

Présentation de la méthode SHYPRE

La méthode SHYPRE, développée par l'INRAE centre d'Aix-en-Provence, associe

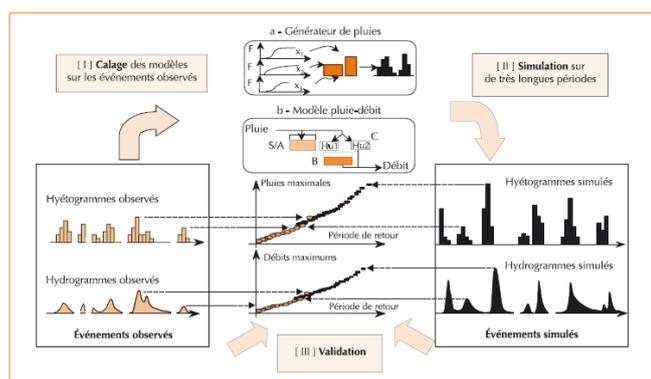
- un générateur stochastique de pluies horaires,
- une transformation de la pluie en débit.

Ces techniques de simulation permettent de générer de très longues chroniques de pluies horaires (de 100 000 années, par exemple) et d'hydrogrammes de crue.

Un simple classement des pluies et des débits simulés permet alors de tracer les distributions de fréquence « empiriques » des pluies et des débits de différentes durées (jusqu'à 72h) et d'en déduire les quantiles pour une large gamme de période de retour (de 2 à 10 000 ans).

Une version infra-horaire permet d'obtenir également les quantiles pour les durées 5 minutes à 60 minutes par désagrégation des pluies horaires.

Une version « barrage » permet le laminage des hydrogrammes simulés dans un barrage (à partir des lois cote-débit et cote-volume de celui-ci) et d'obtenir la distribution de fréquence des cotes de l'eau dans la retenue jusqu'à la période de retour de 100 000ans.



Principe de la méthode SHYPRE

SHYPRE travaille suivant deux saisons, l'été (mois de juin à novembre) et l'hiver (mois de décembre à mai), ou suivant deux typologies d'événements.

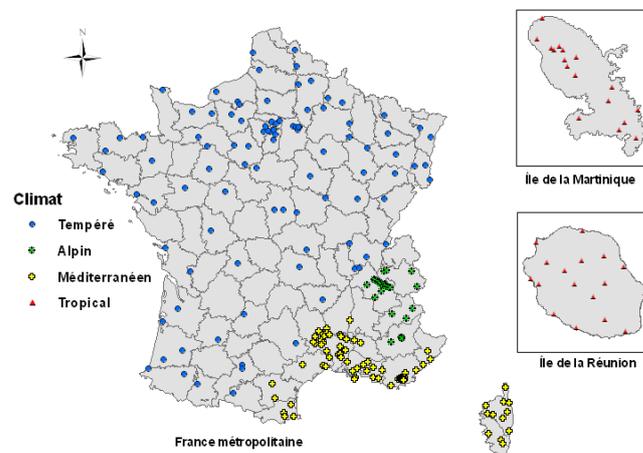
Le modèle de génération stochastique des pluies horaires

Le modèle de génération de la pluie s'appuie sur une description géométrique du signal temporel de pluie. La génération du signal temporel de pluie est réalisée en deux étapes :

La première étape est l'étude descriptive du phénomène. Elle est basée sur l'analyse de la structure temporelle interne des événements pluvieux observés au pas de temps horaire. Un événement pluvieux est défini comme une succession de pluies journalières supérieures à 4 mm et dont au moins une est supérieure à 20 mm. Huit variables, identifiées par leur loi de probabilité, sont utilisées pour décrire le signal.

La seconde étape consiste alors en la génération des hyéto et hydrogrammes horaires à partir des variables descriptives qui sont générées, de manière indépendante, par tirage aléatoire dans leur loi de probabilité suivant une méthode de Monté-Carlo. La dépendance entre certaines variables a été mise en évidence et modélisée. De multiples scénarios de pluies horaires générées sur de très longues périodes de simulation sont ainsi obtenus.

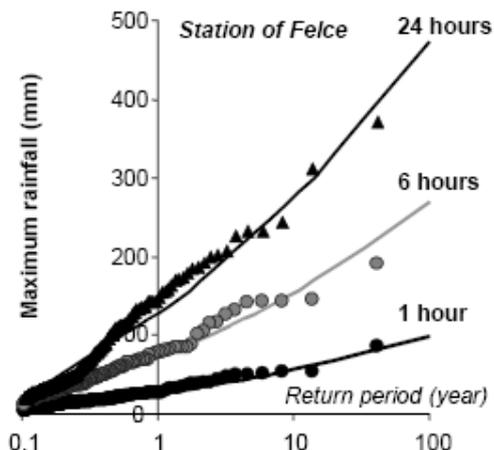
Le calage du modèle a été réalisé sur 250 postes horaires de référence localisés en France métropolitaine (217), sur l'île de la Réunion et en Martinique (33 postes tropicaux) ; et son contrôle sur 207 autres postes.



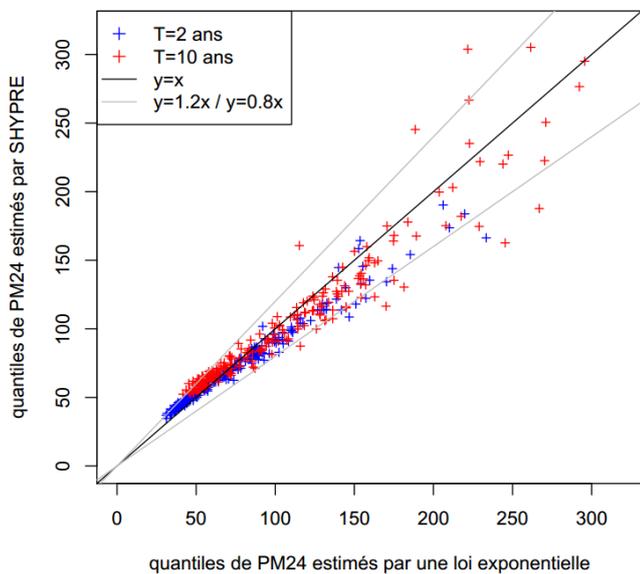
Localisation des postes pluviographiques de calage

Cette analyse a montré que le modèle est applicable en tout point du territoire métropolitain français et des îles de la Réunion et de la Martinique. La pertinence de sa paramétrisation permet de travailler sur une gamme de pluviométrie extrêmement variée.

On dispose ainsi d'un outil intéressant par sa robustesse et ses performances.



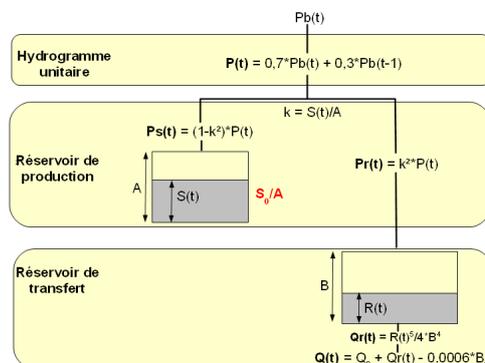
Distributions de fréquence des pluies de la station de Felce



Pluies maximales en 24 heures observées et simulées sur les 217 postes horaires en métropole + Corse

Le modèle pluie-débit

SHYPRE utilise le modèle GR au pas de temps horaire (GR3h ou GRs). L'architecture de GRs est la suivante :



Architecture du modèle GRs

C'est un modèle comportant 2 réservoirs : A et B.

Le réservoir A, de volume A mm, assure le rôle de **fonction de production non linéaire**.

Le réservoir B, de volume B mm, assure le rôle de **fonction de transfert non linéaire**.

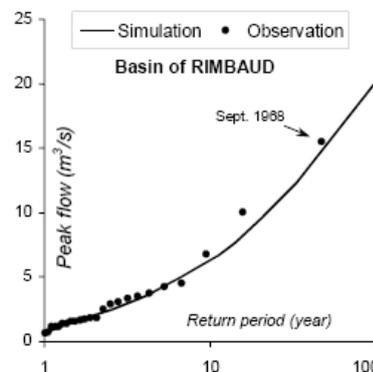
En amont du réservoir A, la pluie passe par un hydrogramme unitaire (HU) très simple qui la répartie sur 2 heures : 70% à t et 30% à t+1.

La proportion de pluie qui entre dans A est inversement proportionnelle au niveau S de A, l'autre partie « ruisselle » vers le réservoir B.

Le débit qui sort de B est proportionnel au niveau R de B et s'ajoute au débit de base Q_0 .

Le niveau initial du réservoir B est fixé à $0,3B$

Les 4 paramètres du modèle sont A, B, S_0/A (niveau initial du réservoir A) et Q_0 .



Distribution de fréquence des débits de pointe de la station Rimbaud

Présentation de la méthode SHYREG

SHYREG est la version régionalisée de SHYPRE, son but est de fournir des quantiles de pluie et de débit pour une large gamme de durées et de périodes de retour en chaque km² de la région étudiée.

Pour cela, 7 des 8 paramètres de SHYPRE sont « journalisés », ce qui permet de les déterminer à partir de 3 paramètres journaliers :

NE = le nombre moyen d'événements pluvieux de la saison (en jours).

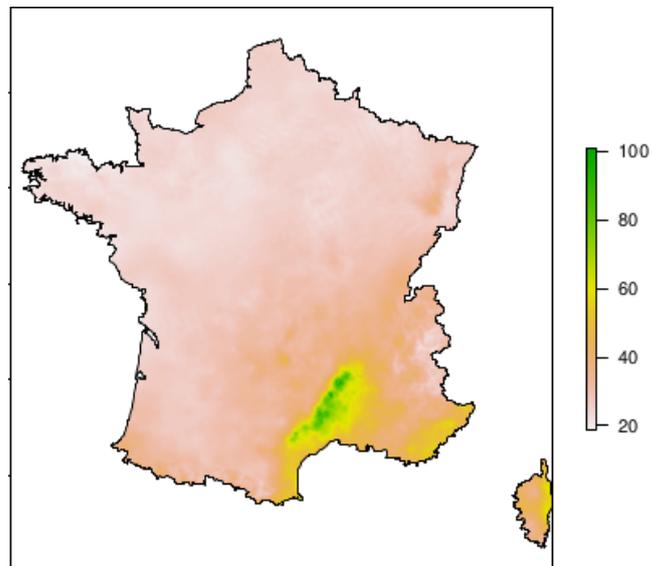
PJmax = la moyenne des hauteurs des pluies journalières maximales des événements de la saison (en 1/10 mm).

DTOT = la moyenne de la durée des événements de la saison (en jours).

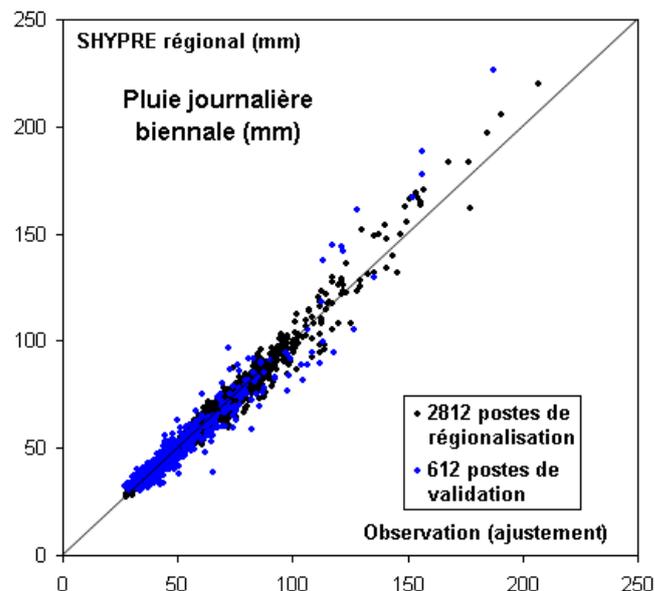
Les données d'une station pluviométrique journalière suffisent alors pour appliquer SHYPRE. En utilisant les données d'un ensemble de stations pluviométriques journalières représentatif de la région étudiée, ces 3 paramètres sont régionalisés via des variables géographiques (altitude, distance à la mer, distance à une crête,...), ce qui permet de les déterminer et d'appliquer SHYPRE en chaque km² de la région étudiée.

Le 8ème paramètre horaire RX, le rapport entre l'intensité horaire maximale et l'intensité moyenne de l'averse, est régionalisé avec les stations pluviométriques horaires.

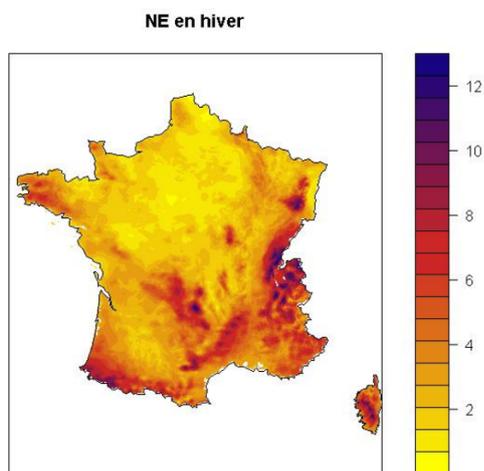
Une grille de quantile de pluie recouvrant la zone étudiée au pas de 1 km² est ainsi obtenue pour chaque durée (1 à 72 heures) et chaque de période de retour (2 à 1000 ans) :



Cartographie des quantiles décennaux de pluie de durée 1h



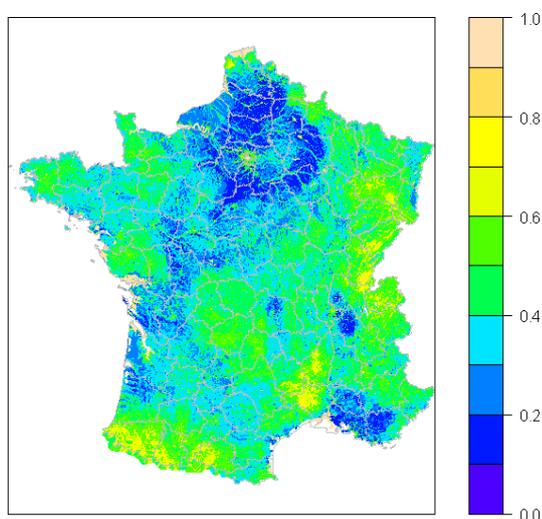
Pluies journalières biennales observées et simulées, France métropolitaine



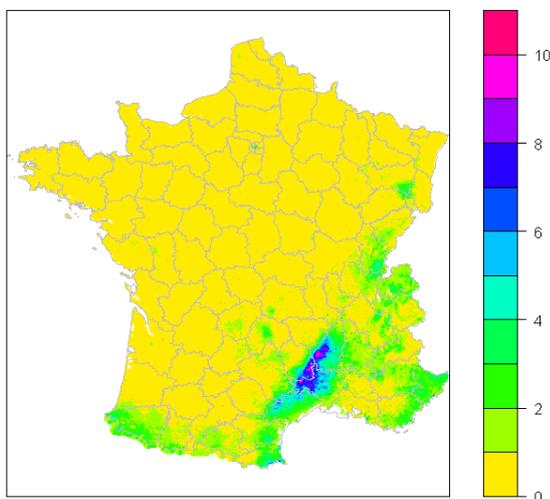
Cartographie du paramètre NE saison hiver

La régionalisation des paramètres du modèle hydrologique permet alors de passer des pluies aux débits pour obtenir une **grille de quantile de débit recouvrant la zone étudiée au pas de 1 km² pour chaque durée (débit de pointe à débit moyen en 72 heures) et chaque de période de retour (2 à 1000 ans).**

Pour la France métropolitaine, A est défini par les données hydrogéologiques, $B_{\text{hiver}} = 100\text{mm}$, $B_{\text{été}} = 50\text{mm}$, $Q_0 =$ le débit moyen mensuel LOIEAU et S_0/A est régionalisé à l'aide des données aux stations jaugées et de variables environnementales (MNT, hydrogéologie, occupation du sol, réseau de drainage, pluviométrie,...)

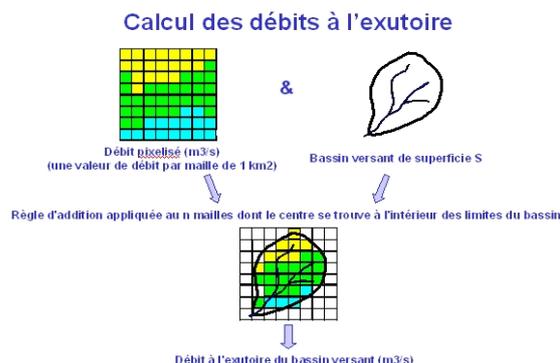


Cartographie du paramètre S_0/A , saison « été »

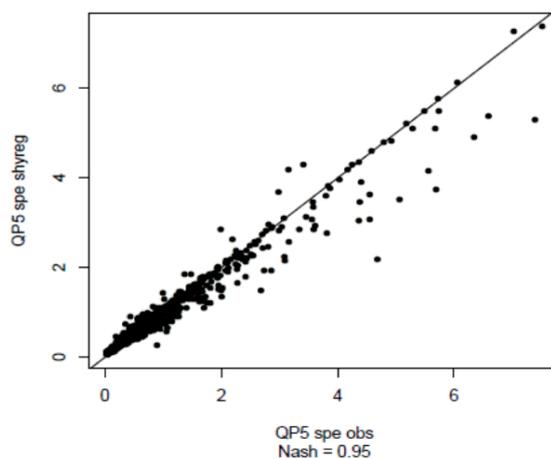


Cartographie des quantiles décennaux de débit de pointe au km²

Pour obtenir le **quantile de débit à l'exutoire d'un bassin versant**, l'information est agglomérée à l'échelle du bassin versant.



Cette agglomération des débits pixelisés est assurée par la FTS (Fonction de Transfert Statistique) en fonction de la surface et de la durée. Elle permet de prendre en compte à la fois l'abattement des pluies avec la surface, mais aussi un abattement des débits dans le réseau hydrographique.



Débits de pointe pseudo-spécifique ($m^3/s/(km^2)^{0.8}$) de période de retour 5 ans observées et simulées

Sur la France métropolitaine, cette agglomération a été pré-calculée sur près de 140 000 exutoires et les quantiles de débit résultants sont disponibles sur un site web mis en place par INRAE Aix-en-Provence pour les services de l'état et les bureaux d'études ayant l'agrément pour le « Contrôle des ouvrages hydrauliques » : <https://shyreg.recover.inrae.fr/> ou auprès d'HYDRIS hydrologie.