

La prévision des débits d'étiage par un modèle pluie-débit

Didier FRANÇOIS, Laboratoire LOTERR - Université de LORRAINE

Introduction

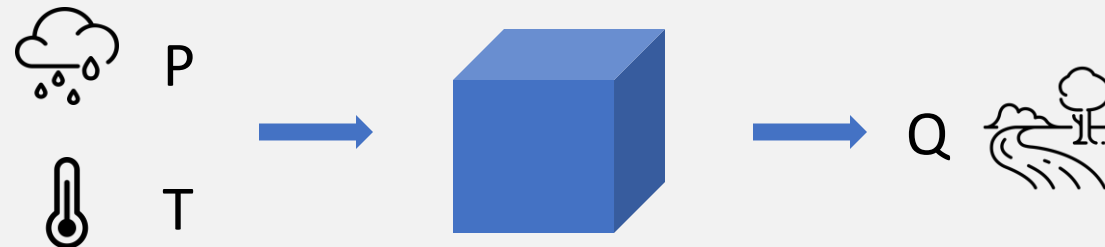
La prévision des débits d'étiage par un modèle pluie-débit

Larousse: Penser, d'après certaines données, qu'un fait futur est très probable

Cf. Intervention Claire DELUS

WIKIPÉDIA

Un **modèle hydrologique**, ou **modèle pluie-débit**, est un outil numérique de représentation de la relation pluie-débit à l'échelle d'un bassin versant. Il permet de transformer des séries temporelles décrivant le climat d'un bassin versant donné (séries de précipitations et de températures par exemple, séries qui sont les entrées du modèle hydrologique) en une série de débits (sortie du modèle hydrologique).

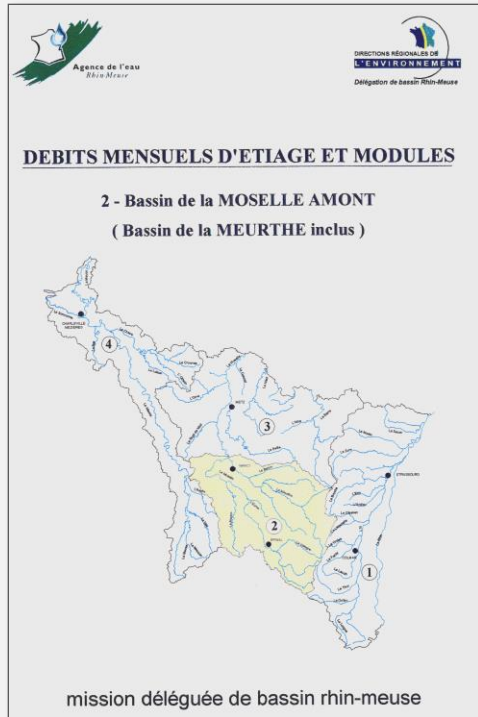


La prévision des débits d'étiage par un modèle pluie-débit

Étiages et sécheresses dans l'est de la France : Que sait-on ? Que fait-on ? - Besançon, 29 juin 2023

À l'origine de PRESAGES (1)

- Laboratoire (CEGUM => LOTERR) très impliqué dans l'étude des débits d'étiage : réalisation de nombreuses campagnes de jaugeages en étiage et élaboration d'une méthode de spatialisation des débits caractéristiques d'étiage.

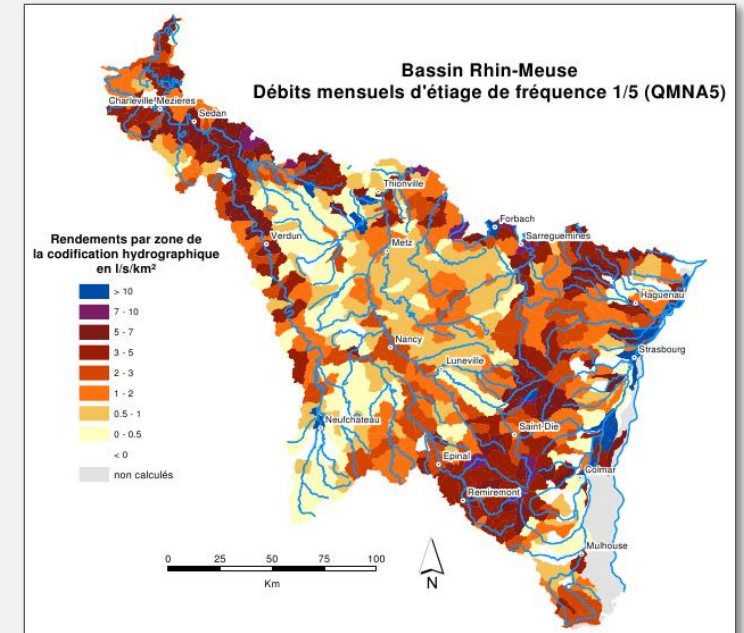
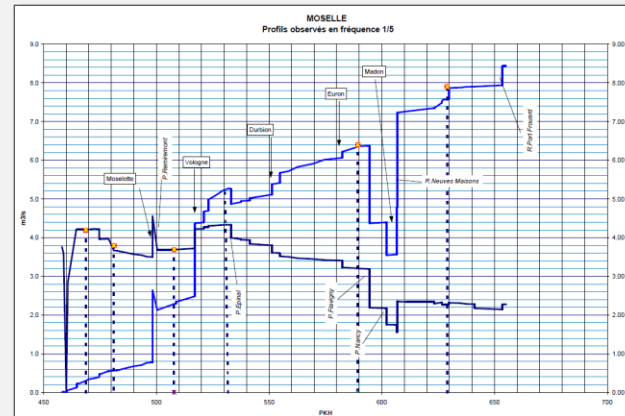


AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE
DELEGATION DE BASSIN RHIN - MEUSE

BASSIN: RHIN
RIVIERE: MOSELLE
CODE HYDRO: A...006

DEBITS CARACTERISTIQUES EN M3/S
(1971-1990)

Zone hydro	Identification du point	P.K.H	Surface du B.V. en km²	Module (m³/s)	Débits mensuels d'étiage (m³/s)		
					F 1/2	F 1/5	F 1/10
A 400	La Moselle à Tave	458.75	6.1		0.037	0.022	0.016
	La Moselle à l'amont de Bussang	460.02	7.3		0.000	0.000	0.000
	La Moselle à l'aval du confluent du ruisseau des Hattes	460.40	18.0		0.071	0.041	0.031
	La Moselle à Bussang	460.70	18.8		0.092	0.054	0.040
	La Moselle à l'aval du confluent du ruisseau de Parfendropt	464.41	29.2		0.210	0.125	0.093
	La Moselle à l'amont du confluent du Charbonnier (limite des zones A400, A401 et A402)	464.69	30.9	1.42	0.220	0.130	0.098
A 401	Ruisseau de Charbonnier		20.8	1.06	0.150	0.088	0.066
A402	La Moselle à l'aval du confluent du Charbonnier (limite des zones A400, A401 et A402)	464.69	51.7	2.48	0.375	0.220	0.165
	La Moselle à la station hydrométrique de FRESSE	468.70	71.0	3.40	0.510	0.300	0.225
	La Moselle à l'aval du confluent de la Colline de Fresse (limite des zones A402 et A 403)	469.76	79.6	3.84	0.575	0.335	0.255



Prévision statistique qui ne tient pas compte des conditions initiales et futures



Méthode limitée

La prévision des débits d'étiage par un modèle pluie-débit

Étiages et sécheresses dans l'est de la France : Que sait-on ? Que fait-on ? - Besançon, 29 juin 2023

À l'origine de PRESAGES (2)

- Suite à l'étiage de 2003, l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse souhaite compléter les statistiques d'étiage avec des outils de prévision
- Une étude dénommée **PRESAGES** pour **PRE**vision et **S**imulations pour l'**A**nnonce et la **G**estions des **E**tiages **S**évères

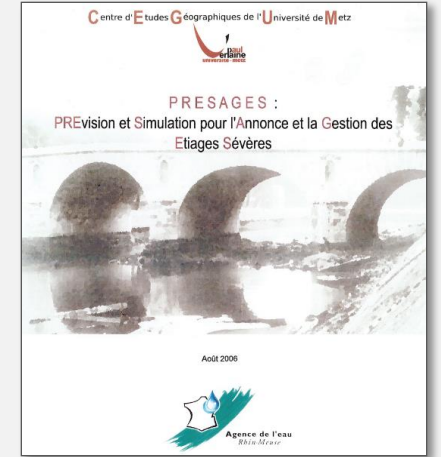


Boite à outil pour la prévision des débits d'étiage :

- méthodes simples à plus élaborées
- nécessitant plus ou moins de données
- échelle de temps mensuelle à journalière



Rapport remis en 2006



Méthodes mises en œuvre :

Echelle mensuelle

- Modèles linéaires : Régression multiple (Demassieux & al., 1975)

$$Q_{\text{Juillet}} = 0.33 P_{\text{Juillet}} + 0.47 Q_{\text{Juin}} - 0.23 \text{ETP}_{\text{Juillet}} - 3.30$$



Pas adapté

Echelle journalière

- Extrapolation des courbes de tarissement (Bernier, 1962)

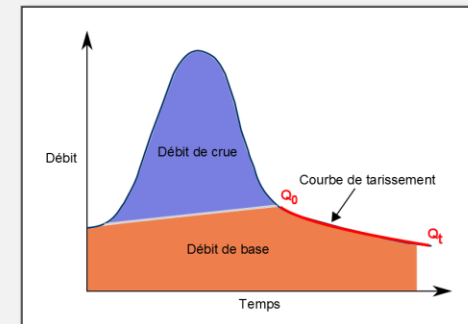
Loi de Maillet :

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{-at}$$

- Modèle conceptuel

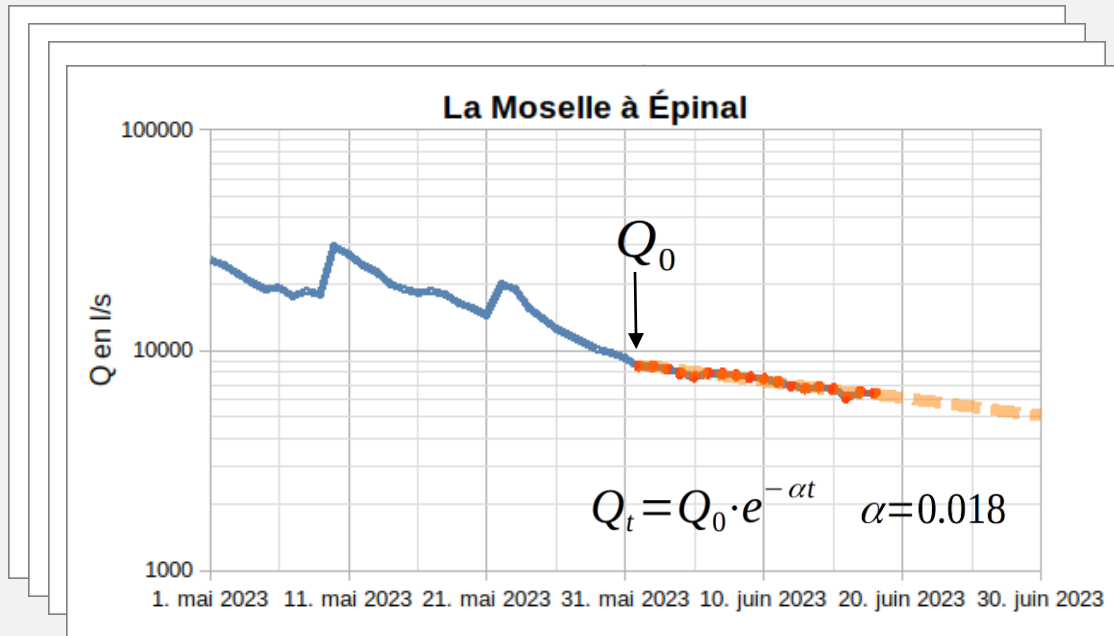


Modèle journalier PRESAGES



Le modèle PRESAGES (1)

- Courbes de tarissement (1^{ère} approche)

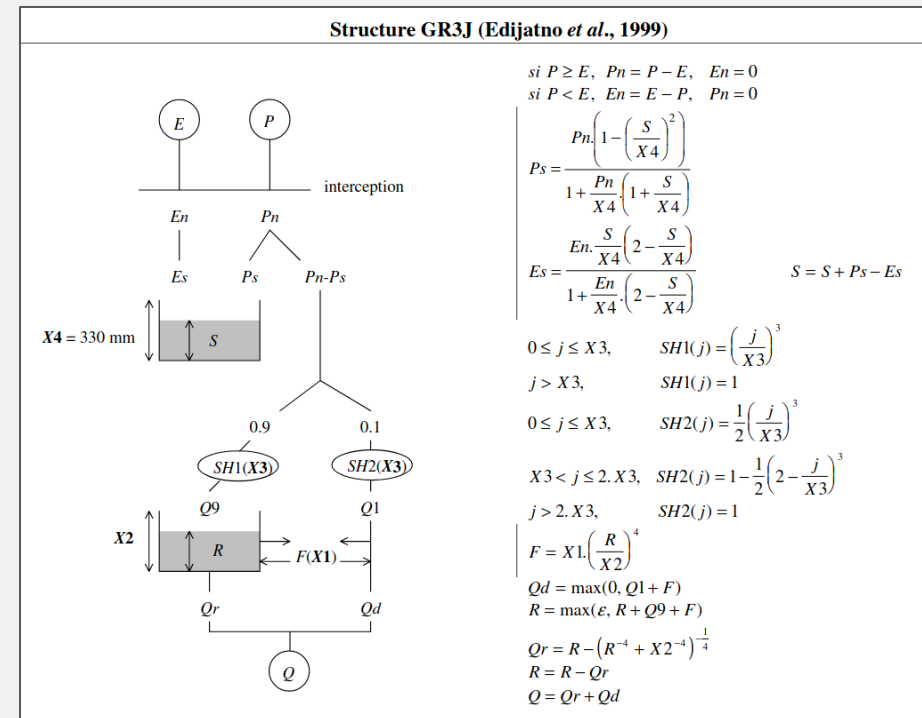


➡ Simple et nécessite peu de données

➡ Prédiction pessimiste valable jusqu'au prochain épisode de pluie

➡ Élaboration d'un modèle qui intègre les courbes de tarissement

- Modèle hydrologique pluie-débit



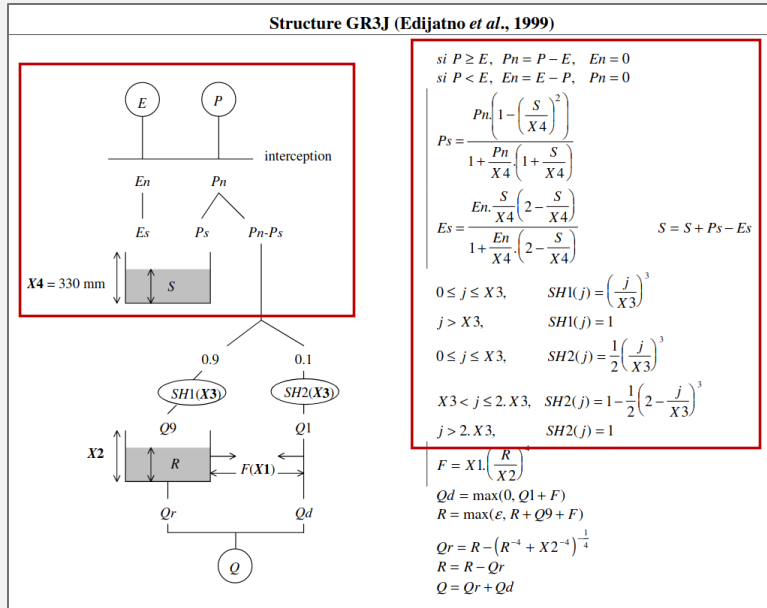
➡ Plus fastidieux

➡ Prévisions tenant compte des conditions initiales et des conditions météo à venir

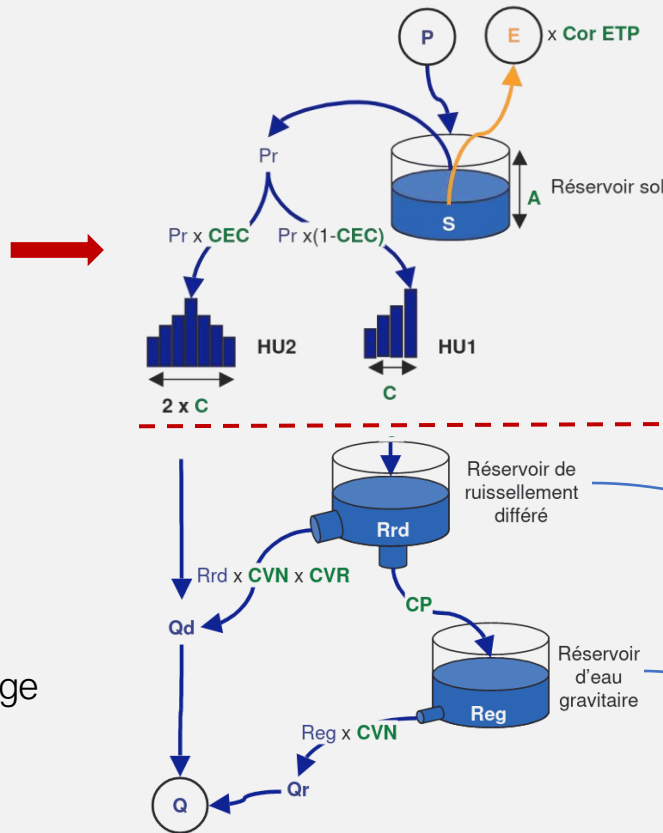
La prévision des débits d'étiage par un modèle pluie-débit

Le modèle PRESAGES (3)

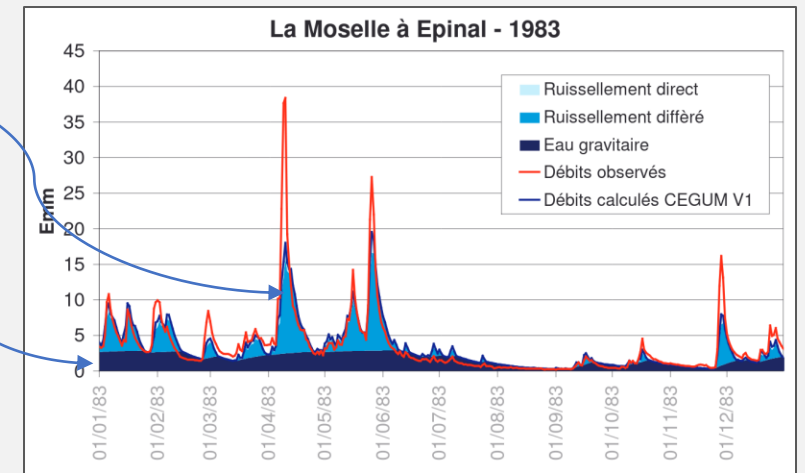
- Élaboration d'un modèle hydrologique pluie-débit à l'échelle journalière



Fonction de routage



Fonction de production issue de GR3j



- 7 paramètres à caler
- Fonction-objectif : critère de Nash sur les $Q^{0.2}$

de PRESAGES à PREMHYCE

- Le rapport et les outils de l'étude sont remis à l'AERM en 2006 avec des essais de prévisions en 2008 et 2009 organisés par la DREAL Lorraine.

➔ en l'absence d'étiages sévères durant cette période l'outil n'est pas utilisé en opérationnel

- En 2011, l'OFB et la Direction de l'eau et de la biodiversité (DEB) du Ministère de l'Écologie lance une étude dont l'objectif est : "comparer et d'évaluer des modèles hydrologiques de prévision des étiages pour la gestion de la ressource en eau dans un futur proche (quelques jours à quelques semaines)".
L'étude est dénommée **PREMHYCE** : **PR**évision des **E**tiages par des **M**odèles **HY**drologiques, **C**omparaison et **E**valuation.
Elle est confiée à l'INRAE-Antony (ex CEMAGREF, IRSTEA) qui contacte 4 partenaires : EDF, BRGM, Météo France et Loterr (Université de Lorraine)

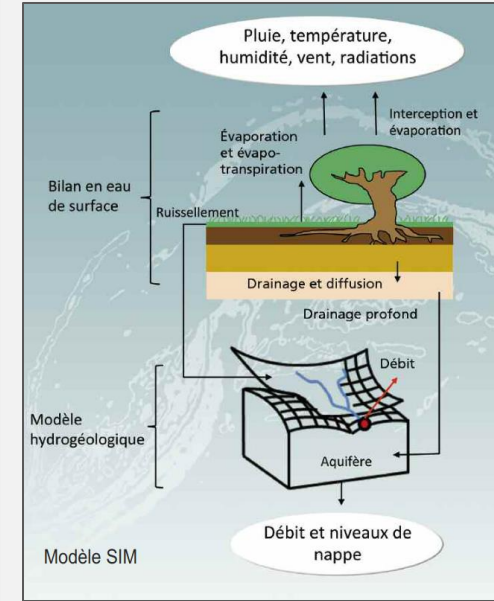
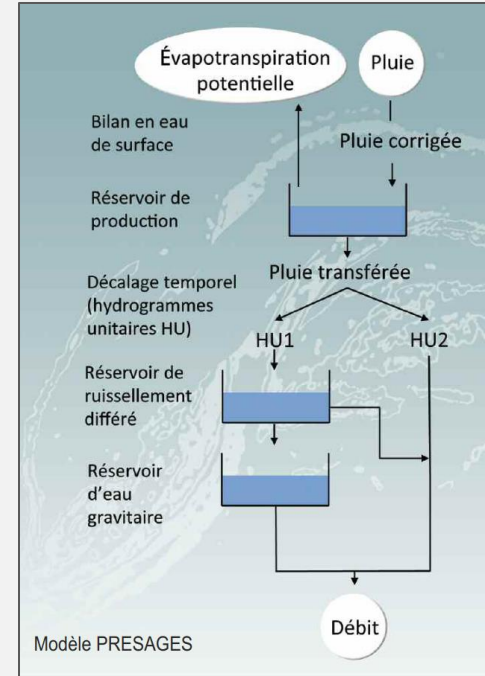
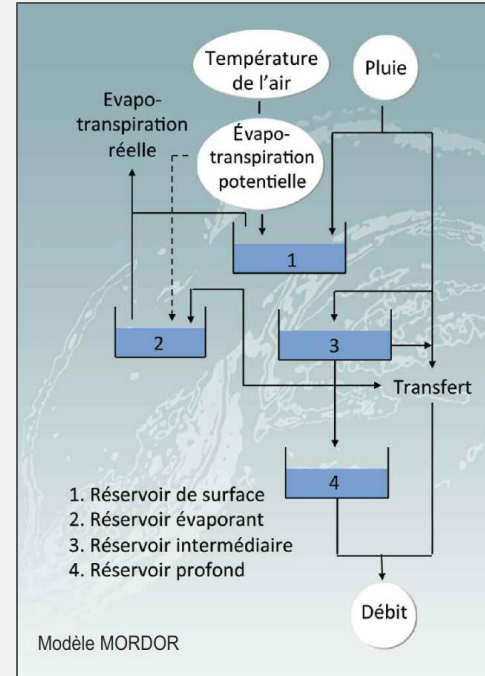
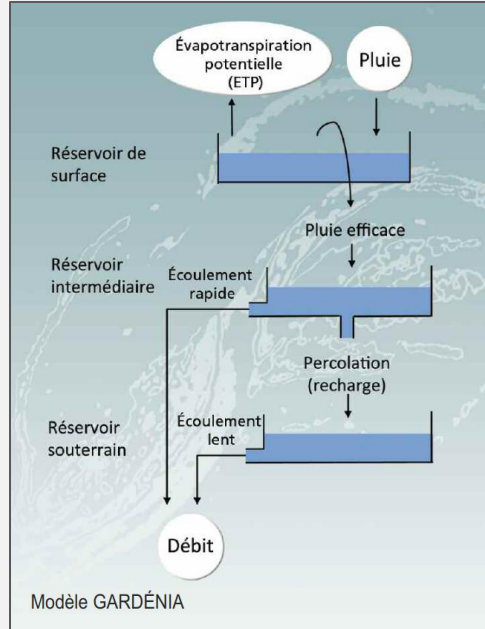
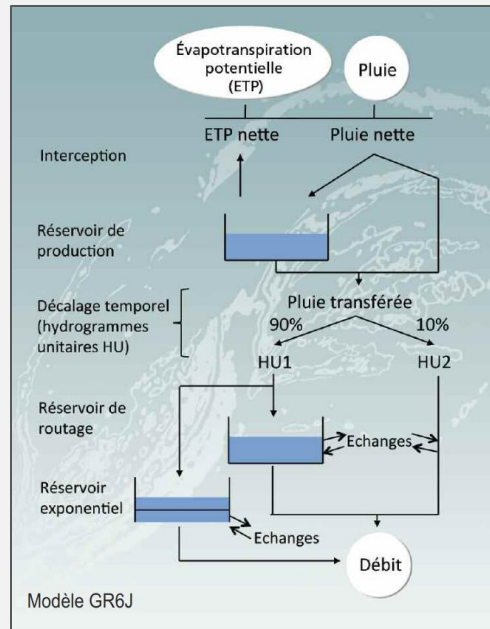


"À l'issue des travaux scientifiques achevés en 2014, les partenaires du projet ont décidé de développer un outil opérationnel de prévision des étiages à destination des services de l'État permettant d'exploiter les modèles testés en temps réel."

2 publications :

- Nicolle, P., Perrin, C., Andréassian, V., Augeard, B., Besson, F., Carroget, A., François, D., Le Lay, M., Regimbeau, F., and Thiéry, D. (2015): *Prévoir les étiages : que peut-on attendre des modèles hydrologiques ?*, Série « Comprendre pour agir », 24 pp., Onema ([hal-02603376](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02603376))
- Nicolle, P., Pushpalatha, R., Perrin, C., François, D., Thiéry, D., Mathevet, T., Le Lay, M., Besson, F., Soubeyroux, J.-M., Viel, C., Regimbeau, F., Andréassian, V., Maugis, P., Augeard, B., and Morice, E. (2014): *Benchmarking hydrological models for low-flow simulation and forecasting on French catchments*, Hydrol. Earth Syst. Sci., 18, 2829-2857, doi: [10.5194/hess-18-2829-2014](https://doi.org/10.5194/hess-18-2829-2014).

PREMHYCE : les modèles



Modèles conceptuels

Modèle physique

Qualités d'un modèle de prévision :

- justesse : simulations s'approchent des débits observés
- robustesse : gamme d'erreur constante
- fiabilité et finesse : simuler les valeurs extrêmes et ne pas proposer un intervalle de confiance trop important
- anticipation : horizon de prévision suffisant



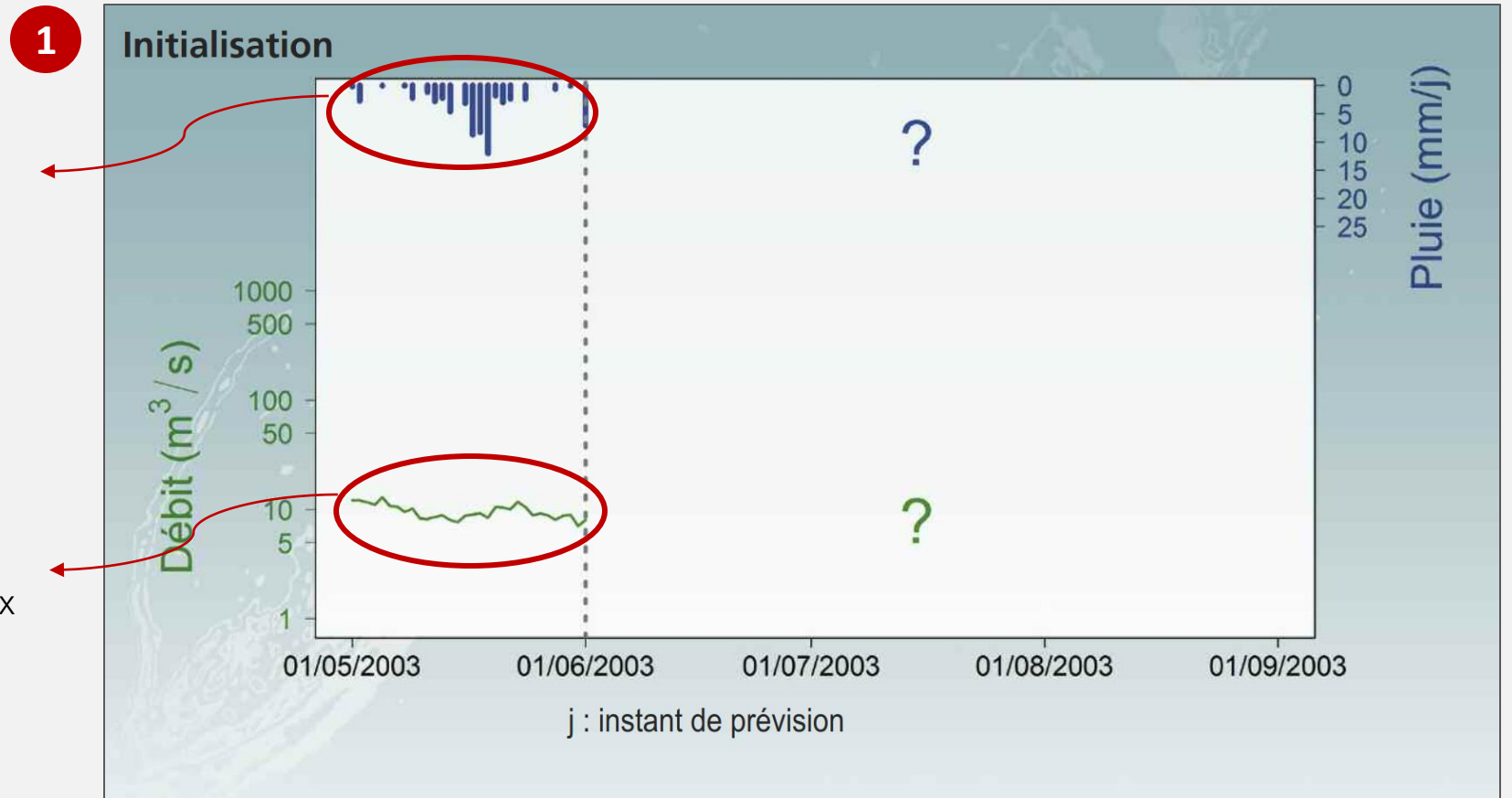
Pour certains bassins (montagne), nécessité d'ajouter un module-neige

La prévision des débits d'étiage par un modèle pluie-débit

Étiages et sécheresses dans l'est de la France : Que sait-on ? Que fait-on ? - Besançon, 29 juin 2023

PREMHYCE : évaluation des prévisions

- Les étapes d'une prévision (1)



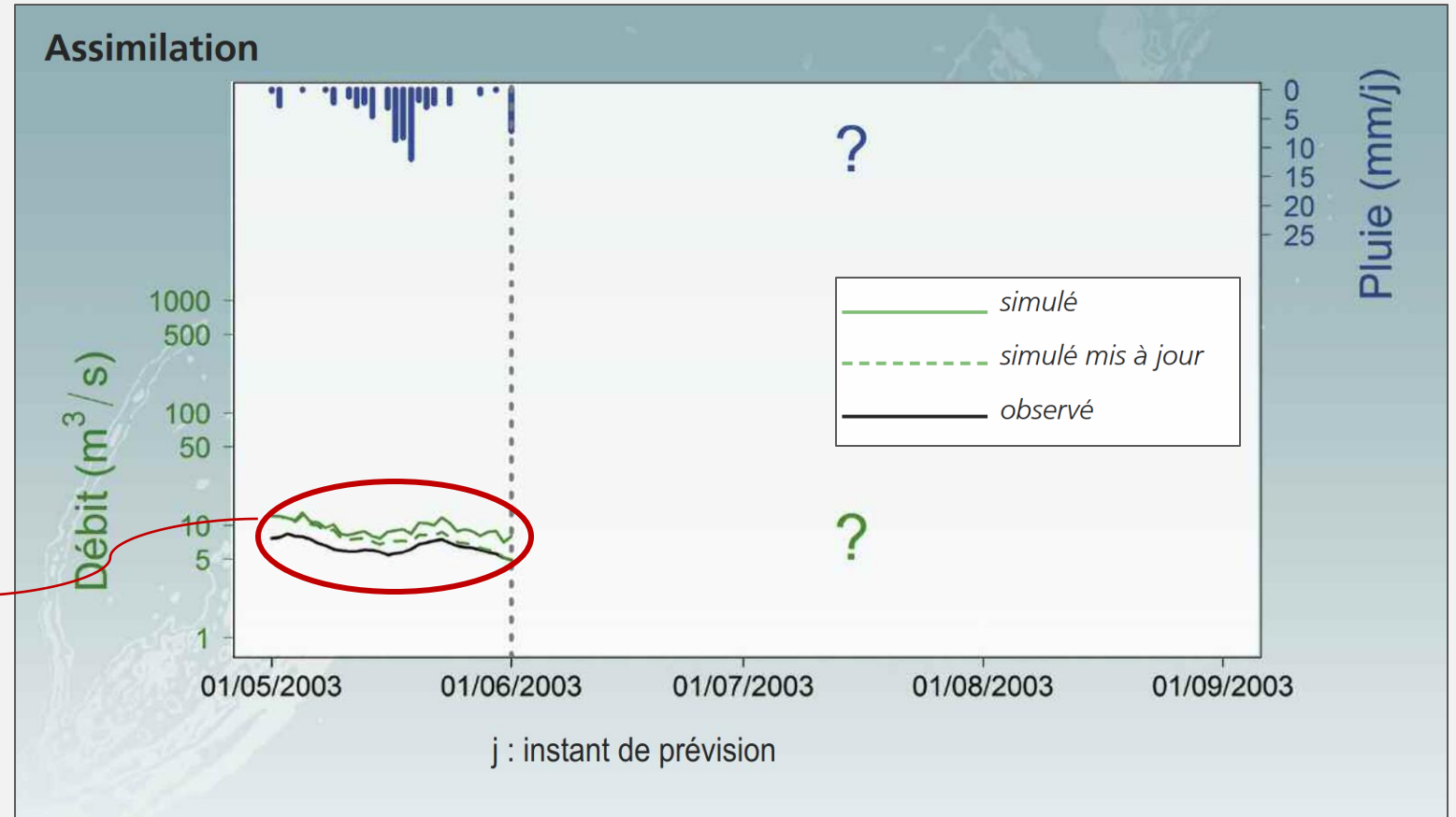
La prévision des débits d'étiage par un modèle pluie-débit

Étiages et sécheresses dans l'est de la France : Que sait-on ? Que fait-on ? - Besançon, 29 juin 2023

PREMHYCE : évaluation des prévisions

- Les étapes d'une prévision (2)

2



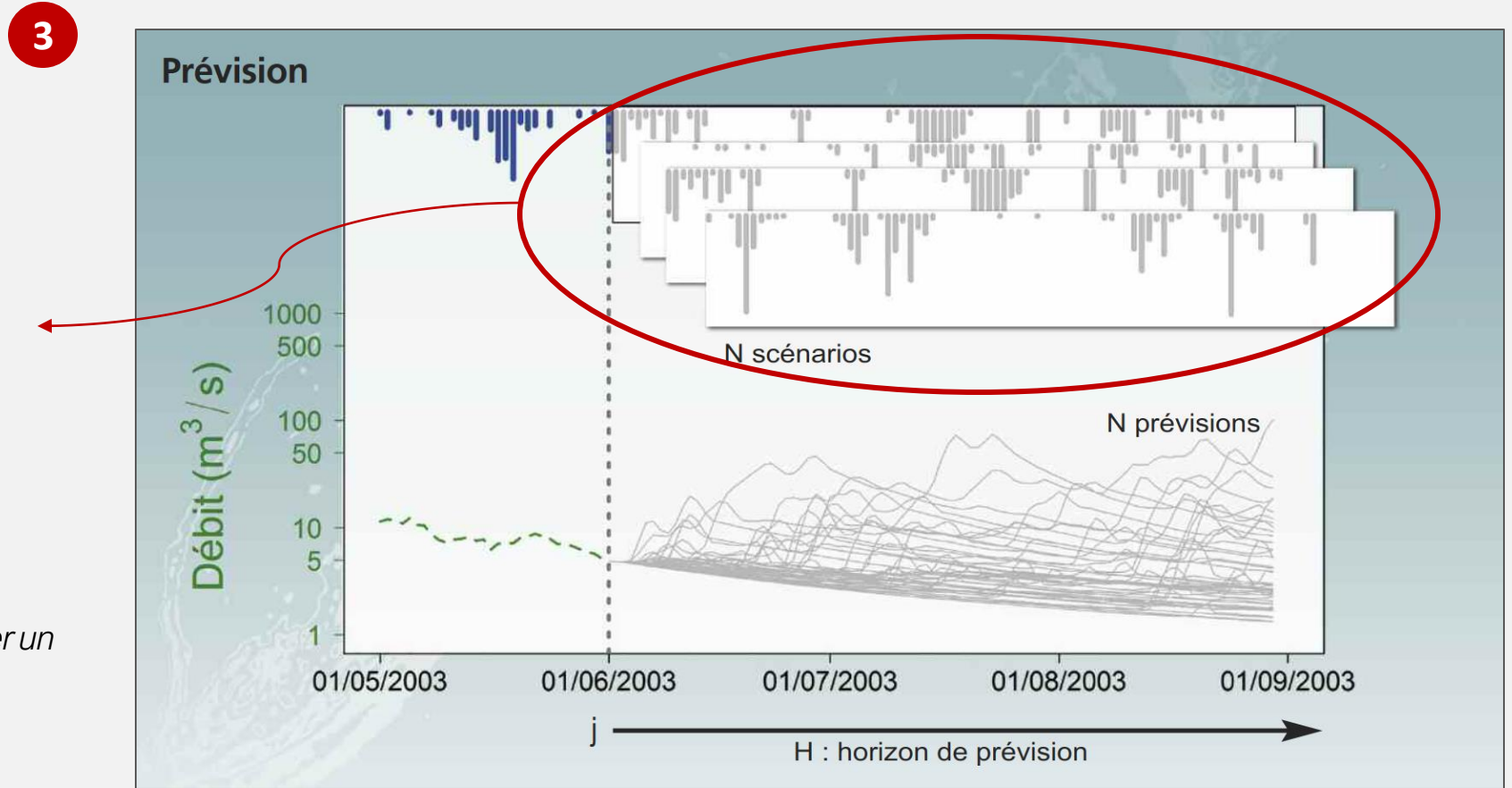
Il existe un écart entre les valeurs observées et les valeurs simulées. À partir d'informations complémentaires : typiquement les derniers débits observés, on peut modifier les états du modèle (niveaux des réservoirs par exemple) pour rapprocher les données simulées des données observées.

La prévision des débits d'étiage par un modèle pluie-débit

Étiages et sécheresses dans l'est de la France : Que sait-on ? Que fait-on ? - Besançon, 29 juin 2023

PREMHYCE : évaluation des prévisions

- Les étapes d'une prévision (3)



*La plateforme PREMHYCE propose d'utiliser un scénario provenant du Centre Européen de Prévision en plus de la prévision d'ensemble

La prévision des débits d'étiage par un modèle pluie-débit

Étiages et sécheresses dans l'est de la France : Que sait-on ? Que fait-on ? - Besançon, 29 juin 2023

PREMHYCE : évaluation des prévisions

- Les étapes d'une prévision (4)

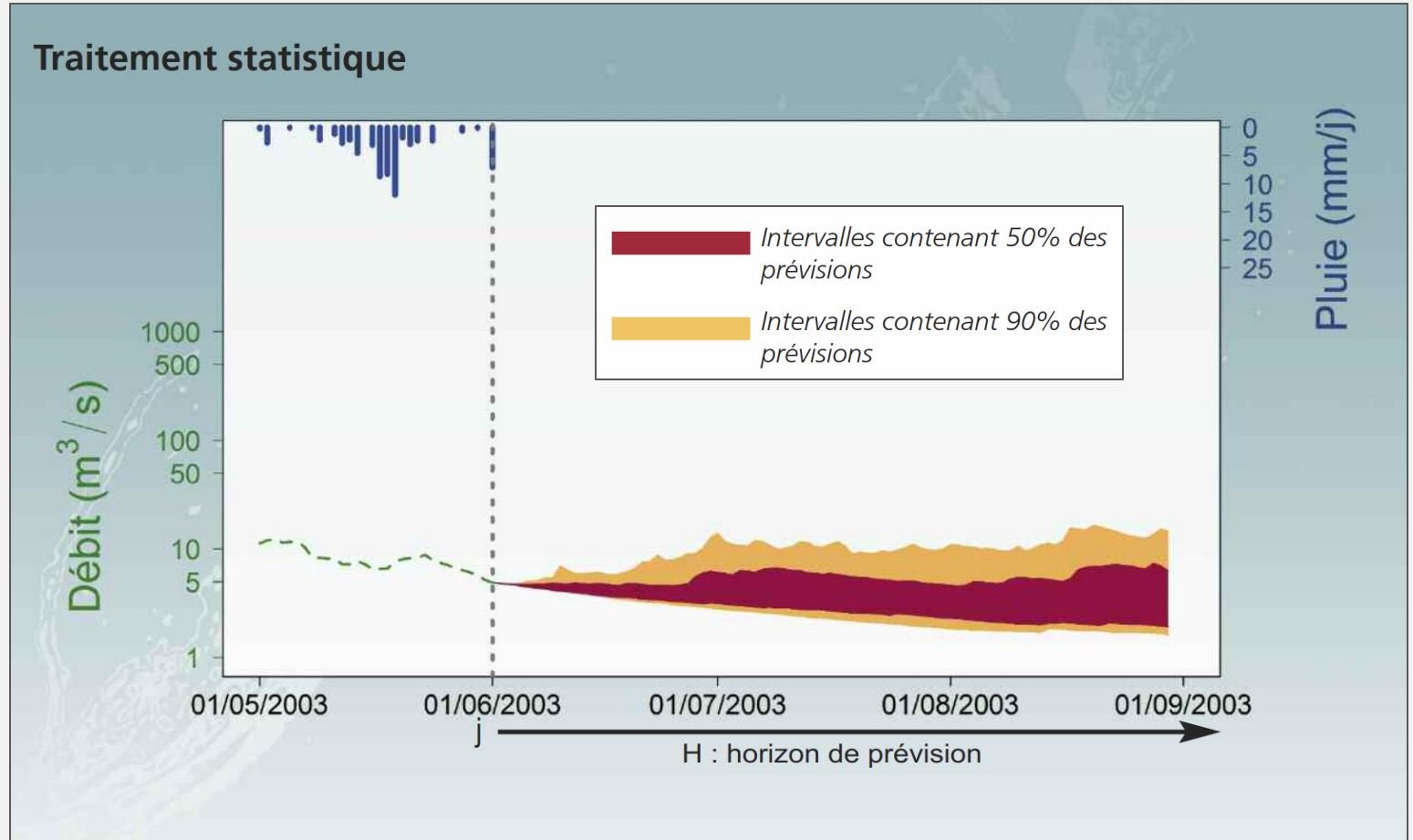
Traitement statistique des prévisions :

- regroupement par quantile
- probabilité de sous passage de seuil

➔ Éventuellement correction des biais :

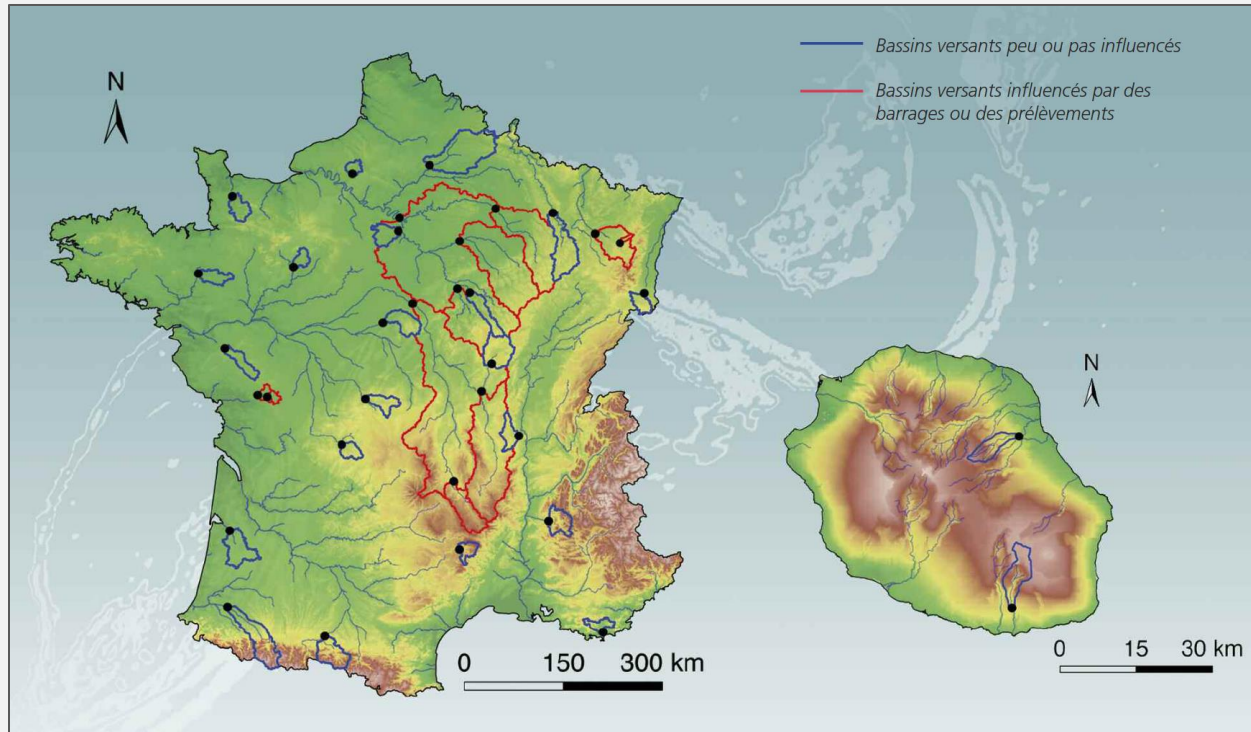
- correction empirique
- correction quantile-quantile

4



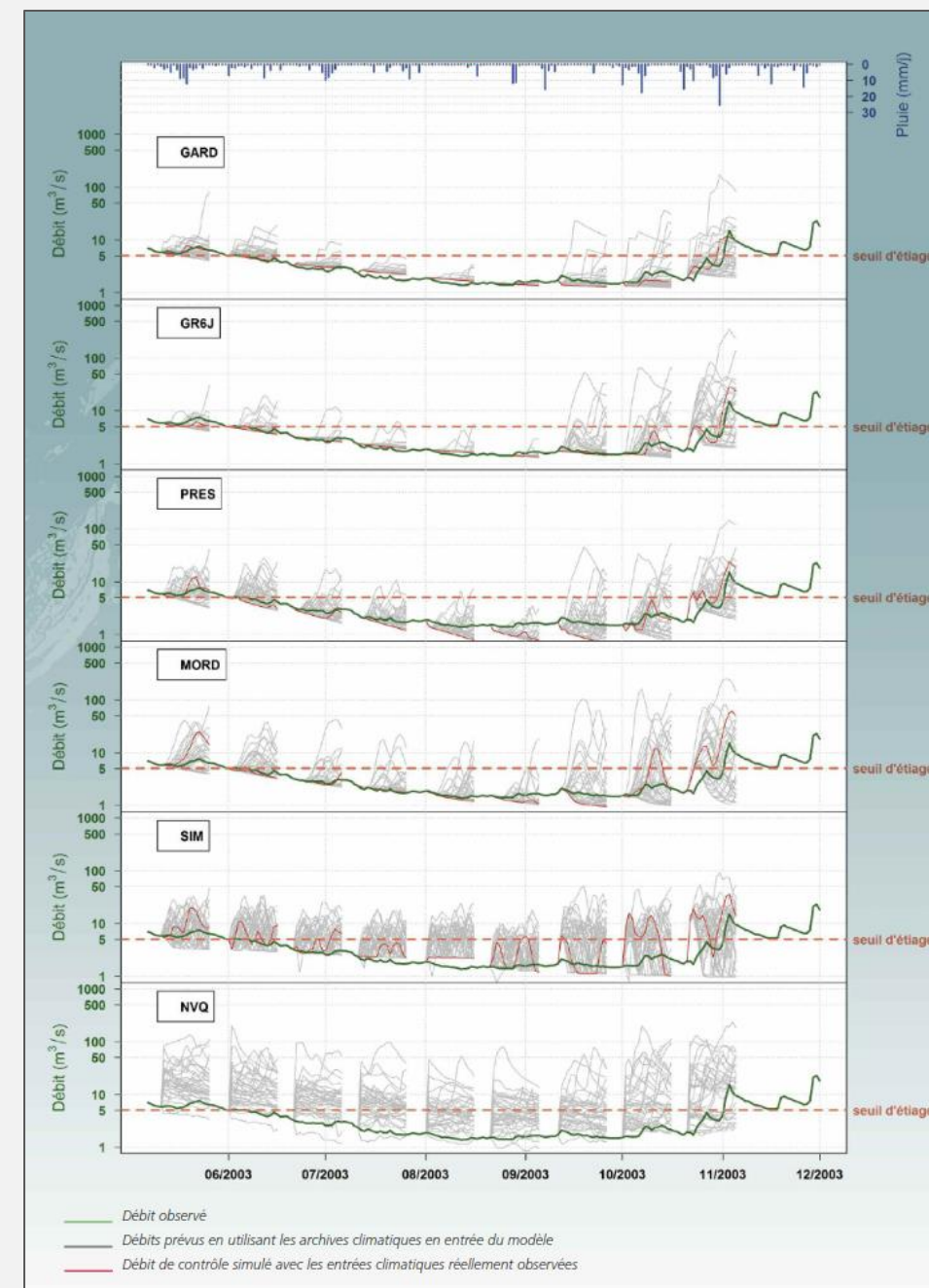
PREMHYCE : évaluation des prévisions

- Les bassins test



- Exemple de 2003

NVQ : *Natural Variability of Streamflow*, Variabilité naturelle des Débits : modèle "naïf" qui correspond à la moyenne des débits de chaque jour calendaire sur les N années utilisées. Le NVQ a servi à définir l'horizon de prévision utile : jusqu'à quelle échéance un modèle est plus pertinent que le NVQ.



La prévision des débits d'étiage par un modèle pluie-débit

Étiages et sécheresses dans l'est de la France : Que sait-on ? Que fait-on ? - Besançon, 29 juin 2023

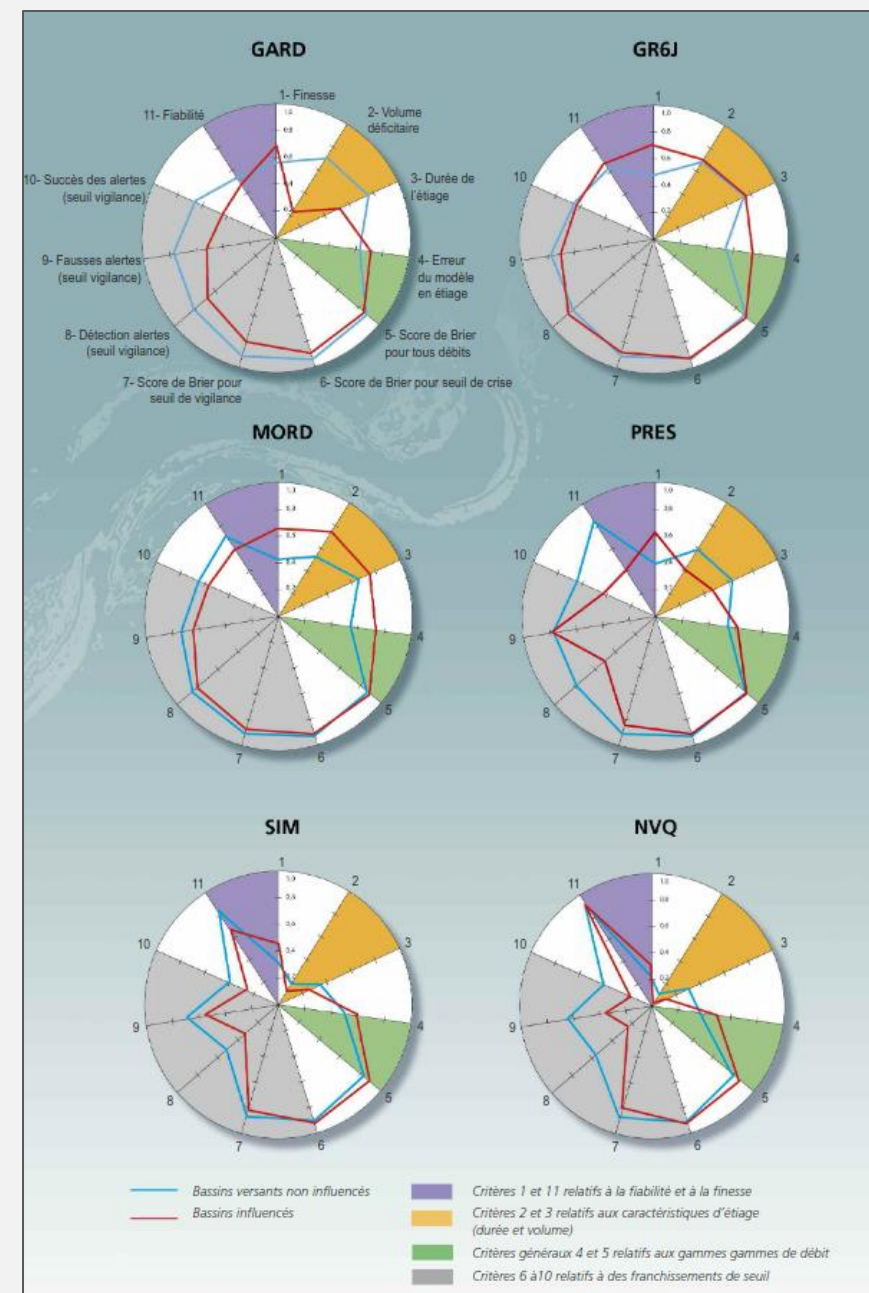
PREMHYCE : évaluation des prévisions

- Modèles évalués selon 11 critères concernant :
 - 2 : la gamme des débits (notamment les bas débits),
 - 5 : les franchissements de seuil,
 - 2 : durée de l'étiage et volume déficitaire
 - 2 : fiabilité et finesse

➔ Difficile de désigner un modèle plus performant que les autres : les résultats des critères changent en fonction des stations et des échéances

↳ Tous les modèles sont proposés sur la plateforme PREMHYCE

➔ Pour PRESAGES : travail sur les biais en fin de tarissement



La prévision des débits d'étiage par un modèle pluie-débit

Étiages et sécheresses dans l'est de la France : Que sait-on ? Que fait-on ? - Besançon, 29 juin 2023

PREMHYCE : la plateforme

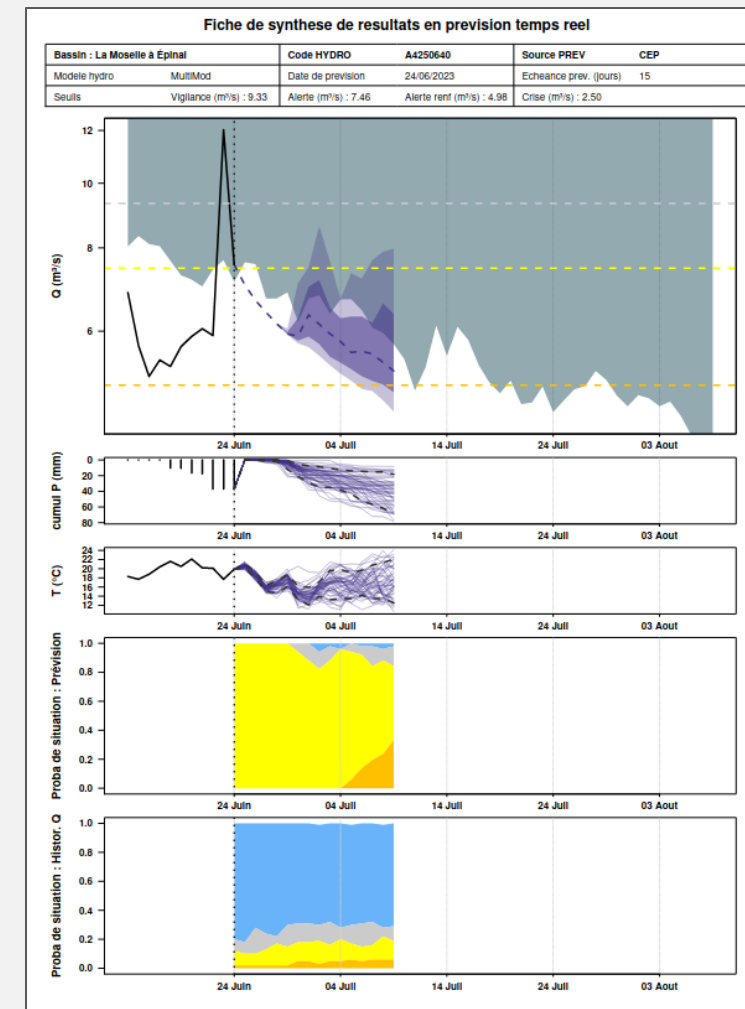
En 2017 mise en place d'une plateforme pour la prévision des débits d'étiage, gérée par l'INRAE-Antony qui collecte les codes des modèles (sauf SIM).

- Interface

- Fiche de prévision

The screenshot shows the PREMHYCE web interface. On the left is a navigation sidebar with options like 'Identification', 'Utilisateur', 'Mot de passe', 'Tableau de bord', and 'Choix du gestionnaire'. The main area features a map of the Moselle basin with a 'Prévision - Instant prévu : 2023-06-24' overlay. A pop-up window for station A4250640 shows: 'La Moselle à Épinal', 'Bon : 3.9', 'Vigilance : 7.8', 'Alerte : 64.7', 'Alerte Renforcée : 23.5', and 'Crise : 0'. To the right of the map is a table of stations with columns for 'Code', 'Nom', and 'Gestionnaire'. Below the table are buttons for various models like Gardenia, GR6J, Mordor-EDF, Presages, SIM, and Multi-Modeles, each with 'CEP' and 'Hist. Safran' options.

Code	Nom	Gestionnaire
All	All	All
A4250640	La Moselle à Épinal	DREAL_Lorraine
A5110610	La Moselle à Tonnoy	DREAL_Lorraine
A8500610	La Moselle à Uckange	DREAL_Lorraine
B1340010	La Meuse à Chalaines	DREAL_Lorraine
B4631010	La Chiers à Carignan	DREAL_Lorraine
B7200000	La Meuse à Chooz [Trou du Diable]	DREAL_Lorraine



de PREMHYCE à CIPRHES

Chaine Intégrée pour la PRévision Hydrométéorologique des Étiages et des Sêcheresses

CIPRHES



• Coordinateur :



• Partenaires :



• 5 défis clés :

- Produire des prévisions atmosphériques efficaces
- Développer une approche de modélisation hydrométéorologique intégrée pour la prévision des étiages
- Développer des approches pour identifier et quantifier explicitement les différentes sources d'incertitude affectant les prévisions des étiages
- Mettre en place et appliquer des cadres avancés de «crash-tests» pour mieux évaluer les performances, la robustesse et l'utilité des prévisions
- Concevoir un service hydrométéorologique en ligne robuste et personnalisé pour la prévision des étiages

➔ DURÉE : 4 ans (mars 2021 – février 2025)

➔ Laboratoire LOTERR impliqué dans l'estimation des incertitudes (hydrométriques) et le développement d'une version semi-distribuée de PRESAGES (thèse en cours)

• Site internet : <https://www6.inrae.fr/ciprhes/>

En conclusion ...



La prévision des débits d'étiage dans le cadre de PREMHYCE est récente.

Le déploiement de la plateforme nous a appris beaucoup de choses : sur l'hydrométrie, la gestion des stations, les seuils, ...

Nous sommes demandeurs de retours sur l'utilisation de la plateforme, les performances des modèles, les manques, ...

L'INRAE organise régulièrement des réunions d'utilisateurs.

Transfert des prévisions vers le SCHAPI en cours.

Tous les modèles sont faux mais certains sont utiles

George Box (1919-2013)

La prévision des débits d'étiage par un modèle pluie-débit

Étiages et sécheresses dans l'est de la France : Que sait-on ? Que fait-on ? - Besançon, 29 juin 2023