



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE,  
DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT



## Hydrologie de surface

### Guide de lecture des fiches de synthèse

Février 2012



## SOMMAIRE

PRESENTATION GENERALE .....	3
DESCRIPTION DES INDICATEURS CONSIDERES.....	5
EXEMPLE DE FICHE DE SYNTHESE .....	13

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### FIGURES

Figure 1 : Démarche pour la construction des fiches-indicateurs .....	4
Figure 2 : Evolution des coefficients mensuels de débit - écoulement mensuel moyen $qm$ divisé par l'écoulement annuel moyen $qa$ ( $qa$ et $qm$ en mm) - pour deux classes de régime définissant la transition entre régime nival (à gauche) et régime pluvial (à droite), extrait de Sauquet et al., 2008.....	11
Figure 3 : Exemple de fiche de synthèse produite pour chaque point 'étude. ....	13

### TABLEAUX

Tableau 1 : Description des indicateurs produits pour chaque bassin versant et figurant dans la fiche de synthèse. ....	6
---	---

## PRESENTATION GENERALE

Pour les **variables climatiques**, la fiche présente :

- ▶ les indicateurs climatiques calculés à partir des réanalyses Safran du climat présent (PST),
- ▶ les évolutions entre simulations climatiques présentes et futures (FUT) pour chaque indicateur climatique, sous forme de  $\Delta$  (FUT-PST pour les températures, (FUT-PST)/PST pour les précipitations et ETP), et pour des statistiques (minimum, médiane, maximum) sur les 7 modèles climatiques.

Pour les **variables hydrologiques**, la fiche présente :

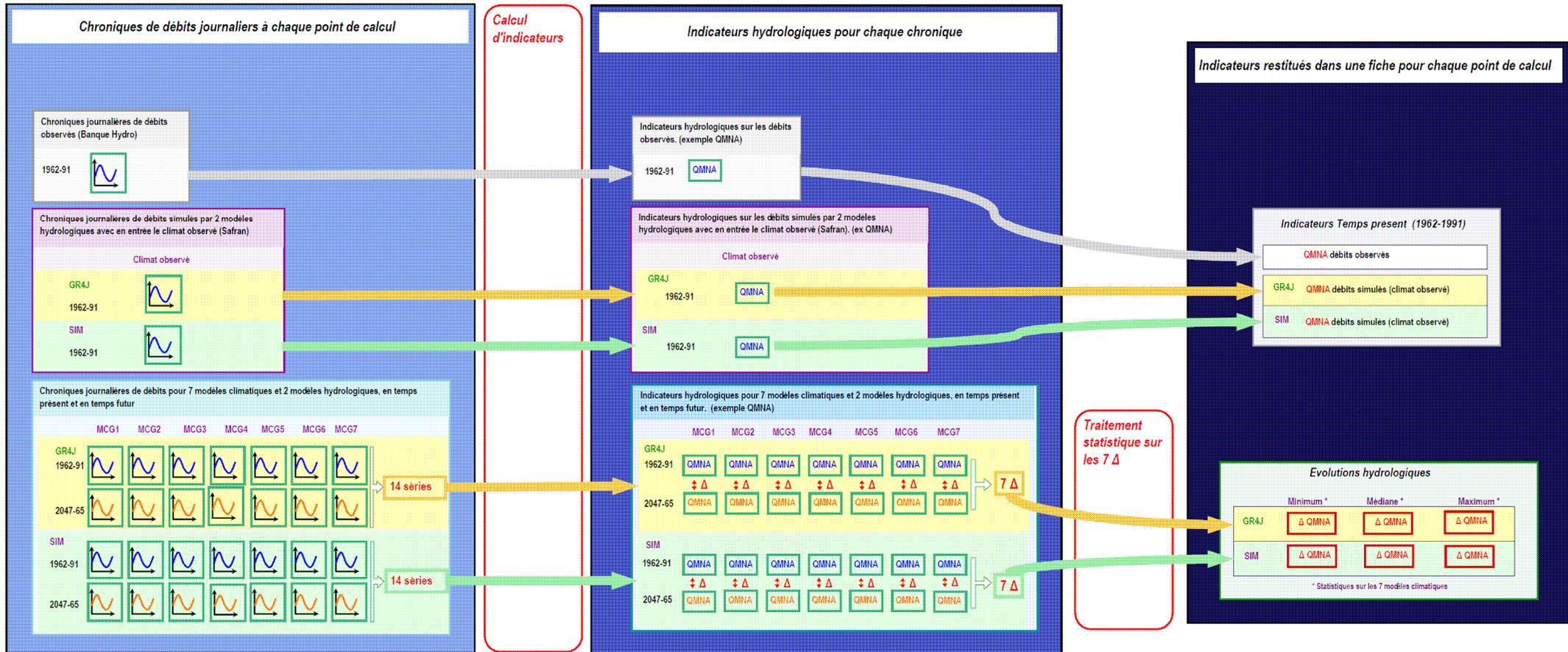
- ▶ les indicateurs hydrologiques calculés sur les débits observés issus de la Banque Hydro,
- ▶ les indicateurs hydrologiques calculés sur les débits simulés par les modèles hydrologiques GR4J/SIM avec en entrée le climat « observé » (réanalyses Safran) sur la période 1962-1991,
- ▶ les évolutions entre simulations présentes et futures pour chaque indicateur hydrologique sous forme de  $\Delta$  ((FUT-PST)/PST), et pour des statistiques (minimum, médiane, maximum) sur les 7 modèles climatiques.

La fiche présente aussi des **indicateurs de performances** des modèles hydrologiques en temps présent.

Elle présente enfin, sous forme de **graphiques**, les moyennes mensuelles des précipitations, températures et débits observés et simulés en temps présent et futur par les différents modèles climatiques et hydrologiques. La dispersion des courbes permet d'appréhender l'incertitude liée aux simulations.

Le schéma suivant explicite l'ensemble de la procédure qui aboutit à la fiche-indicateur pour les aspects hydrologiques (le schéma prend le QMNA comme exemple d'indicateur). Cette procédure est mise en place pour chaque point de calcul.

Figure 1 : Démarche pour la construction des fiches-indicateurs



## DESCRIPTION DES INDICATEURS CONSIDERES

Les chroniques journalières de débit produites par les modèles hydrologiques s'étendent sur :

- ▶ La **période de référence** du 1er août 1961 au 31 juillet 1991 : sur cette période, la première année est réservée à l'initialisation des modèles et ne sera donc pas prise en compte. On dispose donc de 29 années de débits (1er août 1962 au 31 juillet 1991) ;
- ▶ La **période future** du 1er août 2046 au 31 juillet 2065 : de façon similaire, on utilise 2046 pour l'initialisation, la chronique disponible s'entendra du 1er août 2047 au 31 juillet 2065 soit 18 années.

Sur la période de référence, on dispose également des **débits simulés avec la climatologie observée (SAFRAN)**. On peut donc, lorsque les débits observés sont disponibles, réaliser une comparaison des simulations et des observations. Ceci est fait au travers de critères de Nash calculés sur les débits journaliers et des valeurs relatives (simulé/observé) des descripteurs principaux.

Nous avons restreint la comparaison à la période de disponibilité des données dans la banque HYDRO, interrogée en 2011, pour éviter toute mauvaise interprétation de la performance des modèles du fait d'un biais d'échantillonnage (ex. observations disponibles uniquement sur des années sèches ou une période sans crue significative). Dans le cas des sorties de SIM, il se peut que la comparaison ne soit pas possible sur certains points pourtant jaugés mais sur une période n'interceptant pas celle du 1er août 1962 au 31 juillet 1991.

Enfin, on dispose des **variables météorologiques** simulées en temps présent et futur, par les sept modèles climatiques sélectionnés dans le projet, agrégées à l'échelle de chaque bassin.

Dans le tableau ci-après sont présentés l'ensemble des **indicateurs hydrologiques et climatiques** qui sont restitués dans toutes les fiches des bassins versants. Les numéros de renvoi permettent de se reporter aux modalités de calcul liées à chaque indicateur, et précisées plus bas.

Les descripteurs hydrologiques peuvent être regroupés en trois catégories, permettant d'évaluer les évolutions sur :

- ▶ le régime hydrologique et les débits moyens,
- ▶ les débits d'étiage,
- ▶ les débits de crue.

Pour chacune de ces catégories, nous avons sélectionné quelques descripteurs, classiquement utilisés pour différents enjeux. La liste réduite des descripteurs sélectionnés qui est proposée ici répond à la préoccupation de ne pas produire trop d'indicateurs qui rendraient l'interprétation des résultats plus délicate.

Le calcul de tels indicateurs statistique ne peut être pertinent que si l'on dispose de série de débits suffisamment longue. En ce qui concerne les débits observés, les indicateurs hydrologiques ont donc été calculé uniquement lorsque l'on dispose d'au moins dix années de données sur la période de référence.

Certains de ces descripteurs se basent sur la courbe des débits classés, obtenue en classant tous les débits de la période par ordre croissant. On peut alors associer à chaque débit une fréquence de dépassement et construire la distribution des débits, les quantiles faibles (fréquence de dépassement élevée) caractérisant les étiages, les quantiles élevés (fréquence de dépassement faible) caractérisant les crues. Nous avons privilégié l'usage d'une distribution statistique à un échantillon pour l'obtention des quantiles plutôt qu'une approche empirique, réputée moins robuste pour les petits échantillons.

Dans l'ensemble du tableau, l'expression "fréquence de non dépassement d'une valeur x par une variable aléatoire X" s'entend au sens strict et désigne la probabilité que X soit inférieur ou égal à x, à la fois pour les indicateurs de crue et pour les indicateurs d'étiage.

Un certain nombre des descripteurs sélectionnés ici correspondent à ceux utilisés dans la banque HYDRO ([www.hydro.eaufrance.fr](http://www.hydro.eaufrance.fr)). Ils sont tous exprimés en m<sup>3</sup>/s.

La colonne de droite du tableau renvoie vers des détails sur les modalités de calcul présentées sous le tableau.

Tableau 1 : Description des indicateurs produits pour chaque bassin versant et figurant dans la fiche de synthèse.

CHAMPS	Définition	Renvoi pour détails sur les modalités de calcul
<b>Descriptif du bassin-versant</b>		
Nom indiquant le cours d'eau, surface du bassin versant et <i>coordonnées associées</i> au point de calcul et correspondance éventuelle avec la banque HYDRO	Liste établie dans la première phase de travail d'Explore2070	
Localisation du point de calcul sur un fond de carte		
Périodes sur lesquelles sont établies les statistiques		
Période PST	Période entre le 1 <sup>er</sup> août 1961 et le 31 juillet 1991 pour le calcul des descripteurs du climat	
Période OBS	Période de disponibilité des débits dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991 (sans prise en compte des lacunes)	
Période	Période entre le 1 <sup>er</sup> août 2047 et le 31 juillet 2065 pour le calcul des descripteurs de l'hydrologie future	
Période FUT	Période entre le 1 <sup>er</sup> août 2046 et le 31 juillet 2065 pour le calcul des descripteurs du climat futur	
<b>Indicateurs du climat</b>		
Précipitations mensuelles et annuelles SAF	Moyennes interannuelles calculées à partir des réanalyses Safran sur la période entre le 1 <sup>er</sup> août 1961 et le 31 juillet 1991	
Températures mensuelles et annuelles SAF		
ETP mensuelles et annuelles SAF	Moyennes interannuelles calculées à partir des réanalyses Safran selon la formule de Penman sur la période entre le 1 <sup>er</sup> août 1961 et le 31 juillet 1991	
<b>Indicateurs de régime hydrologique</b>		
Débits mensuels et annuels moyens OBS	Moyennes interannuelles calculées à partir des données disponibles dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	2 ; 3
Débits mensuels et annuels moyens sim SAF GR4J/SIM	Moyennes interannuelles calculées à partir des sorties des modèles hydrologiques GR4J/SIM avec en entrée le climat "observé" (réanalyses Safran) sur la période de disponibilité des débits dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	2 ; 3
Débits mensuels et annuels quinquennaux sec OBS	Débits mensuels et annuels de fréquence de non dépassement 0,2 de la loi log-normale ajustée sur les échantillons de données disponibles dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	4 ; 5
Débits mensuels et annuels quinquennaux sec sim SAF GR4J/SIM	Débits mensuels et annuels de fréquence de non dépassement 0,2 de la loi log-normale ajustée sur les échantillons de débits mensuels et annuels des modèles hydrologiques GR4J/SIM avec en entrée le climat "observé" (réanalyses Safran), sur la période de disponibilité des débits dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	4 ; 5
<b>Graphiques</b>		
PST Précipitations	Sept courbes correspondant aux précipitations / températures	

CHAMPS	Définition	Renvoi pour détails sur les modalités de calcul
PST Température	mensuelles moyennes issues des simulations des sept MCG + une courbe avec les précipitations moyennes mensuelles calculées à partir des réanalyses Safran sur l'ensemble de la période entre le 1 <sup>er</sup> août 1961 et le 31 juillet 1991	
FUT Précipitations	Sept courbes correspondant aux précipitations / températures moyennes mensuelles issues des simulations des sept MCG sur la période entre le 1 <sup>er</sup> août 2046 et le 31 juillet 2065 + une courbe avec les précipitations moyennes mensuelles calculées à partir des réanalyses Safran sur la période entre le 1 <sup>er</sup> août 1961 et le 31 juillet 1991	
FUT Température		
PST Débit GR4J/SIM	Sept courbes correspondant aux sorties des modèles hydrologiques GR4J/SIM avec en entrée le climat de chacun des sept MCG + une courbe avec les débits mensuels moyens observés sur la période de disponibilité des débits dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	
FUT Débit GR4J/SIM	Sept courbes correspondant aux sorties des modèles hydrologiques GR4J/SIM avec en entrée le climat issu de chacun des sept MCG sur la période entre le 1 <sup>er</sup> août 2047 et le 31 juillet 2065 + une courbe avec les débits mensuels moyens observés disponibles dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	
<b>Performance des modèles hydrologiques</b>		
NSEQ	Critère de Nash-Sutcliffe calculé sur les débits journaliers sur la période de disponibilité des débits dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	6
NSEiQ	Critère de Nash-Sutcliffe calculé sur les inverses des débits journaliers sur la période de disponibilité des débits dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	7
NSElnQ	Critère de Nash-Sutcliffe calculé sur les logarithmes népériens des débits journaliers sur la période de disponibilité des débits dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	8
R-QA	Rapport entre le débit annuel moyen QA simulé par le modèle hydrologique avec en entrée le climat "observé" (réanalyses Safran) / observé sur la période de disponibilité des débits dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	
R-VCN30(2)	Idem avec l'indicateur VCN30(2)	9
R-QMNA5	Idem avec l'indicateur QMNA5	10
R-QJXA10	Idem avec l'indicateur QJXA10	14
<b>Indicateurs d'étiage</b>		
VCN10 T=2, 5 et 10 ans, secs OBS	Quantiles de fréquence de non dépassement 0,5 0,2 et 0,1 de la loi log-normale ajustée sur les échantillons de débits moyens sur 10 jours miNimaux dans l'année, extraits des données disponibles dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	9 ; 11
VCN10 T=2, 5 et 10 ans, secs sim SAF GR4J/SIM	Quantiles de fréquences de non dépassement 0,5 0,2 et 0,1 de la loi log-normale ajustée sur les échantillons de débits moyens sur 10 jours miNimaux dans l'année issus des modèles hydrologiques GR4J/SIM avec en entrée le climat "observé" (réanalyses Safran) sur la période de disponibilité des débits dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	9 ; 11
VCN30 T=2, 5 et 10 ans, secs OBS	Quantiles de fréquences de non dépassement 0,5 0, 2 et 0,1 de la loi log-normale ajustée sur les échantillons de débits moyens sur 30 jours miNimaux dans l'année, extraits des données disponibles dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	9 ; 11
VCN30 T=2, 5 et 10 ans, secs sim SAF GR4J/SIM	Quantiles de fréquences de non dépassement 0,5 0,2 et 0,1 de la loi log-normale ajustée sur les échantillons de débits moyens sur 30 jours miNimaux dans l'année issus des modèles hydrologiques GR4J/SIM avec en entrée le climat "observé" (réanalyses Safran) sur la période de disponibilité des débits dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	9 ; 11

CHAMPS	Définition	Renvoi pour détails sur les modalités de calcul
QMNA avec T=2, 5 et 10 ans, secs OBS	Quantiles de fréquence de non dépassement 0,5 0,2 et 0,1 de la loi log-normale ajustée sur les échantillons de débits moyens sur 10 jours miNimaux dans l'année, extraits des données disponibles dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	10 ; 11
QMNA avec T=2, 5 et 10 ans, secs sim SAF GR4J/SIM	Quantiles de fréquences de non dépassement 0,5 0,2 et 0,1 de la loi log-normale ajustée sur les échantillons de débits Mensuels miNimaux dans l'Année issus des modèles hydrologiques GR4J/SIM avec en entrée le climat "observé" (réanalyses Safran) sur la période de disponibilité des débits dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	10
Occurrence des étiages OBS	Mois d'occurrence privilégié du débit Mensuel miNimal Annuel obtenue à partir des observations disponibles entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	12
Occurrence des étiages sim SAF GR4J/SIM	Mois d'occurrence privilégié du débit Mensuel miNimal Annuel obtenue à partir des sorties des modèles hydrologiques GR4J/SIM avec en entrée le climat "observé" (réanalyses Safran), sur la période de disponibilité dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	12
<b>Fortes précipitations</b>		
PJXAT, avec T=2, 10 et 20 ans SAF	Pluies Journalières maXimales Annuelles de fréquence de non-dépassement 0,5, 0,9 et 0,95 calculées par ajustement de la loi de Gumbel sur les réanalyses Safran entre le 1 <sup>er</sup> août 1961 et le 31 juillet 1991	13
<b>Indicateurs de crues</b>		
QJXAT, avec T=2, 10 et 20 ans OBS	Débits Journaliers maXimaux Annuels de fréquence de non-dépassement 0,5, 0,9 et 0,95 calculées par ajustement de la loi de Gumbel, sur les observations disponibles entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	14
QJXAT, avec T=2, 10 et 20 ans sim SAF GR4J/SIM	Débits Journaliers maXimaux Annuels de fréquence de non-dépassement 0,5 0,9 et 0,95 calculées par ajustement de la loi de Gumbel sur les sorties des modèles hydrologiques GR4J/SIM avec en entrée le climat "observé" (réanalyses Safran), sur la période de disponibilité dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	14
Occurrence des crues OBS	Mois d'occurrence privilégié du Débit Journalier maXimal Annuel obtenue à partir des observations disponibles entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	15
Occurrence des crues sim SAF GR4J/SIM	Mois d'occurrence privilégié du Débit Journalier maXimal Annuel obtenue à partir des sorties des modèles hydrologiques GR4J/SIM avec en entrée les réanalyses Safran sur la période de disponibilité dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	15
<b>Débits classés</b>		
Q95 OBS	Valeur de débit journalier dépassé 95% du temps, extrait de la courbe des débits classés empirique obtenue à partir des observations disponibles dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	16
Q95 sim SAF GR4J/SIM	Valeur de débit journalier dépassé 95% du temps, extrait de la courbe des débits classés empirique obtenue à partir des sorties des modèles hydrologiques GR4J/SIM avec en entrée le climat "observé" (réanalyses Safran), sur la période de disponibilité dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	16
Q10 OBS	Valeur de débit journalier dépassé 10% du temps, extrait de la courbe des débits classés empirique obtenue à partir des observations disponibles entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	16
Q10 sim SAF GR4J/SIM	Valeur de débit journalier dépassé 10% du temps, extrait de la courbe des débits classés empirique obtenue à partir des sorties des modèles hydrologiques GR4J/SIM avec en entrée le climat "observé" (réanalyses Safran), sur la période de disponibilité dans la banque HYDRO entre le 1 <sup>er</sup> août 1962 et le 31 juillet 1991	16

## DETAILS SUR LES MODALITES DE CALCUL

Nous nous sommes rapprochés, quand cela était possible, des procédures de la banque HYDRO. Cependant, certaines nous étaient partiellement inconnues ou faisaient appel à l'expertise locale du gestionnaire.

Les modalités de calcul des indicateurs, ainsi que des explications plus détaillées sur leur nature, sont décrites ci-après. Nous précisons également les modalités de calcul des variables créées pour les besoins des fiches (notamment les dates des étiages).

### Prise en compte des valeurs nulles dans les séries

1. Une loi tronquée est utilisée pour les échantillons comportant des valeurs nulles. Il faut ajuster la loi  $\phi$  dans un premier temps à l'échantillon privé des valeurs nulles. Puis, la fréquence de non-dépassement de la valeur **Erreur ! Des objets ne peuvent pas être créés à partir des codes de champs de mise en forme.** est donnée par la relation :

$$F(x) = F(0) + (1 - F(0))\phi(x) \text{ si } x > 0$$

avec  $F(0)$  la fréquence empirique de zéro, i.e. la proportion de valeurs nulles (en %). Si on souhaite obtenir par exemple le quantile quinquennal sec, la valeur recherchée  $X5$  sera celle qui respecte l'égalité :

$$F(X5) = 0.2 \text{ soit : } \phi(X5) = (0.2 - F(0))/(1 - F(0))$$

### Indicateurs de régime

2. **Le débit annuel moyen** est établi à partir de la moyenne de l'ensemble des débits journaliers disponibles. Une année est considérée en lacune s'il y a plus de 20% de données manquantes.
3. **Les débits mensuels** sont calculés s'il y a au moins 25 jours de données (soit au moins 80% de disponibilité sur le mois).
4. **Le débit mensuel interannuel quinquennal sec** pour un mois considéré - ex. janvier - est le débit mensuel qui a une fréquence de non dépassement de 1/5 (statistiquement, 1 année sur 5, le débit du mois considéré est inférieur à cette valeur, 4 années sur 5, il est supérieur). Il permet de caractériser un mois calendaire de faible hydraulicité.
5. **Le débit annuel interannuel quinquennal sec** est le débit moyen annuel qui a une fréquence de non dépassement de 1/5 (statistiquement, 1 année sur 5, le débit annuel est inférieur à cette valeur, 4 années sur 5, il est supérieur).

### Performance des modèles

6. Le **critère de Nash-Sutcliffe** calculé sur les débits journaliers permet une évaluation de la fiabilité du modèle sur la période considérée. Ce critère donne une importance relative plus importante à la restitution des forts débits. Il est calculé selon :

$$\text{NSEQ} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \hat{Q}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}$$

où  $Q_i$  et  $\hat{Q}_i$  sont respectivement les débits observés et simulés durant la période de calage et où  $\bar{Q}$  est la moyenne des débits observés. Si le critère de Nash est de 1, l'ajustement est parfait, par contre s'il est négatif, le débit calculé par le modèle est une plus mauvaise estimation que le simple débit constant égal au débit observé.

7. Le **critère de Nash-Sutcliffe calculé sur les inverses des débits journaliers**. Ce critère donne une importance relative plus importante à la restitution des étiages.
8. Le **critère de Nash-Sutcliffe calculé sur les logarithmes népériens des débits journaliers**. Ce critère donne également une importance relative plus importante à la restitution des bas débits.

### Indicateurs d'étiage

9. Le **VCNx** permet de caractériser les étiages. Plutôt que de s'intéresser aux débits journaliers (avec le risque de prendre en compte un creux exceptionnel non significatif), on s'intéresse à la moyenne sur  $x$  jours.

Considérons une période de  $x$  jours consécutifs et faisons la glisser tout au long d'une année par pas de 1 jour. A chaque date  $j$  du premier jour de la période on affecte le débit moyen noté **Qmoy(j)** sur l'ensemble des  $x$  jours. Pour une année donnée, on note VCNx le plus petit des Qmoy(j)

Exemple : Le VCN10 est la plus petite moyenne sur 10 jours des débits journaliers observée une année donnée en un point donné.

La fiche indicateur présente les valeurs de VCN10 et VCN30 pour des périodes de retour de 2, 5 et 10 ans.

10. Le **QMNA** désigne le débit mensuel minimal d'une année civile. La fiche indicateur présente les valeurs de QMNA pour des périodes de retour de 2, 5 et 10 ans.
11. S'il manque un des douze mois de l'**année hydrologique** pour les étiages, les minima annuels VCN10, VCN30 et QMNA ne sont pas calculés et l'année est considérée absente.
12. **Date d'occurrence des étiages** : voir ci-après

### Indicateurs de fortes précipitations et de crue

13. La **PJXAT** est la pluie journalière maximale annuelle, de période de retour **T**. Pour chaque année, on enregistre la pluie journalière maximale. On classe ensuite ces valeurs de précipitations par ordre croissant. On peut alors associer à chaque pluie maximale une fréquence de dépassement et construire la distribution de débits. Cette distribution est ajustée par la loi de Gumbel. On calcule ensuite les quantiles pour les périodes de retour **T** (soit les fréquences de non dépassement  $=1-1/T$ ).
14. le **QJXAT** est le débit journalier maximal annuel, de période de retour **T**. Pour chaque année, on enregistre le débit journalier maximal. On classe ensuite ces débits par ordre croissant. On peut alors associer à chaque débit maximal une fréquence de dépassement et construire la

distribution de débits. Cette distribution est ajustée par la loi de Gumbel. On calcul ensuite les quantiles pour les périodes de retour  $T$  (soit les fréquences de non dépassement  $=1-1/T$ ).

15. **Date d'occurrence des crues** : voir ci-après

### Débits classés

16. Le **QX** est le débit journalier dépassé X% du temps. Il est calculé comme suit :

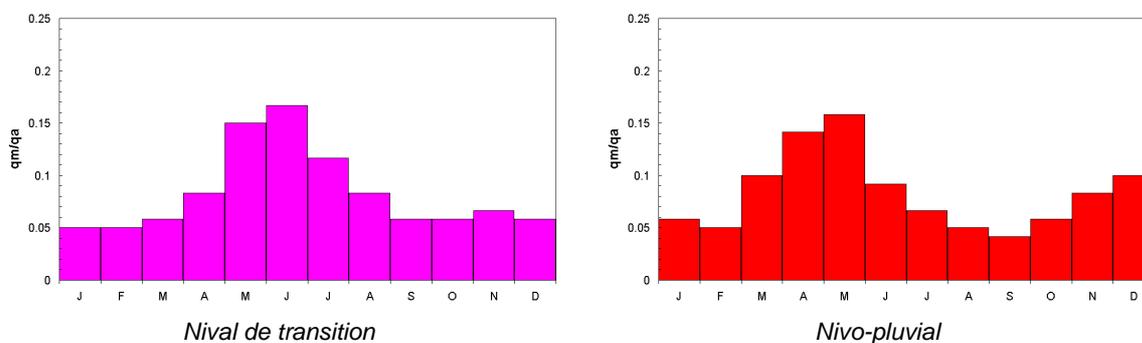
On classe tous les débits de la période par ordre croissant. On peut alors associer à chaque débit une fréquence de dépassement et construire la distribution des débits. Le **Q10** a une fréquence de dépassement de 0.1, il caractérise les hautes eaux. Le **Q95** a une fréquence de dépassement de 0.95, il caractérise les basses eaux.

### Calcul des dates d'occurrence des crues et des étiages (détails sur les renvois 12 et 15)

L'**année hydrologique** pour l'extraction des maxima/minima annuels est calée sur le régime hydrologique de manière automatique et indépendante l'une de l'autre :

Par défaut, l'année hydrologique pour les étiages est l'année civile sauf pour les cours d'eau de montagne (repérés en premier lieu par la première lettre du code station HYDRO : O, Q, V, W, X ou Y) dont le régime est à dominante nivale ; le basculement entre bassins nivaux et bassins pluviaux est défini par la proximité à deux régimes de référence de la classification établie sur les cours d'eau français par Sauquet et al. (2008) à partir des coefficients mensuels de débit. L'année hydrologique pour les étiages des cours d'eau nivaux s'étend de juin de l'année considérée à mai de l'année suivante.

Figure 2 : Evolution des coefficients mensuels de débit - écoulement mensuel moyen  $qm$  divisé par l'écoulement annuel moyen  $qa$  ( $qa$  et  $qm$  en mm) - pour deux classes de régime définissant la transition entre régime nivale (à gauche) et régime pluvial (à droite), extrait de Sauquet et al., 2008



Par défaut, l'année hydrologique pour les crues débute le 1er septembre de l'année considérée et s'achève le 31 août de l'année civile suivante sauf pour les cours d'eau de montagne (repérés en premier lieu par la première lettre du code station HYDRO : O, Q, V, W, X ou Y) qui ont leur crue de manière privilégiée entre mai et août. L'année hydrologique pour les crues des cours d'eau nivaux est l'année civile.

Compte tenu des contraintes sur l'échantillonnage et la gestion des lacunes, il est possible que le nombre d'années effectif (et donc la taille de l'échantillon) évolue d'un descripteur à un autre (ex. si la station compte 10 jours de lacune pendant le mois de juin 1987 sur une période de 15 ans, les échantillons de débits mensuels auront un effectif de 15 pour tous les mois sauf pour juin). D'où les précautions d'usage de la notion de période OBS.

Pour qu'une **année hydrologique des crues** soient comptabilisée, il faut *a minima* six mois de données journalières.

**Les dates** se calculent à partir de statistiques circulaires. Considérons un ensemble d'événements et les dates correspondantes  $D_j$ . Dans le cas classique, ces dernières sont exprimées en jour julien (entre 1 et 366 pour les années bissextiles, entre 1 et 365 sinon), puis interprétées en angle en radian :

$$\theta_j = 2\pi \frac{D_j}{365}$$

Ces dates sont repérées en coordonnées polaires  $(\cos(\theta_j); \sin(\theta_j))$  sur le cercle unitaire. La position moyenne des événements est donnée par :

$$x_\theta = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \cos(\theta_j) \quad y_\theta = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sin(\theta_j)$$

Finalement on retient l'angle du moyen vecteur :

- si  $x_\theta > 0$  :  $\theta = \arctan\left(\frac{y_\theta}{x_\theta}\right)$  si  $y_\theta > 0$  ou  $\theta = 2\pi + \arctan\left(\frac{y_\theta}{x_\theta}\right)$  si  $y_\theta < 0$
- sinon :  $\theta = \arctan\left(\frac{y_\theta}{x_\theta}\right) + \pi$

Dans le cas des crues, les dates sont le jour julien du débit journalier maximal. Les résultats sont donnés à résolution du mois. Dans le cas des étiages, les dates  $D_j$  sont les mois associés aux débits moyens minimaux des années hydrologiques et :

$$\theta_j = 2\pi \frac{D_j}{12}$$

# EXEMPLE DE FICHE DE SYNTHESE

Figure 3 : Exemple de fiche de synthèse produite pour chaque point 'étude.






ORDRE DE GRANDEUR DES DÉBITS FUTURS POSSIBLES À L'HORIZON 2050-2070 SOUS SCÉNARIO A1B D'ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

**Avertissement :** ces résultats comportent de très nombreuses incertitudes. Ils sont donnés à titre indicatif. Il ne s'agit pas de prévisions mais d'indications d'évolutions possibles. Une note d'accompagnement contient des indications de lecture et d'interprétation de la fiche. Elle détaille de plus la méthodologie utilisée ainsi que les limites de l'exercice.

**Nom** La Seine à Paris [Austerlitz après création lacs]

**Identifiant** Explore2070  
**506**

**Code Banque Hydro** H5920010

**Surface du bassin versant** 43825 km<sup>2</sup>

**Période d'observation des débits** **POD : 1974-1991**

**Période de simulation temps présent** **PST : 1961-1990**

**Période de simulation temps futur** **FUT : 2046-2065**

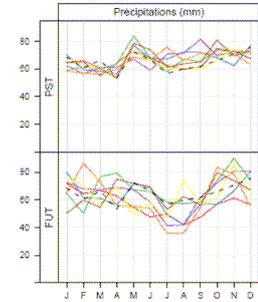
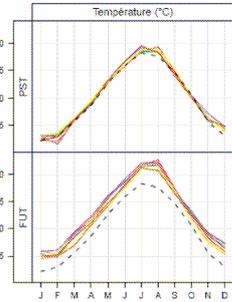
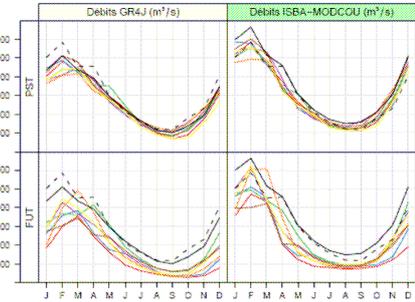
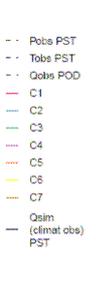
**Modèles hydrologiques utilisés** GR4J ISBA-MODCOU

Les évolutions climatiques et hydrologiques sont calculées entre des simulations de référence en climat présent (1961-1990) et des simulations en climat futur (2046-2065) à partir de 7 modèles climatiques (C1 à C7). Les résultats sont présentés sous forme de Δ entre présent et futur : (FUT-PST) pour T, (FUT-PST)/PST pour P, ETP et Q. Δ minimum, Δ médian et Δ maximum sont calculés sur les 7 modèles climatiques. Selon les stations, un ou deux modèles hydrologiques ont été utilisés.



CLIMAT													
	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel
<b>Précipitations obs PST (mm)</b>	69	61	66	53	72	67	57	60	62	66	71	76	779
min (%)	-22	-18	-10	-7	-34	-30	-53	-46	-24	-24	-15	-21	-14
Δ med (%)	+11	+4	+11	+13	-19	-6	-23	-30	-21	-2	+10	-7	-5
max (%)	+16	+52	+29	+41	+1	+2	+1	+22	-4	+18	+24	+20	+2
<b>Température obs PST (°C)</b>	2.2	3.0	5.7	8.7	12.7	15.9	18.3	17.6	14.7	10.6	5.7	3.0	9.9
min (°C)	+1.9	+1.7	+0.8	+1.2	+1.3	+1.1	+1.6	+2.1	+1.6	+1.4	+1.1	+1.0	+1.7
Δ med (°C)	+2.5	+2.3	+2.5	+2.1	+1.8	+2.2	+2.8	+3.1	+2.6	+2.3	+2.0	+1.9	+2.4
max (°C)	+3.4	+4.5	+3.5	+3.0	+2.8	+2.6	+3.3	+3.7	+3.0	+3.1	+3.6	+2.7	+2.9
<b>Évapotransp. potentielle obs PST (mm)</b>	14	21	36	56	73	89	104	87	58	33	18	14	605
min (%)	+8	+9	+1	+6	+13	+6	+12	+11	+19	+25	+14	+18	+17
Δ med (%)	+17	+16	+33	+14	+23	+14	+25	+28	+39	+47	+42	+33	+24
max (%)	+45	+67	+41	+32	+32	+21	+32	+39	+50	+60	+51	+60	+33

DÉBITS																										
	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel													
<b>Qobs POD (m<sup>3</sup>/s)</b>	504	504	454	457	299	214	158	122	118	181	231	407	310													
<b>Qsim (climat obs) POD (m<sup>3</sup>/s)</b>	478	669	567	729	490	556	457	528	331	326	242	259	181	182	121	145	87.7	145	155	234	218	336	383	983	300	389
min (%)	-54	-31	-40	-33	-28	-20	-35	-45	-45	-53	-59	-53	-58	-43	-62	-44	-69	-44	-77	-45	-78	-55	-74	-59	-48	-36
Δ med (%)	-35	-17	-16	-12	-16	-9	-20	-30	-23	-32	-26	-33	-29	-46	-37	-54	-33	-68	-39	-51	-35	-47	-31	-29	-18	
max (%)	-16	-4	+5	+22	+18	+24	+16	+12	-9	-15	-21	-14	-16	-16	-23	-11	-27	-12	-37	-11	-30	-10	-17	-6	-16	-11
<b>Qobs POD (m<sup>3</sup>/s)</b>	257	317	266	217	143	105	66.8	75.7	87.7	94.5	113	185	219													
<b>Qsim (climat obs) POD (m<sup>3</sup>/s)</b>	234	397	323	413	315	372	257	269	160	162	115	145	62.5	120	54.2	112	43.4	121	45.5	133	63.7	169	118	304	203	294
min (%)	-81	-54	-74	-42	-50	-33	-44	-42	-40	-38	-46	-41	-48	-34	-48	-32	-56	-33	-66	-39	-75	-48	-82	-61	-60	-44
Δ med (%)	+17	+16	+33	+14	+23	+14	+25	+28	+39	+47	+42	+33	+24													
max (%)	-24	-1	-3	+22	+6	+33	+16	+20	-1	-14	-7	-11	-11	-17	-18	-6	-33	-15	-37	-10	-40	-7	-34	-19	-20	-13

PERFORMANCE DES MODÈLES HYDROLOGIQUES sur la période POD														
	NSEQ	NSElnQ	NSEQ	R-QA	R-QCN30-2	R-QMNA5	R-QJXA10							
	0.91	0.50	0.75	0.64	-0.07	0.38	1.00	1.25	0.65	1.30	0.53	1.54	1.17	1.15

ÉTIAGES				
	VCN10	VCN30	QMNA	
<b>Qobs POD (m<sup>3</sup>/s)</b>	77.7	96.4	95.4	
<b>Qsim (climat obs) POD (m<sup>3</sup>/s)</b>	53.2	108	58.8	118
min (%)	-62	-29	-63	-31
Δ med (%)	-55	-25	-55	-28
max (%)	-35	-10	-36	-12
<b>Qobs POD (m<sup>3</sup>/s)</b>	57.3	66.4	69.1	
<b>Qsim (climat obs) POD (m<sup>3</sup>/s)</b>	31.9	96.8	34.3	104
min (%)	-56	-29	-58	-29
Δ med (%)	-47	-25	-48	-26
max (%)	-36	-10	-37	-9
<b>Qobs POD (m<sup>3</sup>/s)</b>	48.9	56.5	58.4	
<b>Qsim (climat obs) POD (m<sup>3</sup>/s)</b>	24.5	91.5	25.9	97.4
min (%)	-55	-28	-57	-29
Δ med (%)	-45	-22	-46	-24
max (%)	-35	-1	-36	-7

FORTES PRÉCIPITATIONS			
	PJXA2	PJXA10	PJXA20
<b>P. PST (mm)</b>	22	28	31
min (%)	-9	+8	-17
Δ med (%)	+5	+8	+7
max (%)	+10	+11	+11

CRUES					
	QJXA2	QJXA10	QJXA20		
<b>Qobs POD (m<sup>3</sup>/s)</b>	1085	1502	1785		
<b>Qsim (climat obs) POD (m<sup>3</sup>/s)</b>	1152	1310	1865	1833	2138
min (%)	-40	-26	-36	-16	-36
Δ med (%)	-20	-8	-3	-1	-0
max (%)	-2	-2	+20	+16	+25

OCCURENCE DES ÉTIAGES		
Qobs POD	sept.	
<b>Qsim (climat obs) POD</b>	oct.	sept.
min (jours)	+3	-9
med (jours)	+23	+4
max (jours)	+40	+22

DÉBITS CLASSÉS				
	Q95	Q10		
<b>Qobs POD (m<sup>3</sup>/s)</b>	68	689		
<b>Qsim (climat obs) POD (m<sup>3</sup>/s)</b>	36.2	101	645	872
min (%)	-59	-31	-37	-31
Δ med (%)	-49	-25	-14	-10
max (%)	-37	-5	-12	-6

OCCURENCE DES CRUES		
Qobs POD	févr.	
<b>Qsim (climat obs) POD</b>	févr.	févr.
min (jours)	-3	-12
med (jours)	+9	+11
max (jours)	+30	+28