

E-HYPE

Hydrology related climate impact indicators from 1970 to 2100

derived from bias adjusted European climate projections

Projections **CMIP5** de 21 paramètres dont débit

Distribué par « Climat Data Store »

Producteur SMHI (**S**wedish **M**eteorological and **H**ydrological Institute)

E-HYPE= **E**uropean **H**ydrological **P**redictions for the **E**nvironment)

*NB : En marge de cette version **CMIP5** distribuée via Climate Data Store (no longer supported by the data providers), le producteur **SMHI** offre via son propre site internet une version **CMIP5 + CMIP6** de ce dataset de PROJECTIONS « **Europe** » **CMIP5**. Le site du producteur SMHI présente les avantages et inconvénients suivants, notamment téléchargement souvent payant à part la visualisation carto :*

(voir le dossier spécifique et la description word)

- PROJECTIONS CMIP 5 + 6, Europe + **Global** (a priori **payants** et à ce jour **sans débit pour CMIP6**)
- Avec en plus FORECAST (a priori payants)
- HISTORICAL **Europe** : **GRATUIT**, série chronologique historique **unique** contrairement aux multiples modélisations « historical » des projections

Portails web : Copernicus Climat Data Store / ECMWF

Data <https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/sis-hydrology-variables-derived-projections?tab=overview>

Description : <https://confluence.ecmwf.int/pages/viewpage.action?pageId=283570322>

Sub Basins ID : <https://zenodo.org/records/581451>

Article simulation mondiale « historical » : <https://hess.copernicus.org/articles/24/535/2020/>

A.	<u>DESCRIPTION</u>	2
B.	<u>LISTE & STRUCTURE DE FICHIER DE PARAMETRE JOURNALIER (DEBIT UNIQUEMENT)</u>	4
C.	<u>LISTE DES PARAMETRES INDICATEURS MENSUELS (DONT DEBIT)</u>	6
D.	<u>LISTE & STRUCTURE DE FICHIER DES PARAMETRES INDICATEURS ANNUELS (CRUE & ETIAGE).</u>	7
E.	<u>TESTS PERSONNELS</u>	7
F.	<u>CODE PYTHON DE L'API « CLIMATE DATA STORE »</u>	8

A. Description

Appréciation personnelle

Projections basées sur CMIP5, toujours disponibles mais dont **le support est abandonné à ce jour** (« no longer supported by the data providers »). Cette dépréciation s'explique **probablement par le fait que l'auteur SMHI commence à distribuer une version CMIP 6 sur son propre site, mais à ce jour « encore » sans débit.**

Concernant cette version dépréciée du Climate Data Store, à ce jour :

- seul le DEBIT est disponible sous forme de série chronologique JOURNALIERE,
- les INDICATEURS (= MENSUELS MOYENNÉS par horizon) sont disponibles pour tous les paramètres y compris le débit.

Ce produit présente 2 gros avantages :

- C'est un des rares produits de projections à proposer des paramètres non atmosphériques, notamment le débit
- Le modèle hydrologique HYPE est **calé sur des débits observés** (6 519 d'après l'article au lien ci-dessous, utilisé pour partie pour la calibration et pour partie pour l'évaluation des performances sur les stations n'ayant pas servi à la calibration)

La difficulté de ce genre de produit est que les projections sont fournies pour différents modèles pour un même scénario, dont aucun n'est meilleur que les autres : par exemple pour les débits journaliers projections différentes pour un même scénario RCP.

En alternative, le site interne SMHI fournit la statistique des projections avec un **avantage** (visualisation carto) et des **limitations** (données a priori payantes à ce jour).

APPROCHE MULTI MODELES

- Les résultats peuvent tellement diverger selon les modélisations pour une même scénario, qu'une combinaison unique de modélisation peut être trompeuse (un fichier contient une unique combinaison de modèles sur 8, avec cependant les 8 modèles HYDRO, soit 8 combinaisons sur 64).
- Pour effectuer une étude, il est scientifiquement nécessaire d'avoir une approche multi modèles c'est à dire plusieurs fichiers représentant des combinaisons différentes GCM_RCM_membre_HYDRO (Europe entière dans chaque fichier, contenant les 8 modèles HYDRO mais une seule combinaison GCM_RCM_membre d'ensemble).
- Une approche multi modèle est possible avec l'INDICATEUR DEBIT MENSUEL INTERANNUEL, mais en pratique inenvisageable avec les DEBITS JOURNALIERS.
- Chaque énorme fichier zip (sur les 8) représente 90 Go, même dézippé ! Soit presque 720 Go pour le jeu de données complet → Le temps de récupération de chaque énorme fichier zip représente plus d'une journée !
 - Temps de requête prohibitif en journée, et même aléatoire car la requête peut échouer au bout de plusieurs heures, et doit être relancée pour aboutir.
 - Temps de dézippage de 2 ou 3 heures
 - Nécessité d'un support de stockage supportant le volume (x2 si on veut conserver les archives zip par sécurité) → problème supplémentaire de rupture de connexion réseau ou internet/wifi.

Caractéristiques

Rubrique	Ss rubrique 1	Ss rubrique 2	3
Type	Projections non atmosphériques (d'où l'appellation « impact »), notamment débits		
Auteurs	SMHI (Suède) & WUR (Pays Bas)		
Version	CMIP5 (version que SMHI ne supporte plus)		
Paramètres	21 paramètres dont débits	On décrit dans le texte uniquement « River discharge » (Débit par sous-bassin, en valeur absolue ou changement par rapport à la période 1970-2000 - m3/s)	
Couverture géographique	Europe géographique, hors Russie européenne (cf. carte ci-après)		
Résolution spatiale	258 bassins versants de l'Europe (cf. fichier shape des BV téléchargeable au lien ci-dessus)		
Résolution temporelle	- Série chrono. Journalière (DEBIT uniquement) - Mensuel : moyenne interannuelle par horizon	- Journalier : 1971-2100 (une décennie ou toutes à la fois) - Indicateur mensuel : 3 horizons futurs (2011-2040, 2041-2070, 2071-2100)	
Scénarios	3 RCP (2.6, 4.5, 8.5) ou 3 réchauffements '1.5 °C, 2.0 °C, 3.0 °C)		
Période de référence	1971-2000	Utilisation de 6 519 stations hydrométriques européennes, pour le calage et la validation.	
Modèles climatiques & « membres d'ensemble »	NB un même GCM peut produire plusieurs résultats/runs appelés « membres ». - 3 GCM, 4 RCM & 3 membres existants (soit en théorie 36 combinaisons climatiques donnant des résultats différents pour un même scénario !) - En réalité il y a 8 combinaisons « seulement » car chaque modèle RCM n'exploite pas tous les modèles GCM (1 à 3), ni plusieurs membres (1 ou 2 « seulement ») ATTENTION : les 8 combinaisons climatiques sont à multiplier par les 8 modélisations hydrologiques, soit 64 combinaisons pour chaque scénario !	Voir ci-dessous la transcription en code python de la combinaison GCM_RCM_membre # Toutes le combinaisons GCM_RCM_membre_HYDRO existantes en fichiers netcdf model_dict= { "hadgem2_es": {'racmo22e': ['r1i1p1'], 'rca4': ['r1i1p1']}, "mpi_esm_lr": {'csc-remo2009': ['r1i1p1', 'r2i1p1'], 'rca4': [['r1i1p1']]], "ec_earth": {'cclm4_8_17': ['r12i1p1'], 'racmo22e': ['r12i1p1'], 'rca4': ['r12i1p1']}, }	
Modèles hydrologiques	E-HYPE : pour Europe-HYPE	<ul style="list-style-type: none"> 8 versions du modèle de bassin !!!! + 2 versions des résultats maillés (a priori inutile, sauf pour le paramètre « ruissellement » par maille ????) 	
Téléchargement	Via le Copernicus Climat Data Store, c'est-à-dire en manuel ou automatisable en python, comme toutes les données du « Copernicus Climate Data Store ». 1 seul fichier par requête. Voir le contenu de chaque fichier ci-dessous	Contenu de chaque fichier 8 modèles HYDRO par fichier <ul style="list-style-type: none"> Mais 1 seule combinaison sur 8 de RCM_GCM_membre 1 seul horizon sur 3 (en comptant le passé) pour l'INDICATEUR, mais historique complet pour le JOURNALIER. Cf. structure aux paragraphes ci-après 	
Format fichiers	netCDF lisible facilement en python (cf. ci-dessous)		
Droit d'utilisation	Libre		

Couverture géographique (Europe géographique, Russie occidentale exclue)



B. Liste & structure de fichier de paramètre JOURNALIER (DEBIT uniquement)

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> River discharge | <input type="checkbox"/> Mean runoff |
| <input type="checkbox"/> Flood recurrence 2 years return period | <input type="checkbox"/> Flood recurrence 5 years return period |
| <input type="checkbox"/> Flood recurrence 10 years return period | <input type="checkbox"/> Flood recurrence 50 years return period |
| <input type="checkbox"/> Maximum river discharge | <input type="checkbox"/> Minimum river discharge |
| <input type="checkbox"/> Mean soil moisture | <input type="checkbox"/> Wetness actual |
| <input type="checkbox"/> Wetness potential | <input type="checkbox"/> Water temperature in catchments |
| <input type="checkbox"/> Water temperature in local streams | <input type="checkbox"/> Aridity potential |
| <input type="checkbox"/> Aridity actual | <input type="checkbox"/> Total nitrogen concentration in catchments |
| <input type="checkbox"/> Total nitrogen load in catchments | <input type="checkbox"/> Total nitrogen concentration in local streams |
| <input type="checkbox"/> Total phosphorus concentration in catchments | <input type="checkbox"/> Total phosphorus load in catchments |
| <input type="checkbox"/> Total phosphorus concentration in local streams | |

Description d'un fichier « Discharge JOURNALIER – m3/s 1971-2100 (130 années)

xarray.Dataset

Dimensions: (time: 1826, id: 34810)

Coordinates:

time	(time)	datetime64[ns]	2001-01-01 ... 2005-12-31
array(['2001-01-01T00:00:00.000000000', '2001-01-02T00:00:00.000000000', '2001-01-03T00:00:00.000000000', ..., '2005-12-29T00:00:00.000000000', '2005-12-30T00:00:00.000000000', '2005-12-31T00:00:00.000000000'], dtype='datetime64[ns]')			

id (id) int32 8801654 8000123 ... 9605711 9601936

axis: X

Data variables:

rdis	(time, id)	float32	12.4 10.45 6.306 ... 0.0 2.33
standard_name: river_discharge_index_per_time_period			
long_name: river discharge			
units: m3/s			
cell_methods: time:mean			
variable: rdis			

Indexes: (2)

Attributes:

CDI: Climate Data Interface version 1.9.8 (<https://mpimet.mpg.de/cdi/>)

history: Wed Mar 31 15:52:54 2021: cdo selyear,2001,2002,2003,2004,2005 member00/rdis/rdis_day_E-HYPEcatch00-EUR-11_ICHEC-EC-EARTH_historical_r12i1p1_CLMcom-CCLM4-8-17_2001-2010_catch_v1.nc member00/rdis/rdis_day_E-HYPEcatch00-EUR-11_ICHEC-EC-EARTH_historical_r12i1p1_CLMcom-CCLM4-8-17_2001-2010_catch_v1.nc.2001

source: A set of EURO-CORDEX EUR-11 RCMS were bias adjusted using as reference dataset the EFAS-Meteo and were used as forcing data for hydrological impact modeling using E-HYPE.

institution: SMHI, www.smhi.se

Conventions: CF-1.6

NCO: 4.4.8

Project: C3S_424_SMHI

acknowledgement: This work was performed within Copernicus Climate Change Service - C3S_424_SMHI, <https://climate.copernicus.eu/operational-service-water-sector>, on behalf of ECMWF and EU.

invar_bc_method: TimescaleBC v1.02

invar_bc_observed: EFAS-Meteo

invar_bc_period: 1990-2018

keywords: river flow, flux

license: Copernicus License V1.2

references: Huntech et al., 2016 (doi.org/10.1016/j.ejrh.2016.04.002); Ntegeka et al., 2013 ([http://dx.doi.org/10.2788/51262](https://dx.doi.org/10.2788/51262))

summary: Calculated as daily simulated outflow from a subcatchment.

title: River discharge

creation_date: 2020-02-12T19:42:54ZCET+0100

invar_hm_model: Hydrological models in the order of the variables are: E-HYPEcatch00v3.1.6

invar_experiment: rcp45

invar_rcm_model: CLMcom-CCLM4-8-17

time_period: 2001-2010

contact: copernicus-support@ecmwf.int

data_quality: C3S_424_SMHI uses state of the art, quality controlled data to produce this indicator, but the user should note that underlying hydrological model performance can vary substantially by location and indicator and not all indicators can be evaluated at a European scale. Note, that ungauged basins are not calibrated on observed data, hence they represent model assumptions of flow behaviour. Limitations in the bias adjustment method can lead to rare cases with extreme precipitation anomalies, which can result in elevated discharge in some locations.

CDO: Climate Data Operators version 1.9.8 (<https://mpimet.mpg.de/cdo/>)

C. Liste des paramètres INDICATEURS MENSUELS (dont DEBIT)

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> River discharge | <input type="checkbox"/> Mean runoff |
| <input type="checkbox"/> Flood recurrence 2 years return period | <input type="checkbox"/> Flood recurrence 5 years return period |
| <input type="checkbox"/> Flood recurrence 10 years return period | <input type="checkbox"/> Flood recurrence 50 years return period |
| <input type="checkbox"/> Maximum river discharge | <input type="checkbox"/> Minimum river discharge |
| <input type="checkbox"/> Mean soil moisture | <input type="checkbox"/> Wetness actual |
| <input type="checkbox"/> Wetness potential | <input type="checkbox"/> Water temperature in catchments |
| <input type="checkbox"/> Water temperature in local streams | <input type="checkbox"/> Aridity potential |
| <input type="checkbox"/> Aridity actual | <input type="checkbox"/> Total nitrogen concentration in catchments |
| <input type="checkbox"/> Total nitrogen load in catchments | <input type="checkbox"/> Total nitrogen concentration in local streams |
| <input type="checkbox"/> Total phosphorus concentration in catchments | <input type="checkbox"/> Total phosphorus load in catchments |
| <input type="checkbox"/> Total phosphorus concentration in local streams | |

Description d'un fichier « Discharge INDICATOR – m3/s MENSUEL INTERANNUEL 1970-2000 »

xarray.Dataset

Dimensions: (time: 12, id: 34810)

Coordinates:

time	(time)	datetime64[ns]
1971-01-01 ... 1971-12-02		

```
array(['1971-01-01T00:00:00.000000000', '1971-02-01T00:00:00.000000000',
      '1971-03-02T00:00:00.000000000', '1971-04-02T00:00:00.000000000',
      '1971-05-02T00:00:00.000000000', '1971-06-02T00:00:00.000000000',
      '1971-07-02T00:00:00.000000000', '1971-08-02T00:00:00.000000000',
      '1971-09-02T00:00:00.000000000', '1971-10-02T00:00:00.000000000',
      '1971-11-02T00:00:00.000000000', '1971-12-02T00:00:00.000000000'],
      dtype='datetime64[ns]')
```

id	(id)	int32
8801654 8000123 ... 9605711 9601936		

axis : X
standard_name : Catchment
units :

Data variables:

rdis_ymonmean	(time, id)	float32
standard_name : river_discharge_index_per_time_period		
long_name : river discharge (seasonality)		
units : m3/s		
cell_methods : time:mean		
variable : rdis_ymonmean		

Indexes:

time	PandasIndex
id	PandasIndex

Attributes:

CDI : Climate Data Interface version 1.9.5 (<http://mpimet.mpg.de/cdi>)
 Conventions : CF-1.6
 NCO : netCDF Operators version 4.7.7 (Homepage = <http://nco.sf.net>, Code = <http://github.com/nco/nco>)
 comment : -
 CDO : Climate Data Operators version 1.9.5 (<http://mpimet.mpg.de/cdo>)
 history : CDO commands (last cdo command first and separated with ;): ymonmean;
 source : A set of EURO-CORDEX EUR-11 RCM was bias adjusted using as reference dataset the E FAS-Meteo and was used as forcing data for hydrological impact modeling using E-HYPE.
 institution : SMHI, www.smhi.se
 Project : C3S_424_SMHI
 acknowledgement... This work was performed within Copernicus Climate Change Service - C3S 424 SMHI. h

D. Liste & structure de fichier des paramètres INDICATEURS ANNUELS (crue & étiage).

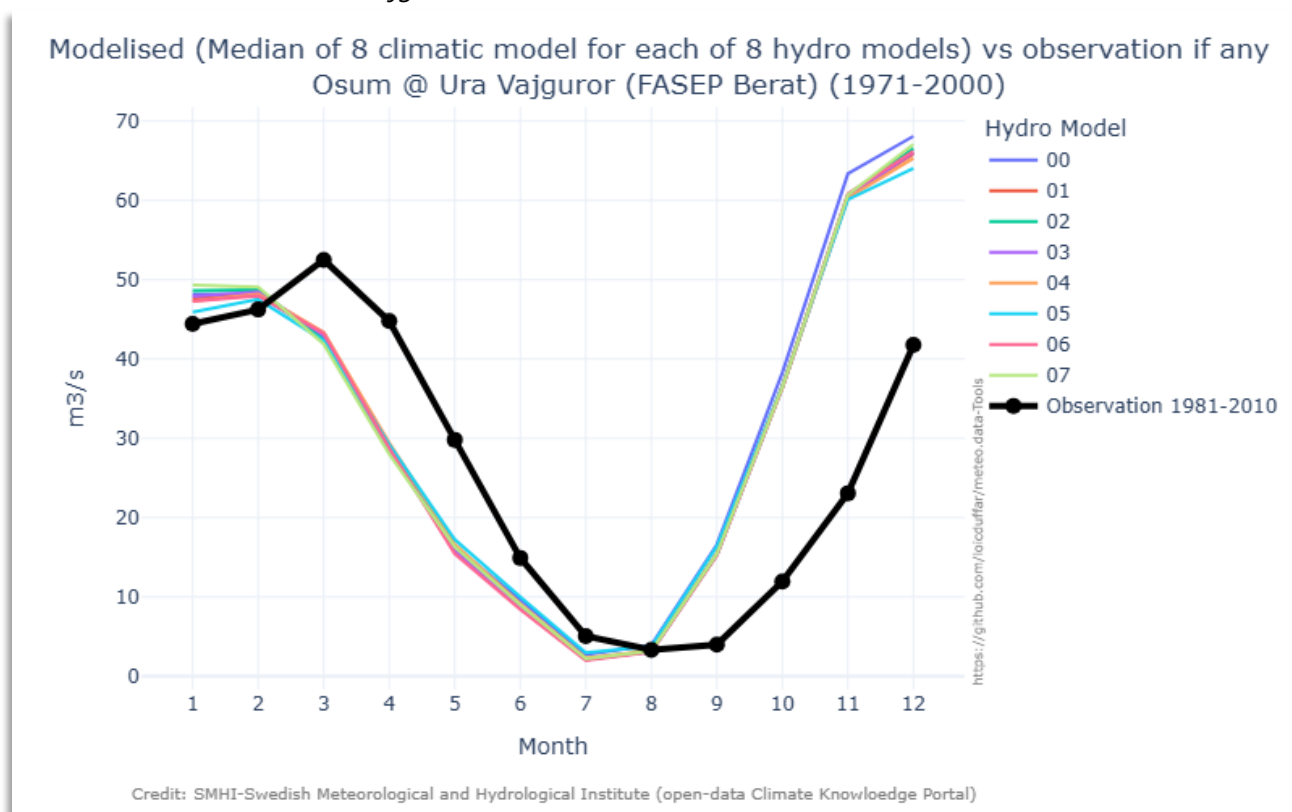
- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> River discharge | <input type="checkbox"/> Mean runoff |
| <input type="checkbox"/> Flood recurrence 2 years return period | <input type="checkbox"/> Flood recurrence 5 years return period |
| <input type="checkbox"/> Flood recurrence 10 years return period | <input type="checkbox"/> Flood recurrence 50 years return period |
| <input type="checkbox"/> Maximum river discharge | <input type="checkbox"/> Minimum river discharge |
| <input type="checkbox"/> Mean soil moisture | <input type="checkbox"/> Wetness actual |
| <input type="checkbox"/> Wetness potential | <input type="checkbox"/> Water temperature in catchments |
| <input type="checkbox"/> Water temperature in local streams | <input type="checkbox"/> Aridity potential |
| <input type="checkbox"/> Aridity actual | <input type="checkbox"/> Total nitrogen concentration in catchments |
| <input type="checkbox"/> Total nitrogen load in catchments | <input type="checkbox"/> Total nitrogen concentration in local streams |
| <input type="checkbox"/> Total phosphorus concentration in catchments | <input type="checkbox"/> Total phosphorus load in catchments |
| <input type="checkbox"/> Total phosphorus concentration in local streams | |

E. Tests personnels

Test de fiabilité

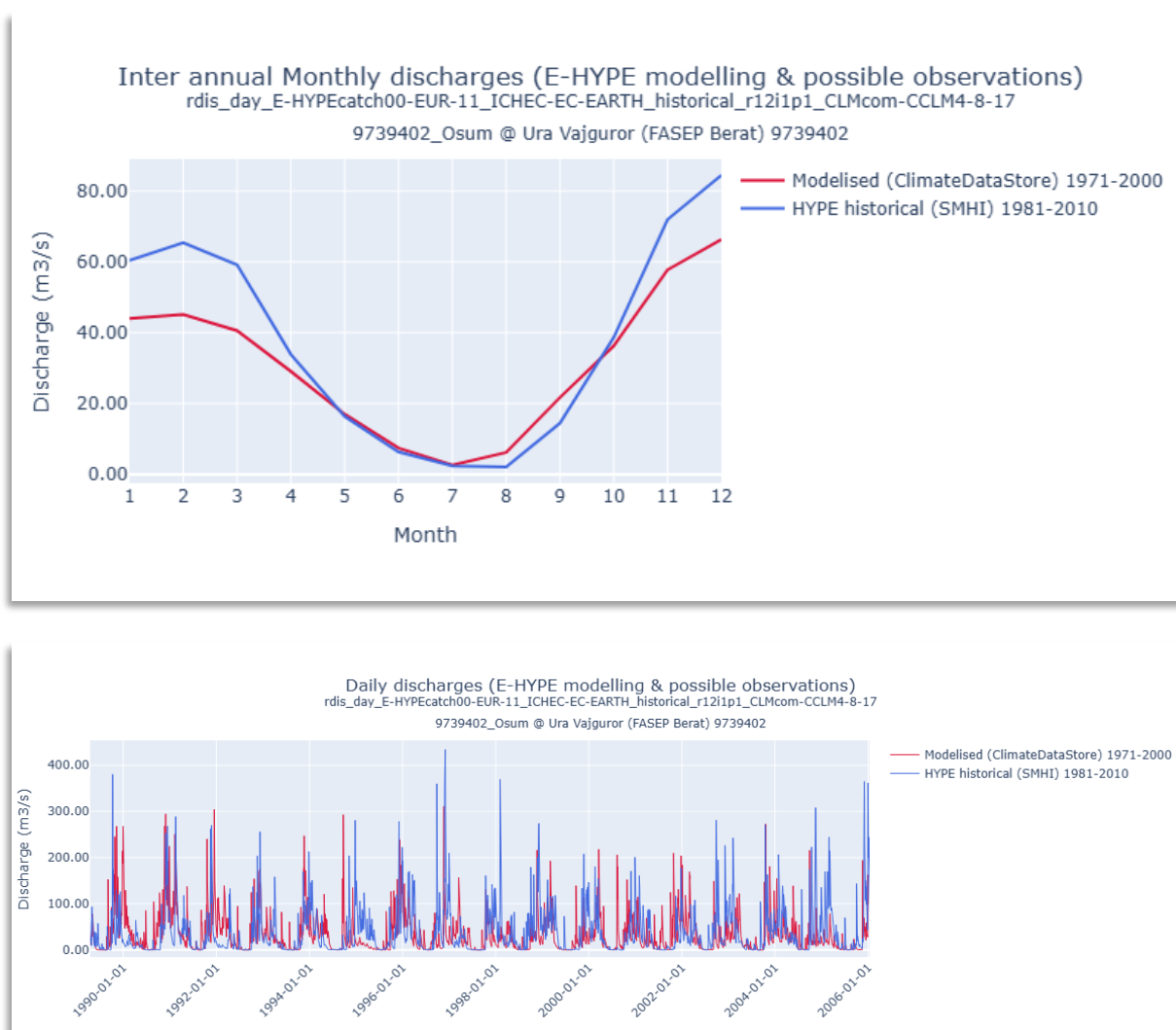
Le test unique effectué sur une rivière albanaise en multi modèle, est plus encourageant que le jeu de données FUTURE STREAMS, cela malgré les différences de saisonnalité et de sous ou surévaluation qui peuvent s'expliquer de multiples manières (incertitudes de modélisations, qualité inconnue des observations, période de comparaison pas exactement commune).

*Osum @ Ura Vajguror (FASEP Berat) Albanie – **MULTI MODELES***



Comparaison avec le dataset HISTORICAL DAILY fournit par SMHI : série chronologique UNIQUE mystérieuse (multi modèles avec correction de biais ?)

Le résultat purement historique 1981-2010 fournit gratuitement par SMHI (série chronologique d'une combinaison unique de modèles hydro-climato) représenté en bleu, est légèrement meilleur que les valeurs MONTHLY INDICATOR moyennées sur une période légèrement différente 1971-2000 : Le minimum annuel est en août conformément aux observation et non en juillet comme dans le MONTHLY INDICATOR.



F. Code python de l'API « Climate Data Store »

NE MARCHE PAS A CE JOUR (avril 2025)

NB : Outre l'installation du module « cdsapi » il faut créer un fichier sur son disque dur selon les instructions ci-dessous.

<https://cds.climate.copernicus.eu/api-how-to>

- If you do not have an account, please register on the CDS registration page
- Log in
- Copy the code with your personal key (see below), into the file "USER/.cdsapirc" (in Windows environment)

- The file starting with a dot can be created using Notepad: "File> Save as> Type: All files> File name: .cdsfapirc"

url: <https://cds.climate.copernicus.eu/api/v2>

key: 59908: 86be7b48-b82a-4b47-8167-d58223c86112

NB : clé personnelle à ne pas utiliser par une autre personne que Loïc Duffar

CHACUN DOIT CREER SA PROPRE CLE PAR CREATION D'UN COMPTE, CE QUI EST L'ETAPE LA PLUS SIMPLE

E.1	DEBITS JOURNALIERS (SERIE CHRONOLOGIQUE)	9
E.2	INDICATEUR MENSUEL DE DEBIT (MOYENNE INTER ANNUELLE SUR 30 ANS)	10

F.1 Débits journaliers (série chronologique)

```
import cdsapi

dataset = "sis-hydrology-variables-derived-projections"
request = {
    "product_type": "essential_climate_variables",
    "variable": ["river_discharge"],
    "variable_type": "absolute_values",
    "time_aggregation": "daily",
    "experiment": [
        "historical",
        "rcp_4_5",
        "rcp_8_5"
    ],
    "hydrological_model": [
        "e_hypecatch_m00",
        "e_hypecatch_m01",
        "e_hypecatch_m02",
        "e_hypecatch_m03",
        "e_hypecatch_m04",
        "e_hypecatch_m05",
        "e_hypecatch_m06",
        "e_hypecatch_m07"
    ],
    "rcm": "cclm4_8_17",
    "gcm": "ec_earth",
    "ensemble_member": ["r12i1p1"],
    "period": [
        "1971_1980",
        "1981_1990",
        "1991_2000",
        "2001_2005",
        "2006_2010",
        "2011_2020",
        "2021_2030",
    ]
}
```

```

        "2031_2040",
        "2041_2050",
        "2051_2060",
        "2061_2070",
        "2071_2080",
        "2081_2090",
        "2091_2100"
    ]
}

client = cdsapi.Client()
client.retrieve(dataset, request).download()

```

F.2 Indicateur mensuel de débit (moyenne inter annuelle sur 30 ans)

```

import cdsapi

dataset = "sis-hydrology-variables-derived-projections"
request = {
    "product_type": "climate_impact_indicators",
    "variable": ["river_discharge"],
    "variable_type": "absolute_values",
    "time_aggregation": "monthly_mean",
    "experiment": [
        "historical",
        "rcp_4_5",
        "rcp_8_5"
    ],
    "hydrological_model": [
        "e_hypecatch_m00",
        "e_hypecatch_m01",
        "e_hypecatch_m02",
        "e_hypecatch_m03",
        "e_hypecatch_m04",
        "e_hypecatch_m05",
        "e_hypecatch_m06",
        "e_hypecatch_m07"
    ],
    "rcm": "racmo22e", # ou "rca4" (1 seul à la fois)
    "gcm": "hadgem2_es", # ou "mpi_esm_lr" pour "rca4" seulement (& 1 seul à la fois)

    "ensemble_member": ["r1i1p1"],
    "period": [
        "1971_2000",
        "2041_2070",
        "2071_2100"
    ]
}

client = cdsapi.Client()

```

```
client.retrieve(dataset, request).download()
```