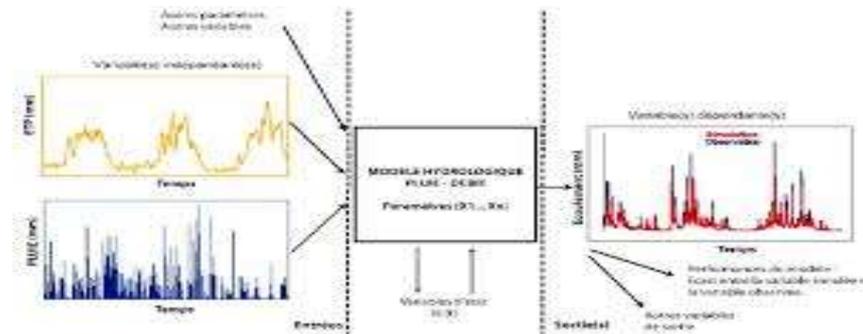


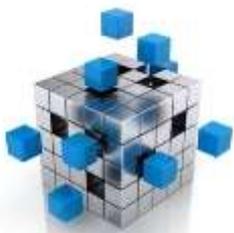
Modélisation hydrolgique

M1 HU & OH

Pr BABA HAMED K.

2020 - 2021



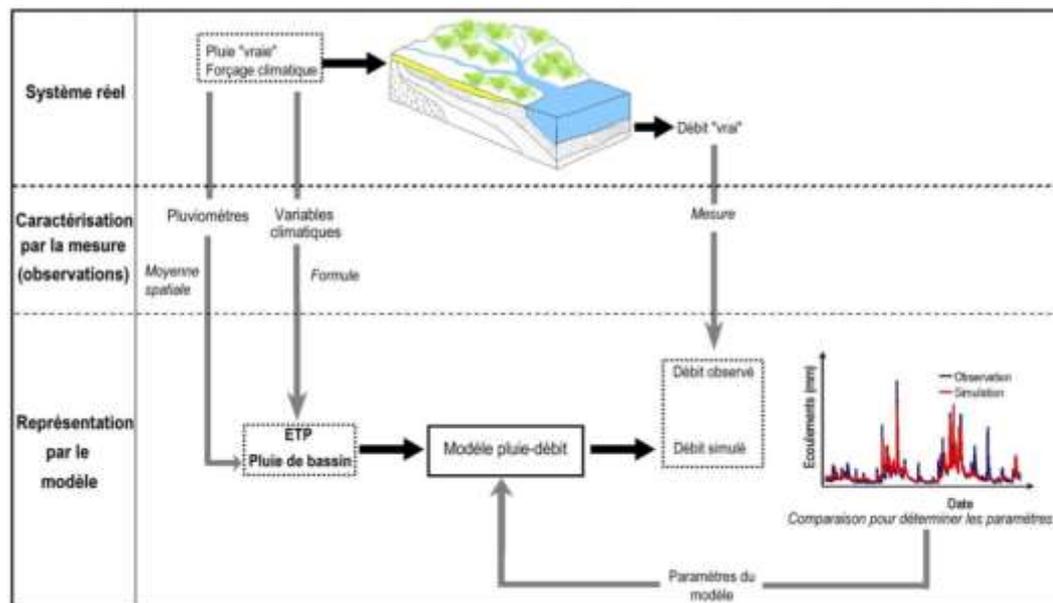


Modélisation hydrologique

M1 HU & OH

Pr BABA HAMED K.

Critères d'évaluation des modèles



Critères d'évaluation des modèles



L'**évaluation** ou la mesure des **performances** d'un modèle se fait selon les objectifs qu'on se fixe, et par conséquent, le critère qu'on choisit.

Un même modèle peut être évalué de plusieurs façons, l'unique contrainte étant l'objectif du jugement.

Pour satisfaire les différents objectifs, plusieurs critères d'évaluation ont été développés, qui sont soit des critères graphiques, soit des critères analytiques.

L'erreur moyenne absolue



Elle est notée ε et est définie par la **moyenne** des **écarts** entre les **débites observés** et les **débites calculés**

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_{calc,i} - Q_{obs,i})$$

n : Nombre d'observations

$Q_{calc,i}$: Débit calculé

$Q_{obs,i}$: Débit observé

NB: Plus cette erreur se rapproche de zéro, plus l'estimation des débits est considérée meilleure.



L'erreur quadratique moyenne

Cette erreur se calcule comme étant la racine carrée de la moyenne des carrés des écarts entre les débits observés et les débits calculés

$$EQM = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_{calc,i} - Q_{obs,i})^2 \right)}$$

n : Nombre d'observations

$Q_{calc,i}$: Débit calculé

$Q_{obs,i}$: Débit observé

NB: Plus cette erreur quadratique tend vers zéro, plus l'estimation est meilleure. C'est le critère le plus utilisé en hydrologie pour quantifier l'erreur.



Coefficient de Nash-Sutcliffe

Ce critère, noté NTD, varie entre $-\infty$ et 1. Il tend vers 1 lorsque le débit calculé tend vers le débit observé. Une valeur du critère négative indique que le modèle donne des résultats moins bons que l'utilisation de la moyenne de l'échantillon.

$$Na(Q) = 100. \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - Q_{calc,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - \overline{Q_{obs}})^2} \right\}$$

n : Nombre d'observations

$Q_{calc,i}$: Débit calculé

$Q_{obs,i}$: Débit observé

$\overline{Q_{obs}}$: Débit moyen observé

NB: Cette formule traduit un certain rendement du modèle comparable au coefficient de détermination d'une régression. On considère généralement qu'un modèle hydrologique donne des résultats acceptables si la valeur du critère de Nash est supérieure à 0.8.



Coefficient de Nash-Sutcliffe

Le critère de Nash peut également s'appliquer sur les racines carrées des débits et sur les logarithmes des débits.

L'utilisation combinée de ces trois critères permet de mettre l'accent sur plusieurs situations hydrologiques : le critère de Nash sur les débits est plus sensible aux périodes de crue, le critère de Nash sur les logarithmes des débits est plus sensible aux périodes d'étiage.

Nous porterons une attention particulière aux valeurs de critères de Nash sur les racines carrées des débits, qui donnent une estimation de la performance du modèle sans privilégier les épisodes de crue ou d'étiage.

Les critères de Nash sur les racines carrées des débits et sur les logarithmes des débits s'écrivent respectivement:



Coefficient de Nash-Sutcliffe

$$Na(\sqrt{Q}) = 100. \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\sqrt{Q_{obs,i}} - \sqrt{Q_{calc,i}})^2}{\sum_{i=1}^n (\sqrt{Q_{obs,i}} - \sqrt{\overline{Q_{obs}}})^2} \right\}$$

$$Na(\ln(Q)) = 100. \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\ln(Q_{obs,i} + \varepsilon) - \ln(Q_{calc,i} + \varepsilon))^2}{\sum_{i=1}^n (\ln(Q_{obs,i}) - \ln(\overline{Q_{obs}}))^2} \right\}$$

Critères du bilan



Un autre critère utilisé est le critère du bilan

$$CB = 100. \left(1 - \left| 1 - \frac{\sum_{i=1}^n Q_{sim,i}}{\sum_{i=1}^n Q_{obs,i}} \right| \right)$$

Par comparaison entre les débits moyens observé et calculé, ce critère indique la capacité du modèle à reproduire le volume d'eau total observé sur la période observée. Différemment aux critères précédents, ce critère ne fait plus référence à une adéquation temporelle à chaque pas de temps entre le débit calculé et le débit observé. Il ne pourrait donc être utilisé comme seul critère d'optimisation.

NB: Une valeur de 100 pour le critère de bilan indiquera un bilan parfait.

Incertitudes dans les modèles hydrologiques

Le **modèle** est une **représentation** inévitablement **simplifiée**, dont l'objectif est de représenter le comportement du système de bassin versant.

Tout modélisateur sait que son modèle est inexact, donnant des résultats plus ou moins éloignés d'une réalité.

Pour utiliser son modèle et ainsi prendre des décisions, l'utilisateur doit connaître l'ordre de grandeur des inexactitudes de son modèle et pouvoir quantifier et annoncer ces incertitudes.



Incertitudes dans les modèles hydrologiques



Les erreurs en modélisation hydrologique peuvent provenir de différentes sources nous distinguons :

Les incertitudes naturelles liées à l'aléa climatique, aléatoire ou systématique provenant des données (précipitations, températures, évapotranspiration, etc.) utilisées pour représenter les fluctuations spatiales et temporelles aléatoires des processus naturels, introduisant une grande part de hasard dans le processus de génération de débits,

Les incertitudes des données qui sont souvent assujetties aux erreurs de manipulation, de lecture et de minutage dans le cas d'un réseau de mesures (niveau d'eau dans une rivière, niveaux piézométriques, débits d'une rivière, etc.),

Incertitudes dans les modèles hydrologiques



Les incertitudes de la structure du modèle, en fait, le modèle ne peut pas représenter exactement le processus physique du débit propre du bassin versant. Pour les modèles calibrés, la variance entre le débit mesuré et celui estimé, résulte, en plus des incertitudes de données et des paramètres du modèle, de la non convenance de sa structure,

Les incertitudes sur les paramètres du modèle, résident dans les valeurs des paramètres du modèle qui peuvent ne pas être optimales, et dans le choix de la fonction objective qui matérialise le maximum de concordance espérée,

Les incertitudes dues aux échelles, en effet, la difficulté de transformer les données collectées localement en une mesure spatiale, est une source d'incertitude plus délicate à interpréter est celle provoquée par l'effet de la variabilité spatiale proprement dite.



Merci de votre attention