

Projet ANR-08-RISK-03-01

Prédétermination des valeurs extrêmes de pluies et de crues (EXTRAFLO)

Programme RISKNAT 2008

Tâche III : Inter-comparaison des méthodes probabilistes

Rapport III.2 « *Comparaison des méthodes locales pour
l'estimation des crues extrêmes* »

Date : Septembre 2012

Rapport réalisé par :

⁽¹⁾ Irstea, Centre de Lyon HHLY

Avec la participation de :

⁽²⁾ Irstea, Centre d'Aix-en-Provence, OHAX

Auteurs :

B. Renard¹, K. Kochanek¹, P. Arnaud², M. Lang¹



SOMMAIRE

1. Introduction	3
2. Implémentations évaluées	3
3. Données utilisées et décompositions pour la justesse et la stabilité	3
3.1. Données utilisées	3
3.2. Décompositions pour la justesse	5
3.3. Décompositions pour la stabilité	5
4. Résultats pour les débits journaliers	7
4.1. Analyse préliminaire : quelle méthode d'estimation pour l'ajustement d'une distribution ?	7
4.2. Différences constatées entre les implémentations	8
4.3. Comparaison de la justesse et de la stabilité des implémentations	10
5. Résultats pour les débits instantanés	14
5.1. Justesse générale	14
5.2. Impact de la région hydro-géo-climatique	15
6. Conclusions et recommandations	16
7. Références	17

1. Introduction

L'objectif de l'action 2 est de comparer des implémentations dites « locales », possédant les propriétés suivantes :

- Elles utilisent uniquement les données de débit du site cible, plus éventuellement des variables de forçage (e.g. pluies).
- Elles ne permettent pas le transfert de l'estimation vers des sites non jaugés.

2. Implémentations évaluées

Le Tableau 1 résume les implémentations évaluées, qui appartiennent à deux grandes familles de méthodes d'estimation :

- La famille des méthodes visant à ajuster une distribution à un échantillon « extrême » extrait de chaque chronique locale (typiquement, les débits maxima annuels de chaque site). De nombreuses variantes sont étudiées, incluant diverses distributions et diverses méthodes d'estimation (cf. le rapport II.2 pour les détails techniques de chaque implémentation).
- La méthode SHYPRE, qui couple un générateur de pluie avec un modèle pluie-débit (cf. le rapport II.2 pour les détails techniques). C'est la version SHYREG local qui est utilisée pour cette action.

Tableau 1. Liste des compétiteurs. Les éléments en rouge sont les notations utilisées dans la suite de ce rapport pour désigner les implémentations évaluées

Famille	Distributions	Méthode d'estimation
Ajustement d'une distribution	Log-Normal (LN2), Pearson III (Pe3), Log-Pearson III (LP3), Gumbel (Gu2), GEV (GEV3)	Bayésien (BAY), Moments (MOM), Maximum de vraisemblance (ML), L-moments (LMOM)
SHYPRE	/	/

3. Données utilisées et décompositions pour la justesse et la stabilité

3.1. Données utilisées

En débit journalier, les chroniques longues d'au moins 40 ans ont été extraites du jeu de données EXTRAFLO. La Figure 1 montre la répartition géographique des 519 stations hydrométriques correspondantes, ainsi que l'appartenance de chaque station à une région hydro-géo-climatique. Ces régions correspondent aux hydro-éco-régions définies par *Wasson et al.* [2004], modulo quelques regroupements visant à éviter des régions quasiment vides de toute station.

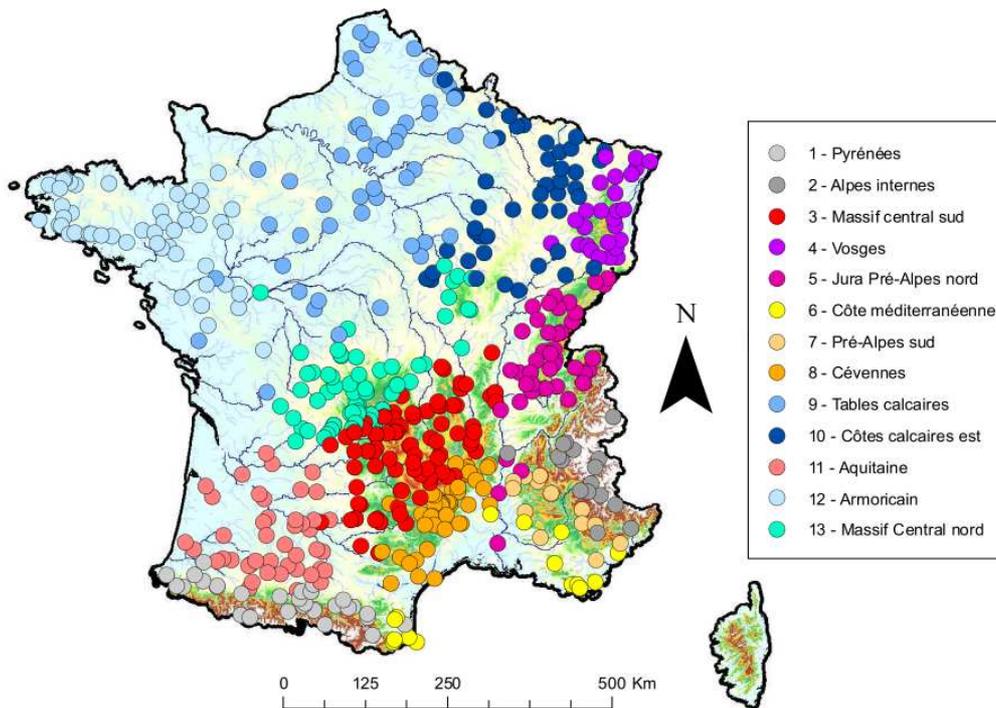


Figure 1. Données utilisées pour l'action 2 en débit journalier (chroniques supérieures à 40 ans).

Un second jeu de données a été mis en place afin d'étudier les débits de pointe. Malheureusement, l'ancienneté des chroniques de débit à pas de temps fin est bien plus faible que pour les débits journaliers, ce qui nous a conduit à revoir à la baisse le critère d'ancienneté : les séries possédant au moins vingt ans de données ont ainsi été sélectionnées. La Figure 2 montre la répartition géographique de ces 605 séries.

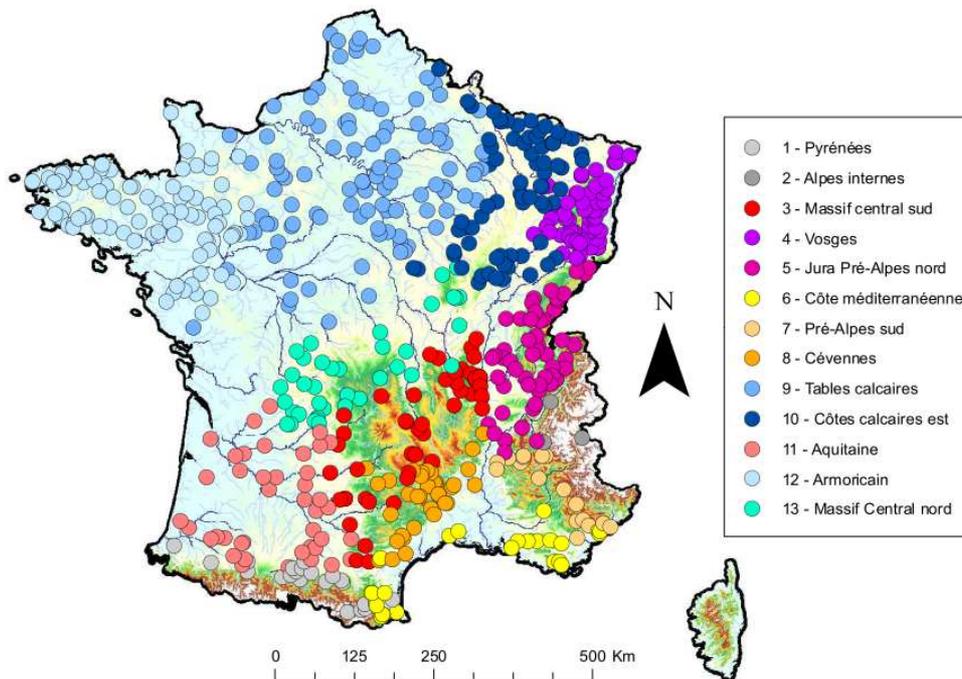


Figure 2. Données utilisées pour l'action 2 en débit instantané (chroniques supérieures à 20 ans).

3.2. Décompositions pour la justesse

L'estimation en site non jaugé n'étant pas possible, la décomposition en calage/validation (C/V) ne peut être que temporelle (d'où la nécessité de travailler avec de longues séries). La Figure 3 illustre une telle décomposition. Chaque bâtonnet représente une station, chaque carré une année de mesure. En pratique, la décomposition C/V est effectuée comme suit :

- On fixe le pourcentage p d'années disponibles utilisées pour le calage, le complément étant réservé à la validation. La longueur des séries de validation est privilégiée afin de valider les méthodes dans le domaine de l'extrapolation. On prendra ici $p = 50\%$ (décomposition C50V50) ou 33% (décomposition C33V66).
- Les années de calage sont tirées indépendamment pour chaque station. En d'autres termes, les années de calage ne sont pas communes à toutes les stations, afin de minimiser tout risque de biais lié au choix des années.

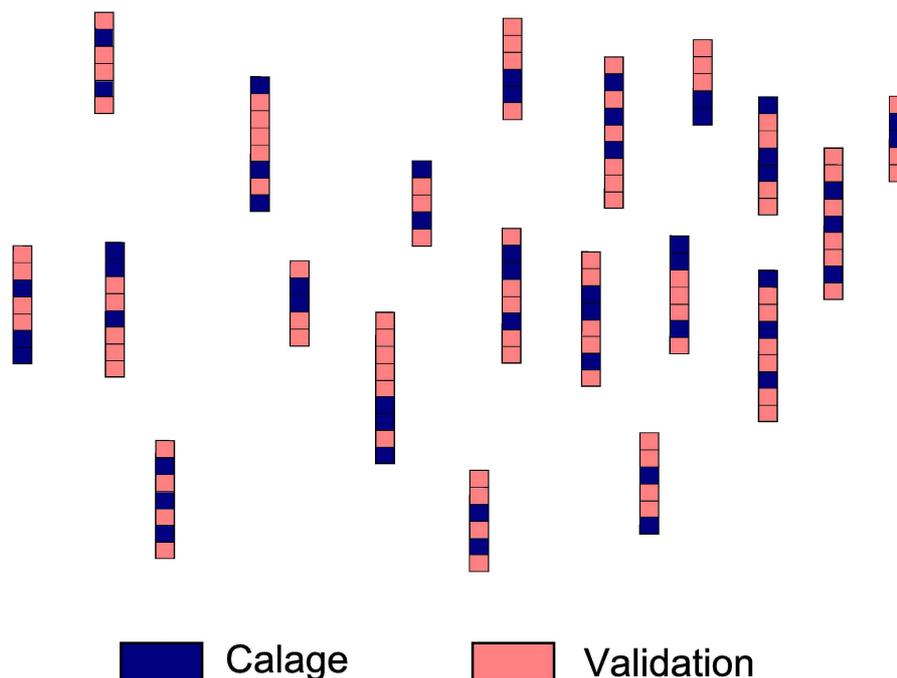


Figure 3. Décomposition C/V pour l'action 2. Dans cette représentation schématique, chaque barre verticale représente une station, et est formée de carrés représentant les années de données disponibles. Certaines années sont utilisées pour le calage de l'implémentation (en bleu), d'autres sont préservées pour la validation (en rouge). Le choix des années de calage et de validation est aléatoire, et est effectué indépendamment sur chaque station.

3.3. Décompositions pour la stabilité

Deux décompositions sont considérées pour évaluer la stabilité des méthodes. La première (Figure 4) consiste simplement à choisir aléatoirement n années pour constituer la période C1, et n autres années pour la période C2 (caractéristiques du tirage aléatoire identiques à la description en section précédente 3.2). On prendra ici $n = 10$ (C1C2_10), 15 (C1C2_15) et 20 (C1C2_20).

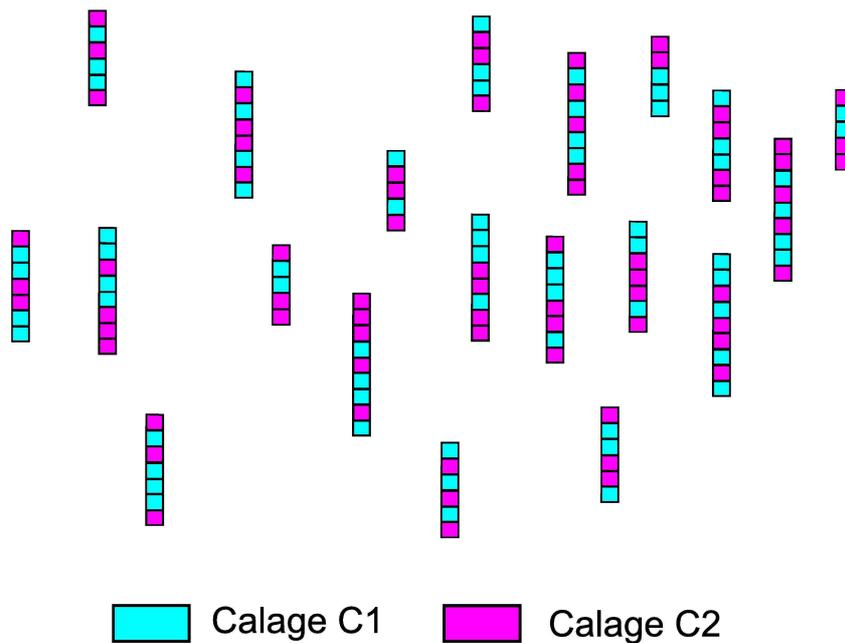


Figure 4. Première stratégie de décomposition C1/C2 pour les méthodes purement locales (Type I). La représentation est similaire à celle utilisée en Figure 3.

La seconde décomposition (Figure 5) vise plus spécifiquement à évaluer la robustesse aux valeurs exceptionnelles. Elle est définie comme suit :

- C1 = n années choisies aléatoirement
- C2 = les mêmes n années, à l'exclusion de l'année contenant la plus forte valeur.

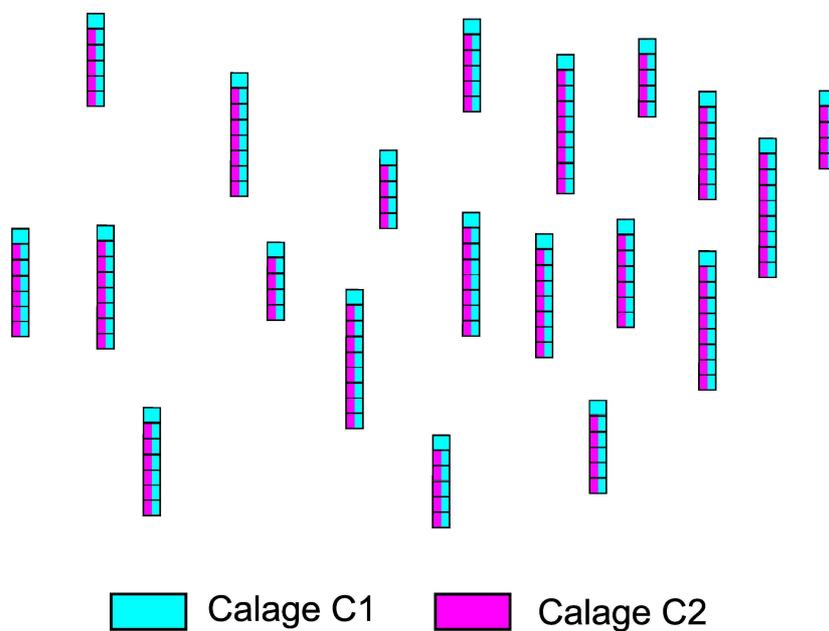


Figure 5. Seconde stratégie de décomposition C1/C2 pour les méthodes purement locales (Type II). Le carré le plus haut sur chaque bâtonnet représente la valeur la plus forte. La représentation est similaire à celle utilisée en Figure 3.

4. Résultats pour les débits journaliers

4.1. Analyse préliminaire : quelle méthode d'estimation pour l'ajustement d'une distribution ?

Dans un premier temps, le rôle de la méthode d'estimation a été étudié. La Figure 6 montre les diagrammes de justesse à partir du critère FF (cf. le rapport II.1 « *Méthodologie de comparaison* »), pour une distribution particulière (GEV). La Figure 6a montre que la méthode d'estimation ne joue qu'un rôle marginal dans la justesse de l'estimation centrale. Les différences sont plus marquées pour la distribution prédictive (Figure 6b) : en particulier l'estimation par maximum de vraisemblance (ML) ou par approche Bayésienne (BAYES) semble conduire à des courbes plus proches de la diagonale, suggérant une quantification plus fiable des incertitudes d'estimation.

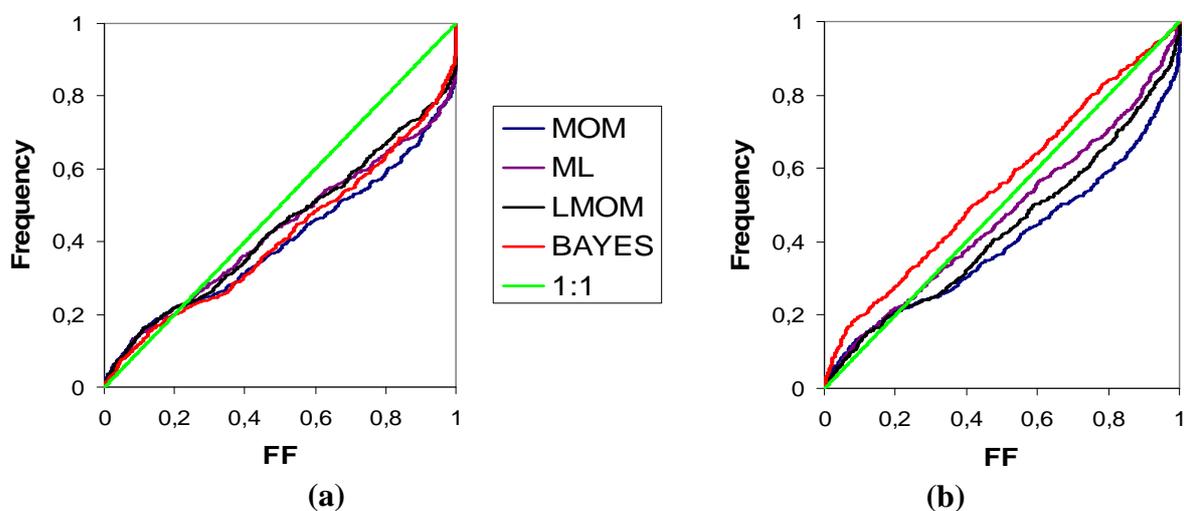


Figure 6. Comparaison des méthodes d'estimation pour la distribution GEV en termes de justesse (Décomposition : C33V66, validation). (a) Estimation centrale ; (b) distribution prédictive.

En termes de stabilité, les différences entre les quatre méthodes d'estimation sont également modérées, comme illustré en Figure 7 pour les indices $SPAN_{10}$ et $SPAN_{100}$ (cf. le rapport II.1 « *Méthodologie de comparaison* »). Les quatre méthodes d'estimation sont indiscernables en termes de stabilité pour l'estimation d'un quantile décennal. Des différences plus marquées apparaissent pour l'estimation du quantile centennal, la méthode du maximum de vraisemblance apparaissant moins stable que les autres. A la vue de ces résultats, et afin d'éviter la profusion des implémentations à comparer, les comparaisons ultérieures se limiteront à la méthode d'estimation bayésienne.

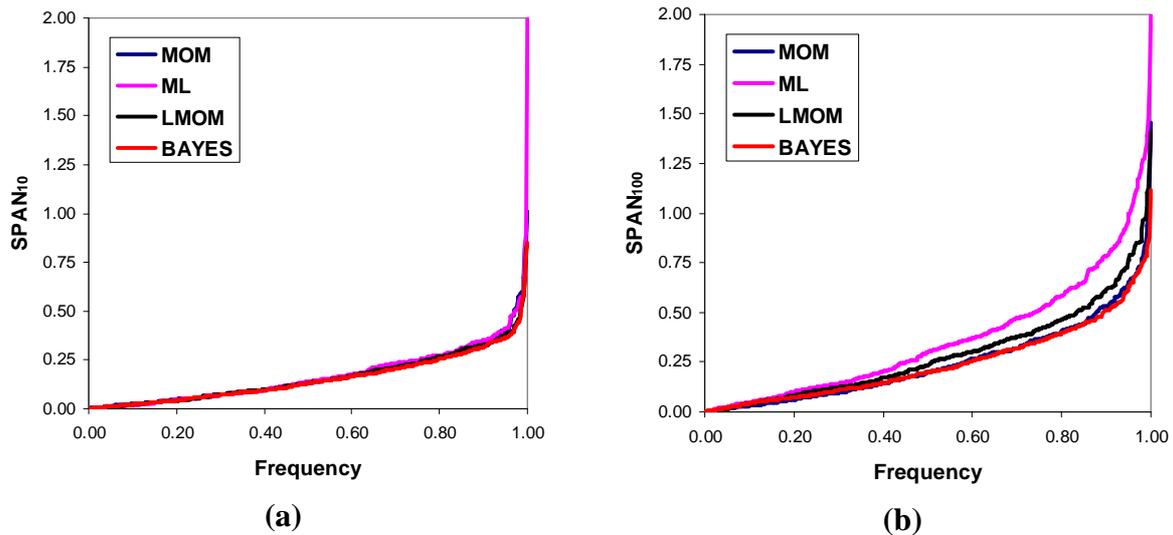


Figure 7. Comparaison des méthodes d'estimation pour la distribution GEV en termes de stabilité (Type I, Décomposition : C1C2_20, estimation centrale). (a) $SPAN_{10}$; (b) $SPAN_{100}$.

4.2. Différences constatées entre les implémentations

Avant de comparer les implémentations candidates en termes de justesse et stabilité, nous illustrons les différences constatées sur l'estimation de quelques quantiles caractéristiques. La Figure 8 compare ainsi les quantiles décennaux estimés par chaque implémentation avec le quantile décennal estimé par une loi de Gumbel, considéré comme une référence.

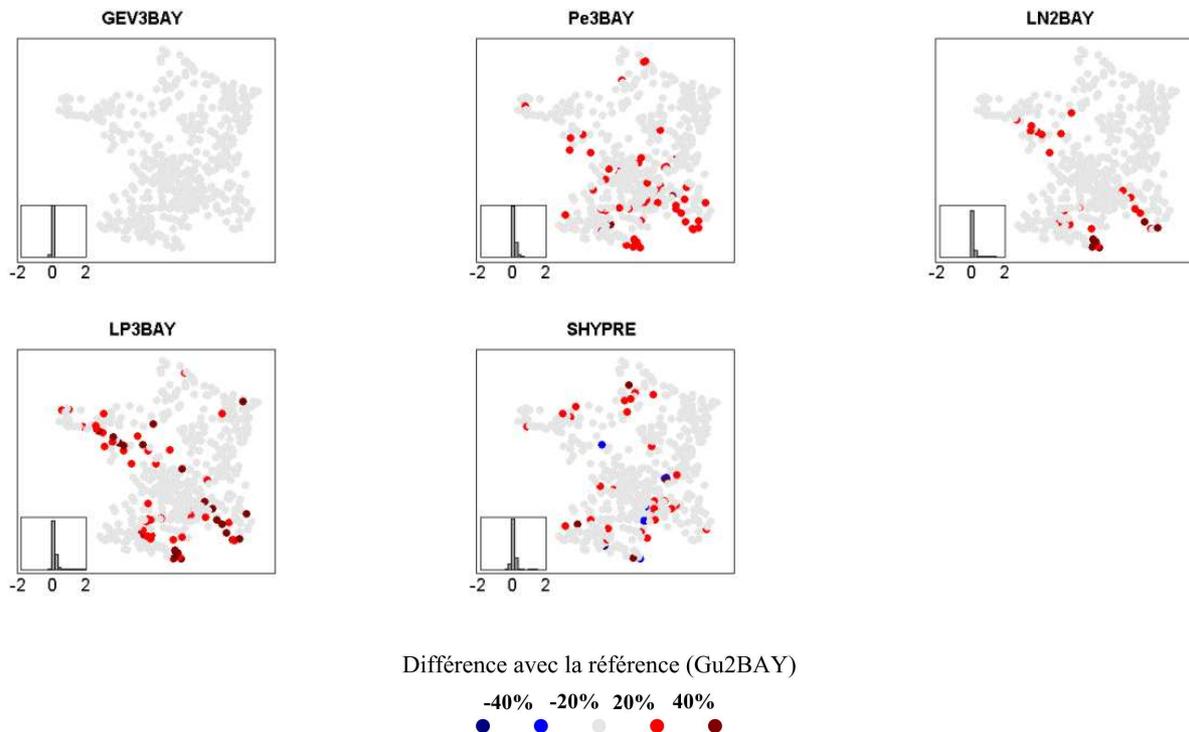


Figure 8. Estimation des quantiles décennaux : différence relative avec l'implémentation Gu2BAY. L'histogramme des différences relatives est affiché en bas à gauche de chaque cadre.

Pour ce niveau de quantile, on n'observe aucune différence marquée entre la loi de Gumbel et la loi GEV. Des différences apparaissent déjà pour les distributions de Pearson, Log-normales

ou Log-Pearson, et ces différences vont dans le sens de quantiles décennaux plus élevés qu'avec une loi de Gumbel. Enfin, des différences apparaissent également avec l'estimation SHYPRE, qui conduit en général à des quantiles décennaux plus élevés, malgré quelques exceptions localement.

Les différences constatées pour les quantiles centennaux sont bien plus marquées (Figure 9). Concernant la loi GEV, on observe à la fois des estimations inférieures et supérieures à l'estimation de Gumbel. On peut remarquer que dans le quart Sud-Est, les quantiles centennaux sont généralement supérieurs avec une loi GEV, alors qu'ils sont plus souvent inférieurs dans le reste du pays. Concernant les lois de Pearson, Log-Normale et Log-Pearson, les quantiles centennaux sont toujours supérieurs à ceux estimés par une loi de Gumbel. En particulier, la loi de Log-Pearson conduit à des estimations très nettement supérieures à celles issues d'une loi de Gumbel. Enfin, les quantiles centennaux estimés par SHYPRE sont également en général supérieurs à ceux d'une loi de Gumbel, en particulier sur le pourtour méditerranéen et dans le nord-ouest du pays.

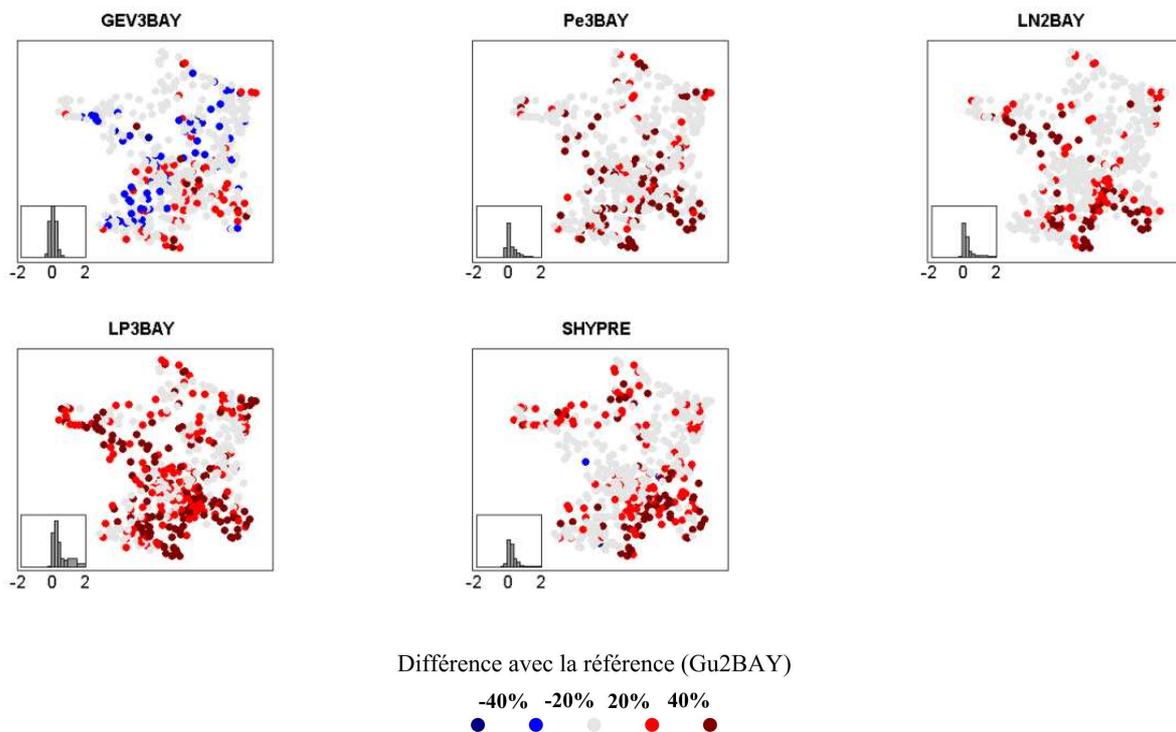


Figure 9. Estimation des quantiles centennaux : différence relative avec l'implémentation Gu2BAY.

4.3. Comparaison de la justesse et de la stabilité des implémentations

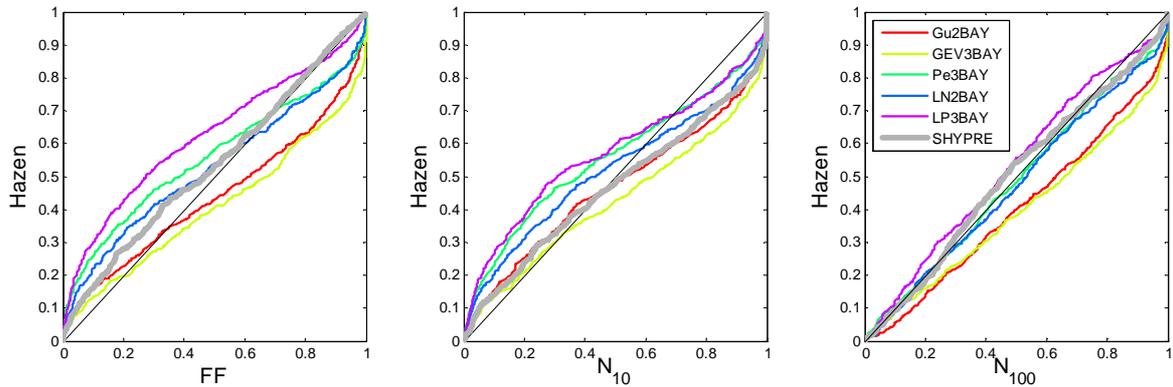


Figure 10. Indices de justesse (Décomposition : C33V66, validation, estimation centrale).

La Figure 10 compare la justesse des implémentations sur la base des indices FF , N_{10} et N_{100} . Par souci de simplicité, seuls les résultats de la décomposition C33V66 sont présentés (les résultats sont similaires pour la décomposition C50V50). De plus, les estimations centrales sont utilisées (en mode validation). Rappelons que cela revient à utiliser la « meilleure estimation » comme prédicteur, mais en ignorant les incertitudes d'estimation.

Le diagramme FF montre que dans la famille des méthodes par ajustement d'une distribution, on peut détecter un manque de justesse pour chacune des implémentations, aucune d'entre elles ne conduisant à une courbe proche de la diagonale. Pour la loi de Log-Pearson, la courbe principalement au-dessus de la diagonale suggère une tendance à sur-estimer les événements extrêmes. Inversement, les lois de Gumbel et GEV sont principalement sous la diagonale, suggérant de fréquentes sous-estimations des extrêmes. Les lois Log-Normales et de Pearson sont intermédiaires, mais ne présentent pas une justesse satisfaisante pour autant : en effet, la forme des courbes suggère une fréquence anormalement élevée de sous- et sur-estimations. À l'inverse, la méthode SHYPRE conduit à un diagramme FF bien plus proche de la diagonale, suggérant une bien meilleure fiabilité.

Le diagramme N_{10} , qui focalise sur la justesse de l'estimation du débit décennal, suggère globalement des conclusions similaires, à ceci près que la loi de Log-Pearson semble parfois sous-estimer ce quantile. On peut également noter que la supériorité de la méthode SHYPRE est moins évidente sur cet indice, la courbe FF étant très similaire à la courbe obtenue avec une loi de Gumbel.

Le diagramme N_{100} , dédié à l'estimation du débit centennal, met en évidence une tendance à la sous-estimation avec les lois GEV et Gumbel. Par contre, ce diagramme ne permet pas de mettre en évidence un clair manque de justesse pour les autres distributions, ni pour SHYPRE. Rappelons néanmoins que des courbes proches de la diagonale ne constituent pas une preuve de justesse, mais plutôt l'absence de preuve du contraire. De plus, rappelons également que si l'on peut comparer plusieurs implémentations pour un indice donné, on ne peut par contre pas comparer différents indices entre eux (par exemple, le fait que les courbes semblent plus proches de la diagonale pour N_{100} que pour N_{10} en Figure 10 ne signifie pas que l'estimation d'un quantile centennal est « plus juste » que celle d'un quantile décennal : cf. discussions dans le rapport II.1 « *Méthodologie de comparaison* »).

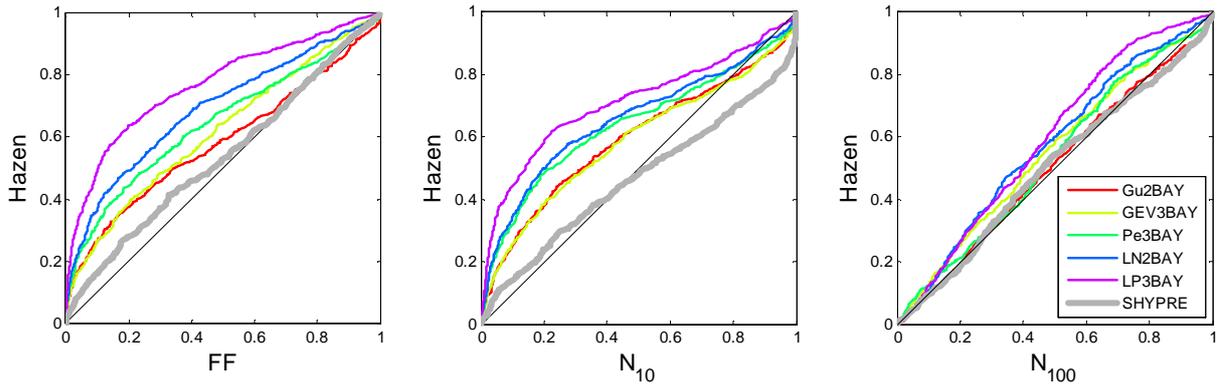


Figure 11. Indices de justesse (Décomposition : V66C33, validation, distribution prédictive).

La Figure 11 présente les mêmes diagnostics, mais appliqués cette fois-ci aux distributions prédictives (qui intègrent les incertitudes d'estimation). Précisons que comme SHYPRE ne fournit pas d'évaluation des incertitudes, nous considérons que la distribution prédictive est égale à l'estimation centrale pour SHYPRE.

Le diagramme FF montre que dans la famille des méthodes d'ajustement d'une distribution, toutes les implémentations tendent à sur-estimer les extrêmes lorsque la distribution prédictive est utilisée. Ceci vaut également pour les distributions de Gumbel et GEV, qui tendaient à *sous*-estimer les extrêmes en estimation centrale. Ces distributions prédictives restent dans tous les cas moins fiables que l'estimation fournie par SHYPRE. Après la courbe SHYPRE, la courbe la plus proche de la diagonale correspond à la loi de Gumbel, suivie par la loi GEV et la loi de Pearson. La sur-estimation est plus marquée pour les lois Log-Normale et Log-Pearson.

Les conclusions sont similaires pour le diagramme N_{10} : les courbes les plus proches de la diagonale correspondent aux distributions de Gumbel et GEV, qui sont quasiment indiscernables. Comme observé précédemment, la meilleure fiabilité de SHYPRE est moins évidente sur cet indice.

Enfin, le diagramme N_{100} ne permet plus de mettre en évidence le manque de justesse des distributions de Gumbel et GEV lorsque celles-ci sont utilisées en mode « distribution prédictive ». Inversement, on peut observer ce manque de justesse pour la distribution de Log-Pearson, alors que celui-ci ne pouvait pas être mis en évidence en mode « estimation centrale » (cf. diagramme N_{100} en Figure 10).

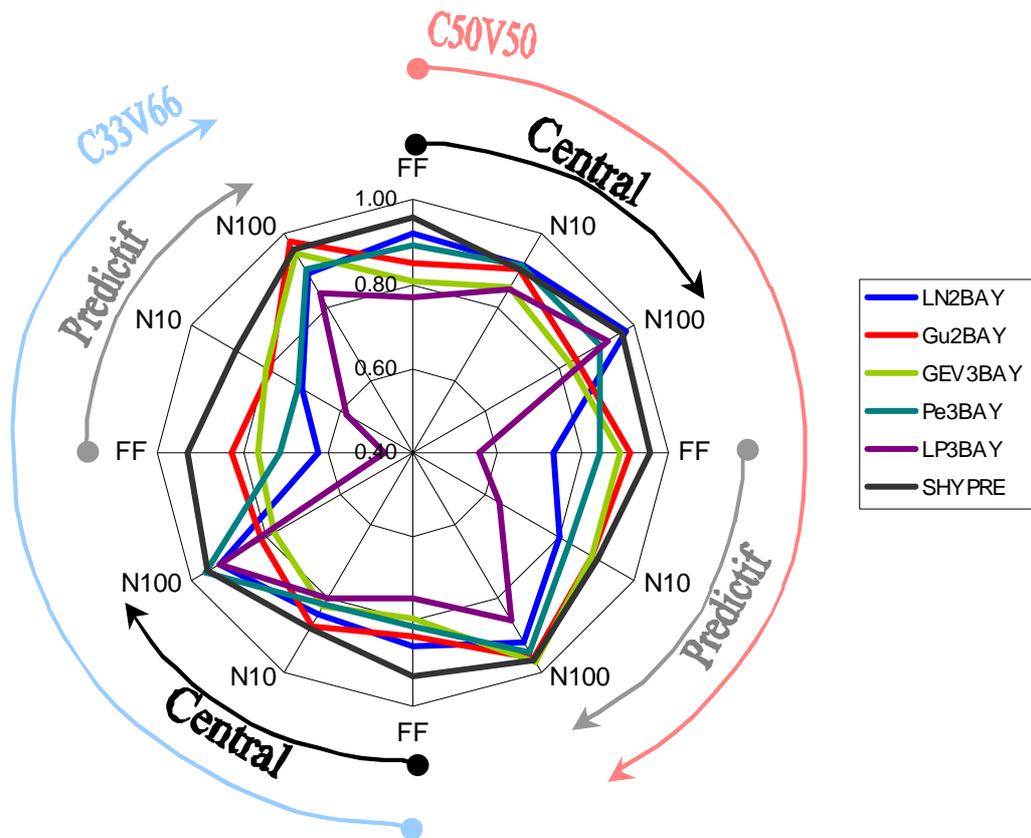


Figure 12. Résumé des performances pour toutes les décompositions de justesse.

La figure 12 permet de résumer dans un unique graphique la justesse des implémentations sur l'ensemble des décompositions réalisées. Pour ce faire, le score associé à chaque indice est calculé (cf. le rapport II.1 « *Méthodologie de comparaison* ») : ce score correspond à l'aire entre la courbe et la diagonale, normalisée pour être comprise entre 0 (faible justesse) et 1 (forte justesse).

La figure 12 confirme les conclusions précédentes : le score de SHYPRE est en général le plus fort. En estimation centrale, les scores des autres implémentations sont globalement similaires. On peut toutefois noter la moins bonne performance des distributions de Gumbel et GEV pour le score N_{100} . Toutefois, cette tendance s'inverse en distribution prédictive, puisque ces mêmes distributions de Gumbel et GEV présentent de meilleurs scores pour tous les indices. On peut également noter la moins bonne performance de la loi Log-Pearson en distribution prédictive.

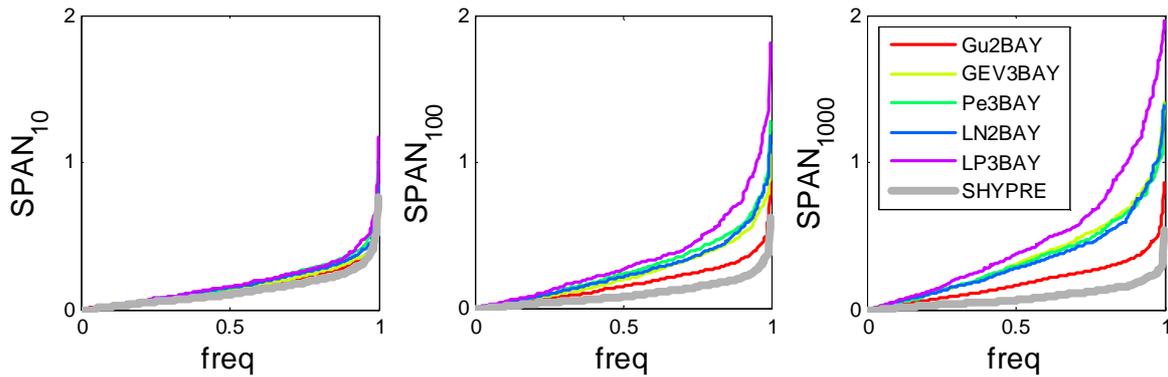


Figure 13. Indices de stabilité (Décomposition : type I, C1C2_20, estimation centrale).

La Figure 13 permet de comparer la stabilité des implémentations, sur la base d'une décomposition de type I (cf. section 3.3). Par simplicité, les résultats de la décomposition de type II ne sont pas reportés car ils conduisent à un classement similaire.

La Figure 13 montre que toutes les implémentations ont une stabilité comparable pour l'estimation du quantile décennal. Des différences plus marquées apparaissent pour des quantiles plus élevés : tout d'abord, la stabilité de SHYPRE ne se dégrade pas lorsque la période de retour augmente (SHYPRE aurait même tendance à devenir plus stable pour les forts quantiles). La stabilité de la distribution de Gumbel ne se dégrade que très peu, mais on observe une dégradation plus marquée et similaire pour les distributions GEV, Pearson et Log-normale. Enfin, la distribution de Log-Pearson est nettement la moins stable.

Pour conclure sur l'analyse des débits journaliers, notons qu'une analyse stratifiée par région hydro-géo-climatique ou par taille de bassin a été réalisée, mais sans modifier notablement les résultats présentés précédemment.

L'ensemble des scores calculés dans cette action est fourni dans le Tableau 2 (pour les indices de justesse) et le Tableau 3 (pour les indices de stabilité).

Tableau 2. Scores de justesse pour l'ensemble des décompositions effectuées dans cette action.

	C50V50						C33V66					
	Centrale			Prédictive			Centrale			Prédictive		
	FF	N10	N100	FF	N10	N100	FF	N10	N100	FF	N10	N100
LN2BAY	0.92	0.92	0.98	0.73	0.80	0.92	0.86	0.84	0.93	0.62	0.70	0.89
Gu2BAY	0.85	0.90	0.84	0.91	0.89	0.96	0.83	0.87	0.81	0.83	0.79	0.98
LN3BAY	0.92	0.91	0.96	0.73	0.77	0.92	0.86	0.84	0.92	0.63	0.69	0.87
GEV3BAY	0.81	0.85	0.82	0.89	0.89	0.97	0.79	0.82	0.78	0.77	0.80	0.95
Pe3BAY	0.89	0.91	0.91	0.84	0.83	0.94	0.81	0.82	0.96	0.71	0.71	0.90
LP3BAY	0.77	0.85	0.93	0.56	0.64	0.86	0.75	0.80	0.93	0.47	0.58	0.83
SHYPRE	0.96	0.90	0.97	0.96	0.90	0.97	0.93	0.88	0.96	0.93	0.88	0.96

Tableau 3. Scores de stabilité pour l'ensemble des décompositions effectuées dans cette action.

	Type I, C1C2_10				Type I, C1C2_15			
	Centrale		Prédictive		Centrale		Prédictive	
	SPAN10	SPAN100	SPAN10	SPAN100	SPAN10	SPAN100	SPAN10	SPAN100
LN2BAY	0.87	0.61	0.85	0.45	0.90	0.69	0.89	0.61
Gu2BAY	0.89	0.75	0.88	0.72	0.92	0.81	0.91	0.80
GEV3BAY	0.89	0.71	0.88	0.69	0.92	0.75	0.91	0.74
Pe3BAY	0.86	0.56	0.85	0.53	0.89	0.65	0.90	0.69
LP3BAY	0.85	0.38	0.80	0.18	0.88	0.53	0.86	0.42
SHYPRE	0.90	0.92	0.90	0.92	0.92	0.94	0.92	0.94

	Type I, C1C2_20				Type II, C1C2_15			
	Centrale		Prédictive		Centrale		Prédictive	
	SPAN10	SPAN100	SPAN10	SPAN100	SPAN10	SPAN100	SPAN10	SPAN100
LN2BAY	0.91	0.74	0.91	0.70	0.97	0.96	0.97	0.96
Gu2BAY	0.92	0.83	0.92	0.82	0.97	0.97	0.97	0.97
GEV3BAY	0.92	0.76	0.92	0.75	0.97	0.93	0.97	0.93
Pe3BAY	0.91	0.72	0.91	0.76	0.96	0.95	0.96	0.95
LP3BAY	0.91	0.66	0.88	0.55	0.97	0.95	0.97	0.95
SHYPRE	0.94	0.95	0.94	0.95	0.98	0.98	0.98	0.98

5. Résultats pour les débits instantanés

Les résultats pour les débits instantanés sont plus délicats à interpréter, du fait de la taille réduite des chronique qui limite la capacité à mettre en évidence un manque de fiabilité. Nous présentons simplement par la suite quelques résultats pour SHYPRE et les distributions de Gumbel et GEV.

5.1. Justesse générale

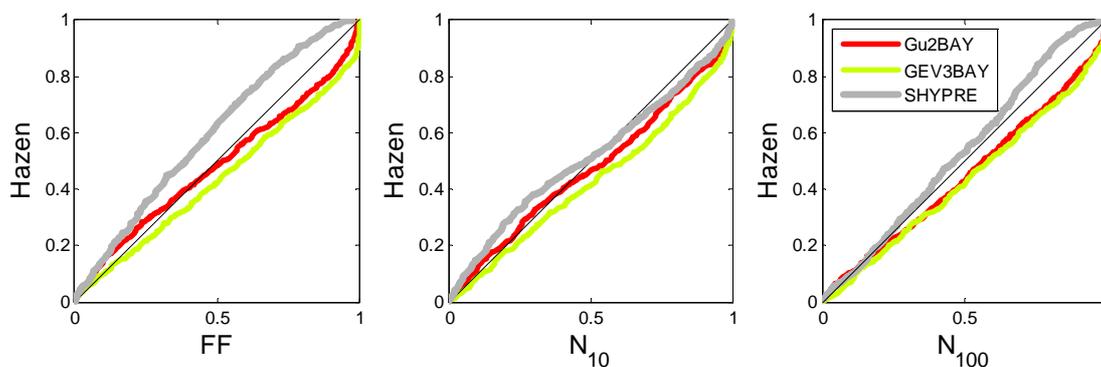


Figure 14. Indices de justesse (Décomposition : C50V50, validation, estimation centrale).

La Figure 14 compare la justesse des implémentations sur la base des indices FF , N_{10} et N_{100} . (décomposition C50V50, estimation centrale, validation). On peut observer que la distribution de Gumbel semble généralement plus fiable que la distribution GEV pour les critères FF et N_{10} . On peut également noter que SHYPRE ne semble pas plus fiable que les autres implémentations, et le fait que la courbe soit au-dessus de la diagonale pour les critères FF et N_{100} suggère que SHYPRE a tendance à sur-estimer les forts quantiles en débit de pointe.

5.2. Impact de la région hydro-géo-climatique

La Figure 15 est identique à la Figure 14, mais est restreinte aux stations hydrométriques situées en zone océanique (correspondant aux régions 9, 10, 12 et 13 en Figure 2). On retrouve un résultat similaire à celui observé pour la France entière, à savoir une meilleure fiabilité de la distribution de Gumbel par rapport à la distribution GEV, et la tendance de SHYPRE à sur-estimer les forts quantiles. Néanmoins, les résultats présentés dans la Figure 16 pour les stations situées en zone méditerranéenne conduisent à une conclusion légèrement différente : les distributions de Gumbel et GEV se valent en termes de justesse pour cette zone géographique. Ce résultat suggère que le choix d'une distribution peut dépendre de la région considérée. Malheureusement, les approches purement locales restent entachées d'incertitudes d'estimation trop importantes pour pouvoir répondre à cette question avec précision. Les actions 4 et 6, qui utilisent des approches régionales, apporteront des éléments de réponse supplémentaires.

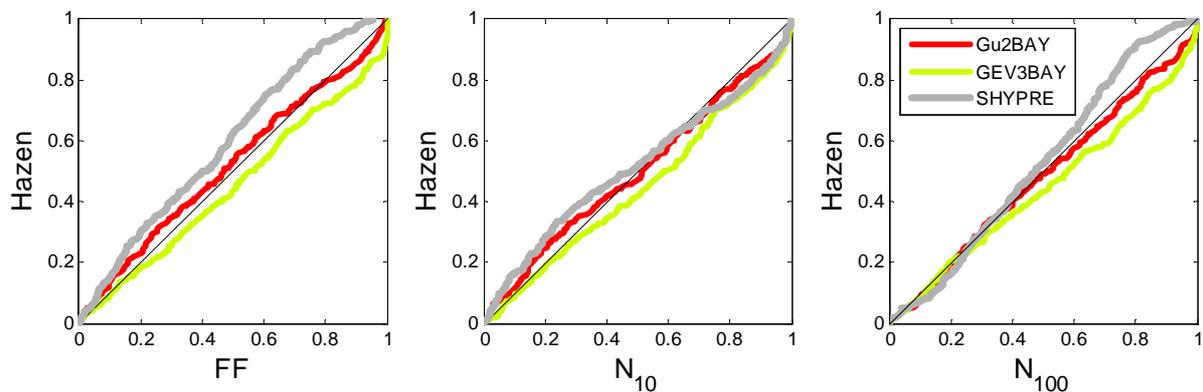


Figure 15. Indices de justesse pour les bassins océaniques (régions 9, 10, 12 et 13 en Figure 2 ; Décomposition : C50V50, validation, estimation centrale).

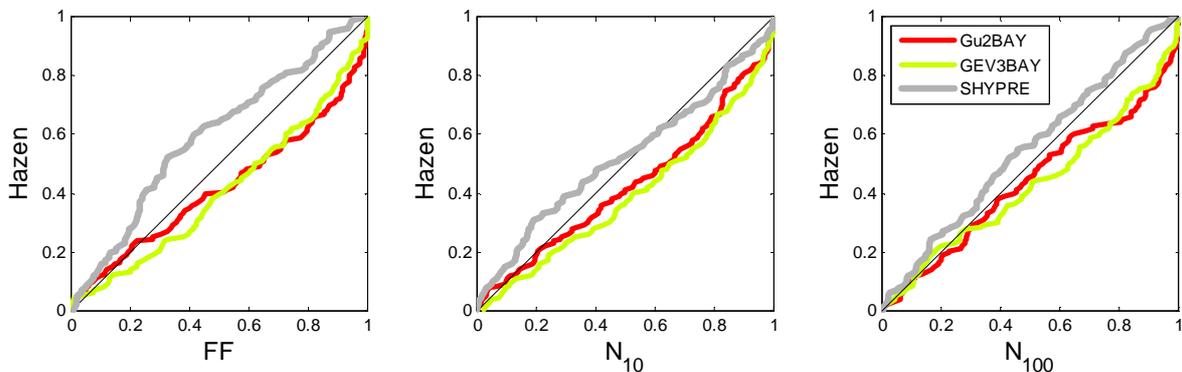


Figure 16. Indices de justesse pour les bassins méditerranéens (régions 3, 6, 7 et 8 en Figure 2 ; Décomposition : C50V50, validation, estimation centrale).

6. Conclusions et recommandations

Les principales conclusions que l'on peut tirer de l'action 2 pour les débits journaliers sont les suivantes :

- SHYPRE semble être la méthode la plus juste et la plus stable pour l'estimation des quantiles de débits journaliers à partir de données locales. Ceci est surtout visible pour les valeurs rares (cf. test N100 et FF), avec un très faible nombre de « records » de crue jugés impossibles (à l'inverse des méthodes basées sur l'ajustement d'une distribution). Pour les débits de pointe, SHYPRE semble avoir tendance à sur-estimer les quantiles les plus forts.
- Au sein de la famille des méthodes d'ajustement d'une distribution :
 - Le choix d'une méthode d'estimation semble être du second ordre par rapport au choix d'une distribution : les différences observées en terme de justesse sont en effet minimales pour l'estimation centrale. On observe néanmoins des différences plus marquées en termes de distribution prédictive.
 - La distribution de Log-Pearson conduit généralement aux quantiles les plus forts, surtout pour les grandes périodes de retour. Néanmoins, cette estimation semble souvent être une sur-estimation. De plus, la stabilité associée à cette distribution est très faible.
 - En estimation centrale, les distributions de Pearson et Log-normale semblent conduire à la meilleure justesse. Par contre, en distribution prédictive, les distributions de Gumbel et GEV s'avèrent généralement plus justes. Ceci suggère que ces deux dernières distributions, bien que difficiles à estimer localement, conduisent à une estimation plus réaliste des incertitudes.
 - La distribution de Gumbel conduit aux estimations les plus stables, suivie ensuite par un groupe homogène avec les distributions de Pearson, Log-Normale et GEV qui ont une stabilité similaire.
- L'utilisation de la distribution prédictive pour les lois de Gumbel et GEV améliore la justesse : avec la distribution centrale les quantiles de crue sont nettement sous-estimés, alors qu'ils sont un peu sur-estimés avec la distribution prédictive. La Figure 17, qui compare les performances en justesse sur la base de l'indice *FF* (dans des axes de Gumbel, cf. rapport II.1 « *Méthodologie de comparaison* »), illustre très clairement cette observation.

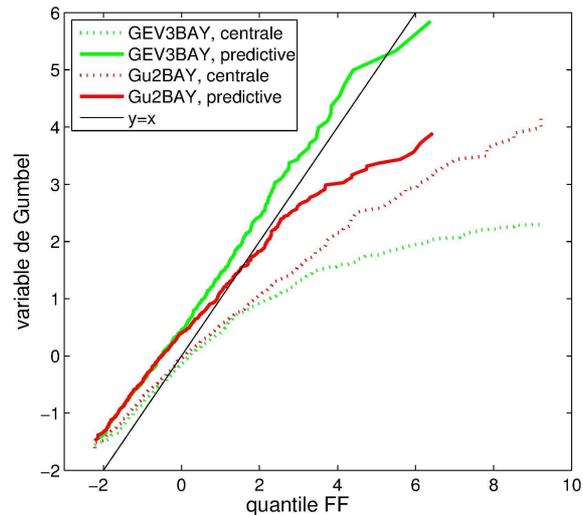


Figure 17. Comparaison de la justesse des estimations centrales et prédictives pour les lois de Gumbel et GEV (Indice : FF, Décomposition : C33V66, validation).

- Une analyse par région hydro-géo-climatique ou par taille de bassin ne livre pas de conclusions différentes pour les débits journaliers. Par contre, la région semble jouer un rôle plus important pour les débits de pointe.

Il convient de rappeler que ces conclusions ne sont valables que dans le cadre de l'estimation locale. En particulier, le classement des différentes distributions reflète davantage la difficulté d'estimation des paramètres sur la base de séries locales relativement courtes que la qualité intrinsèque de chaque distribution pour décrire les extrêmes hydrométriques. En particulier, il est possible qu'une distribution peu adaptée à l'estimation locale devienne bien plus adéquate dans une approche régionale : les rapports des actions 4 et 6 apportent des éléments de réponse sur ce point.

7. Références

Wasson, J. G., A. Chandesis, H. Pella, and L. Blanc (2004), Les hydro-écorégions: une approche fonctionnelle de la typologie des rivières pour la directive cadre européenne sur l'eau, *Ingénieries*, 40, 3-10.