



HAL
open science

Projet IN-WOP : Couplage des modèles hydrologique et hydraulique 2D

David Dorchies, Florian Ricquier

► **To cite this version:**

David Dorchies, Florian Ricquier. Projet IN-WOP : Couplage des modèles hydrologique et hydraulique 2D. 2023. hal-04076984

HAL Id: hal-04076984

<https://hal.inrae.fr/hal-04076984v1>

Preprint submitted on 21 Apr 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Open licence - etalab

Projet IN-WOP

Couplage des modèles
hydrologique et hydraulique 2D

David Dorchies, Florian Ricquier

1^{er} mars 2023


RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
*Liberté
Égalité
Fraternité*

INRAE
la science pour la vie, l'humain, la terre

1 Préambule

Les unités Inrae HBAN et G-EAU ont réalisé un modèle hydrologique semi-distribué du bassin versant de la Seine intégrant les 4 lacs réservoirs gérés par l'EPTB Seine Grands Lacs. Le modèle a été calé sur les débits du bassin versant influencés par les réservoirs et a été ensuite forcé par des projections climatiques en débit désinfluencé.

Les débits modélisés par ces projections climatiques vont être utilisés pour modéliser des événements de crue sur le modèle Telemac-2D de la Seine mise en place par Artelia.

L'objet de ce rapport est de :

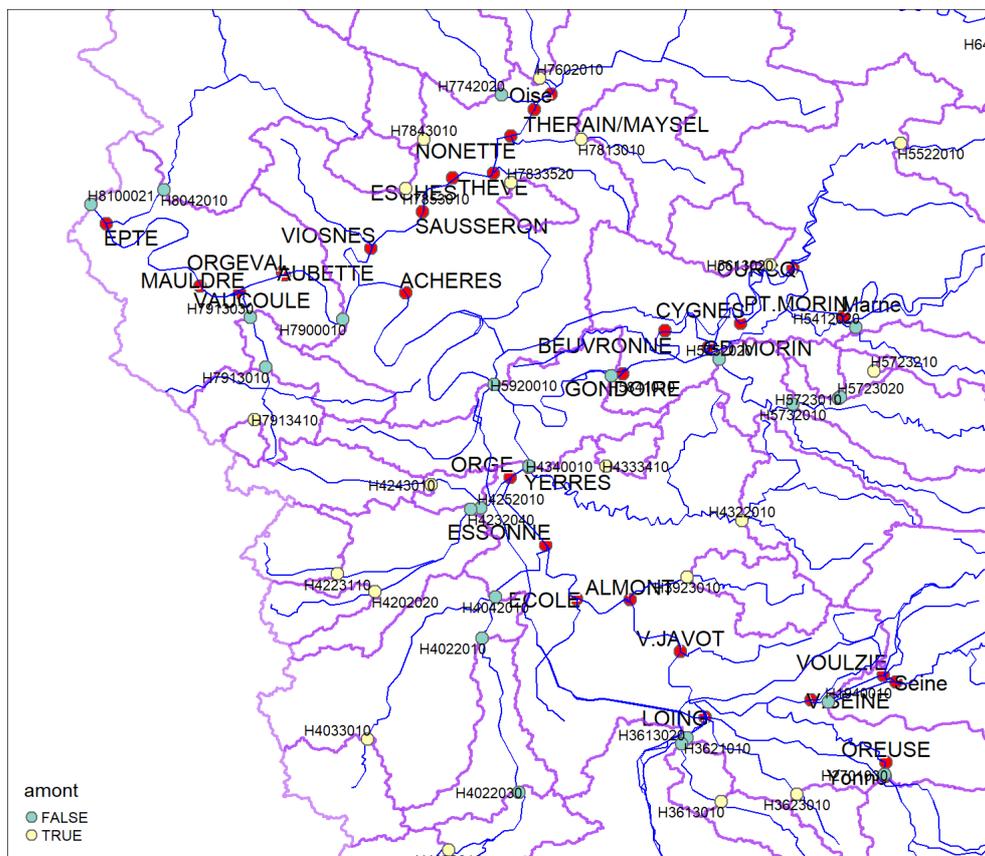
- Coupler les sorties du modèle hydrologique semi-distribué avec les entrées du modèle Telemac 2 ;
- Sélectionner des événements de crues pertinentes à modéliser parmi les événements observés sur les projections climatiques ;
- Convertir les chroniques des événements sélectionnés au format Telemac.

2 Couplage des modèles

2.1 Localisation des noeuds des deux modèles

Sur la carte ci-dessus figurent:

- en rouge, les conditions aux limites amont et les points d'apports internes du modèle "arteseine"
- en jaune, les exutoires de bassins amont du modèle hydrologique "seinebasin2"
- en vert, les exutoires des bassins versants intermédiaires du modèle hydrologique "seinebasin2"



2.2 Répartition des sorties du modèles hydro dans les entrées du modèle Telemac

Les entrées du modèle Telemac correspondent aux apports en débits des affluents présents dans le modèle. Les 4 principaux affluents (Marne, Oise, Seine, Yonne) sont conditions limites amont du modèle (identifiants négatifs) et les autres affluents (identifiants positifs) sont des apports intermédiaires à l'intérieur du système modelisé.

| arteseine.nom | arteseine.id | X1 | X2 surf_km2 |
|---------------|--------------|---------|-------------|
| Marne | -24 709132.1 | 6871620 | 8761.00 |
| Oise | -10 662569.3 | 6907290 | 14117.00 |
| Seine | -2 717443.1 | 6813084 | 9682.00 |

| arteseine.nom | arteseine.id | X1 | X2 | surf_km2 |
|----------------|--------------|----------|---------|----------|
| LOING | 1 | 687085.3 | 6807430 | 3916.71 |
| VOULZIE | 2 | 715401.3 | 6814186 | 439.00 |
| V.SEINE | 3 | 703866.7 | 6810206 | 142.00 |
| V.JAVOT | 4 | 683165.7 | 6818008 | 106.00 |
| ALMONT | 5 | 675114.6 | 6826269 | 316.00 |
| ECOLE | 6 | 666674.6 | 6826394 | 396.00 |
| OREUSE | 7 | 715788.4 | 6800276 | 173.00 |
| ESSONNE | 8 | 661764.9 | 6835043 | 1938.00 |
| ORGE | 9 | 656125.1 | 6845895 | 957.00 |
| YERRES | 10 | 659070.8 | 6847479 | 1016.00 |
| ACHERES | 11 | 639528.5 | 6875447 | 1.00 |
| AUBETTE | 12 | 619915.1 | 6878763 | 147.00 |
| ORGEVAL | 13 | 620235.9 | 6878306 | 55.00 |
| MAULDRE | 14 | 613110.3 | 6875438 | 415.00 |
| VAUCOULE | 15 | 606872.0 | 6876558 | 187.00 |
| EPTE | 16 | 591898.0 | 6886558 | 1491.00 |
| GD MORIN | 17 | 687585.9 | 6866740 | 1212.00 |
| PT.MORIN | 18 | 708928.8 | 6871641 | 628.00 |
| OURCQ | 19 | 700982.5 | 6879377 | 1096.00 |
| CYGNES | 20 | 692766.8 | 6870602 | 27.00 |
| BEUVRONNE | 21 | 680671.3 | 6869388 | 210.00 |
| GONDOIRE | 22 | 673937.9 | 6862471 | 50.00 |
| THERAIN/MAYSEL | 23 | 659971.3 | 6904810 | 1247.00 |
| NONETTE | 24 | 656219.0 | 6900561 | 410.00 |
| THEVE | 25 | 653474.3 | 6894670 | 207.00 |
| ESCHES | 26 | 647005.3 | 6893849 | 177.00 |
| SAUSSERON | 27 | 642206.5 | 6888488 | 115.00 |
| VIOSNES | 28 | 633948.4 | 6882642 | 198.00 |

L'objectif du couplage est de répartir les apports provenant des noeuds du modèle hydrologique dans les différents noeuds d'entrée du modèle Telemac. Le couplage des stations hydrologique et Telemac est résumé dans le tableau ci-dessous.

Ce tableau décrit les opérations à faire sur les débits simulés par le modèle hydrologique : on somme les débits simulés situés aux stations immédiatement à l'amont des noeuds Telemac (Lignes avec `runoff = 0`) et on ajoute le ruissellement simulé à la station immédiatement à l'aval au prorata de la surface manquante entre les bassins amont déjà comptabilisés et la surface drainée par le noeud Telemac (Lignes avec `runoff = 1`).

Le remplissage de ce tableau a été réalisé en utilisant les surfaces drainées à l'emplacement des noeuds Telemac et des noeuds du modèle hydrologique. Ces surfaces ont été récupérées manuellement sur la base de données en ligne airGRmaps disponible à l'adresse <https://sunshine.irstea.fr/app/airGRmaps>.

| arteseine.id | arteseine.nom | BH.id | runoff | surf_km2.x |
|---------------------|----------------------|--------------|---------------|-------------------|
| -24 | Marne | H5841010 | 0 | 8761.00 |
| -10 | Oise | H7401010 | 0 | 4320.26 |
| -10 | Oise | H7413210 | 0 | 73.82 |
| -10 | Oise | H6531011 | 0 | 7810.03 |
| -10 | Oise | H7423710 | 0 | 280.34 |
| -10 | Oise | H7602010 | 0 | 459.19 |
| -10 | Oise | H7900010 | 1 | 1173.37 |
| -2 | Seine | H1713010 | 0 | 155.15 |
| -2 | Seine | H1700010 | 0 | 8855.94 |
| -2 | Seine | H1940010 | 1 | 670.91 |
| -1 | Yonne | H2701030 | 0 | 10456.91 |
| 1 | LOING | H3621010 | 0 | 3916.71 |
| 1 | LOING | H4340010 | 1 | 323.00 |
| 2 | VOULZIE | H1940010 | 1 | 439.00 |
| 3 | V.SEINE | H4340010 | 1 | 142.00 |
| 3 | V.SEINE | H1940010 | 1 | 55.00 |
| 3 | V.SEINE | H4340010 | 1 | 4.00 |
| 4 | V.JAVOT | H4340010 | 1 | 106.00 |
| 4 | V.JAVOT | H4340010 | 1 | 109.00 |
| 5 | ALMONT | H4340010 | 1 | 316.00 |
| 5 | ALMONT | H4340010 | 1 | 131.00 |
| 6 | ECOLE | H4340010 | 1 | 396.00 |
| 6 | ECOLE | H4340010 | 1 | 63.00 |
| 7 | OREUSE | H4340010 | 1 | 173.00 |
| 7 | OREUSE | H4340010 | 1 | 9.00 |
| 8 | ESSONNE | H4042010 | 0 | 1857.42 |
| 8 | ESSONNE | H4340010 | 1 | 81.00 |
| 8 | ESSONNE | H4340010 | 1 | 80.00 |
| 9 | ORGE | H4252010 | 0 | 934.22 |
| 9 | ORGE | H4340010 | 1 | 22.78 |
| 9 | ORGE | H4340010 | 1 | 136.00 |
| 10 | YERRES | H4322010 | 0 | 423.59 |
| 10 | YERRES | H4340010 | 1 | 592.00 |
| 10 | YERRES | H4340010 | 1 | 23.00 |

| arteseine.id | arteseine.nom | BH.id | runoff | surf_km2.x |
|---------------------|----------------------|--------------|---------------|-------------------|
| 11 | ACHERES | H5841010 | 1 | 25.00 |
| 11 | ACHERES | H5920010 | 1 | 536.00 |
| 12 | AUBETTE | H8100021 | 1 | 155.00 |
| 13 | ORGEVAL | H8100021 | 1 | 55.00 |
| 13 | ORGEVAL | H7900010 | 1 | 127.00 |
| 13 | ORGEVAL | H8100021 | 1 | 10.00 |
| 14 | MAULDRE | H7913030 | 0 | 389.84 |
| 14 | MAULDRE | H8100021 | 1 | 25.16 |
| 14 | MAULDRE | H8100021 | 1 | 12.00 |
| 15 | VAUCOULE | H8100021 | 1 | 187.00 |
| 15 | VAUCOULE | H8100021 | 1 | 110.00 |
| 16 | EPTE | H8042010 | 0 | 1385.64 |
| 16 | EPTE | H8100021 | 1 | 105.36 |
| 16 | EPTE | H8100021 | 1 | 525.00 |
| 17 | GD MORIN | H5752020 | 0 | 1184.81 |
| 17 | GD MORIN | H5841010 | 1 | 27.19 |
| 17 | GD MORIN | H5841010 | 1 | 72.00 |
| 18 | PT.MORIN | H5412020 | 0 | 611.67 |
| 18 | PT.MORIN | H5841010 | 1 | 16.33 |
| 19 | OURCQ | H5522010 | 0 | 343.76 |
| 19 | OURCQ | H5841010 | 1 | 752.24 |
| 19 | OURCQ | H5841010 | 1 | 109.00 |
| 20 | CYGNES | H5841010 | 1 | 27.00 |
| 20 | CYGNES | H5841010 | 1 | 247.00 |
| 21 | BEUVRONNE | H5841010 | 1 | 210.00 |
| 21 | BEUVRONNE | H5841010 | 1 | 46.00 |
| 22 | GONDOIRE | H5841010 | 1 | 50.00 |
| 22 | GONDOIRE | H5841010 | 1 | 62.00 |
| 23 | THERAIN/MAYSEL | H7742020 | 0 | 1210.19 |
| 23 | THERAIN/MAYSEL | H7900010 | 1 | 36.81 |
| 24 | NONETTE | H7813010 | 0 | 334.96 |
| 24 | NONETTE | H7900010 | 1 | 75.04 |
| 24 | NONETTE | H7900010 | 1 | 36.00 |
| 25 | THEVE | H7833520 | 0 | 57.84 |
| 25 | THEVE | H7900010 | 1 | 149.16 |
| 25 | THEVE | H7900010 | 1 | 63.00 |
| 26 | ESCHES | H7843010 | 0 | 107.34 |
| 26 | ESCHES | H7900010 | 1 | 69.66 |
| 26 | ESCHES | H7900010 | 1 | 43.00 |
| 27 | SAUSSERON | H7853010 | 0 | 102.49 |
| 27 | SAUSSERON | H7900010 | 1 | 12.51 |

| arteseine.id | arteseine.nom | BH.id | runoff | surf_km2.x |
|---------------------|----------------------|--------------|---------------|-------------------|
| 27 | SAUSSERON | H7900010 | 1 | 80.00 |
| 28 | VIOSNES | H7900010 | 1 | 198.00 |
| 28 | VIOSNES | H7900010 | 1 | 160.00 |

Aux conditions limites amont, la somme des surfaces drainées par les noeuds sélectionnés dans le modèle hydrologique doit correspondre aux surfaces drainées par les noeuds du modèle Telemac:

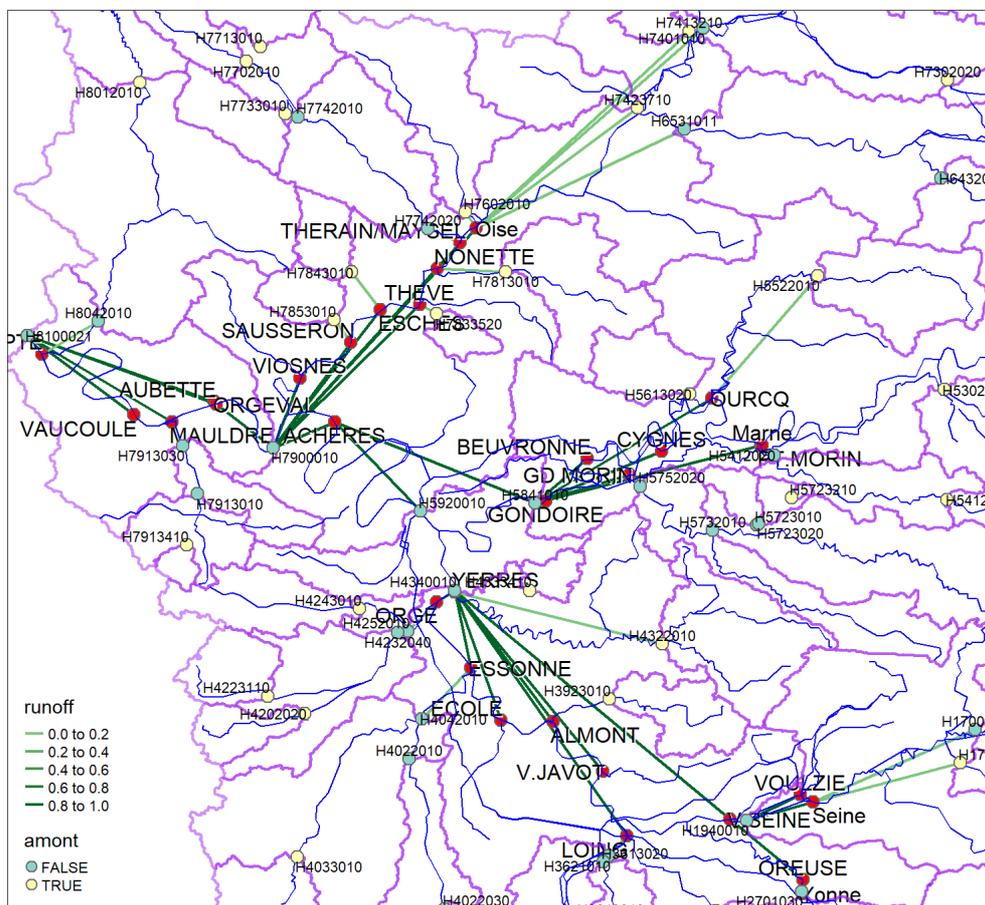
| arteseine.id | arteseine.nom | surf_km2.x | surf_tot | nb |
|---------------------|----------------------|-------------------|-----------------|-----------|
| -24 | Marne | 8761 | 8761.00 | 1 |
| -10 | Oise | 14117 | 14117.01 | 6 |
| -2 | Seine | 9682 | 9682.00 | 3 |
| -1 | Yonne | 10457 | 10456.91 | 1 |

De même, les surfaces drainées comptabilisés comme ruissellement dans le couplage doivent être inférieures ou égales à la surface des bassins versants amputés des surfaces des bassins amont.

| BH.id | runoff | surf_max | surf_tot | nb |
|--------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|
| H1700010 | 0 | 8855.94 | 8855.94 | 1 |
| H1713010 | 0 | 155.15 | 155.15 | 1 |
| H1940010 | 1 | 1164.86 | 1164.91 | 3 |
| H2701030 | 0 | 10456.91 | 10456.91 | 1 |
| H3621010 | 0 | 3916.71 | 3916.71 | 1 |
| H4042010 | 0 | 1857.42 | 1857.42 | 1 |
| H4252010 | 0 | 934.22 | 934.22 | 1 |
| H4322010 | 0 | 423.59 | 423.59 | 1 |
| H4340010 | 1 | 2627.52 | 2706.78 | 17 |
| H5412020 | 0 | 611.67 | 611.67 | 1 |
| H5522010 | 0 | 343.76 | 343.76 | 1 |
| H5752020 | 0 | 1184.81 | 1184.81 | 1 |
| H5841010 | 0 | 12547.72 | 8761.00 | 1 |
| H5841010 | 1 | 3296.39 | 1643.76 | 12 |
| H5920010 | 1 | 536.32 | 536.00 | 1 |
| H6531011 | 0 | 7810.03 | 7810.03 | 1 |
| H7401010 | 0 | 4320.26 | 4320.26 | 1 |
| H7413210 | 0 | 73.82 | 73.82 | 1 |
| H7423710 | 0 | 280.34 | 280.34 | 1 |
| H7602010 | 0 | 459.19 | 459.19 | 1 |
| H7742020 | 0 | 1210.19 | 1210.19 | 1 |
| H7813010 | 0 | 334.96 | 334.96 | 1 |

| BH.id | runoff | surf_max | surf_tot | nb |
|----------|--------|----------|----------|----|
| H7833520 | 0 | 57.84 | 57.84 | 1 |
| H7843010 | 0 | 107.34 | 107.34 | 1 |
| H7853010 | 0 | 102.49 | 102.49 | 1 |
| H7900010 | 1 | 3061.16 | 3059.55 | 14 |
| H7913030 | 0 | 389.84 | 389.84 | 1 |
| H8042010 | 0 | 1385.64 | 1385.64 | 1 |
| H8100021 | 1 | 1003.18 | 1184.52 | 9 |

La totalité de la surface drainées par le couplage est de 64329 km² et la surface drainée au niveau de l'injection "Epte" située à la plus à l'aval du modèle est de 64379 km², soit une erreur globale de 0.08 % dans le couplage.



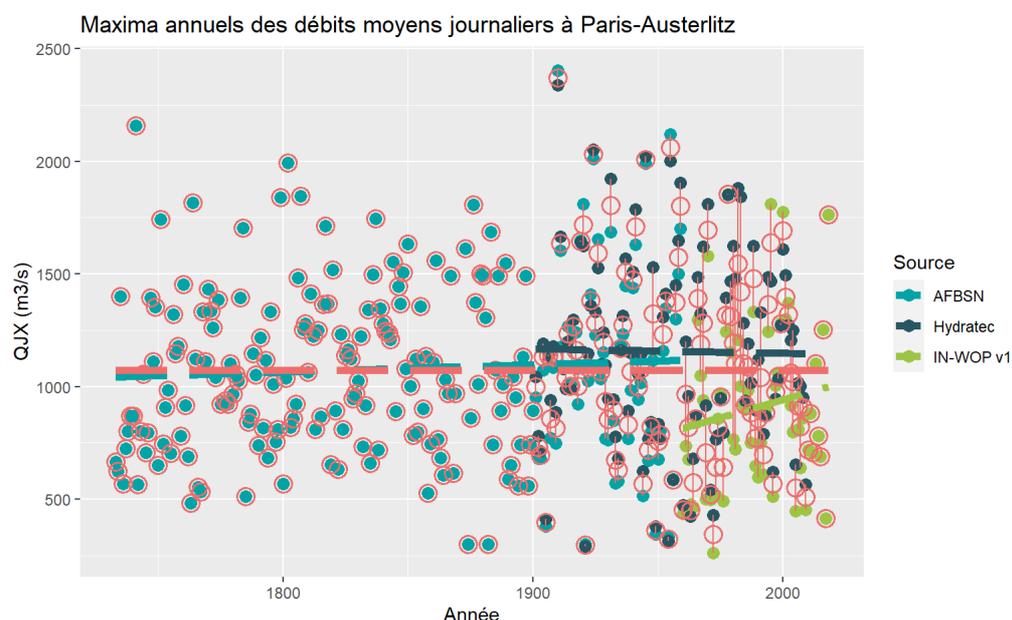
3 Détermination de la période de retour pour la crue de 1910

L'évènement qui nous intéresse ici, est la crue de 1910, ayant atteints un débit maximum situé entre 2340 et 2650 m³ selon les sources à la station Paris-Austerlitz (Lacaze et al. 2013).

Pour déterminer la période de retour de cette évènement, nous utilisons la méthode des maxima annuels sur une période allant de 1733 à 2019, soit 286 ans. Ils sont obtenus en complétant les maxima annuels enregistrés de 1733 à 1959 (AFBSN 1971) avec les maxima annuels des débits désinfluencés de 1900 à 2009 de l'étude Hydratec et de 1959 à 2019 modélisés dans le cadre du projet IN-WOP.

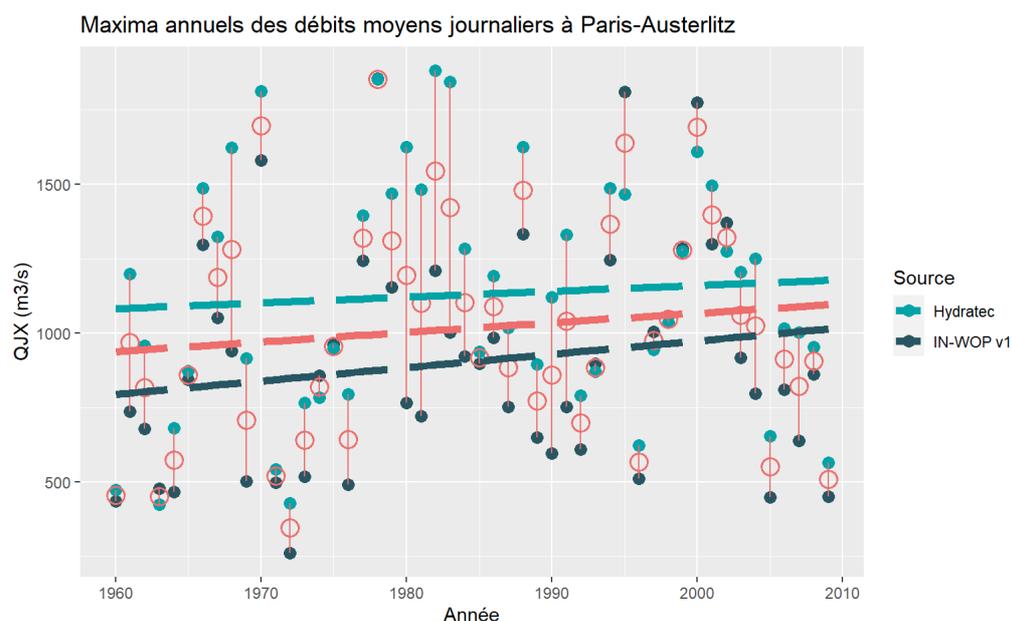
Nous pouvons ensuite calculer la probabilité de non-dépassement à partir de ces données.

Le graphique suivant représente la chronique des maxima annuels des débits moyens journaliers sur la période 1733-2019 après fusion de toutes les sources:



Les cercles rouges correspondent à la moyenne annuelle toutes sources confondues et les traits verticaux relient les valeurs minimum et maximum pour chaque année.

Les traits discontinus correspondent à la tendance de chacune des sources. Les tendances montrent une sous-estimation des débits journaliers maximum annuels pour la source IN-WOP v1 par rapport aux autres sources. A défaut de mieux, nous utiliserons la moyenne annuelle de toutes les sources pour l'évaluation de la période de retour de la crue de 1910.



La sous-estimation quasi-systématique des débits naturalisés IN-WOP ne permet pas de prendre en compte cette source pour le calcul de la période de retour de crue de 1910. Nous calculerons donc la période de retour de crue sans prendre en compte cette source.

La probabilité de dépassement du pic peut être calculé à partir de la formule de Bernard and Bos-Levenbach (1955) conseillée par Rosbjerg, Corréa, and Rasmussen (1992) :

$$P = \frac{m - 0.3}{n + 0.4}$$

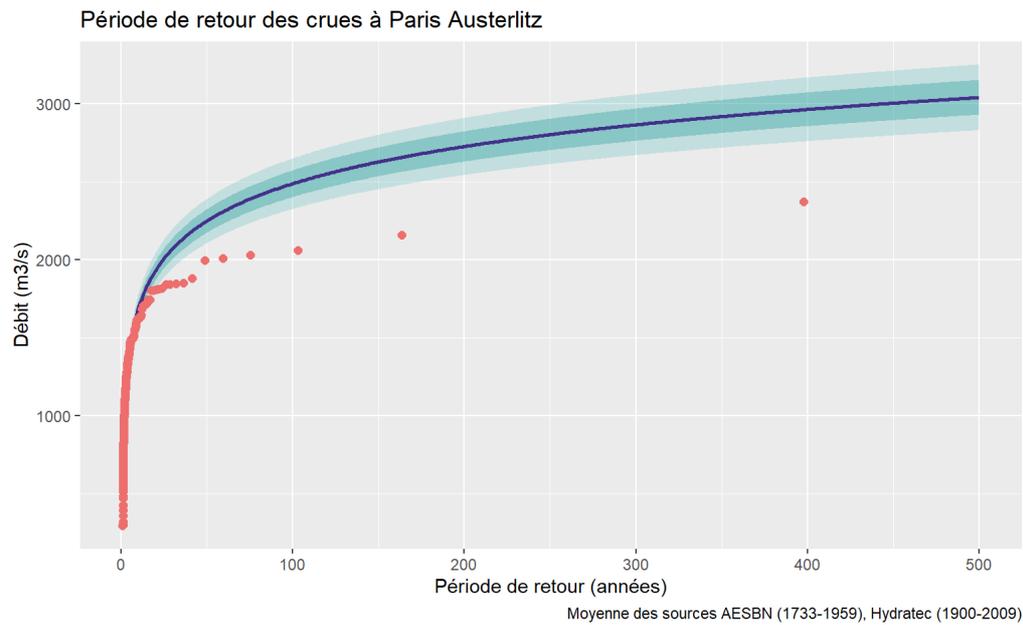
Avec m , le numéro de la crue parmi les crues ordonnées par pic décroissant et n , le nombre total de crues.

La période de retour de la crue de 1910 peut donc directement être calculée ainsi:

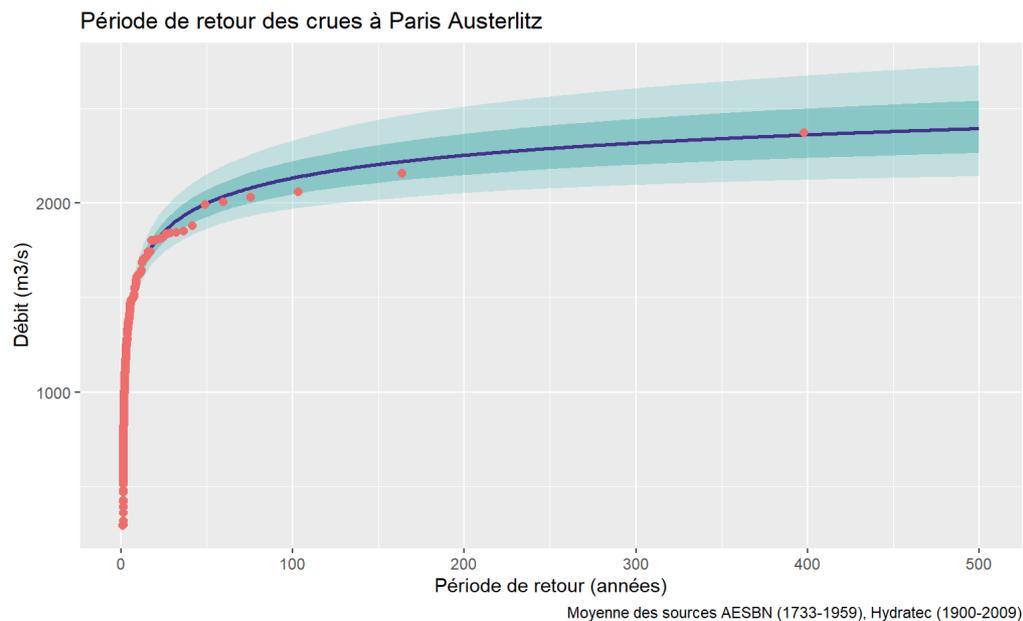
$$R = \frac{1}{P} = \frac{278 + 0.4}{1 - 0.3} = 398$$

Comme la crue de 1910 est supérieure à toutes les crues observées depuis , il y a un risque de sous-estimation de sa période de retour si celle-ci est largement supérieure à toutes les autres crues observées.

Un ajustement de l'ensemble des crues sur une loi GEV peut permettre de vérifier si le pic se situe dans l'intervalle de confiance de la loi.

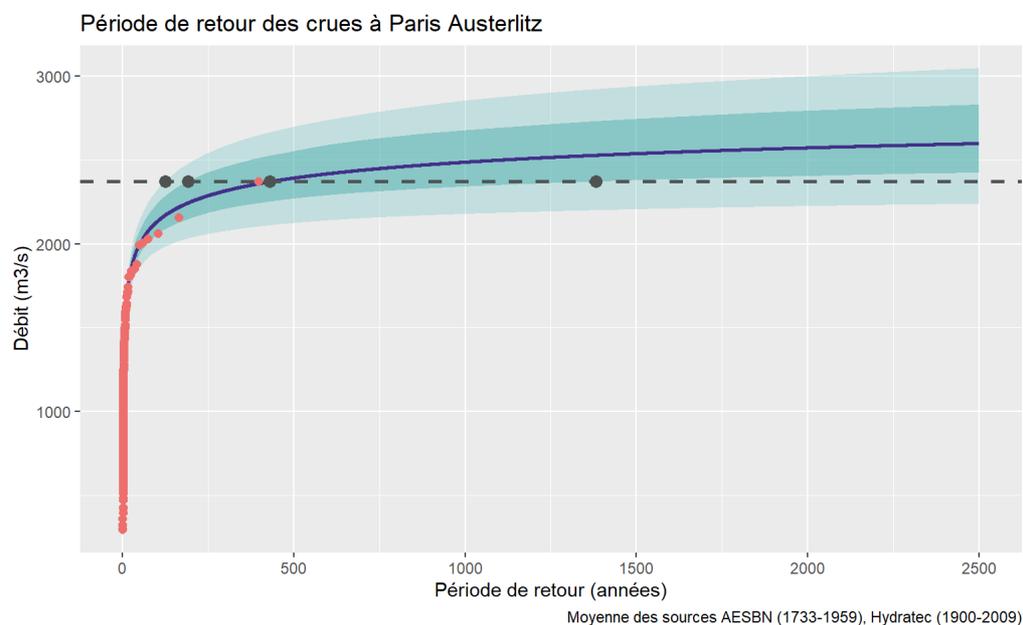


La loi de Gumbel décroche à partir de la crue décennale. Un ajustement sur une loi GEV donne de bien meilleurs résultats :



Les aires turquoise foncées et claires correspondent respectivement à l'intervalle de confiance 70 % et 95 % de l'ajustement de la loi GEV.

L'intervalle de confiance de la période de retour de la crue de 1910 peut être déterminée graphiquement de la façon suivante :



Le trait horizontal correspond au débit de la crue de 1910, soit $2370 \text{ m}^3/\text{s}$.

La période de retour de la crue de 1910 a alors :

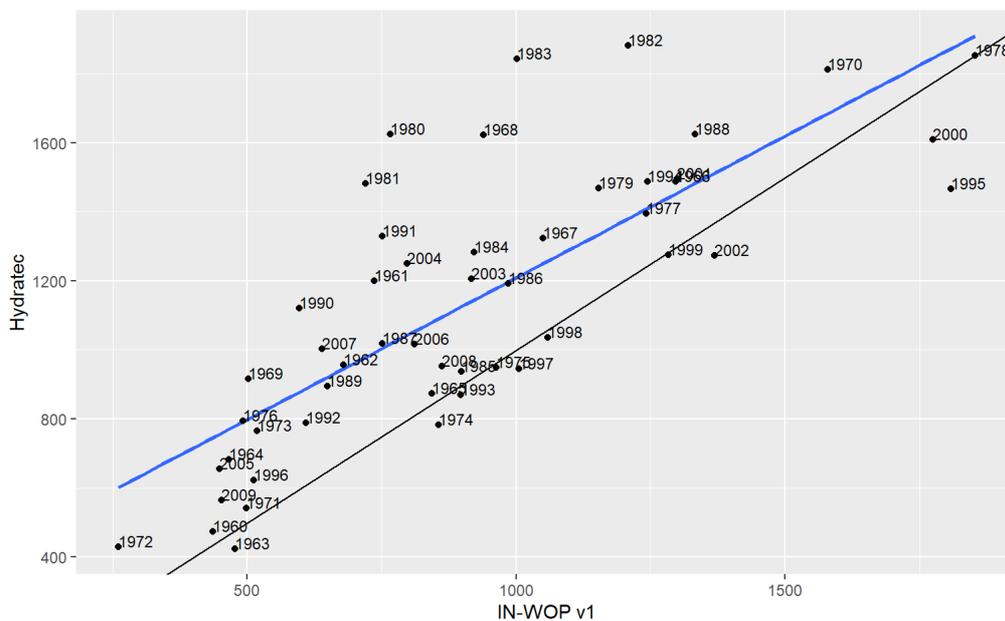
- 2 % de chance d'être inférieure à 120 ans,

- 15 % de chance d'être inférieure à 190 ans,
- 50 % de chance d'être inférieure à 430 ans,
- 85 % de chance d'être inférieure à 1400 ans.

Pour la suite, nous évaluerons la période de retour de la crue de 1910 à 430 ans.

4 Etude du biais des débits naturalisés IN-WOP

Le graphique ci-dessous montre que l'écart entre les pics de crues du modèle IN-WOP par rapport au modèle Hydratec sur la période commune 1960-2009 :



La droite noire correspond à la bissectrice $y = x$ et la droite bleue correspond à la régression linéaire $Q_{hydrathec} = f(Q_{IN-WOP})$. Cette dernière a un coefficient de corrélation de 0.6. Vu la dispersion des écarts entre les deux séries, il n'est pas raisonnable d'établir un biais systématique qui pourrait être corrigé sur la seule base des débits simulés.

De plus, pour les besoins du couplage, le débiaisage doit s'effectuer sur l'ensemble des apports amonts et intermédiaires pour lesquels il n'existe pas de base de comparaison. Une extrapolation du biais sur l'ensemble de ces apports se révélerait d'autant plus hasardeuse.

5 Sélection des événements de crue dans les projections climatiques Explore 2

Pour chaque profil représentatif d'évolution de concentration de GES (RCP), l'objectif est de sélectionner la crue de même période de retour que celle de 1910 à la station de Paris-Austerlitz et pour l'ensemble des scénarios GCM/RCM avec les débits naturalisés simulé par le modèle IN-WOP.

Chaque série chronologique de scénario climatique à une durée d'environ 150 ans. Nous allons concaténer les séries des 11 scénarios afin d'obtenir une chronique de 1606 ans. L'analyse de cette chronique va nous permettre de déterminer l'évènement de crue le plus proche au sein de ces scénario GCM/RCM, d'une crue de période de retour similaire à celle de 1910.

Pour sélectionner les évènements de crue, nous utilisons la méthode "Peak over Threshold (POT)", décrite par Lang, Ouarda, and Bobée (1999). Le seuil de sélection des crues est calculé de façon à obtenir une moyenne d'un évènement de crue par an.

L'évènement correspondant à la période de retour choisie, est sélectionné en ordonnant les pics de crue dans l'ordre décroissant et en utilisant la formule de Bernard and Bos-Levenbach (1955).

Le numéro de la crue correspondant à une probabilité de non dépassement est alors:

$$m = P \times (n + 0.4) + 0.3$$

Pour exemple, une crue de période de retour 430 ans (Probabilité de dépassement de 0.233 %) et une chronique d'une durée totale de 1606 ans, on obtient:

$$m = 0.0023256 \times (1606 + 0.4) + 0.3 = 4.04$$

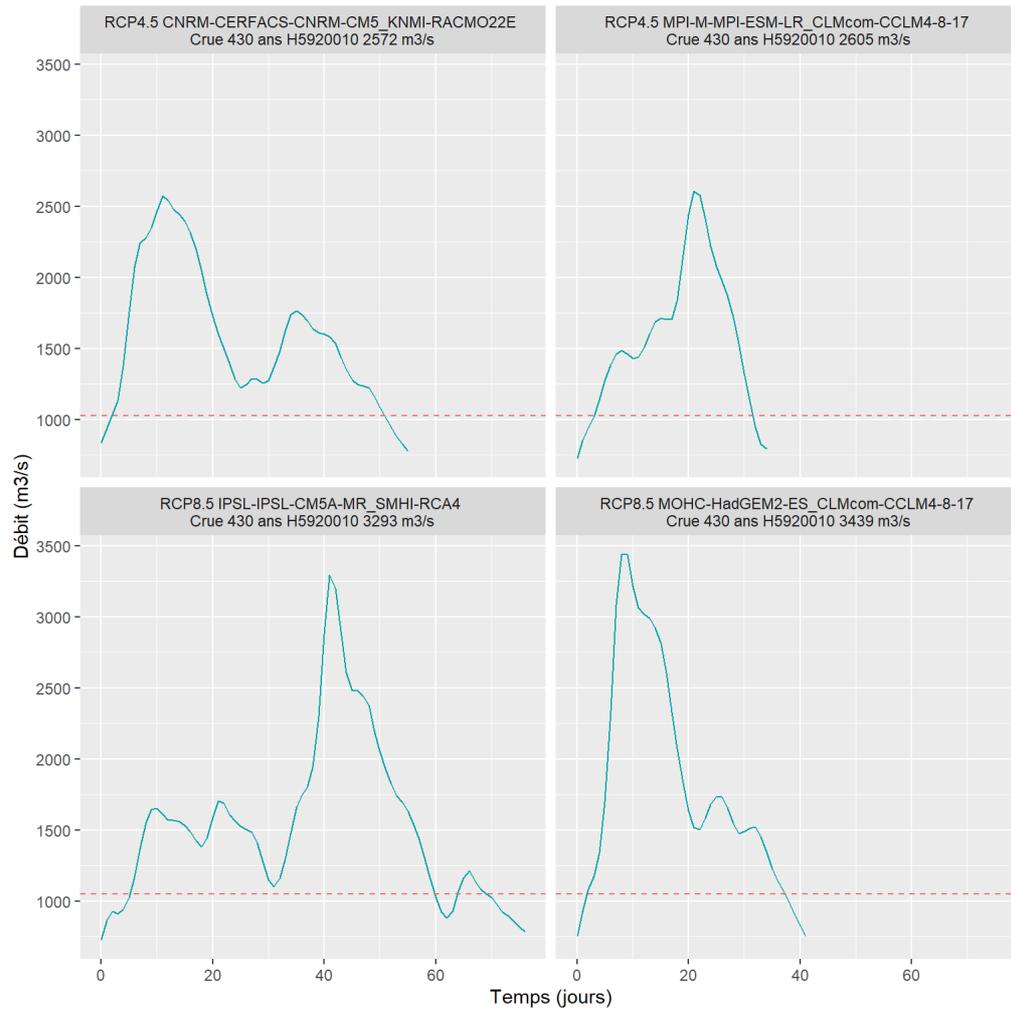
Pour chaque profil d'émission RCP, les 4^{er} et 5^{ème} évènements de crue classés par pics décroissants devraient correspondre à la crue de période de retour moyenne sur l'ensemble des 11 scénarios GCM/RCM.

5.1 Selection des crues similaires à une crue de période de retour 430 ans

Les caractéristiques des évènements sélectionnés est résumée dans le tableau suivant:

| rep | scenario | seuil | pic | debut | fin | duree |
|-----|-------------------------------------|-------|------|------------|------------|---------|
| 45 | MPI-M-MPI-ESM-LR_CLMcom-CCLM4-8-17 | 1027 | 2605 | 11/01/2058 | 14/02/2058 | 34 days |
| 45 | CNRM-CERFACS-CNRM-CM5_KNMI-RACMO22E | 1027 | 2572 | 02/01/2056 | 26/02/2056 | 55 days |
| 85 | MOHC-HadGEM2-ES_CLMcom-CCLM4-8-17 | 1053 | 3439 | 06/02/2080 | 18/03/2080 | 41 days |
| 85 | IPSL-IPSL-CM5A-MR_SMHI-RCA4 | 1053 | 3293 | 08/01/2064 | 24/03/2064 | 76 days |

Le graphique suivant représente les évènements de ces crues sélectionnées classées dans l'ordre croissant des pics. Chaque crue est identifiée par la valeur de son pic en m³/s.



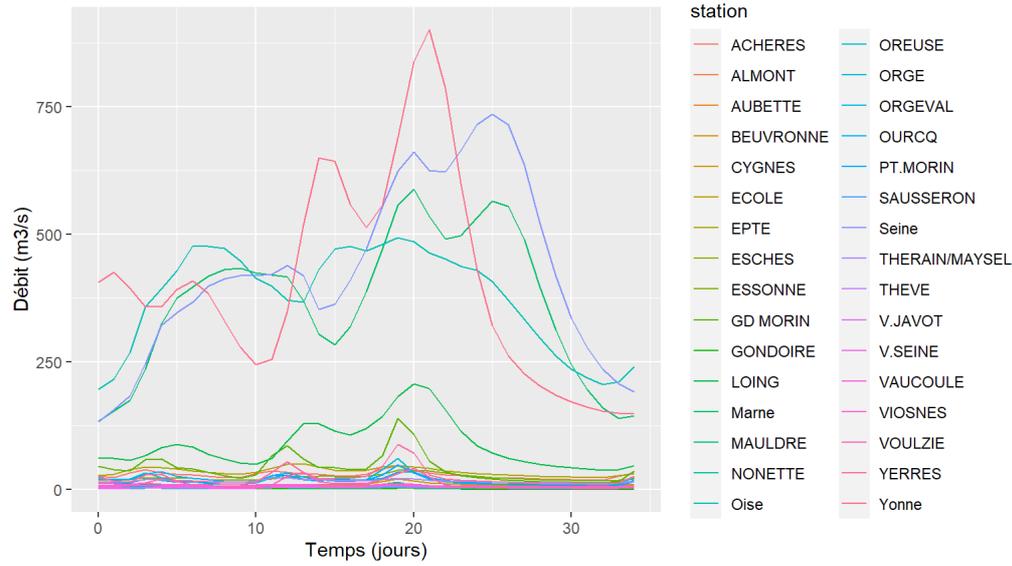
6 Conversion des chroniques au format Mascaret

Pour chaque évènement de crue, la conversion consiste à créer deux fichiers : "Tab_CL.tsv" contenant les chroniques des 4 affluents (Marne, Oise, Seine, Yonne) et "Tab_Apports" contenant les chroniques des apports à l'intérieur du modèle Mascaret.

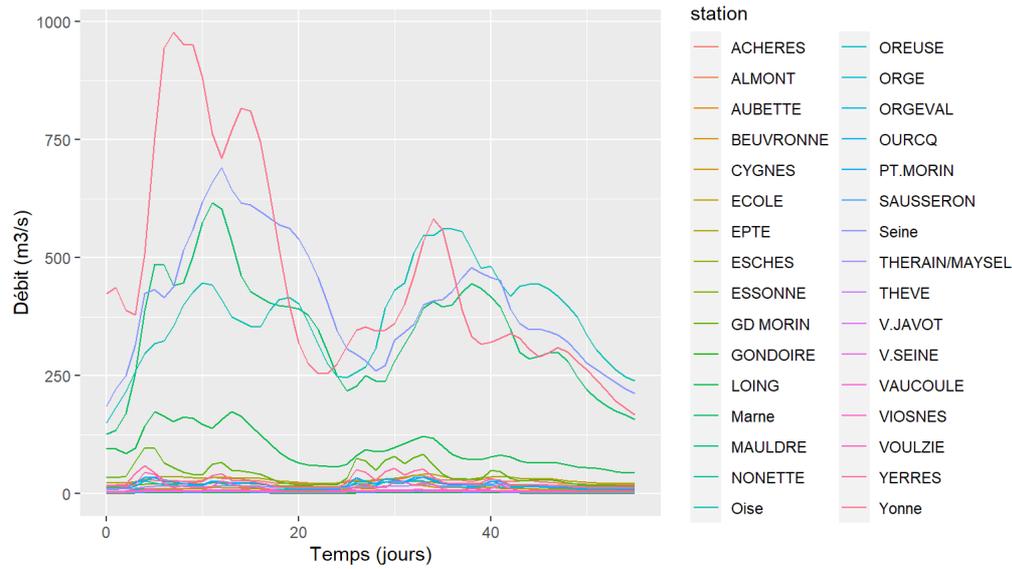
Les fichiers sont téléchargeables à l'adresse: <https://nextcloud.inrae.fr/s/HkTA6ZpxnTE6Xxy>

Les graphiques ci-dessous combinent les chroniques des affluents et des apports pour chaque évènement de crue.

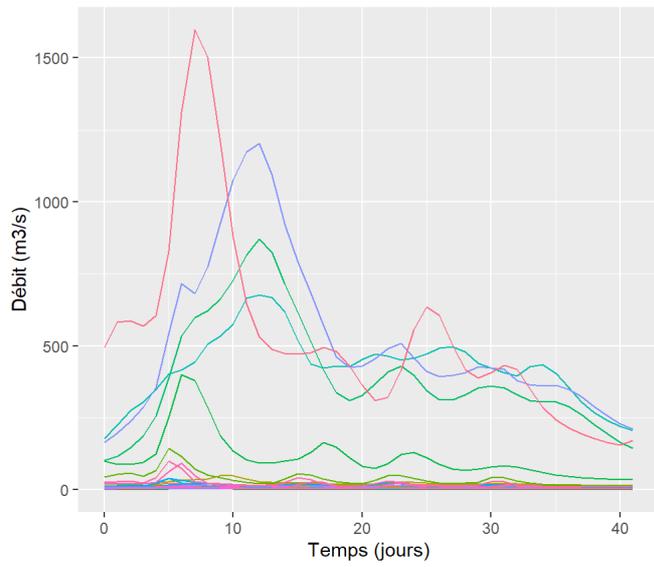
RCP4.5 MPI-M-MPI-ESM-LR_CLMcom-CCLM4-8-17
Crue 430 ans H5920010 2605 m3/s



RCP4.5 CNRM-CERFACS-CNRM-CM5_KNMI-RACMO22E
Crue 430 ans H5920010 2572 m3/s

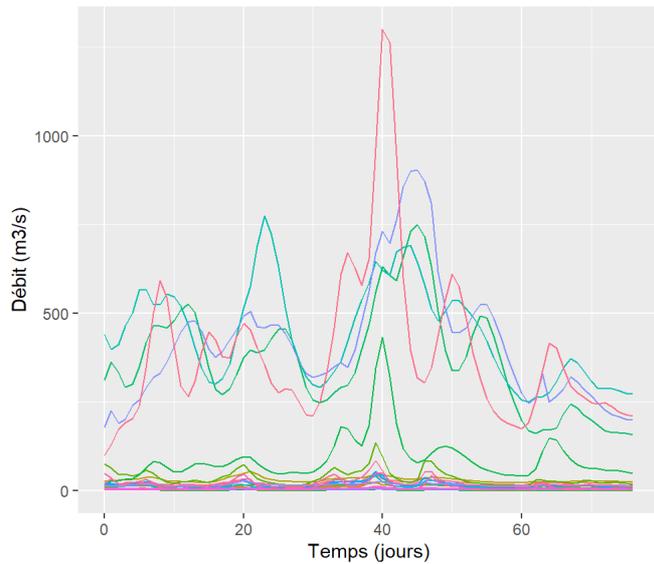


RCP8.5 MOHC-HadGEM2-ES_CLMcom-CCLM4-8-17
Crue 430 ans H5920010 3439 m3/s



- station
- ACHERES
 - ALMONT
 - AUBETTE
 - BEUVRONNE
 - CYGNES
 - ECOLE
 - EPTÉ
 - ESCHES
 - ESSONNE
 - GD MORIN
 - GONDOIRE
 - LOING
 - Marne
 - MAULDRE
 - NONETTE
 - Oise
 - OREUSE
 - ORGE
 - ORGEVAL
 - OURCQ
 - PT.MORIN
 - SAUSSERON
 - Seine
 - THERAIN/MAYSEL
 - THEVE
 - V.JAVOT
 - V.SEINE
 - VAUCOULE
 - VIOSNES
 - VOULZIE
 - YERRES
 - Yonne

RCP8.5 IPSL-IPSL-CM5A-MR_SMHI-RCA4
Crue 430 ans H5920010 3293 m3/s



- station
- ACHERES
 - ALMONT
 - AUBETTE
 - BEUVRONNE
 - CYGNES
 - ECOLE
 - EPTÉ
 - ESCHES
 - ESSONNE
 - GD MORIN
 - GONDOIRE
 - LOING
 - Marne
 - MAULDRE
 - NONETTE
 - Oise
 - OREUSE
 - ORGE
 - ORGEVAL
 - OURCQ
 - PT.MORIN
 - SAUSSERON
 - Seine
 - THERAIN/MAYSEL
 - THEVE
 - V.JAVOT
 - V.SEINE
 - VAUCOULE
 - VIOSNES
 - VOULZIE
 - YERRES
 - Yonne

Références

AFBSN. 1971. "Tome 1 - Ressources d'eau Et Données Hydrologiques." Les Bassins de La Seine Et Des Cours d'eau Normands. AFBSN.

Bernard, A., and E. J. Bos-Levenbach. 1955. "The Plotting of Observations on Probability-Paper." SP 30A. Stichting Mathematisch Centrum. Statistische Afdeling. Amsterdam: Stichting Mathematisch Centrum. <https://ir.cwi.nl/pub/8241/8241D.pdf>.

Lacaze, Yan, Emmanuel Raimbault, Sylvain Chesneau, Jean-Pédro Silva, and Carine Chaléon. 2013. "Analyse de cohérence des données hydrométriques pour la validation du débit de la crue de 1910 à Paris. Ou "De la valeur du jaugeage."." *Journées de l'hydraulique* 35 (1): 1–10. https://www.persee.fr/doc/jhydr_0000-0001_2013_act_35_1_1340.

Lang, M., T. B. M. J. Ouarda, and B. Bobée. 1999. "Towards Operational Guidelines for over-Threshold Modeling." *Journal of Hydrology* 225 (3-4): 103–17. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(99\)00167-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(99)00167-5).

Rosbjerg, D., J. Corrêa, and P. F. Rasmussen. 1992. "Justification Des Formules de Probabilité Empirique Basées Sur La Médiane de La Statistique d'ordre." *Revue Des Sciences de l'eau* 5 (4): 529. <https://doi.org/10.7202/705145ar>.

