pd

local\_events = pd.read\_csv('local\_events.csv')

hazard.events = local\_events

## **7. Évaluation des mesures d’adaptation**

1. Créer un modèle d’adaptation (décrivant comment la vulnérabilité baisse).
2. Recalculer le risque avec adaptation.
3. Comparer les pertes évitées.

Exemple :

python

vuln\_adapt = Vulnerability()

vuln\_adapt.set\_pwl(damage\_bins=[0,50,100], damage\_frac=[0,0.3,0.6]) *# Réduction des dommages*

impact\_adapt = exposures.calc\_impact(hazard, vuln\_adapt)

damages\_avoided = impact - impact\_adapt

## **8. Visualisation et exportation des résultats**

* Utiliser matplotlib pour tracer cartes et courbes :

python

**import** matplotlib.pyplot **as** plt

impact.plot\_hist()

plt.show()

* Exporter les résultats en CSV ou GeoJSON pour diffusion

## **9. Conseils pratiques**

* Toujours vérifier la qualité et la pertinence des données locales importées.
* Utiliser les fonctions d’aide et tutoriels disponibles dans la documentation CLIMADA.
* Tester les effets de différentes hypothèses d’adaptation et scénarios climatiques.
* Documenter tous les paramètres et choix pour assurer traçabilité.

## **10. Ressources complémentaires**

* Documentation officielle en ligne : [https://climada-python.readthedocs.io](https://climada-python.readthedocs.io/)
* Exemples de cas d’utilisation économique
* Groupes et forums d’utilisateurs CLIMADA

Ce manuel vise à rendre autonome les utilisateurs dans l’installation, la personnalisation et l’exploitation de CLIMADA, avec un focus sur les enjeux économiques liés aux risques climatiques pour la Côte d’Ivoire.

#### **We've noticed unusual query volume. Please** [**contact us**](mailto:hey@you.com) **with the following Error ID: bbfd7c21-4ae6-431f-b38b-c05b634d2f4a|81f6c03f-3d74-4a0d-90a9-398584f72434|2025-08-22T09:13:13.876Z.**

Answering your question with the Express Agent:

Voici un **manuel de formation détaillé** pour l’utilisation de CLIMADA, adapté aux ingénieurs, statisticiens et économistes du ministère de l’Économie et des Finances de Côte d’Ivoire. Ce manuel suit une progression pédagogique claire, de l’introduction à l’application concrète, en passant par l’installation, la prise en main, la personnalisation et l’intégration dans les activités professionnelles.

# **Manuel de formation CLIMADA**

**Évaluation probabiliste des risques climatiques et impacts économiques  
Pour les ingénieurs, statisticiens et économistes du ministère de l’Économie et des Finances de Côte d’Ivoire**

## **Introduction**

Face à l’augmentation des événements climatiques extrêmes et à leurs impacts économiques, il est essentiel pour les institutions publiques de disposer d’outils robustes pour anticiper, évaluer et gérer les risques climatiques. CLIMADA (CLIMate ADAptation) est une plateforme open-source développée par l’ETH Zurich, permettant de modéliser les risques climatiques et d’analyser l’efficacité des mesures d’adaptation. Ce manuel vise à rendre les utilisateurs autonomes dans l’utilisation de CLIMADA, depuis l’installation jusqu’à l’application à des cas concrets ivoiriens .

## **Objectifs de la formation**

* Comprendre les concepts fondamentaux du risque climatique et de la modélisation probabiliste.
* Maîtriser l’installation, la configuration et la prise en main de CLIMADA.
* Savoir modéliser les aléas, l’exposition et la vulnérabilité avec des données locales.
* Appliquer CLIMADA à l’analyse coût-bénéfice des mesures d’adaptation.
* Intégrer les résultats dans la planification économique et la gestion des risques.

## **Définitions clés**

* **Aléa** : Événement climatique potentiellement dommageable (ex. inondation, cyclone, sécheresse), caractérisé par son intensité, sa fréquence et sa localisation.
* **Exposition** : Ensemble des éléments (population, infrastructures, biens économiques) susceptibles d’être affectés par un aléa.
* **Vulnérabilité** : Degré de sensibilité des éléments exposés à un aléa, souvent modélisé par des fonctions de dommage.
* **Risque** : Produit de la probabilité d’occurrence d’un aléa, de l’exposition et de la vulnérabilité, exprimé en pertes économiques potentielles .

## **Installation et configuration de CLIMADA**

### **Prérequis**

* Système d’exploitation : Windows, Linux ou macOS
* Python 3.8 ou supérieur
* Connexion Internet pour télécharger les dépendances

### **Étapes d’installation**

1. **Installer Python** Télécharger et installer Python depuis [python.org](https://www.python.org/).
2. **Installer un environnement virtuel (recommandé)** Ouvrir un terminal (ou invite de commande) et créer un environnement dédié :
3. python -m venv climada\_env
4. Activer l’environnement :
   * Windows : climada\_env\Scripts\activate
   * Linux/Mac : source climada\_env/bin/activate
5. **Installer CLIMADA et ses dépendances** Installer CLIMADA via pip :
6. pip install climada\_python
7. Vérifier l’installation :
8. import climada.engine as ce
9. print(ce.\_\_version\_\_)
10. **Installer des outils complémentaires** Installer Jupyter Notebook pour les exercices pratiques :
11. pip install notebook

## **Prise en main de CLIMADA**

### **Structure générale**

CLIMADA repose sur trois modules principaux :

* **Hazard (Aléa)** : Gestion des événements climatiques (intensité, fréquence, localisation).
* **Exposure (Exposition)** : Description des éléments exposés (population, infrastructures, secteurs économiques).
* **Vulnerability (Vulnérabilité)** : Fonctions de dommage reliant l’intensité de l’aléa à la perte économique .

### **Premier exemple pratique**

1. **Charger un aléa prédéfini**
2. from climada.engine import Hazard
3. hazard = Hazard.from\_predefined('cyclone\_ATL')
4. **Charger une exposition**
5. from climada.engine import Exposures
6. exposures = Exposures()
7. exposures.read\_raster('path/to/exposure\_raster.tif')
8. **Définir une fonction de dommage**
9. from climada.engine import Vulnerability
10. vuln = Vulnerability()
11. vuln.set\_pwl(damage\_bins=[0, 50, 100], damage\_frac=[0, 0.5, 1])
12. **Calculer le risque**
13. from climada.engine import Impact
14. impact = exposures.calc\_impact(hazard, vuln)
15. print(f"Perte moyenne annuelle estimée : {impact.mean()}")

## **Personnalisation et calibration avec des données locales**

### **Importer des données locales**

* Préparer vos données d’aléa (ex. événements historiques, intensité, fréquence, localisation) sous format CSV ou DataFrame.
* Adapter les jeux d’exposition (population, infrastructures) à partir de recensements ou de bases de données nationales.

### **Calibration des paramètres d’aléa**

* Analyser la fréquence et l’intensité des événements à partir des données locales.
* Ajuster les paramètres du module Hazard pour refléter la réalité ivoirienne.
* Valider le modèle en comparant les résultats simulés avec les observations historiques .

### **Exemple de calibration**

import pandas as pd

local\_events = pd.read\_csv('local\_events.csv')

hazard.events = local\_events

## **Évaluation des mesures d’adaptation**

* Définir des scénarios d’adaptation (ex. construction de digues, bassins de rétention, assurance).
* Modifier la fonction de vulnérabilité pour simuler la réduction des dommages.
* Comparer les pertes économiques avec et sans adaptation pour calculer les bénéfices.

### **Exemple**

vuln\_adapt = Vulnerability()

vuln\_adapt.set\_pwl(damage\_bins=[0,50,100], damage\_frac=[0,0.3,0.6])

impact\_adapt = exposures.calc\_impact(hazard, vuln\_adapt)

damages\_avoided = impact - impact\_adapt

## **Visualisation et exportation des résultats**

* Utiliser les fonctions de CLIMADA pour générer des cartes et graphiques des pertes économiques.
* Exporter les résultats en formats CSV ou GeoJSON pour diffusion et intégration dans les rapports.

### **Exemple**

import matplotlib.pyplot as plt

impact.plot\_hist()

plt.show()

## **Intégration dans les activités du ministère**

* Utiliser CLIMADA pour appuyer la planification budgétaire, la gestion des risques et la priorisation des investissements.
* Appliquer les analyses à des études de cas réels : inondations à Abidjan, risques cycloniques sur la côte, impacts agricoles de la sécheresse.
* Collaborer avec d’autres institutions pour enrichir les bases de données et améliorer la calibration des modèles.

## **Conseils pratiques**

* Toujours vérifier la qualité et la pertinence des données locales.
* Documenter les choix méthodologiques et les paramètres utilisés.
* Tester différents scénarios pour explorer la sensibilité des résultats.
* S’appuyer sur la documentation officielle et la communauté CLIMADA pour résoudre les difficultés .

## **Ressources complémentaires**

* Documentation officielle : [https://climada-python.readthedocs.io](https://climada-python.readthedocs.io/)
* Tutoriels et exemples de cas d’utilisation économique
* Forums et groupes d’utilisateurs CLIMADA

Ce manuel vous guide pas à pas pour exploiter CLIMADA dans vos missions d’évaluation et de gestion des risques climatiques, avec un accent particulier sur l’analyse économique et l’adaptation au contexte ivoirien.