

Les étiages et la sécheresse hydrologique : processus, indicateurs et événements historiques.

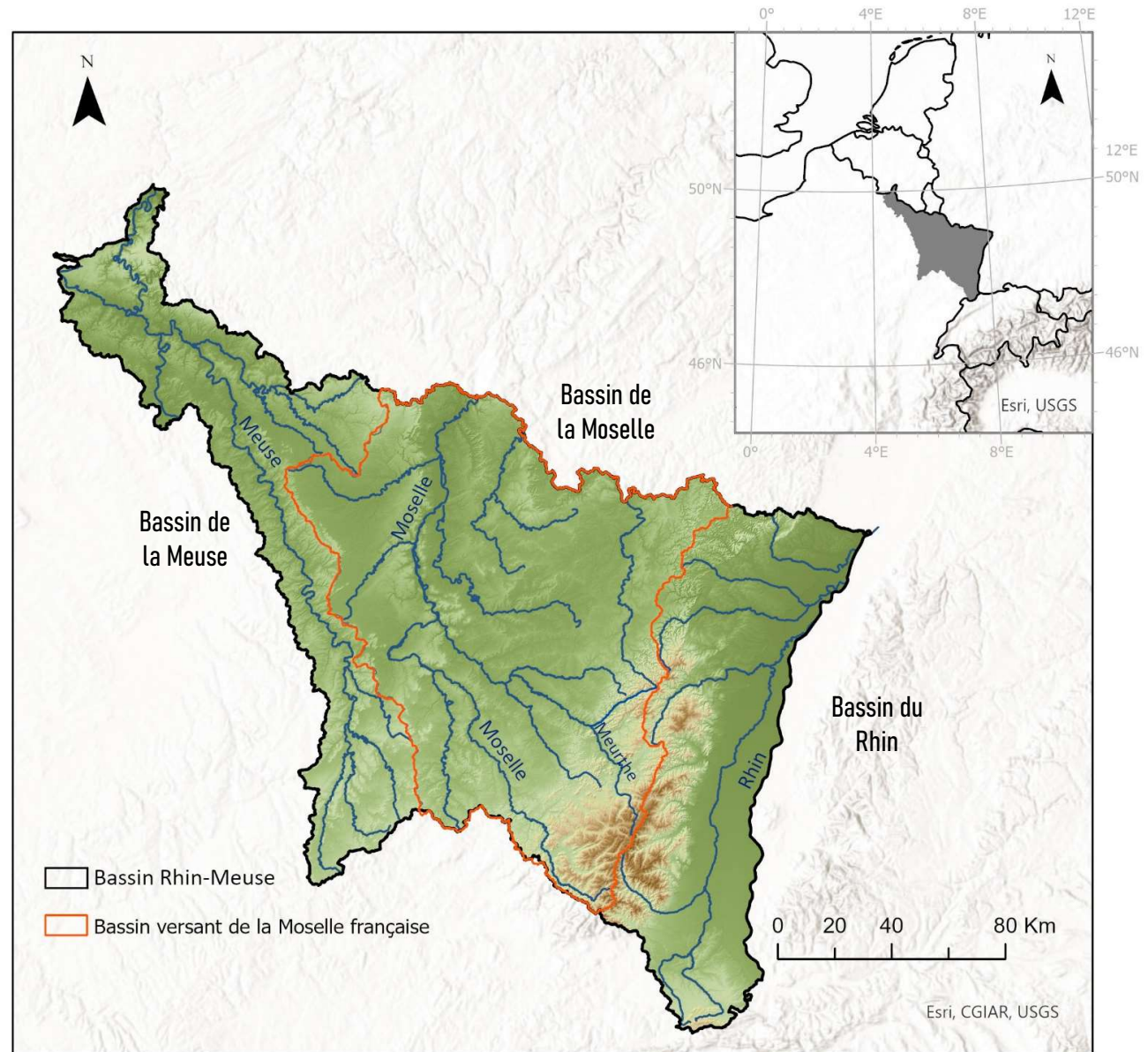
Claire Delus (Laboratoire LOTERR, Université de Lorraine)



Réservoir de Bouzey (Vosges), 02/09/2022

Comment définir et caractériser les sécheresses ?

Comment évoluent les débits d'étiage dans le bassin Rhin-Meuse ?



1976

2003

● 2005

2015

2022

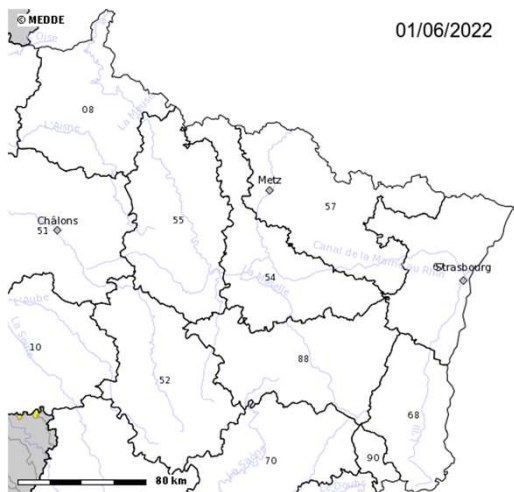
● 2023

2018, 2019, 2020

1976 : Sécheresse de grande ampleur en France

2003 : Nécessité de mieux anticiper et gérer ces situations.

2005 : Plan Cadre Sécheresse. Désormais, des mesures de restriction anticipées sont décidées, des bulletins sécheresse sont publiés, des outils de prévision des débits d'étiage sont développés (PREMHYCE).



Bulletin climatique MAI 2023

Sommaire

LA SYNTHÈSE DU MOIS

Après un début de mois assez perturbé, des conditions anticycloniques se sont installées sur le nord du pays durant la seconde quinzaine. Sur la moitié sud un renouveau, une forte instabilité a généré de nombreuses épisodes d'alternance d'alternance d'alternance. La douceur a dominé.

Résumé climatique mensuel régional

Grand Est MAI 2023

Assèchement progressif

Après quelques belles journées en début de mois, un temps plus instable s'est installé et a entraîné une pluie modérée jusqu'au milieu de mois. Le temps change ensuite avec une météo de temps sec, chaud et ensoleillé en surabondance en fin de mois. En moyenne, nous relevons des températures supérieures aux normales de 0,5 degré.

Après des avertissements météorologiques en septembre 2022 qui s'installent en fin de mois, les précipitations sont nettement déficitaires, de 50% en moyenne sur le Grand Est.

L'enneigement a été gêné avec un maximum de 5 à 20%, à noter que le nord de la région a été favorisé.

Fait marquant

L'est s'installe en fin de mois

Après une période fraîche et parfois instable en milieu de mois, un temps plus ensoleillé et chaud s'installe en fin de mois. Sur la moitié sud, un renouveau de temps sec, chaud et ensoleillé se fait sentir. Le ciel dégagé favorise un ensoleillement maximal de 23 à 31. Le vent souffle de nord-est, avec 4 à 10 km/h en pointe, localement 60 km/h. La chaleur s'installe et légèrement tempérée par cette brise.

Les conditions sont donc très bonnes pour toutes les motivations qui placent en fin de mois. Le temps est également très agréable. La réflexion pour les agriculteurs.

Précipitation réduite au niveau

Moyenne mai 20

Indicateur d'assèchement

Indicateur d'assèchement mensuel en mai 2023

BULLETIN NATIONAL DE SITUATION HYDROLOGIQUE

12 JUN 2023

Bulletin de Suivi d'Étiage Région Grand Est

N°06

Bessins hydrographiques de la Saône, de la Moselle, de la Rhin et de la Saône amont

20 % de déficit pluviosité

66% des niveaux des passages normaux mensuels en mai

36 départements sont en alerte de sécheresse

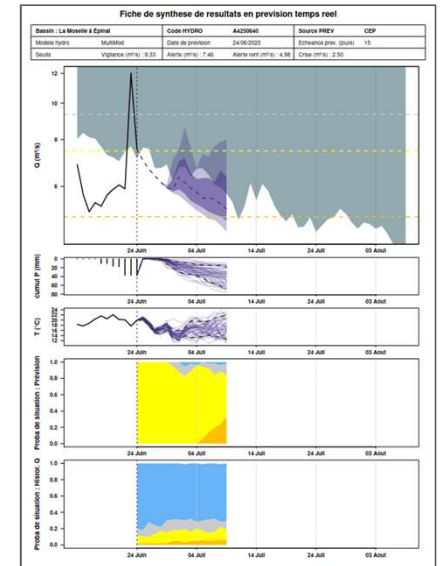
OIEau

Sommaire :

Hydrologie - Bessins mensuels - Écoulements hydrologiques

DRPA Grand Est - Bulletin de situation de 20 juin 2023

Page 1



2023 : Plan d'action pour une gestion résiliente et concertée de l'eau. 53 mesures pour l'eau.



Les sécheresses ont d'importants impacts environnementaux, économiques, sociétaux.
Ces événements deviennent plus fréquents et s'intensifient.

Les pertes annuelles dues à la sécheresse s'élèvent aujourd'hui à environ 9 milliards d'euros par an pour l'UE et le Royaume-Uni.

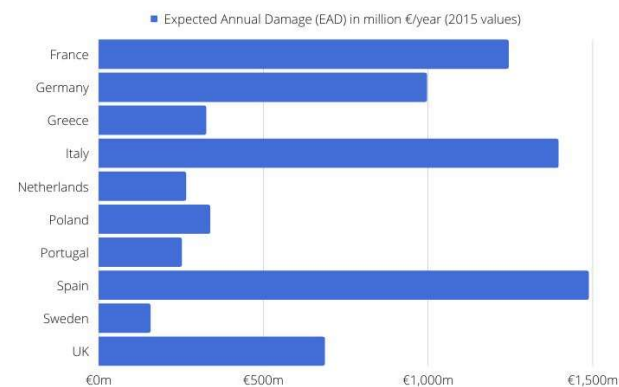
Des conséquences sur les écosystèmes et des dommages socio-économiques.

Les étiages sévères sont un des marqueurs de la sécheresse.

Cost of drought to European economies

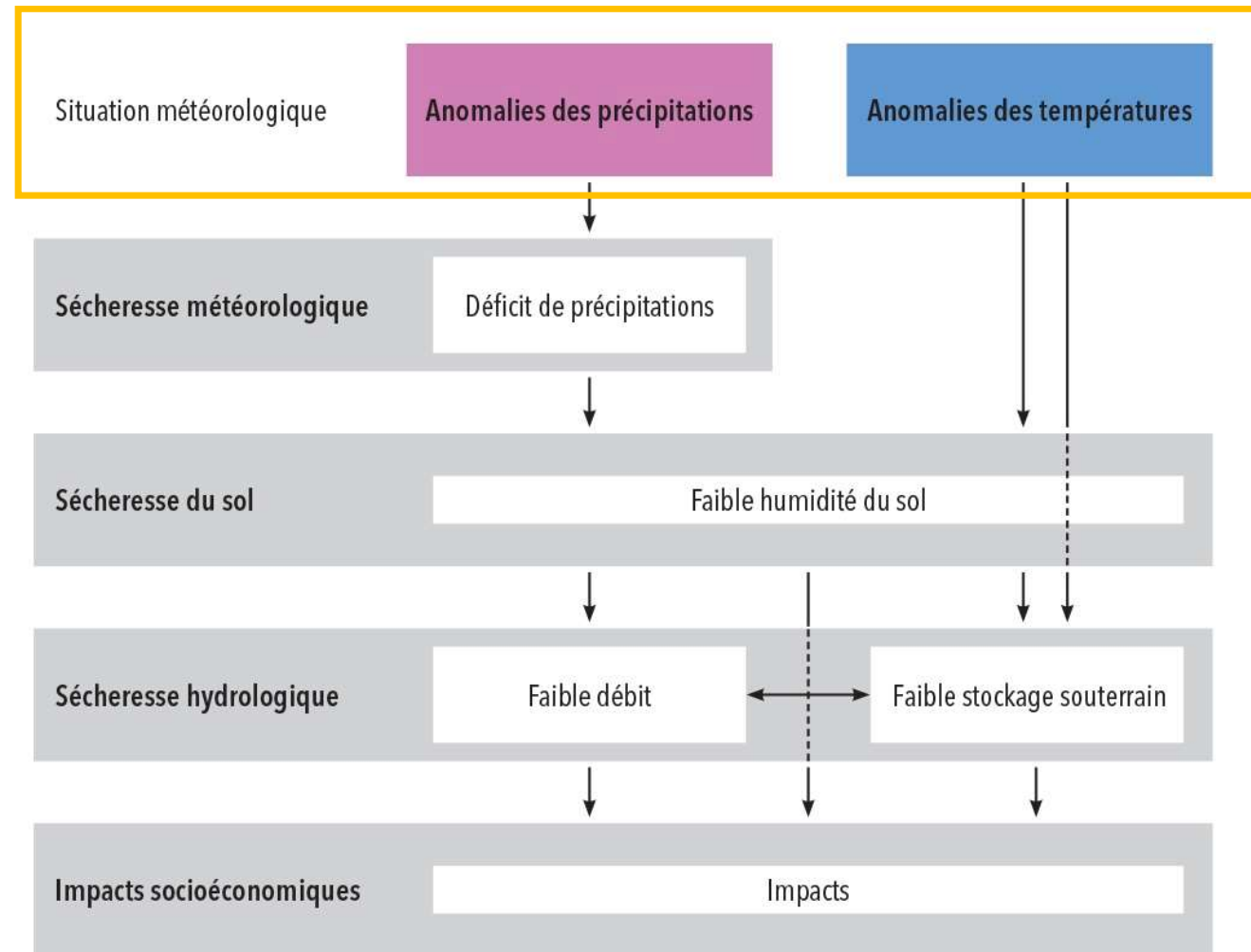
CGTN
EUROPE

Estimates for a national baseline for annual economic drought losses (1981-2010) show European countries are losing millions of euros to drought.



Source: Increased economic drought impacts in Europe with anthropogenic warming, Nature, 2021.

Comment définir les sécheresses ?

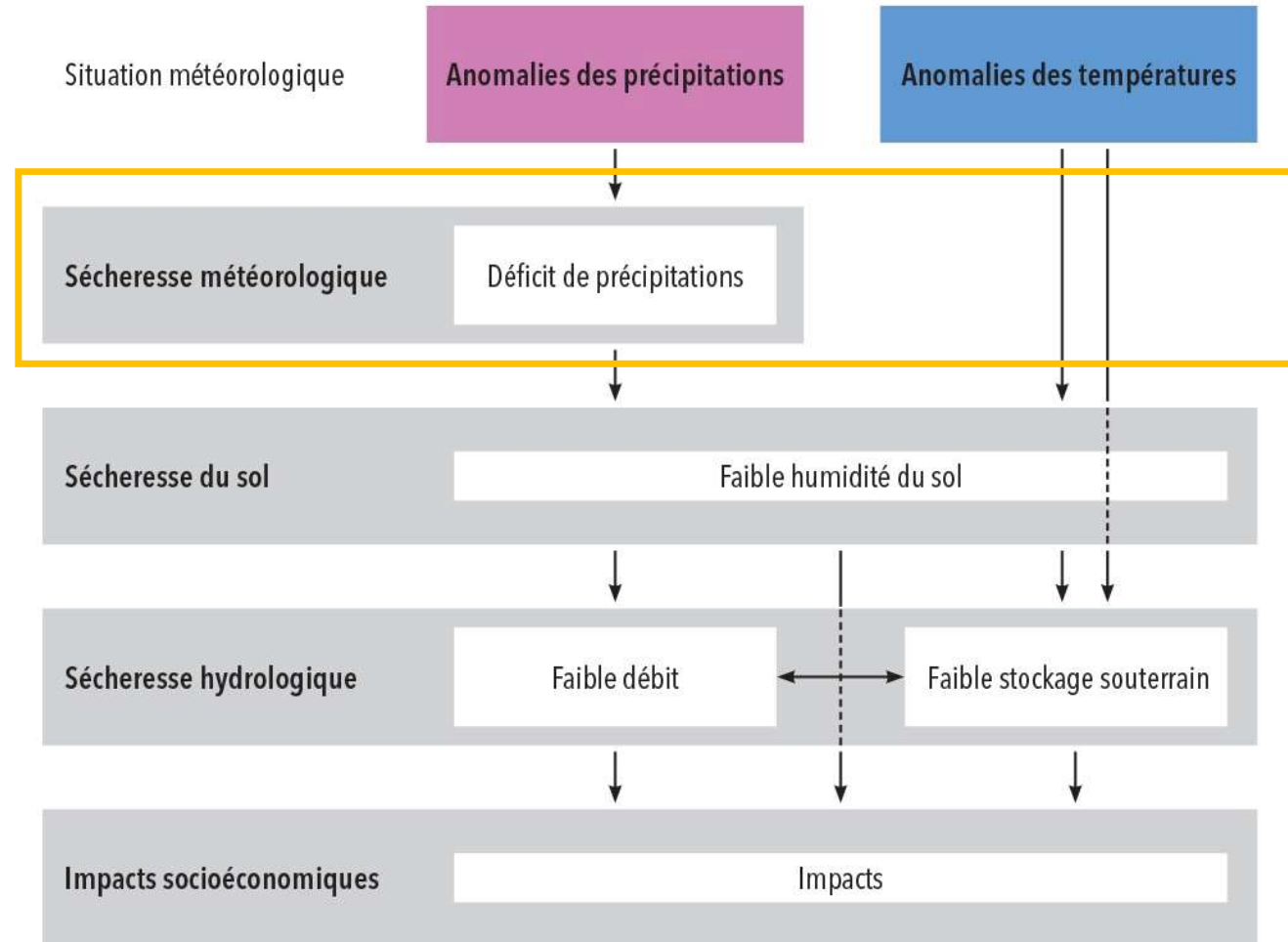


« Propagation » entre les types de sécheresse (Van Loon, 2015)

Comment définir les sécheresses ?

Sécheresse météorologique :

> Manque de précipitations



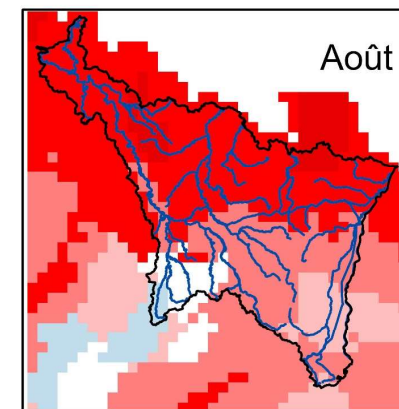
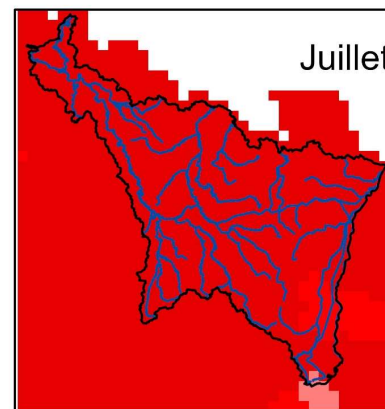
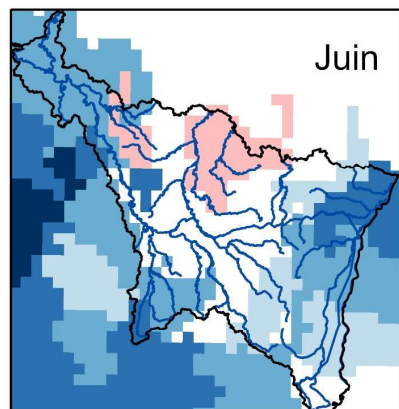
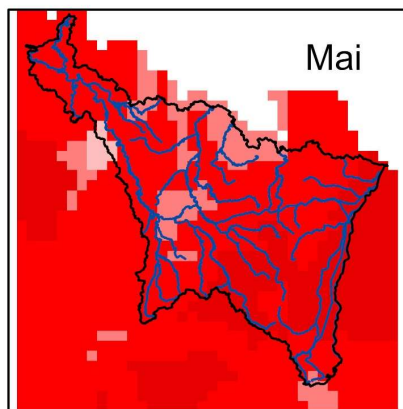
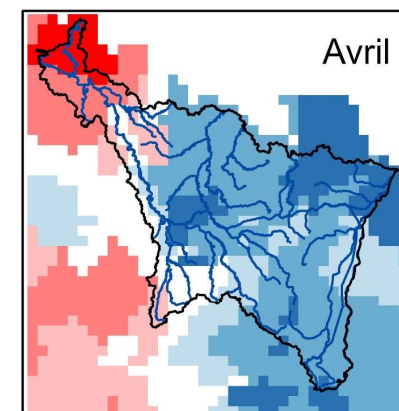
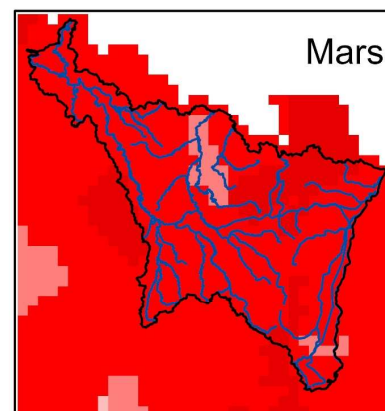
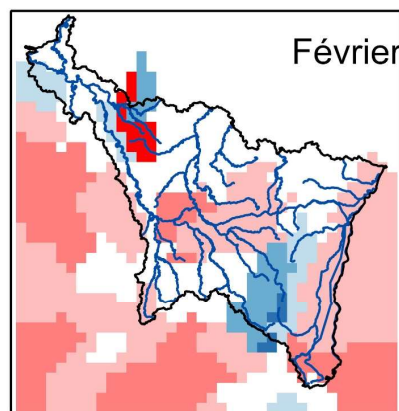
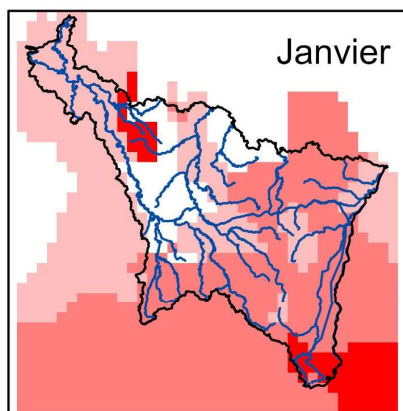
« Propagation » entre les types de sécheresse (Van Loon, 2015)

Sécheresse météorologique

Anomalies de précipitations en 2022 – Bassin Rhin-Meuse

%

- 0 - 25
- 25 - 50
- 50 - 75
- 75 - 90
- 90 - 110
- 110 - 125
- 125 - 150
- 150 - 200
- 200 - 300



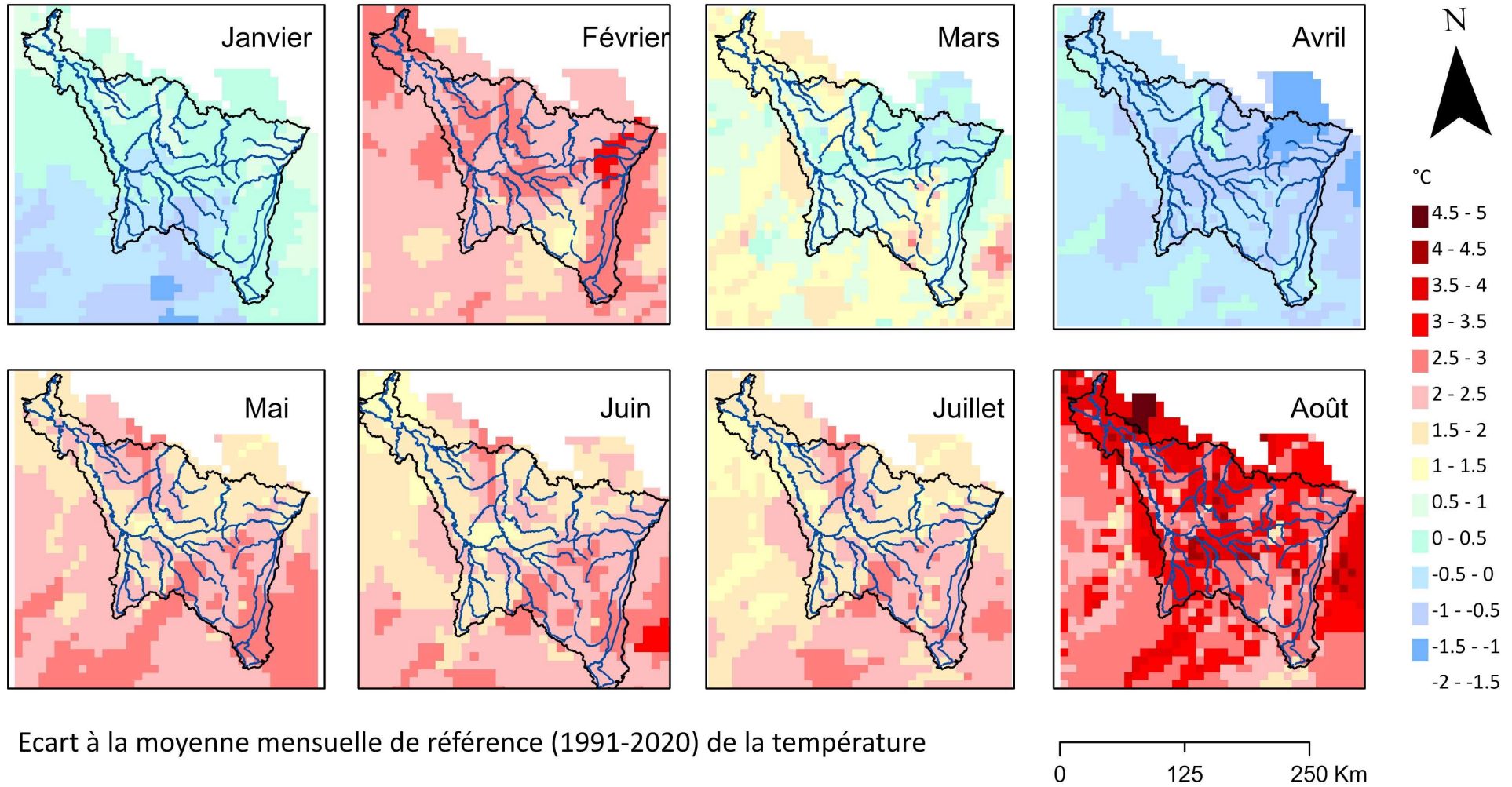
— Réseau hydrographique
□ Limite du bassin Rhin-Meuse

Rapports à la normale (1991-2020) des cumuls mensuels des précipitations

0 125 250 Km

Sécheresse météorologique

Anomalies de températures en 2022 - Bassin Rhin-Meuse



Ecart à la moyenne mensuelle de référence (1991-2020) de la température

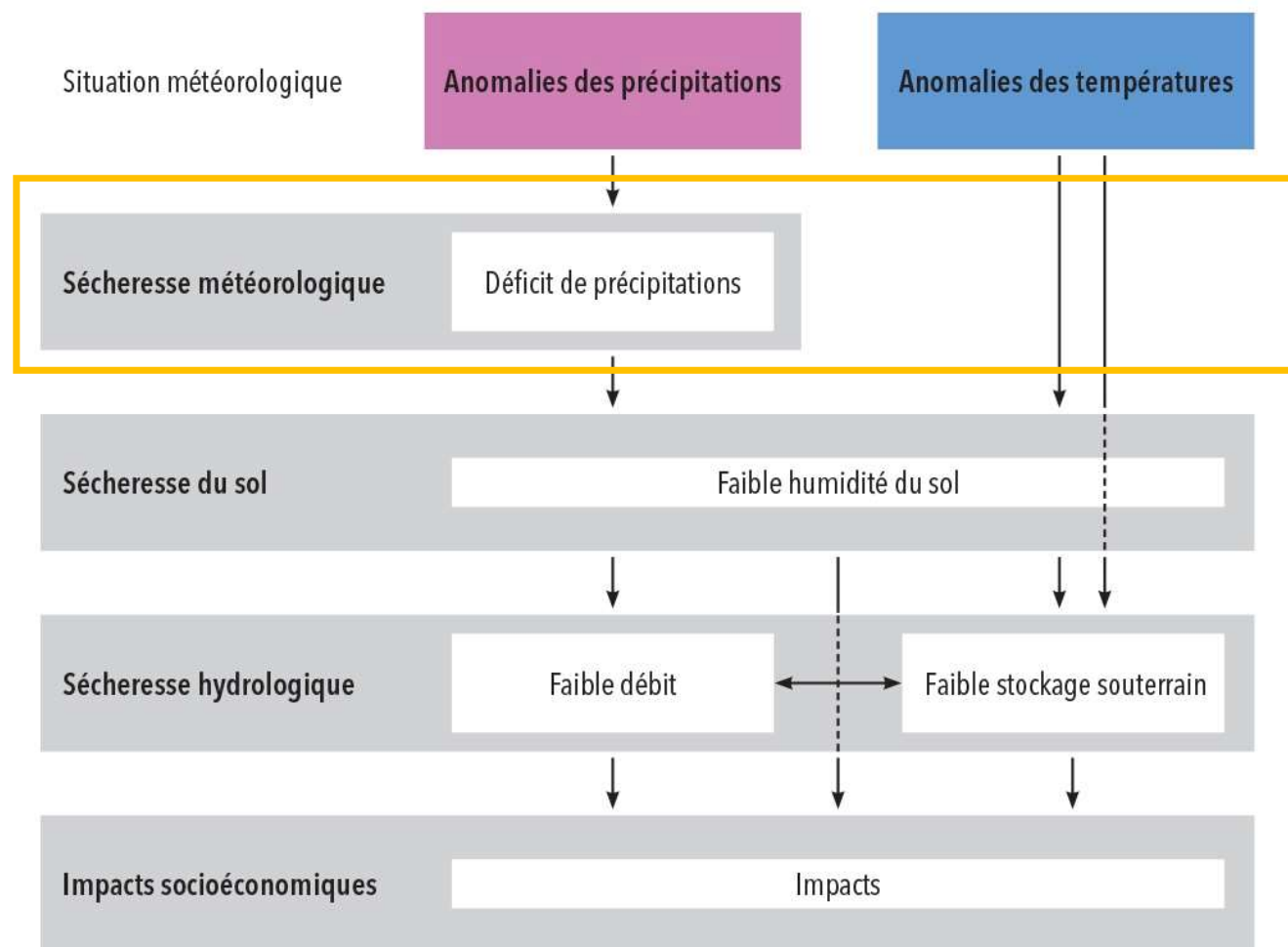
0 125 250 Km

Comment définir les sécheresses ?

Sécheresse météorologique :

- > Manque de précipitations
- > Standardized Precipitation Index (SPI)

Valeurs de SPI	Qualification
2,0 et plus	Extrêmement humide
1,5 à 1,99	Très humide
1,0 à 1,49	Modérément humide
-0,99 à 0,99	Proche de la normale
-1,0 à -1,49	Modérément sec
-1,5 à -1,99	Très sec
-2 et moins	Extrêmement sec



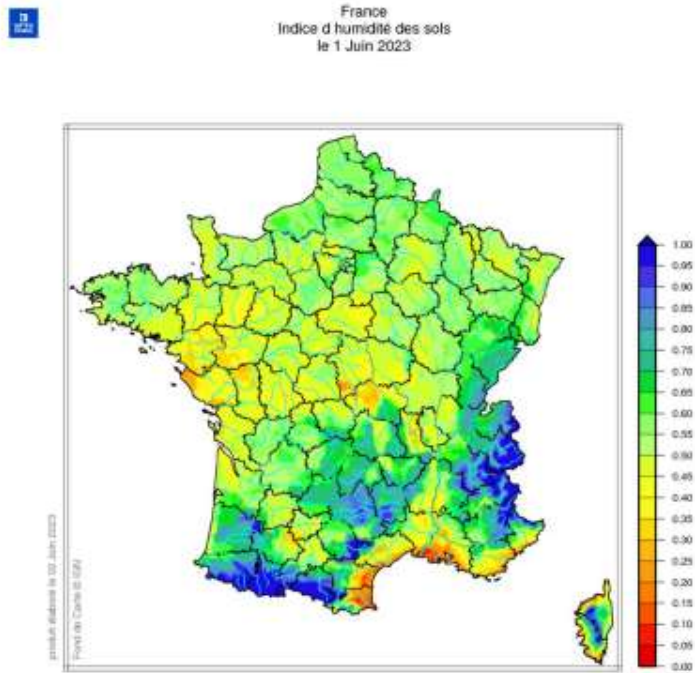
« Propagation » entre les types de sécheresse (Van Loon, 2015)

Comment définir les sécheresses ?

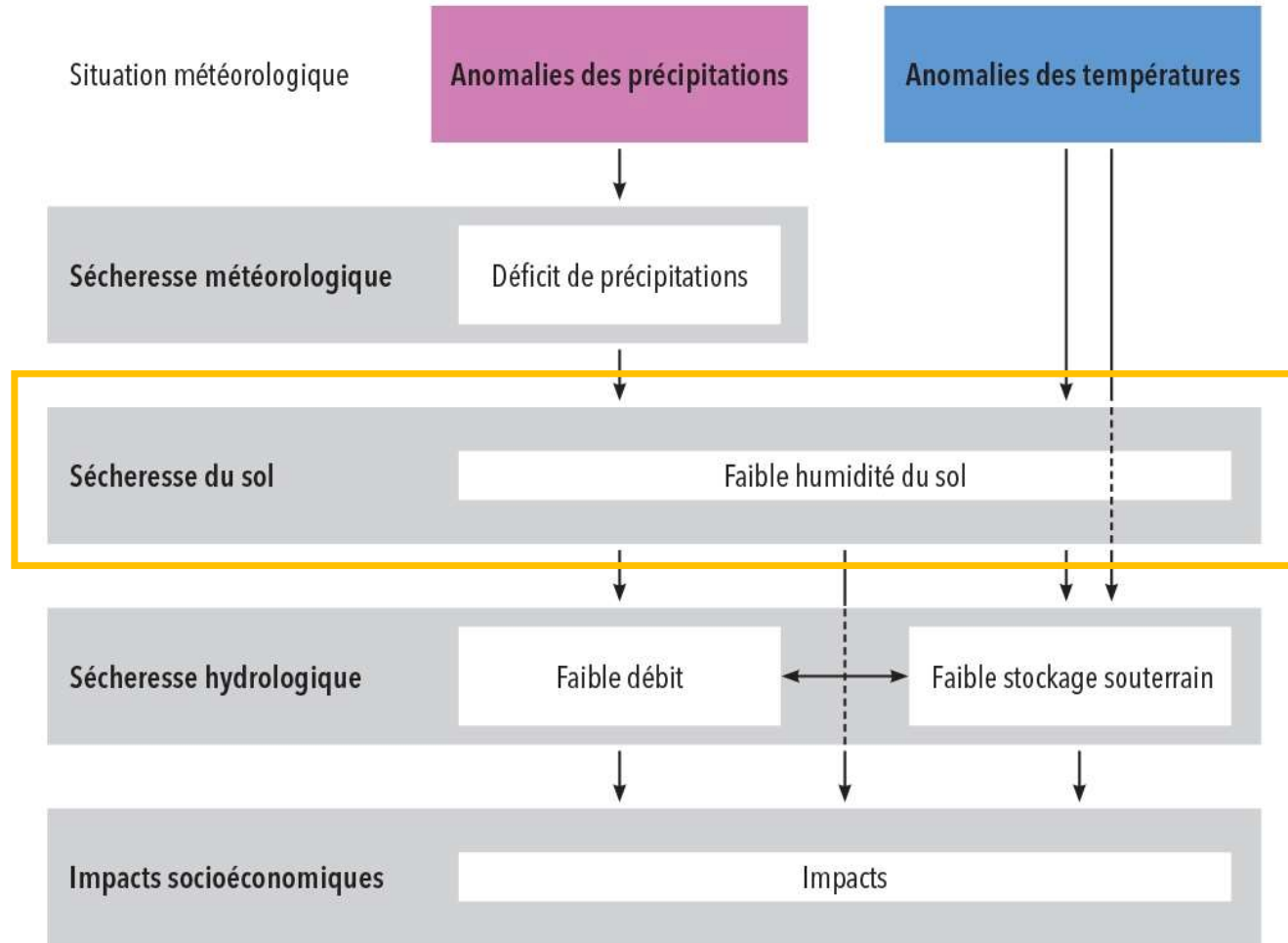
Sécheresse du sol :

- > Déficit d'humidité du sol
- > Soil Wetness Index (SWI)

Indice d'humidité des sols au 1^{er} juin 2023



NB : L'indice d'humidité des sols est issu de la chaîne hydro-météorologique de Météo-France.

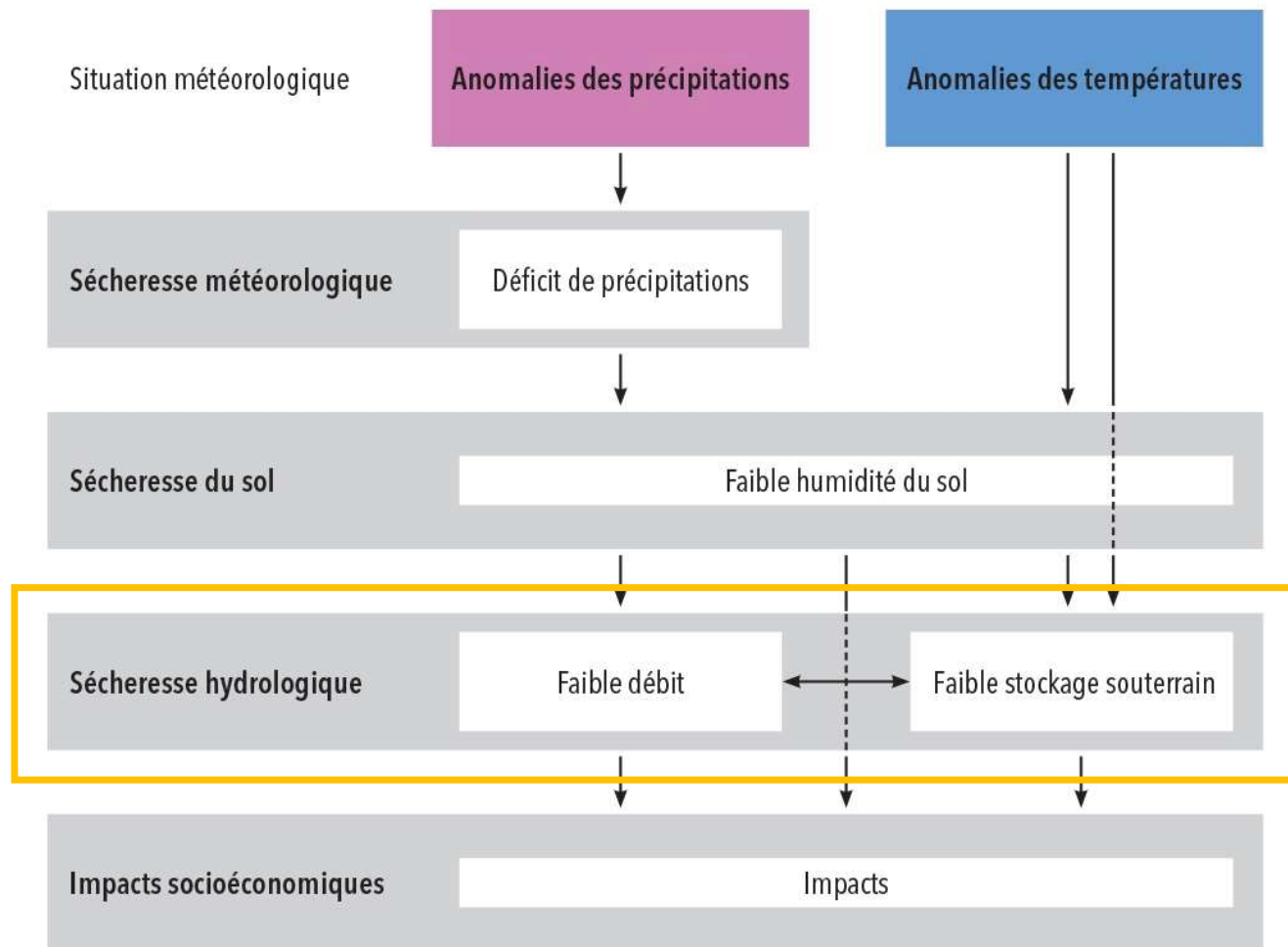


« Propagation » entre les types de sécheresse (Van Loon, 2015)

Comment définir les sécheresses ?

Sécheresse hydrologique :

> Manque d'eau dans les rivières
ou dans les nappes

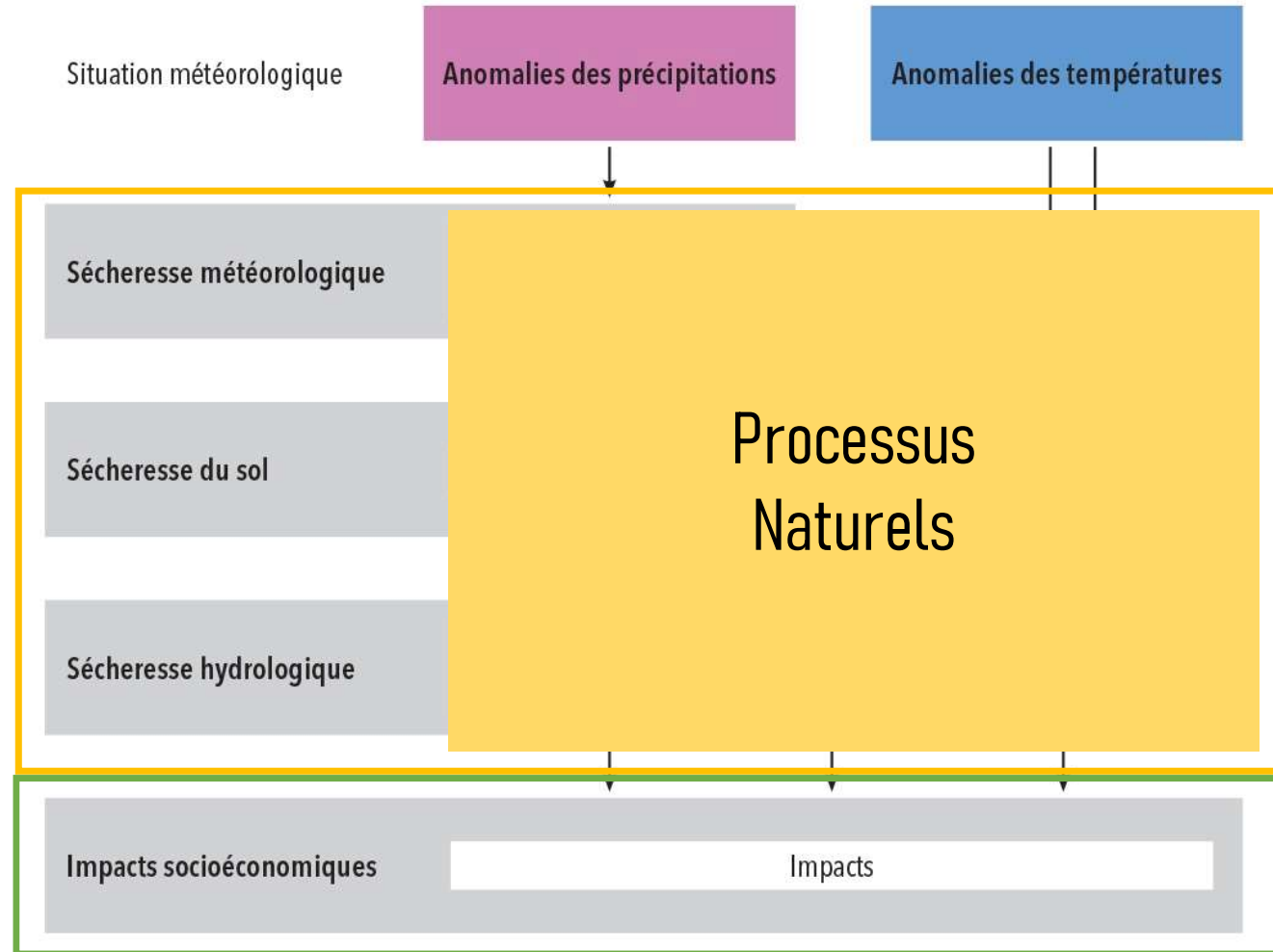


« Propagation » entre les types de sécheresse (Van Loon, 2015)

Comment définir les sécheresses ?

Sécheresses socio-économiques :

> Incapacité à satisfaire la demande en eau de l'hydrosystème considéré avec la ressource en eau disponible.

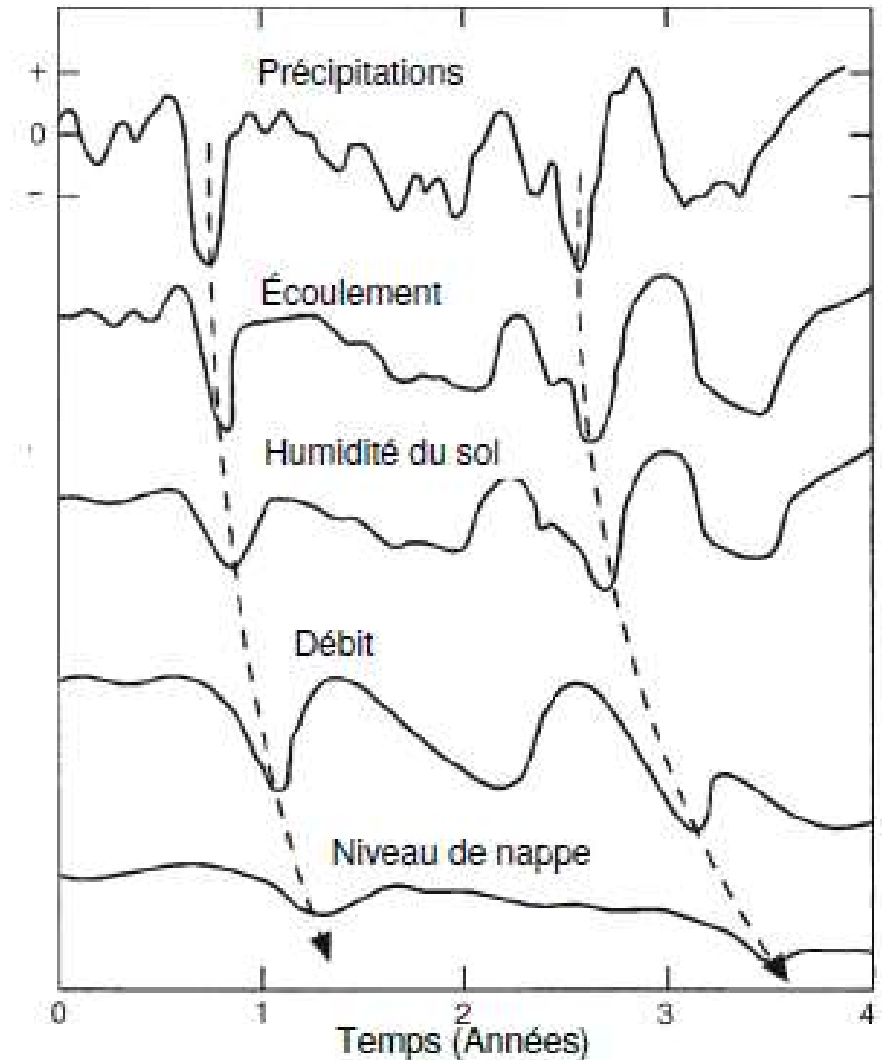


« Propagation » entre les types de sécheresse (Van Loon, 2015)

Quels sont les processus à l'origine des étiages ?

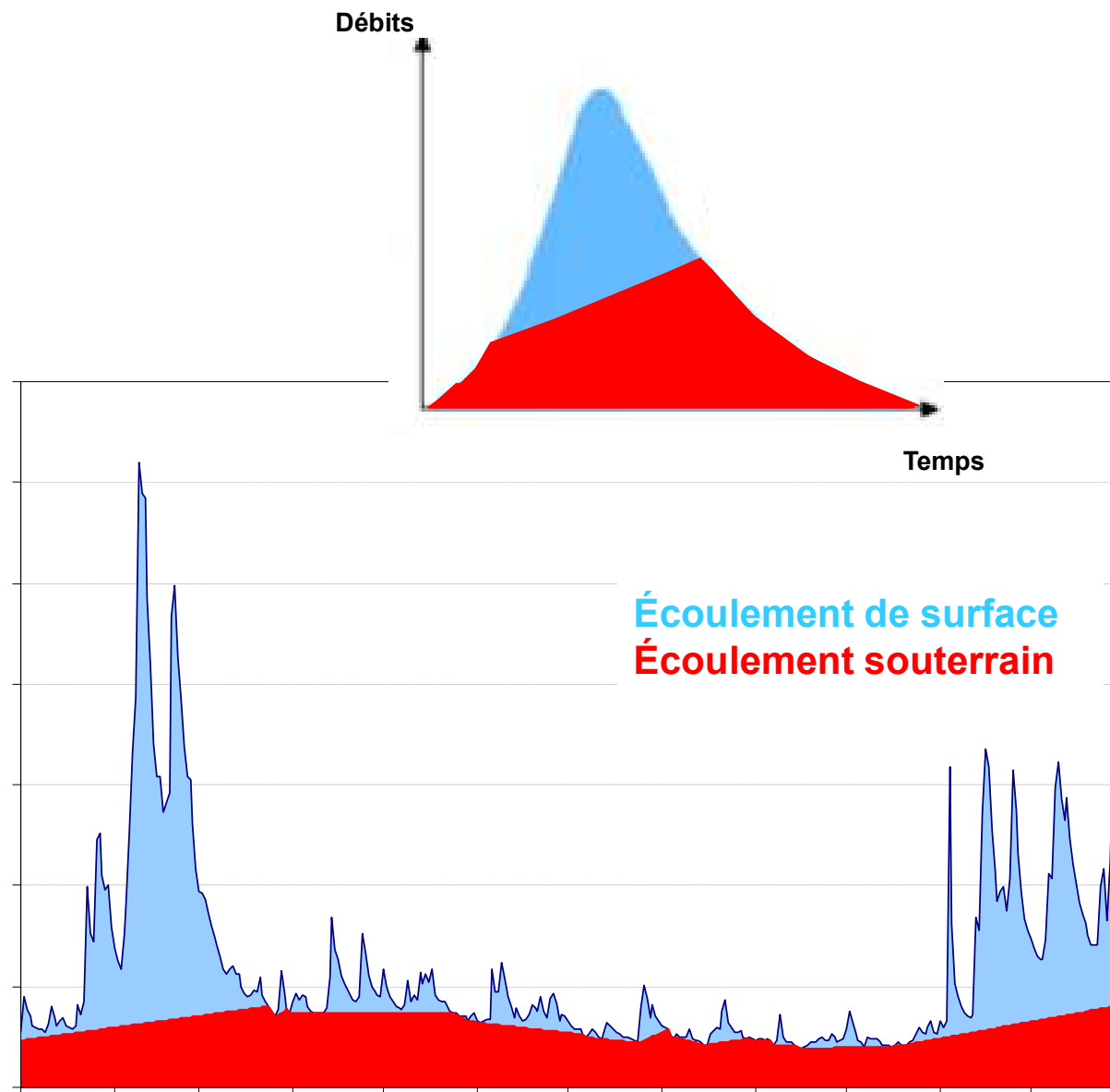
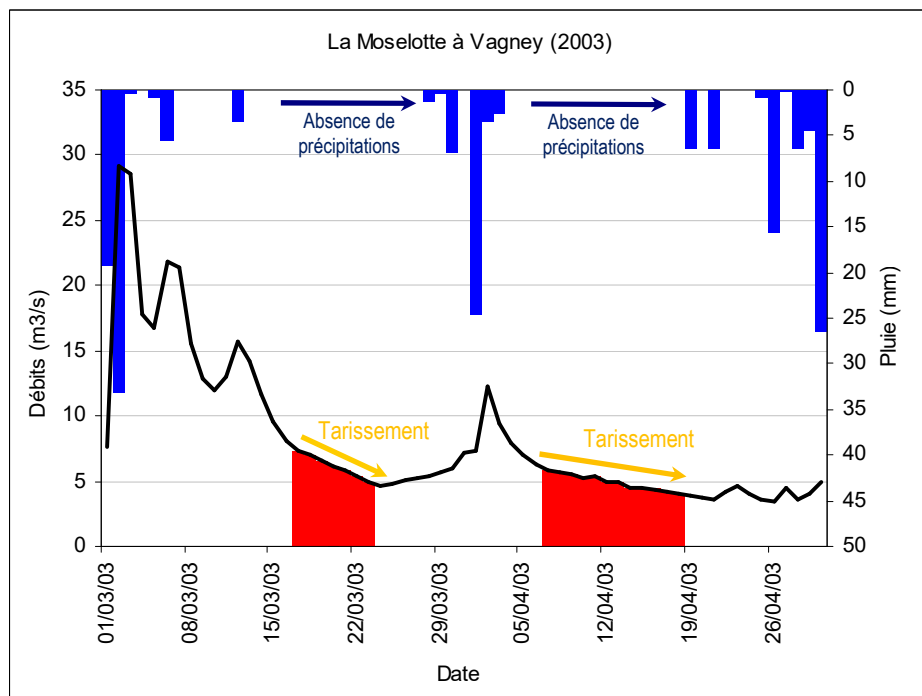
Le déficit pluviométrique va se propager le long du cycle hydrologique et se traduire par un déficit dans les autres réservoirs d'eau de la surface continentale : sol, débits, nappes, manteau neigeux, glaciers.

Propagation d'un déficit de précipitations le long du cycle hydrologique continental
(Vidal, 2019 modifié de Changnon, 1987)

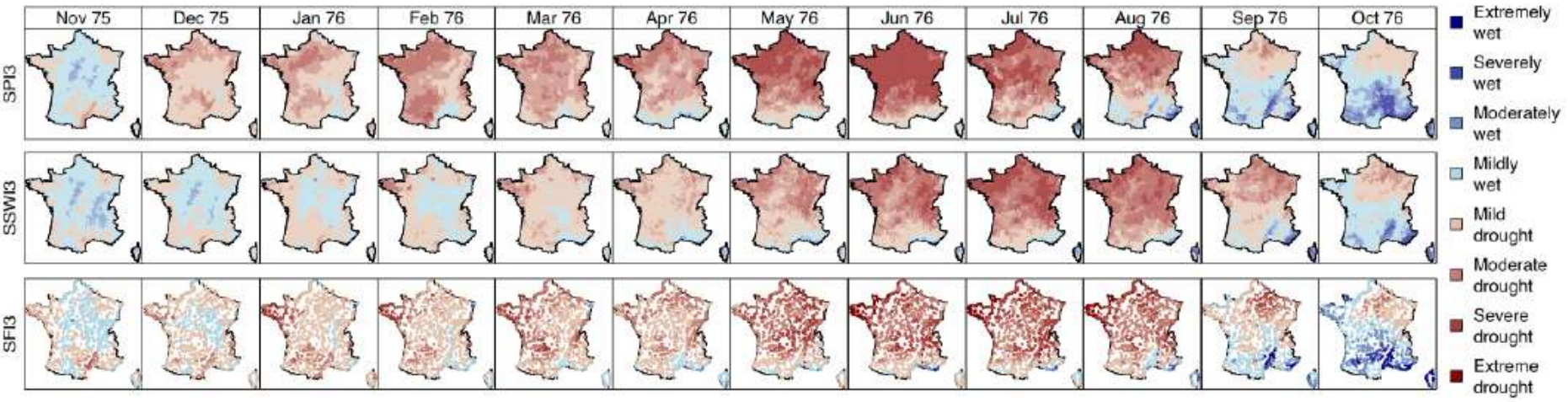


Quels sont les processus à l'origine des étiages ?

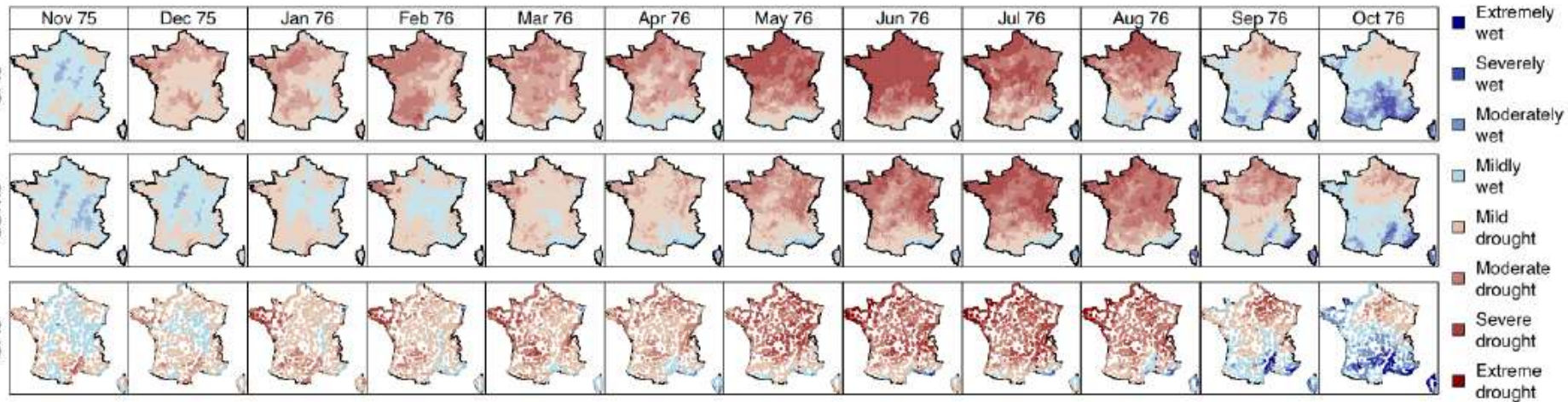
Le tarissement et le débit de base



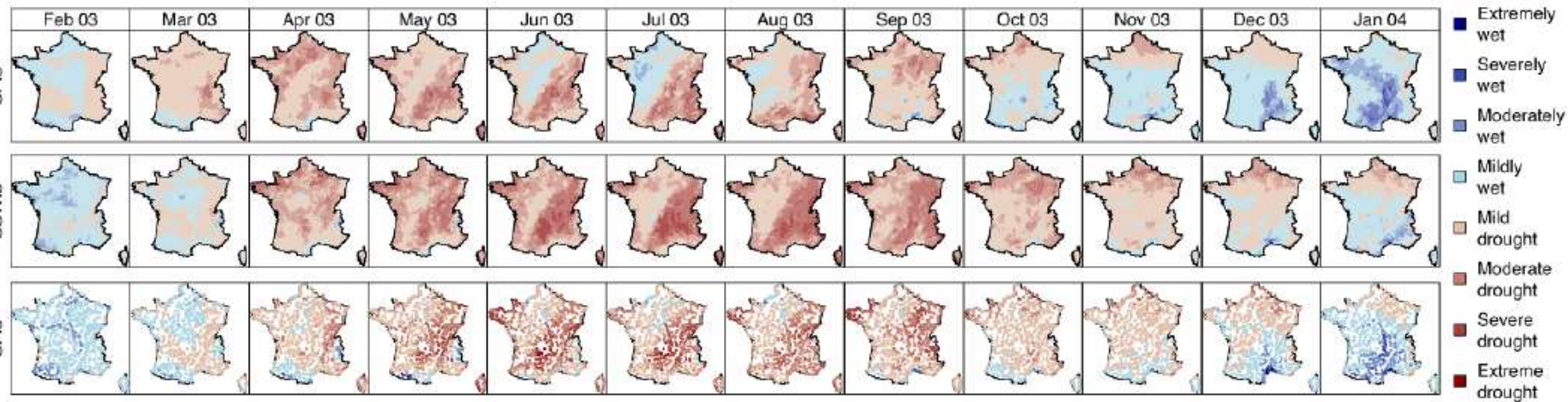
Propagation de la sécheresse de 1976 le long du cycle hydrologique continental (Vidal, 2019).



Propagation de la sécheresse de 1976 le long du cycle hydrologique continental (Vidal, 2019).



Propagation de la sécheresse de 2003 le long du cycle hydrologique continental (Vidal, 2019).

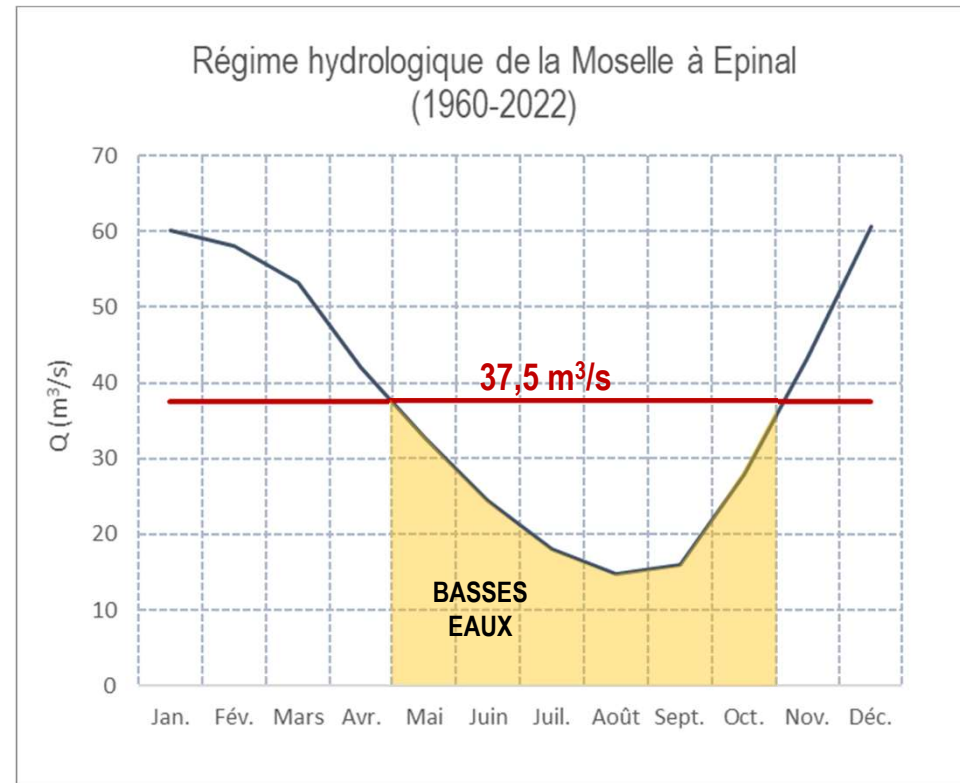
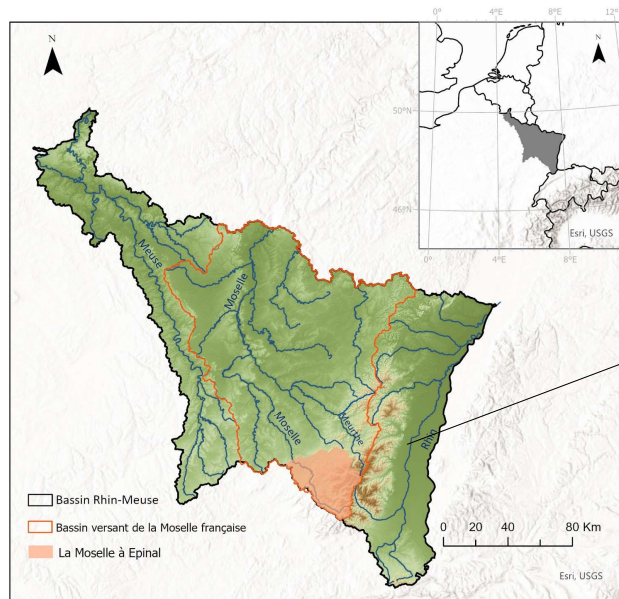


Sécheresse

Sécheresse : Période de déficit pluviométrique suffisamment prolongée pour avoir un impact sur les autres types de sécheresse.

Basses eaux

Basses eaux : Période où les débits mensuels sont inférieurs au débit moyen annuel (module).

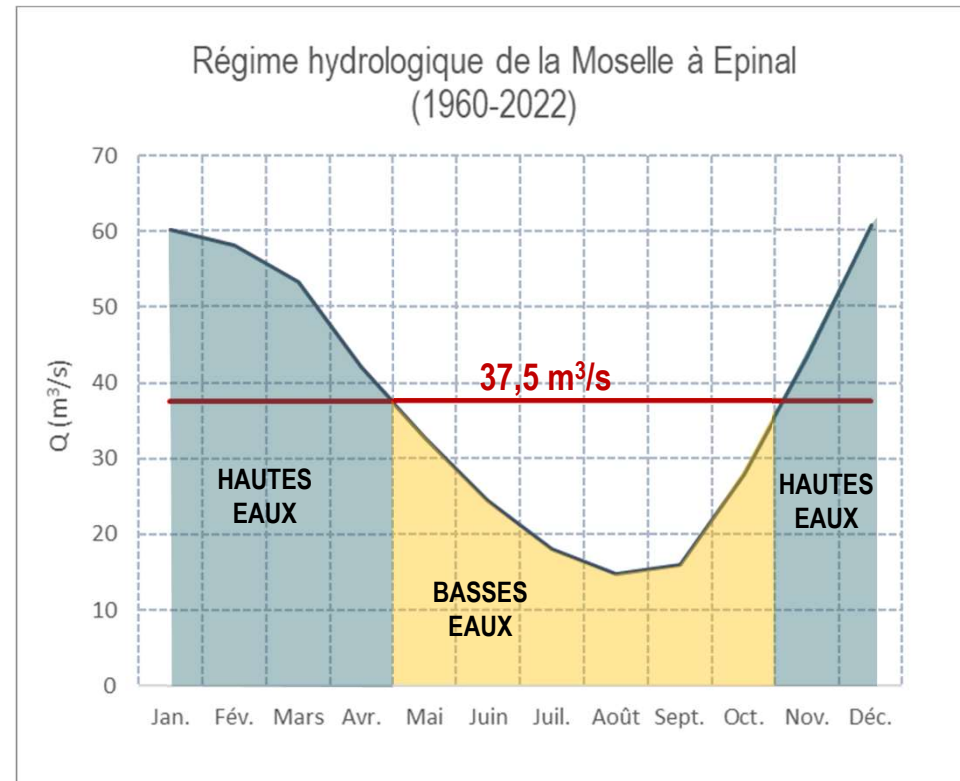


Sécheresse

Sécheresse : Période de déficit pluviométrique suffisamment prolongée pour avoir un impact sur les autres types de sécheresse.

Basses eaux

Basses eaux : Période où les débits mensuels sont inférieurs au débit moyen annuel (module).



Sécheresse

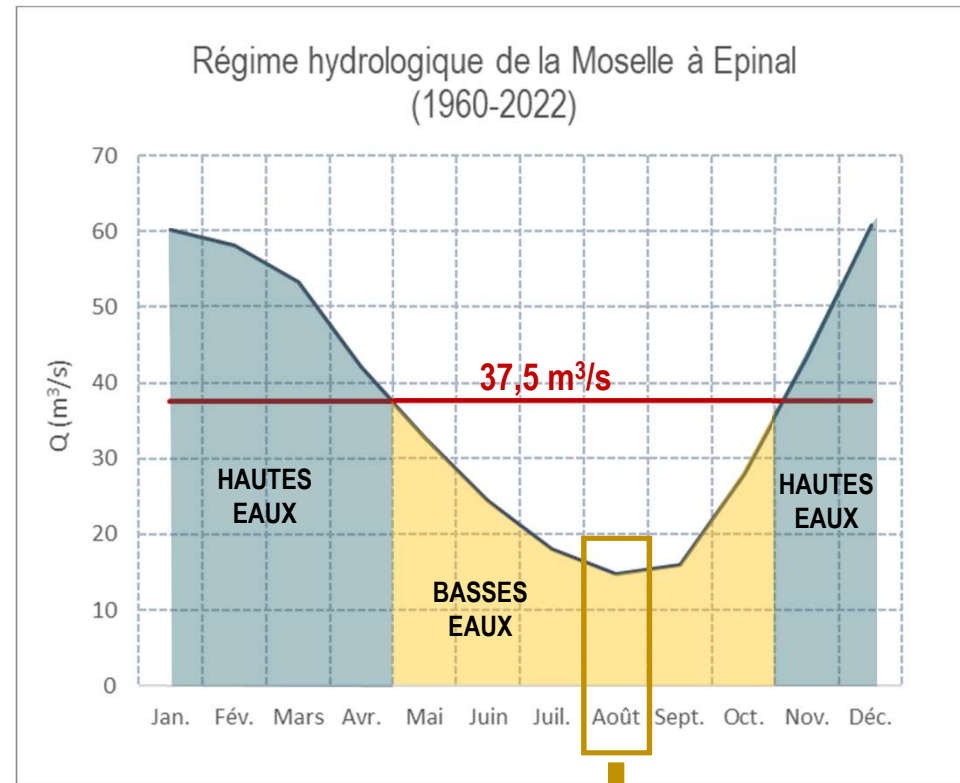
Sécheresse : Période de déficit pluviométrique suffisamment prolongée pour avoir un impact sur les autres types de sécheresse.

Basses eaux

Basses eaux : Période où les débits mensuels sont inférieurs au débit moyen annuel (module).

Étiage

Débits les plus bas d'un cours d'eau.



Étiage

« Débit exceptionnellement faible d'un cours d'eau, qu'il ne faut pas confondre avec les basses eaux saisonnières, même s'il en est l'exacerbation » (Dacharry, 1996)

Sécheresse

Sécheresse : Période de déficit pluviométrique suffisamment prolongée pour avoir un impact sur les autres types de sécheresse.

Basses eaux

Basses eaux : Période où les débits mensuels sont inférieurs au débit moyen annuel (module).

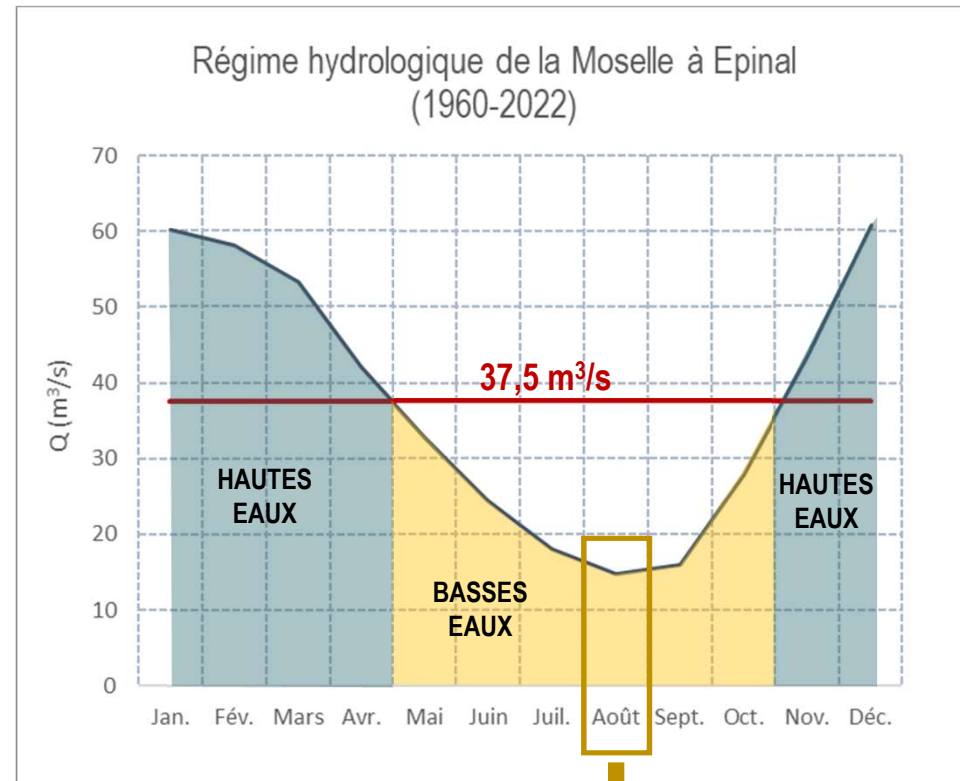
Étiage

Débits les plus bas d'un cours d'eau.

Low flow ?

Low flow is a 'flow of water in a stream during prolonged dry weather'. International glossary of hydrology (WMO, 1974).

> Pas de distinction claire entre étiage et sécheresse (Smakhtin, 2000).

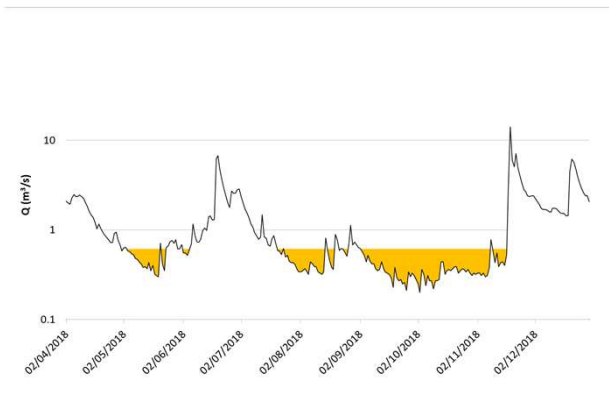


Étiage

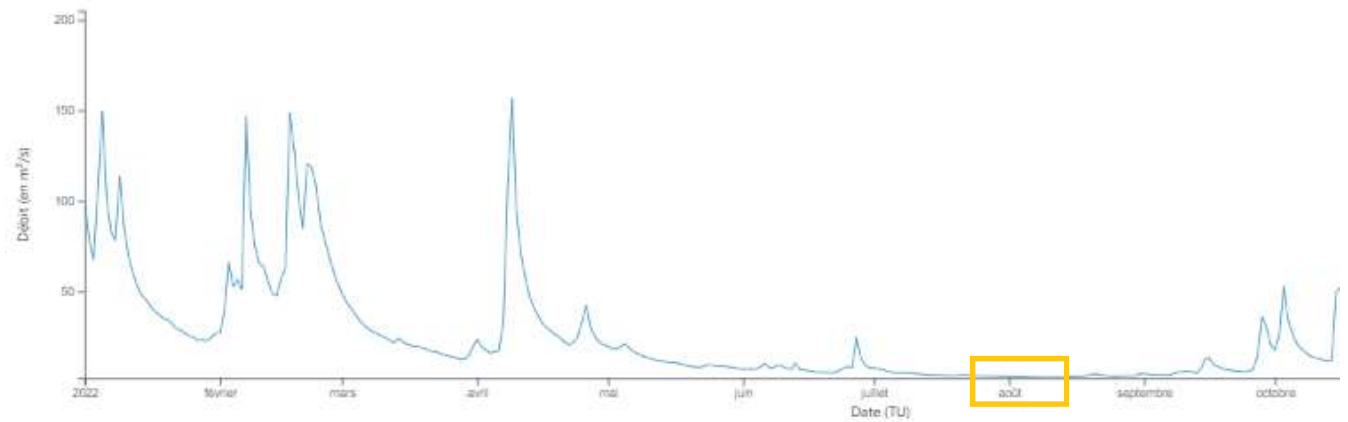
Comment caractériser la sécheresse hydrologique ? Quels indicateurs d'étiage ?

Deux paradigmes

Anomalies :
Déficit anormal de débit



Valeurs absolues :
Niveau bas (étiage) des débits

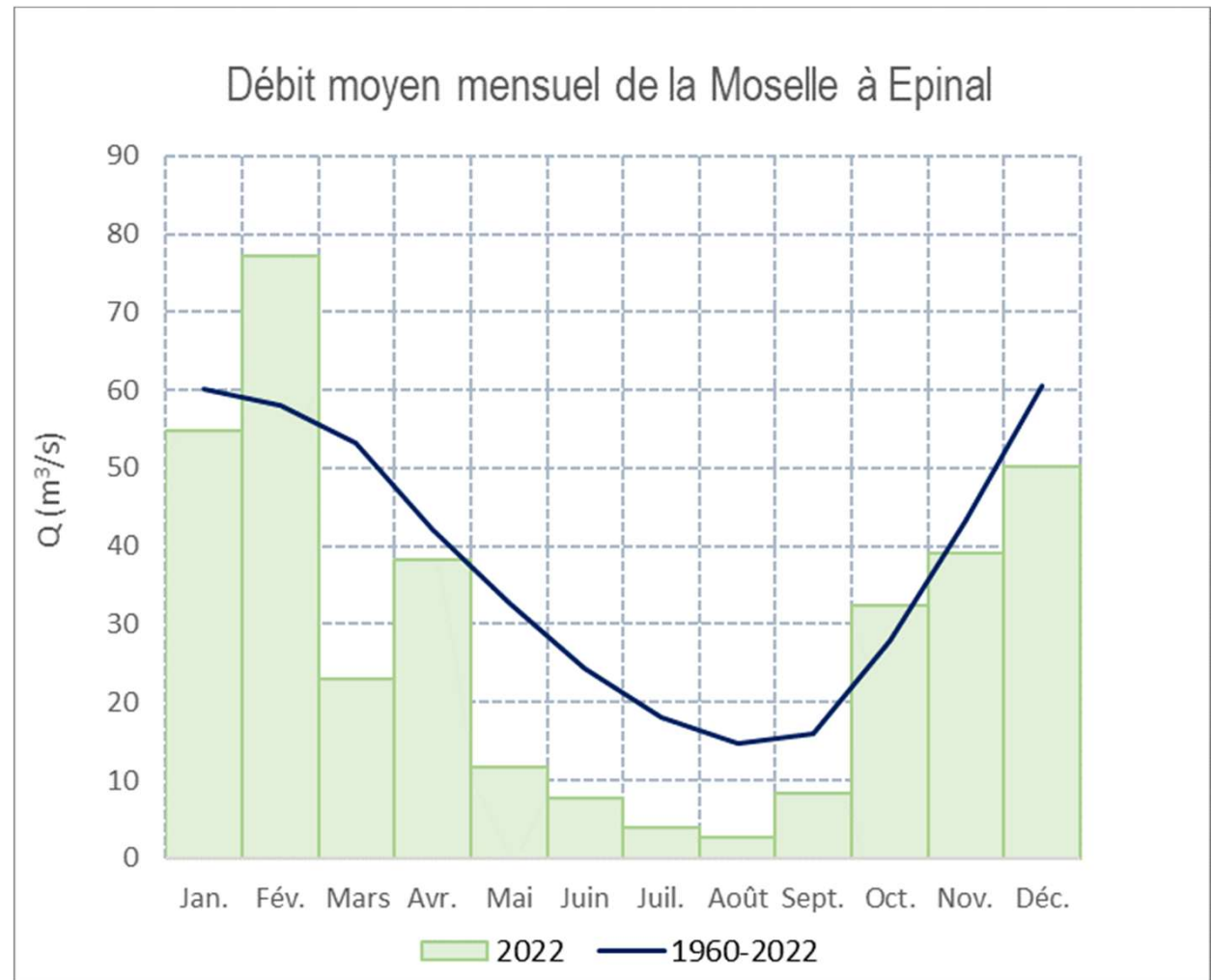


Les débits d'étiage

QMNA : débit moyen mensuel sec

QMNA 1960-2022 : 14,7 m³/s

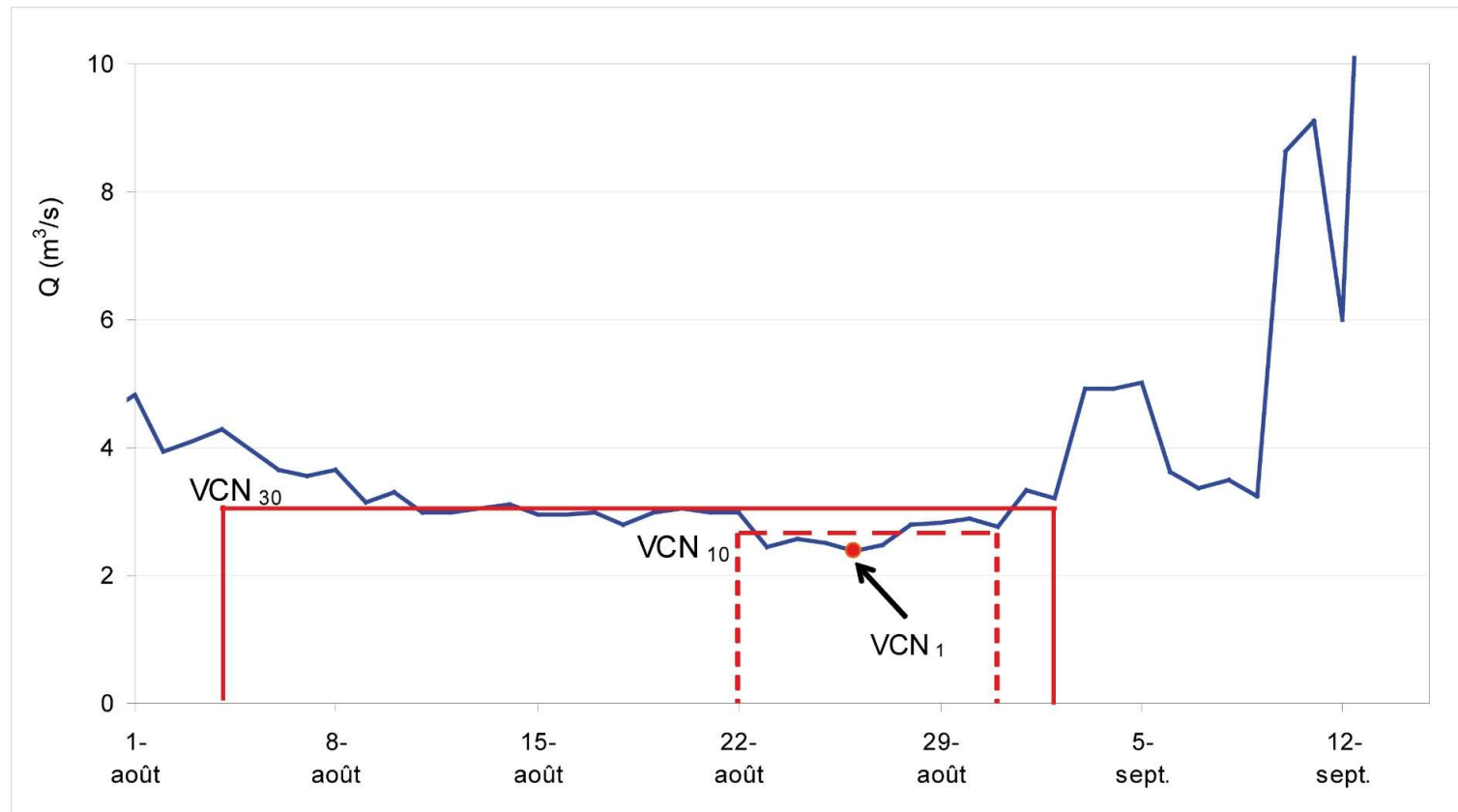
QMNA 2022 : 2,7 m³/s



Les débits d'étiage

QMNA : débit moyen mensuel sec

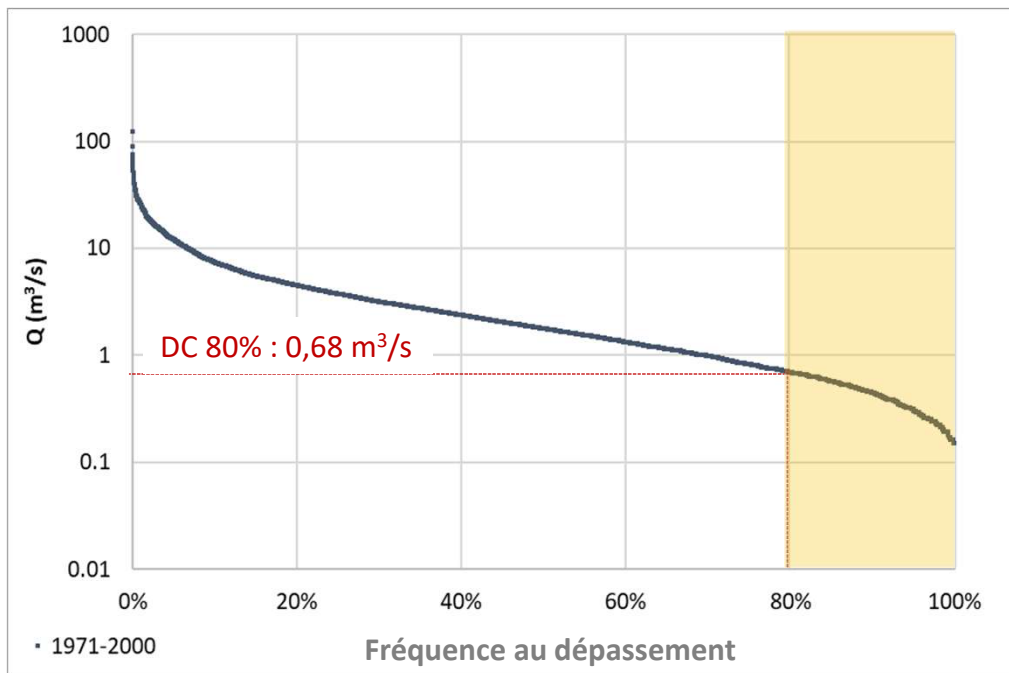
VCNx : plus faible débit moyen enregistré sur une période consécutive de x jours



Exemple de VCNd de durées 1, 10 et 30 jours – La Moselle à Epinal en 1976, d'après les données de la Banque HYDRO

Les débits d'étiage

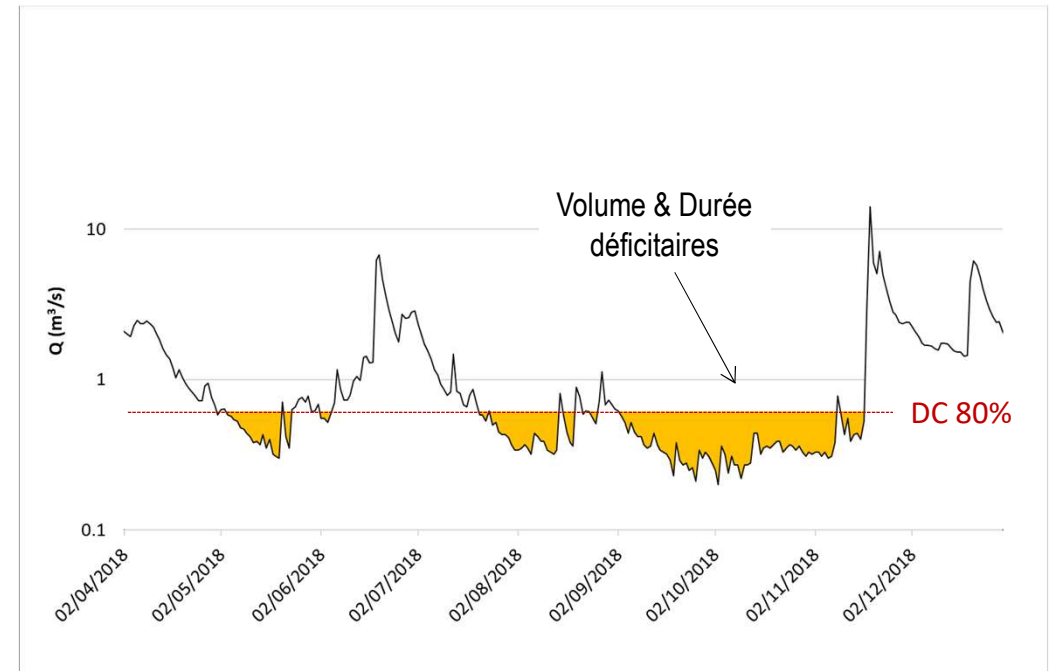
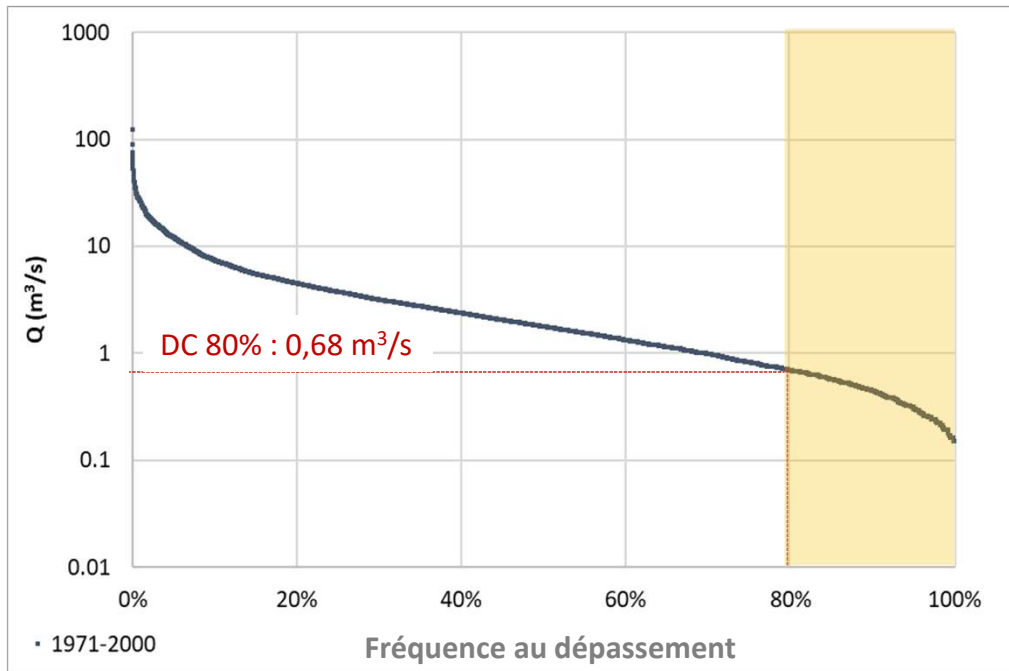
Les débits caractéristiques issus de la courbe des débits classés



La Moselle à Fresse, d'après les données d'Hydroportail

Les anomalies

Caractériser les périodes de déficit : Volumes & Durées déficitaires



La Moselle à Fresse, d'après les données d'Hydroportail

Les anomalies

Caractériser les périodes de déficit : Volumes & Durées déficitaires
Seuil fixe ou seuil variable ?

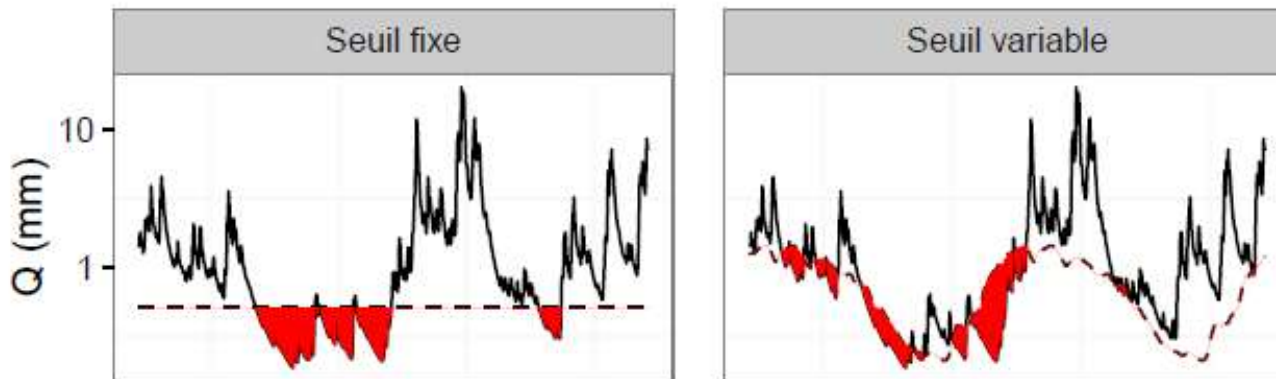


FIGURE 3.1 : Exemple de seuil fixe et de seuil variable pour définir une sécheresse hydrologique. Figure adaptée de CAILLOUET (2016). *Reconstruction hydrométéorologique des étiages historiques en France entre 1871 et 2012*. Université Grenoble Alpes, Fig. 8.1, p. 185.

(Vidal, 2019)

Les déficits de débit identifiés avec l'un ou l'autre type de seuil diffèrent en volume mais aussi en chronologie.

Comment caractériser la sécheresse hydrologique ? Quels indicateurs d'étiage ?

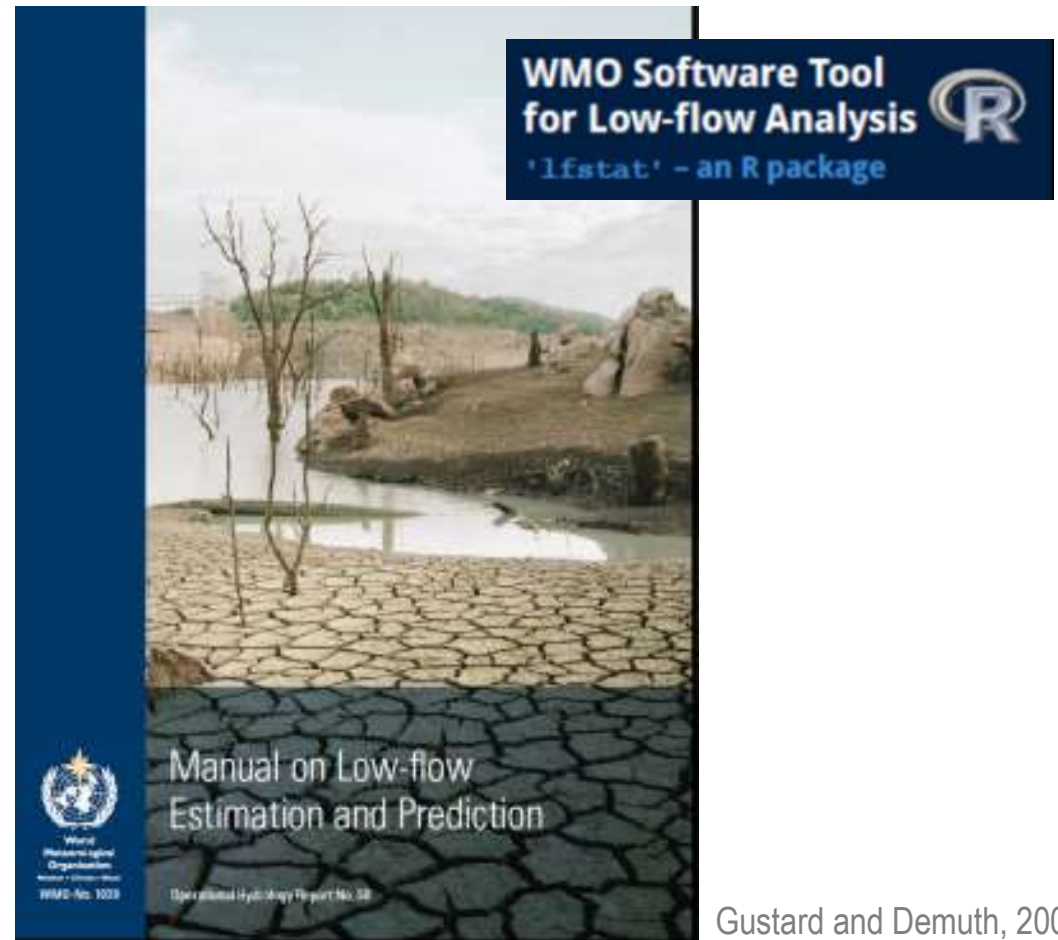
Durées et Volumes déficitaires

Débits caractéristiques d'étiage : QMNA, VCNx, DC

Débits fréquents : QMNA(5), VCN10(5)

Indice d'écoulement de base (BFI)

Coefficient de tarissement

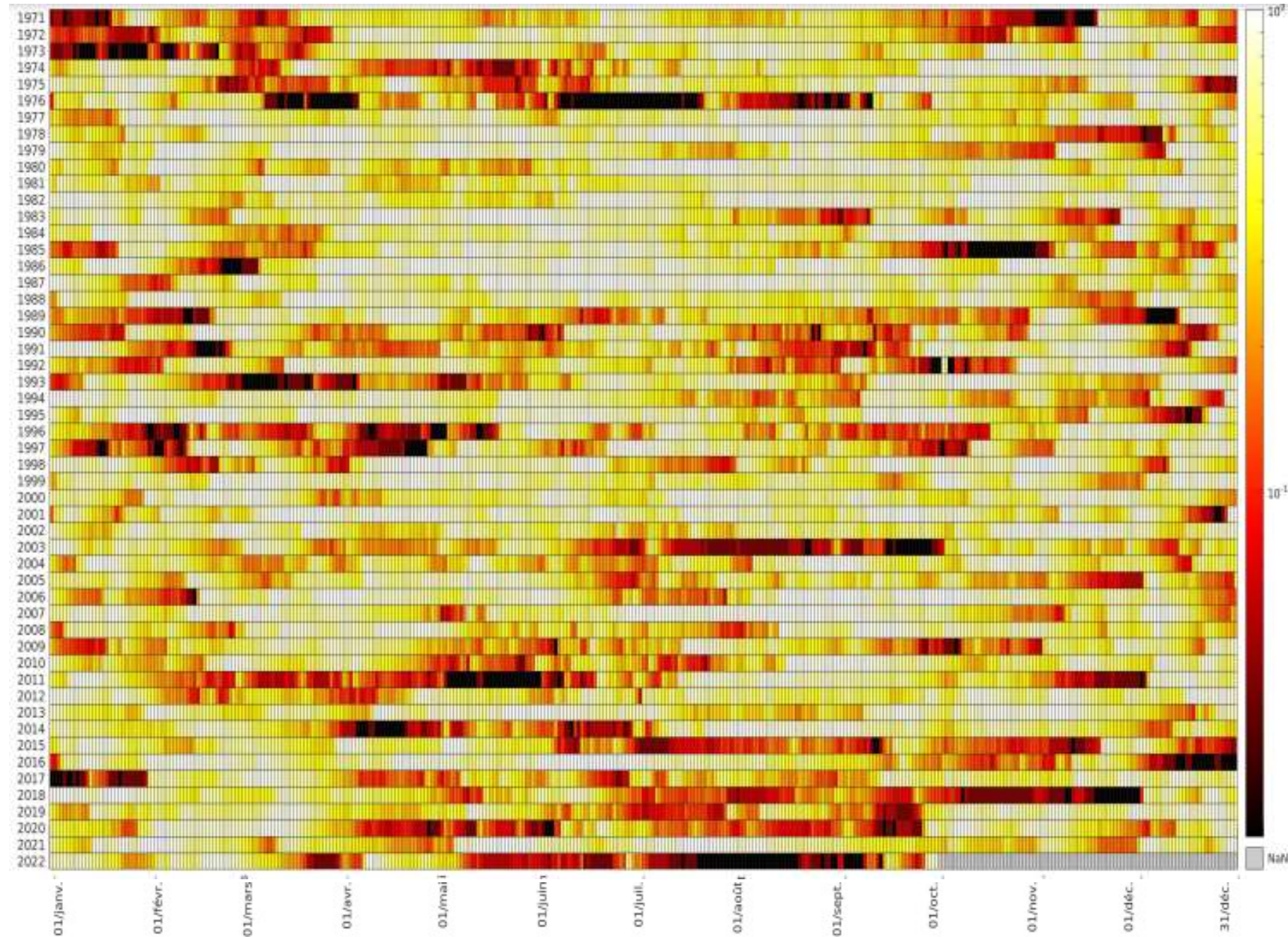


Gustard and Demuth, 2008

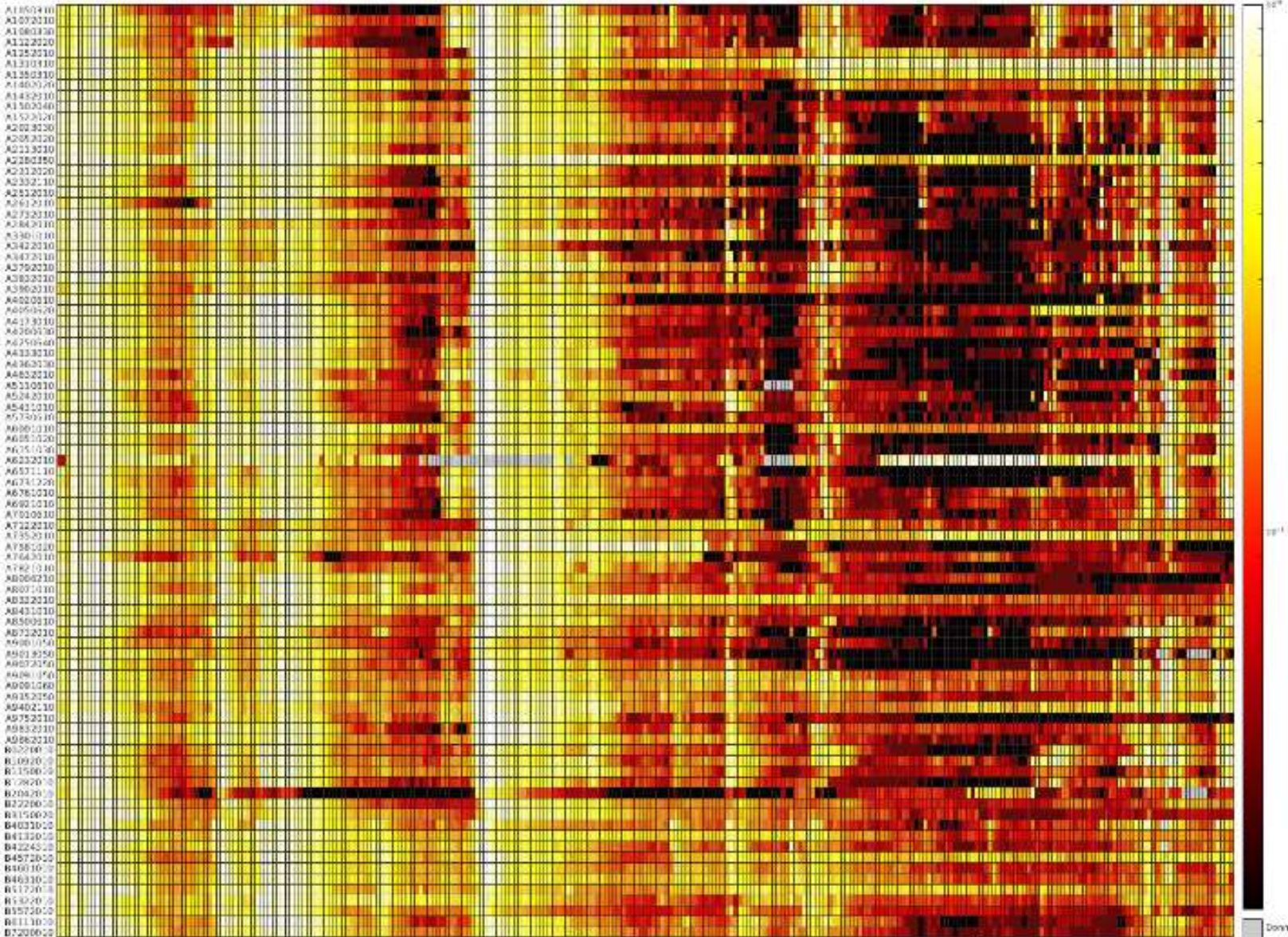
Autres indicateurs

Chaque débit moyen journalier (QMJ) est exprimé en fréquence par rapport à l'ensemble des QMJ du même jour

La Moselle à Epinal François, 2022



L'étiage 2022 dans Rhin-Meuse

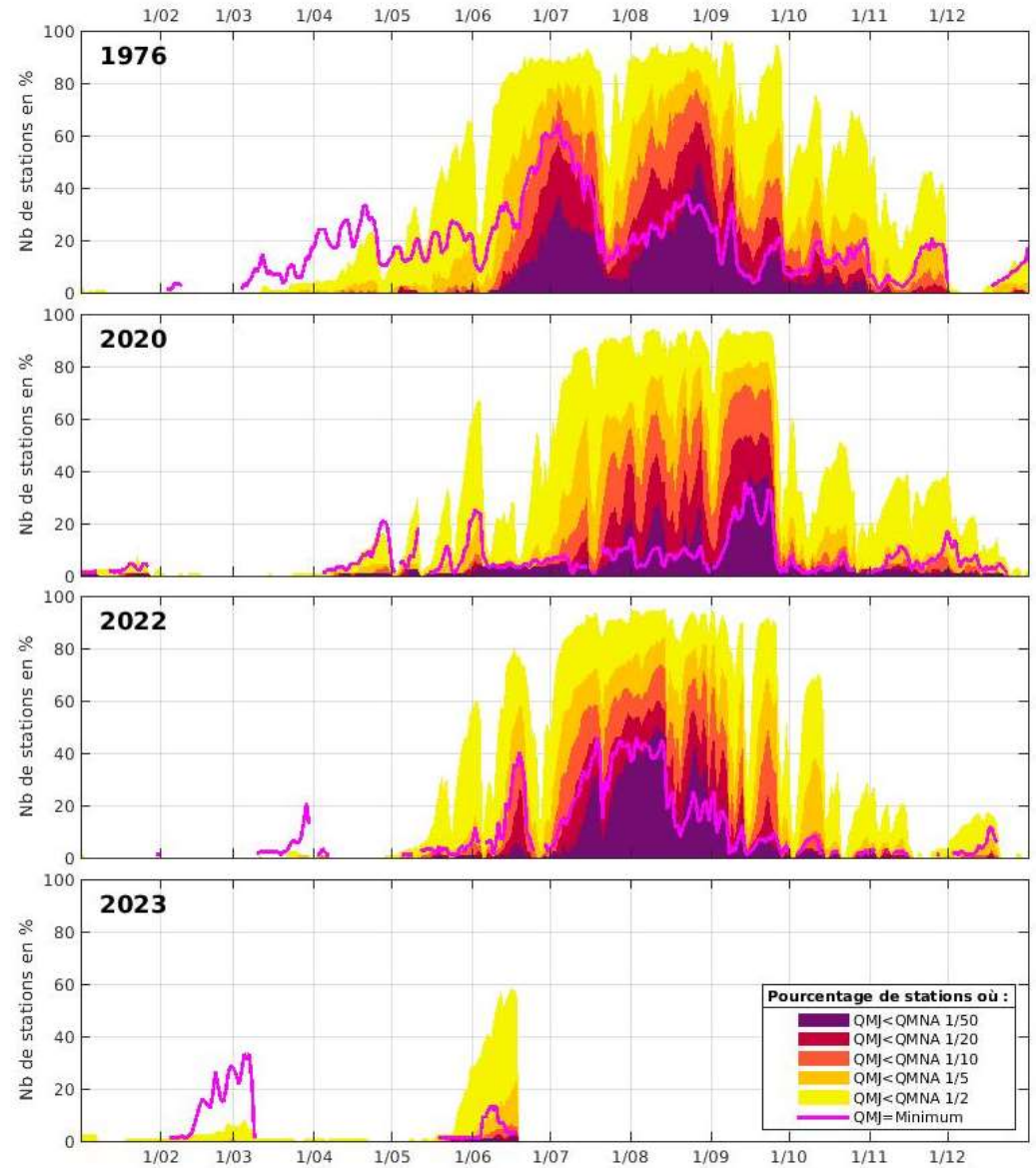


Données abstraites

François, 2022

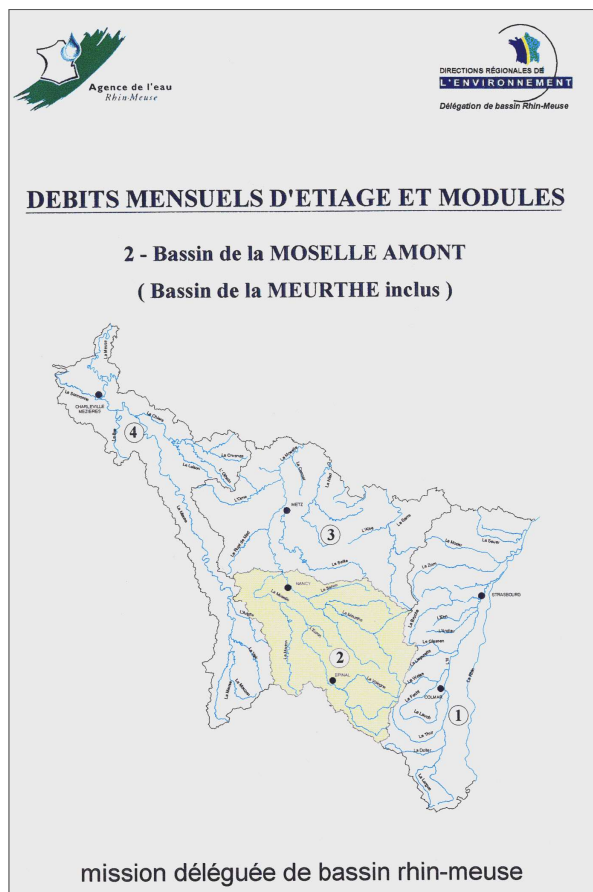
Autres indicateurs

Nombre de stations où le débit moyen journalier est inférieur à un seuil

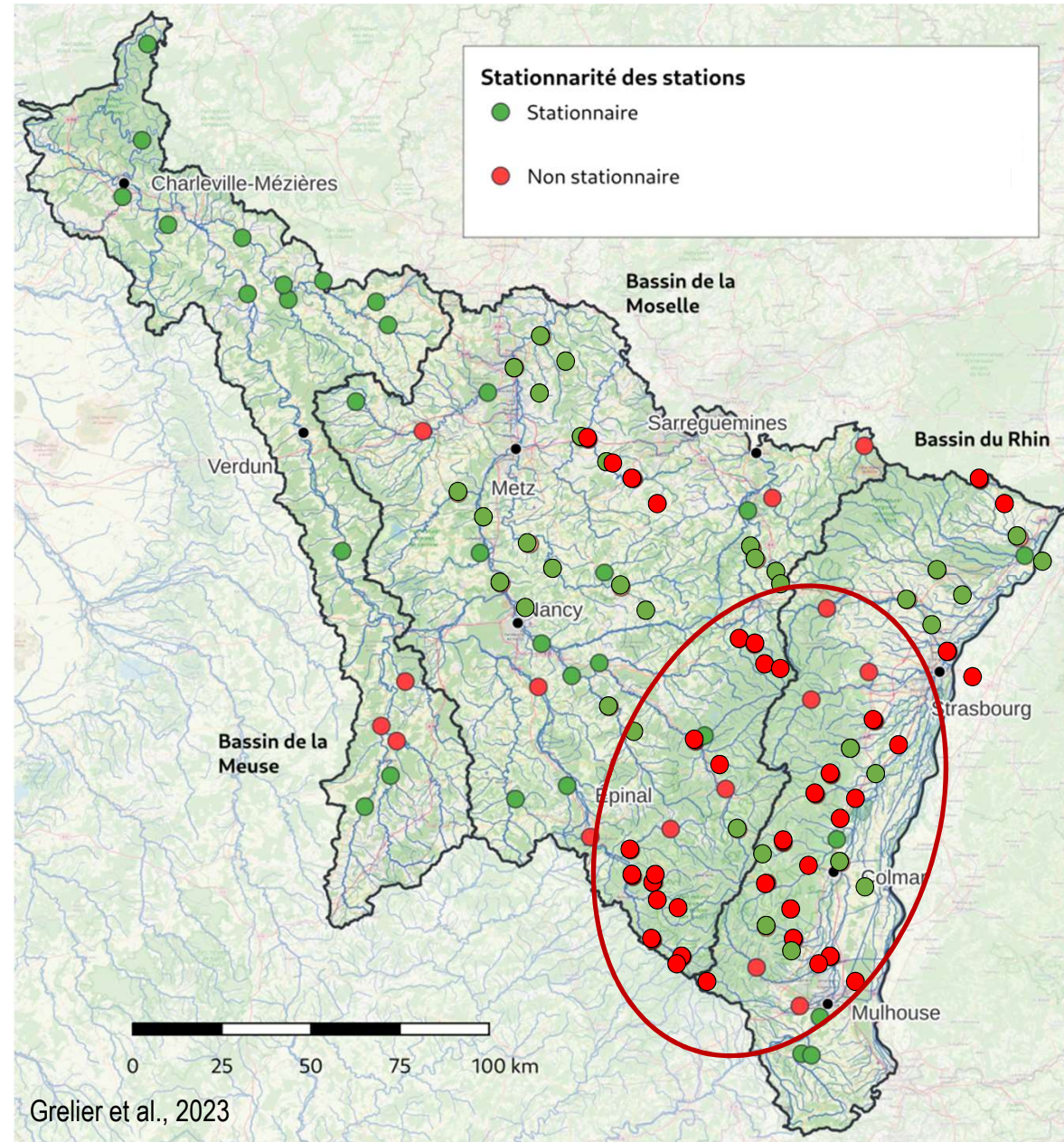
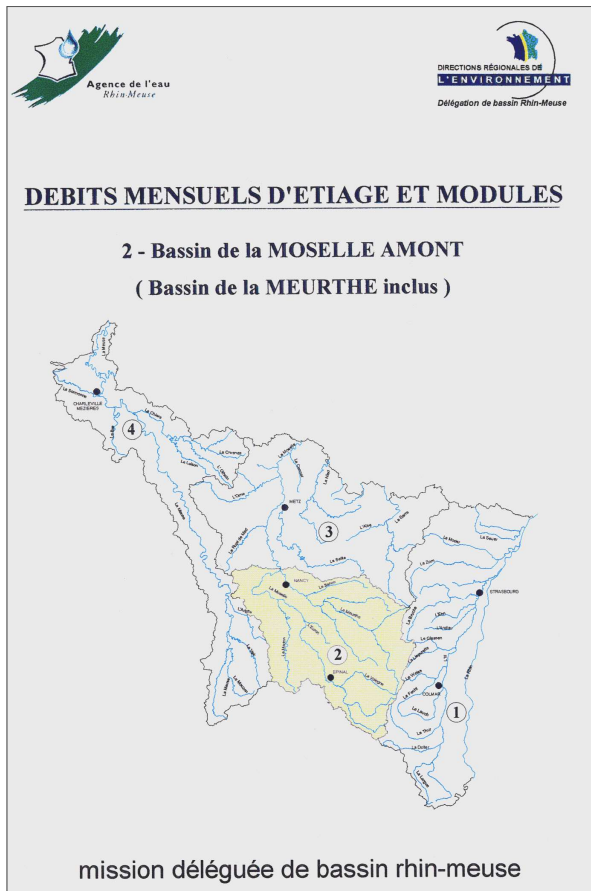


François, 2022

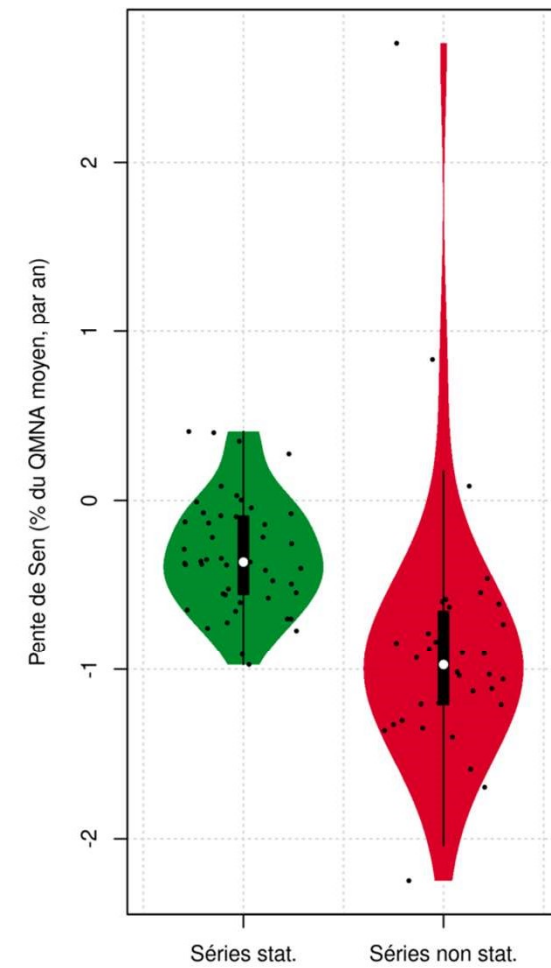
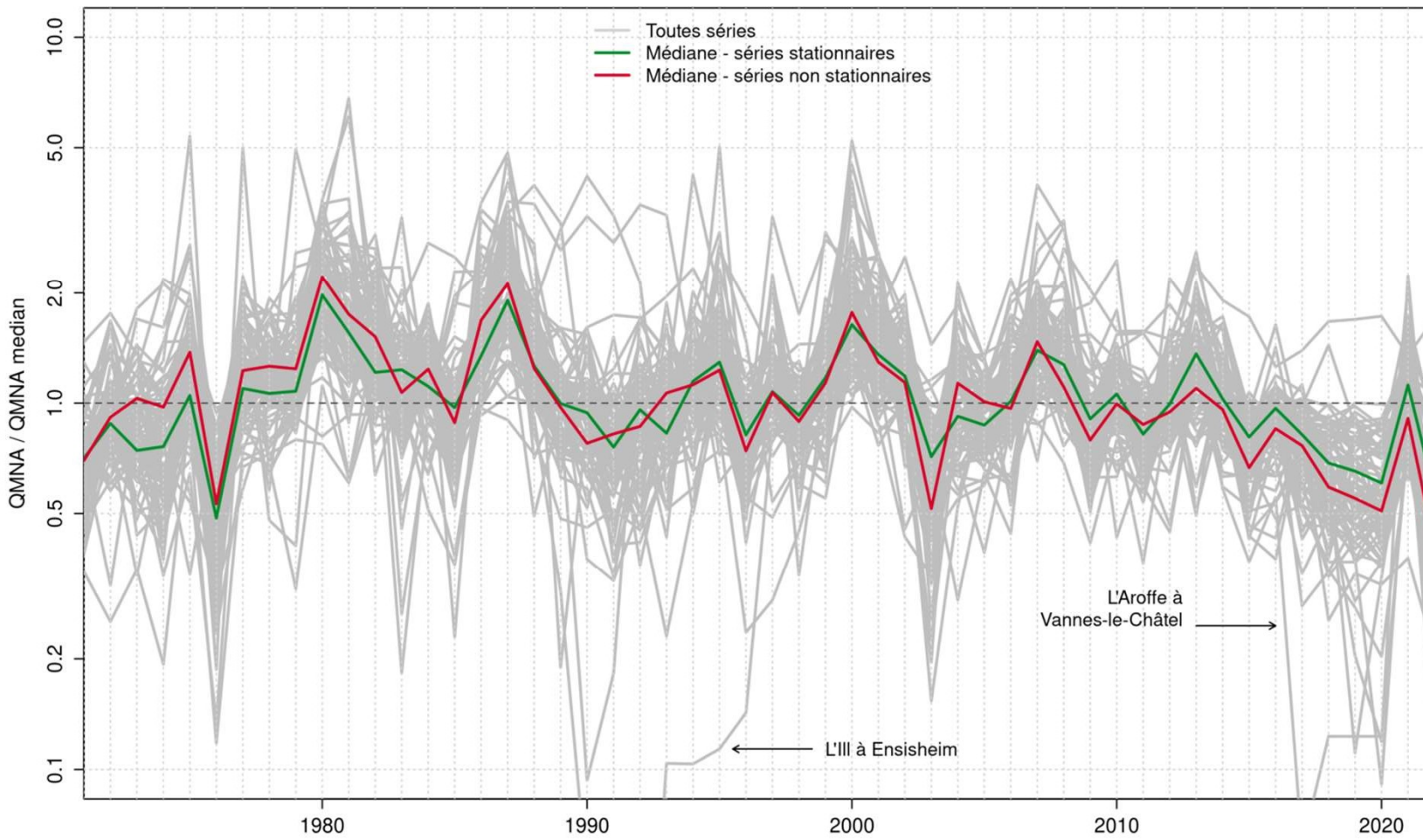
Comment évoluent les débits d'étiage dans le bassin Rhin-Meuse ?



Comment évoluent les débits d'étiage dans le bassin Rhin-Meuse ?

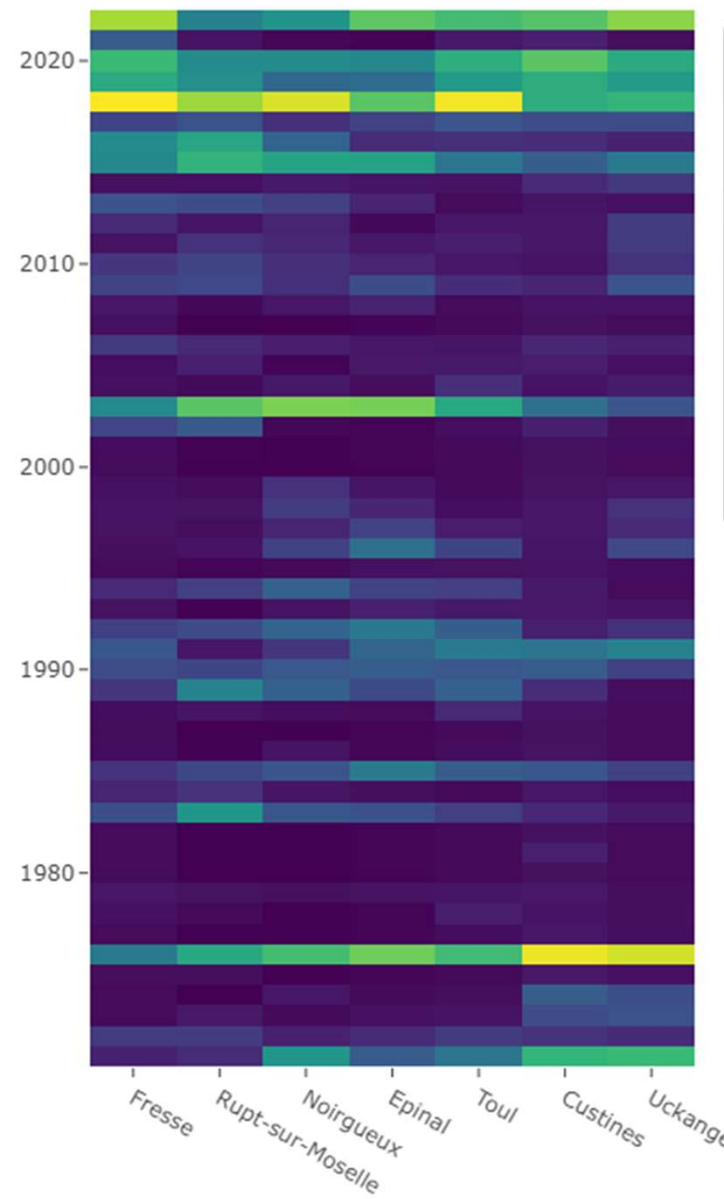
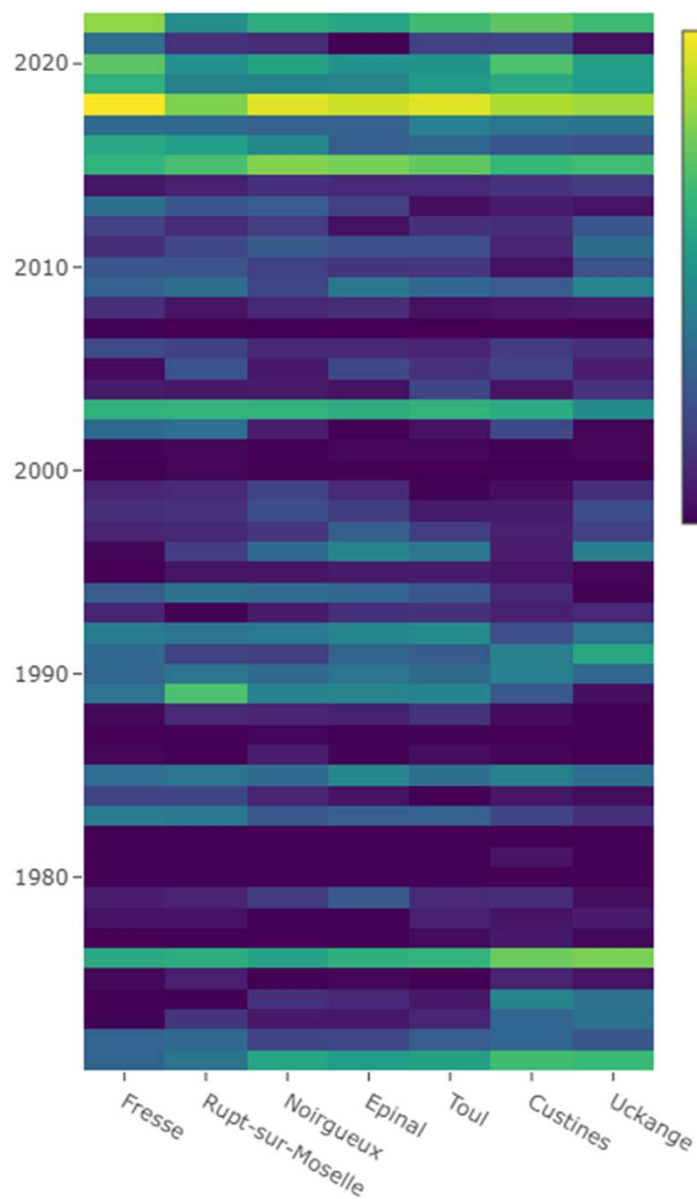
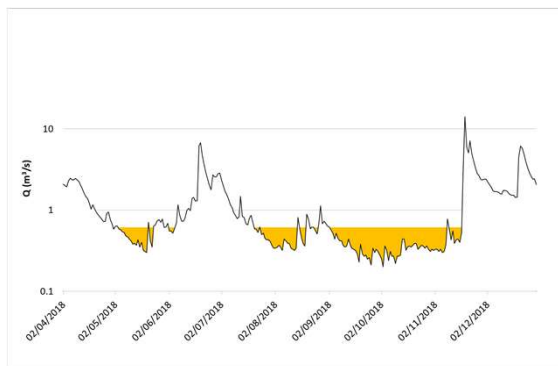


Comment évoluent les débits d'étiage dans le bassin Rhin-Meuse ?



Comment évoluent les anomalies de débits ?

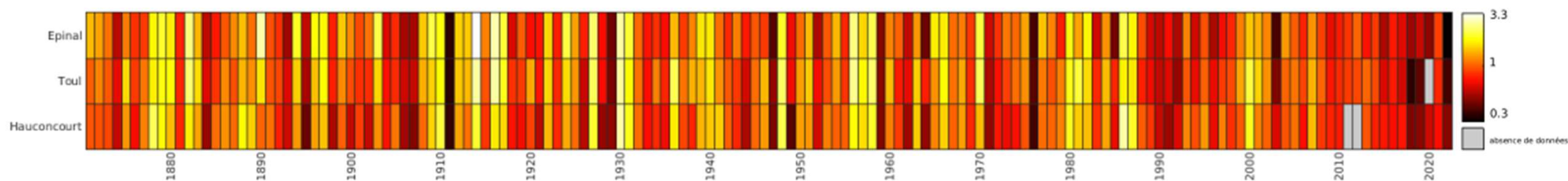
Volumes et durée sous le DC90 %



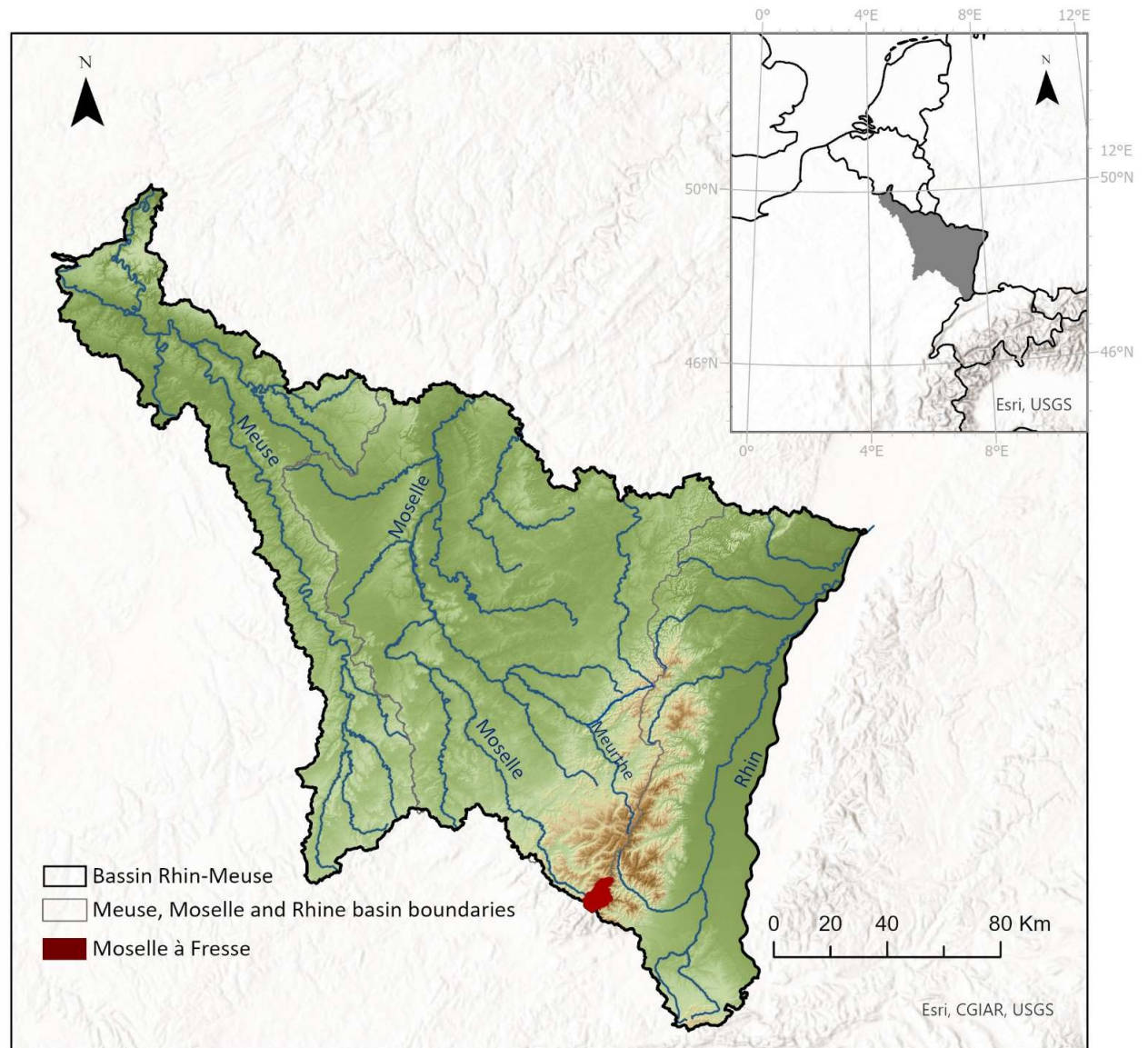
Évolution des débits d'étiage de la Moselle

> Reconstitution de séries hydroclimatologiques historiques de la Moselle

Sévérité des étiages (QMNA) de la Moselle de 1870 à 2022



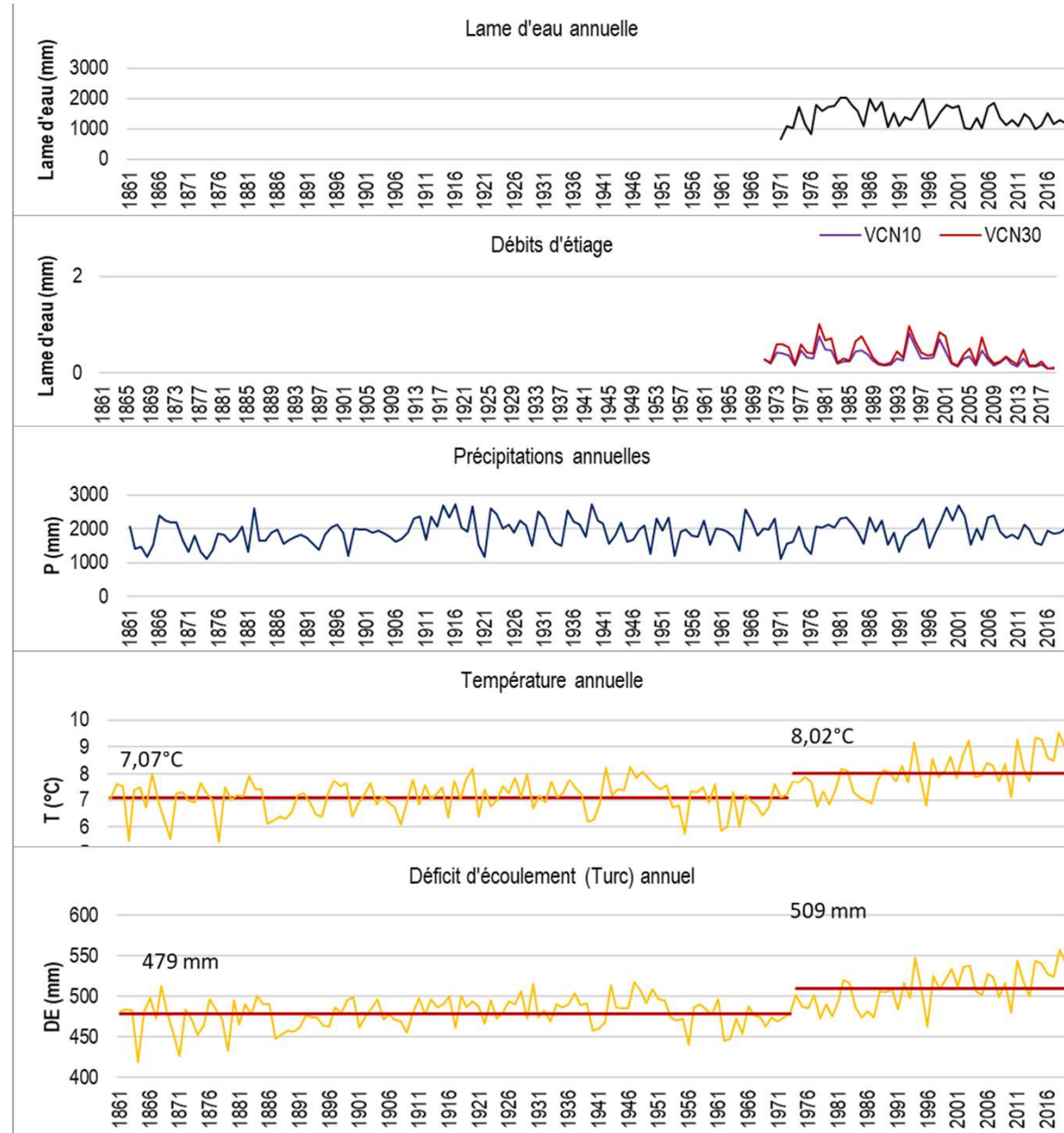
Exemple de la Moselle à Fresse



Bilan hydrologique annuel :

Écoulement = Précipitations – Evapotranspiration

Des étiages plus sévères, plus fréquents, mais également plus longs (précoces et tardifs dans la saison).



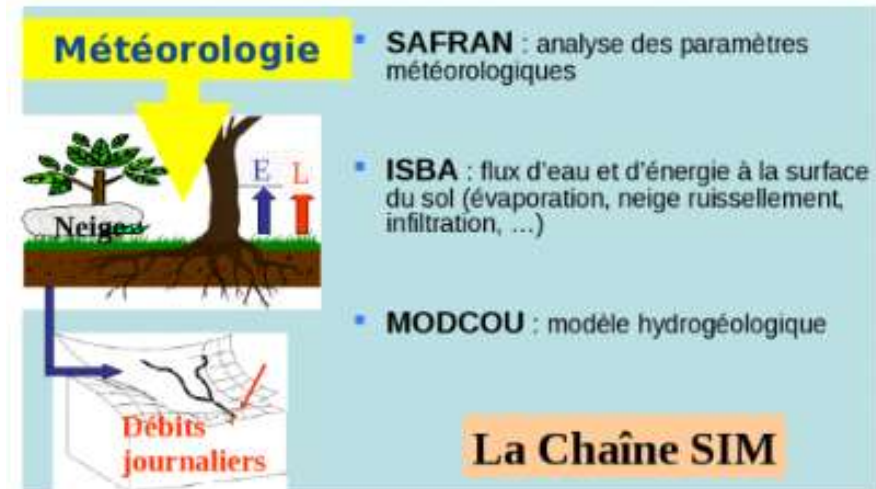


Chaîne SIM Safran-ISBA-Modcou

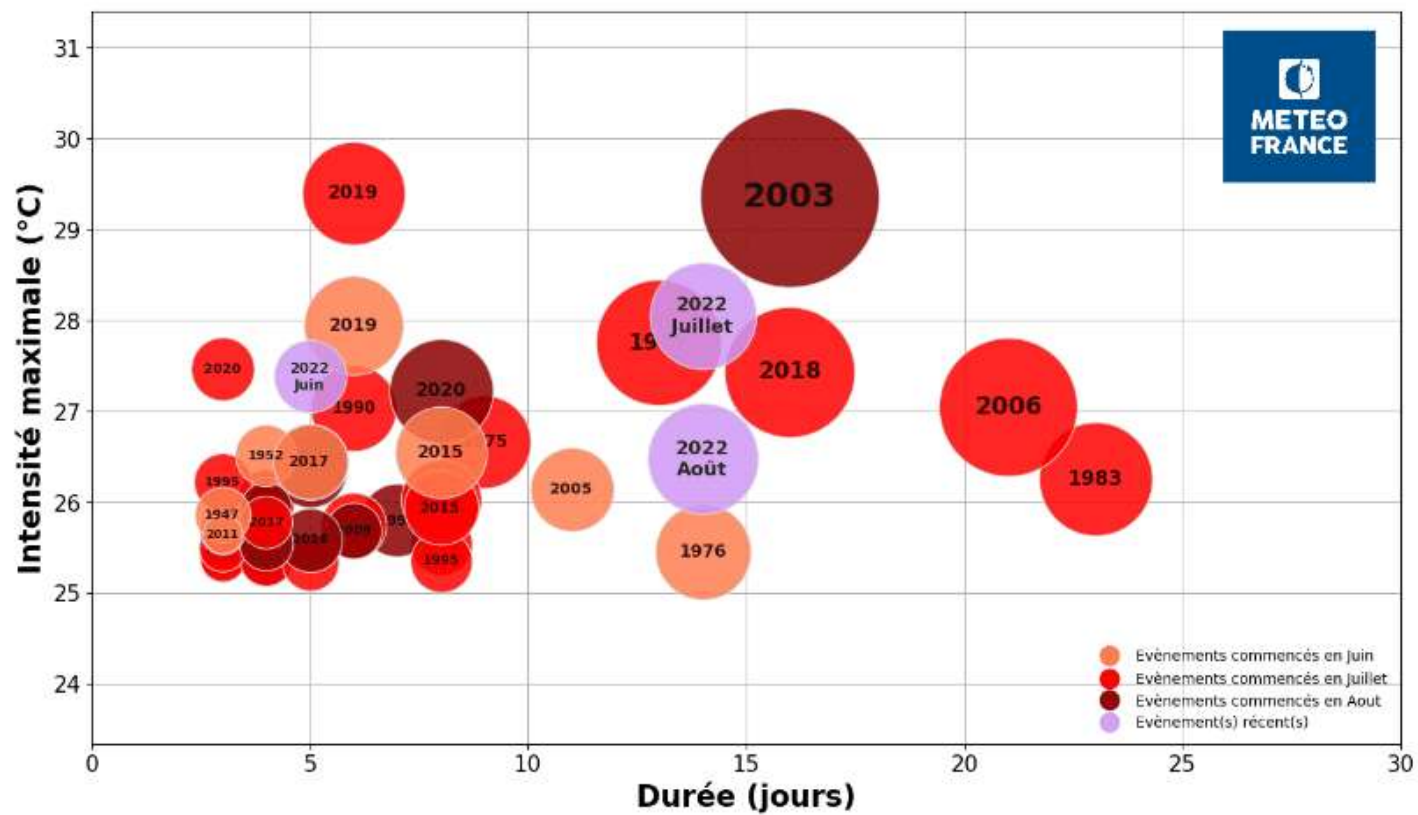
- SAFRAN/France est un système d'analyse à mésoéchelle de variables atmosphériques près de la surface : température, humidité, vent, précipitations solides et liquides, rayonnement solaire et infrarouge incident

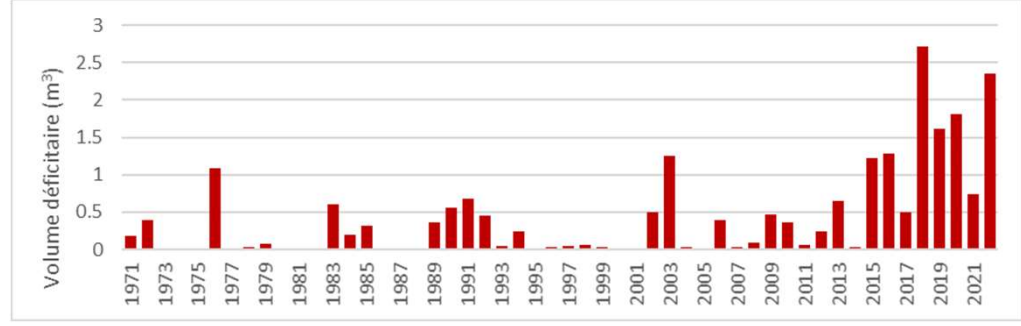
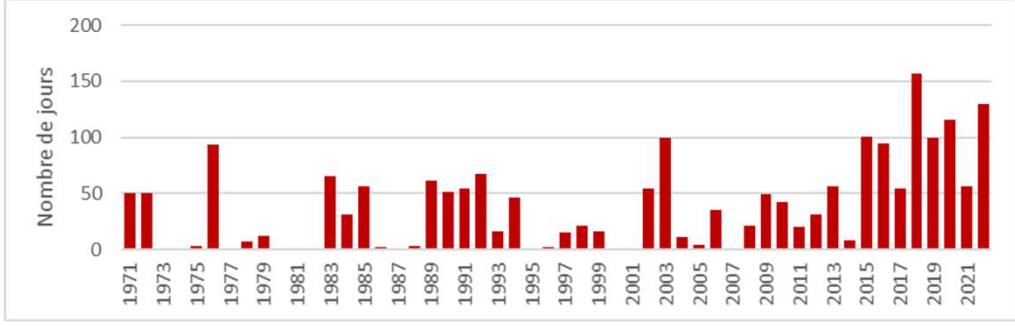
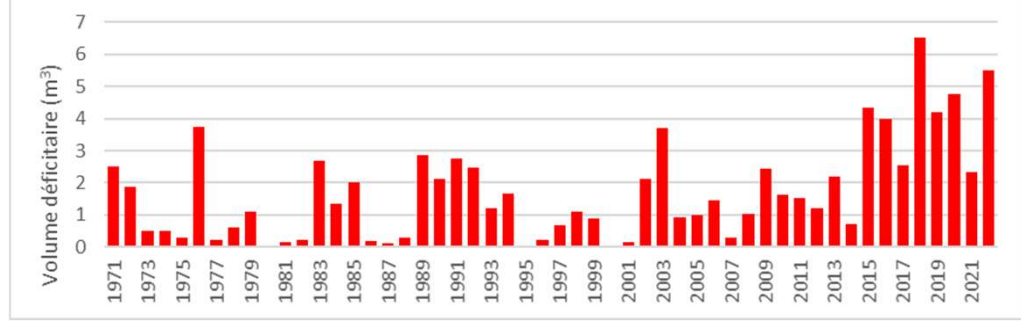
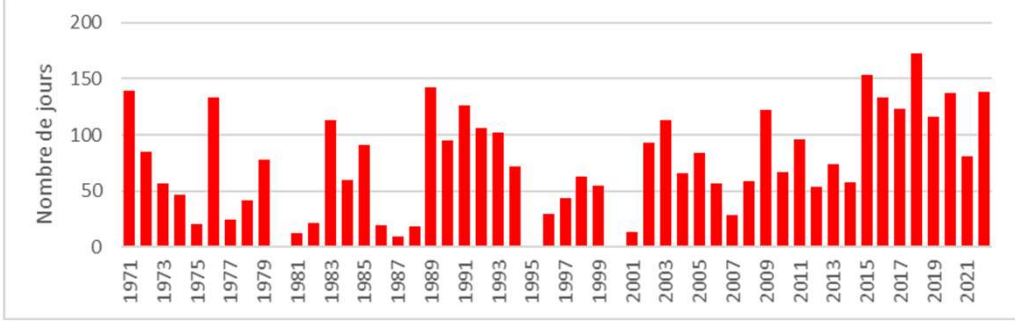
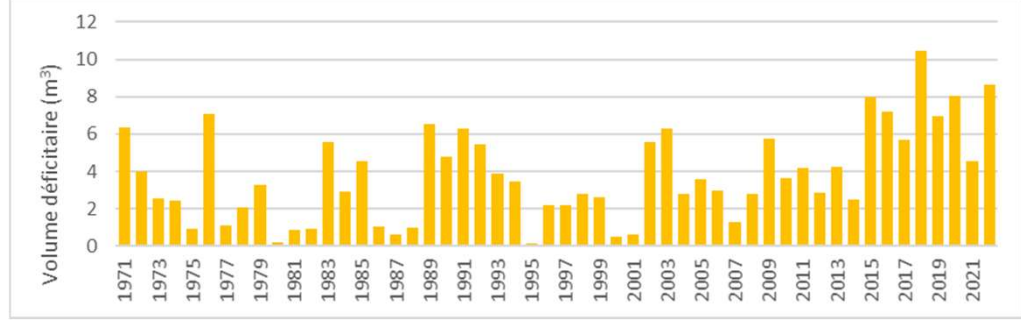
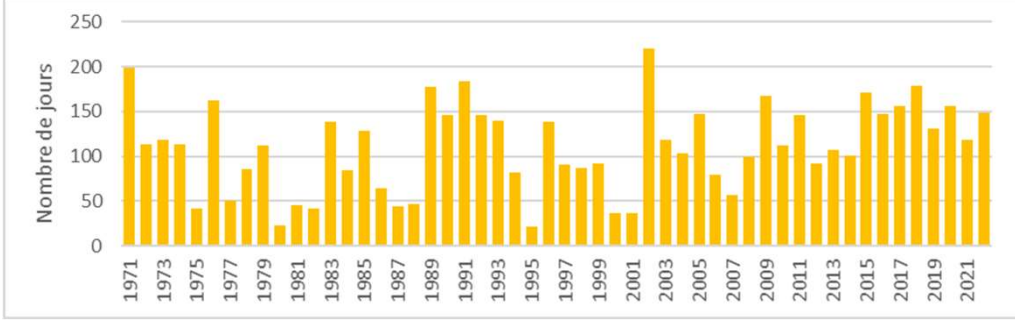
- ISBA (Interaction sol-biosphère-atmosphère) simule les échanges d'eau et d'énergie entre le sol et l'atmosphère. ISBA simule l'ensemble des flux d'eau avec l'atmosphère (interception, évaporation, transpiration) et avec le sol (ruissellement des précipitations et drainage dans le sol).

- MODCOU, est un modèle hydrologique distribué. Il utilise en entrée le ruissellement et drainage d'ISBA pour calculer l'évolution des nappes (actuellement seules les nappes de la Seine et du Rhône sont représentées) et le débit des rivières (900 points simulés actuellement).



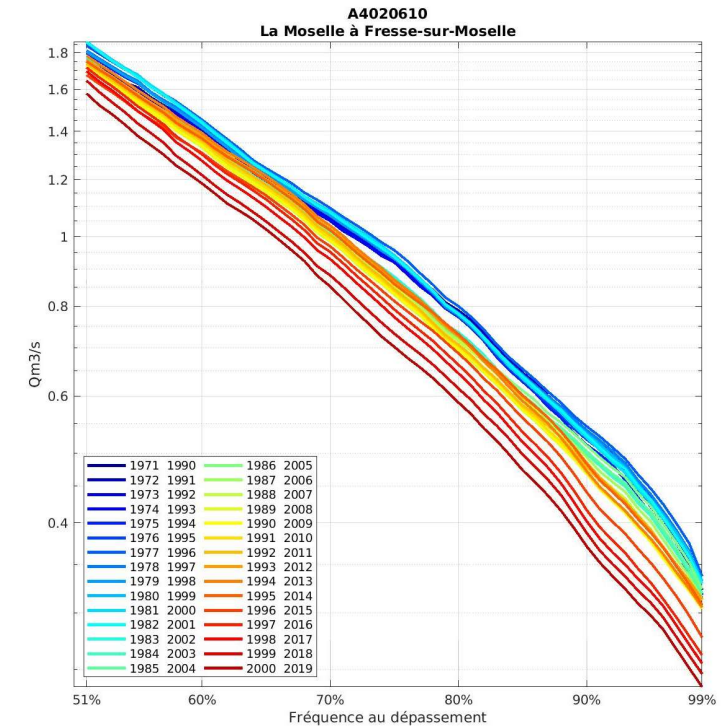
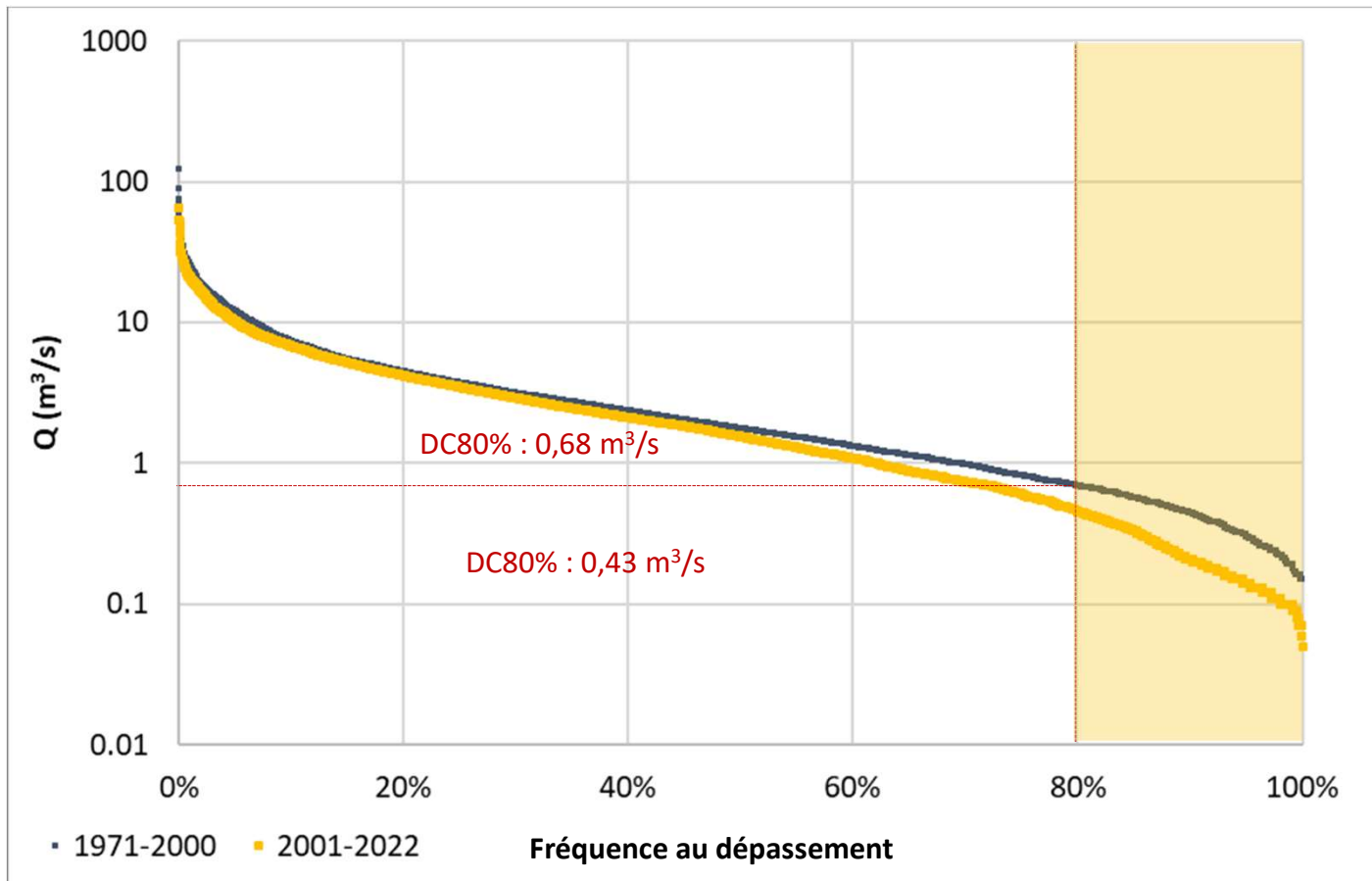
Vagues de chaleur observées en France 1947 à 2022 : 46 épisodes identifiés



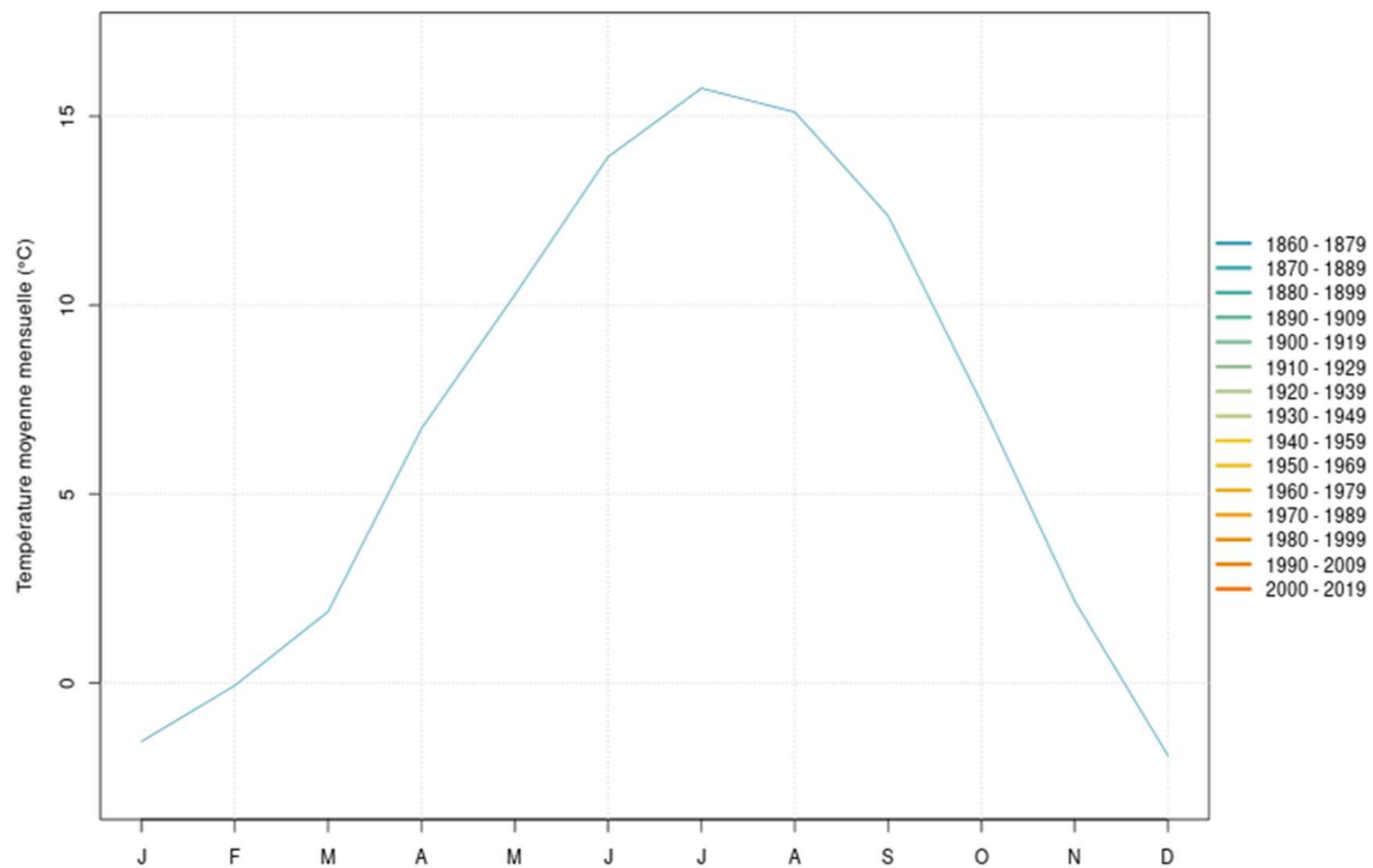


Évolution des écoulements et du bilan de l'eau pour la Moselle à Fresse

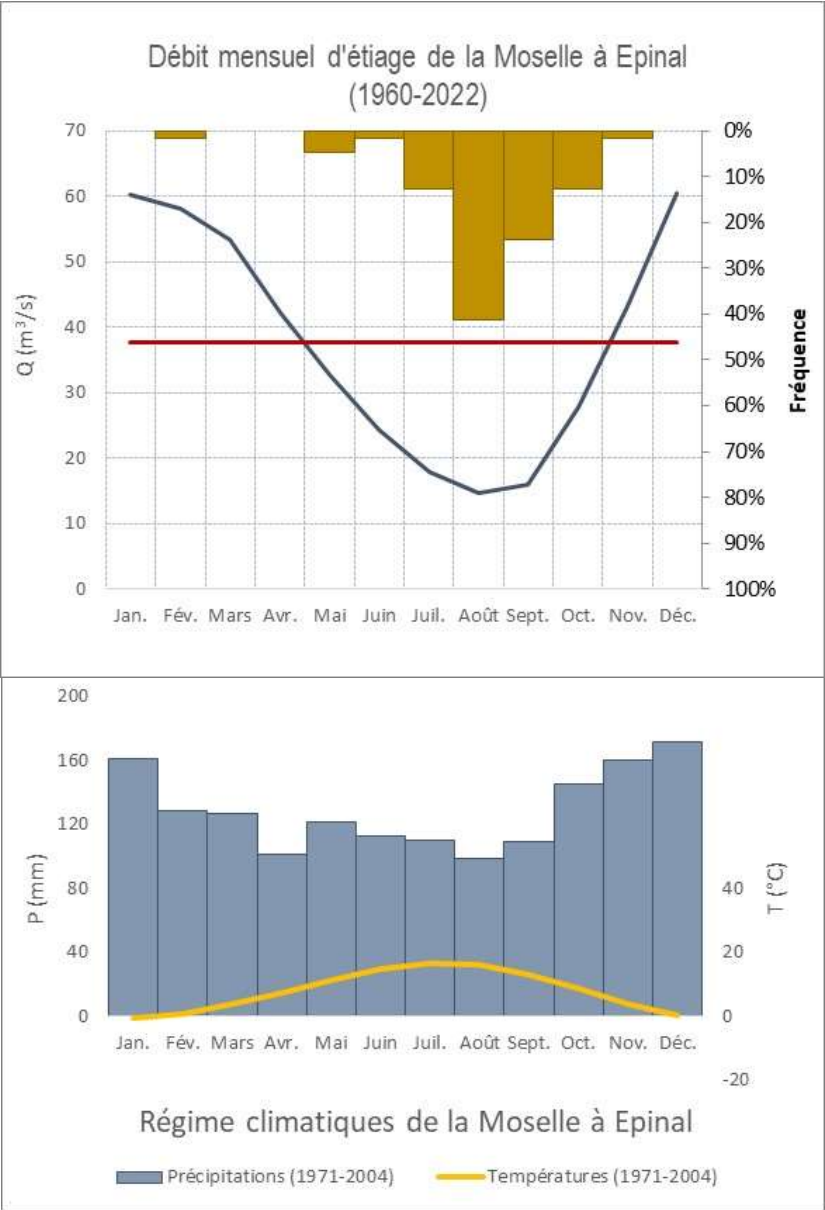
Courbe des débits classés



Normale 1860 - 1879



Est-ce que l'étiage se produit toujours au même moment ?



Évolution future des débits d'étiage de la Moselle

Résultats
provisoires

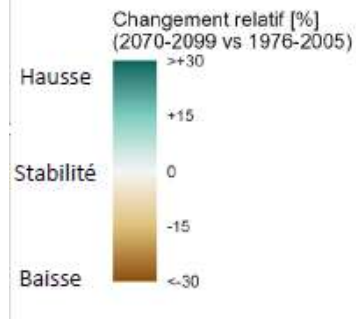
➤ Explore2

➤ Impacts du changement climatique sur les crues et les étiages du bassin de la Moselle

Enseignements tirés de quelques exercices de projection hydrologique

Charles Perrin¹, Laurent Strohmenger¹, Guillaume Thirel¹, Eric Sauquet², Thibault Lemaitre-Basset¹

¹INRAE, Université Paris-Saclay, UR HYCAR, Antony (charles.perrin@inrae.fr) ; ²INRAE, UR RECOVER, Lyon-Villeurbanne



Simulations partielles
obtenues avec un seul
modèle hydrologique
(GR4J-SD)

RCP2.6

RCP8.5

