

Evolutions observées dans les débits des rivières en France

Ignazio Giuntoli, Pascal Maugis
et Benjamin Renard

Sommaire

N°4

- Contexte général
- Sélection des stations du réseau de référence
- Indices hydrologiques analysés
- Tendances observées sur les régimes hydrologiques
- Rôle des oscillations climatiques
- Conclusion
- Pour en savoir plus

Sélection d'un réseau de référence et analyse de l'évolution temporelle des régimes des 40 dernières années

Les situations de pénurie d'eau (étiages accentués en rivière, baisses soutenues de nappes phréatiques) font l'objet d'une attention croissante notamment en raison de l'observation de l'augmentation de déséquilibres en diverses régions entre ressources et usages de toutes natures. Ces déséquilibres, plus apparents encore à travers les sécheresses récentes – en dépit du retour d'années humides – risquent, pour une part au moins, d'être aggravés par les perspectives de changement climatique, mais aussi plus généralement de changement global (démographie, demandes agricole et énergétique, urbanisation...).

La France bénéficie d'un réseau de suivi des débits des rivières exceptionnel par son étendue et son ancienneté. Il a été possible d'analyser avec des outils mathématiques l'évolution sur ces quarante dernières années de caractéristiques hydrologiques fondamentales comme les étiages, le débit moyen (ou module), et les hautes eaux. Il en ressort des évolutions significatives sur certains territoires et pour certaines variables, allant globalement dans le sens d'une raréfaction de la ressource, et d'une aggravation des étiages.



© Vazken Andréassian - Irstea

Contexte général

Jusqu'à présent, la possibilité d'un impact du changement climatique sur les régimes hydrologiques est restée une hypothèse scientifique non prouvée. En effet, l'augmentation des températures, et dans une mesure moins robuste les changements dans le régime des précipitations [IPCC, 2007]¹, vont certes dans le sens d'une modification de ces régimes, mais les évolutions détectées jusqu'ici dans les séries hydrologiques ne montraient pas un signal global et cohérent. Ainsi l'illustrent les études de Kundzewicz *et al.* [2005]² et Svensson *et al.* [2005]³ basées sur des stations hydrométriques réparties sur toute la planète, ainsi que celle de Renard [2006]⁴ au niveau de la France. Cette absence de signal global et cohérent a ainsi poussé Svensson *et al.* [2006]⁵ à poser la question suivante : "Why is there no clear signal in observations?" (Pourquoi n'y a-t-il pas de signal clair dans les observations ?).

Dans un contexte français de questionnement sur une évolution possible à la baisse des ressources en eau, et

compte tenu du peu de changements significatifs observés dans une précédente étude (Renard, 2006, où les diagnostics étaient limités par le nombre et l'ancienneté des chroniques), il a été décidé de tirer parti de la disponibilité de chroniques plus récentes et mieux documentées dans la Banque HYDRO⁶ afin de reprendre l'analyse des étiages, de la moyenne annuelle (ou "module") et des hautes eaux, en espérant ainsi observer des signaux plus robustes.

La significativité statistique d'une tendance observée permet d'alimenter les réflexions sur le rôle de la variabilité et du changement climatique, ainsi que sur la nécessité d'adaptation. En outre, la disponibilité d'une sélection de stations non influencées dévolues à la surveillance à long terme a le double avantage de pouvoir suivre les effets éventuels du changement climatique, et de constituer un sous-réseau dit "de référence" donnant des indications pour le rapportage de la directive cadre sur l'eau (DCE).

Sélection des stations du réseau de référence

La détection de tendances liées au climat dans les séries hydrologiques est difficile car :

- les phénomènes hydrologiques présentent naturellement une forte variabilité qui peut masquer la présence de tendances éventuelles ;
- les séries hydrométriques sont parfois entachées d'erreurs météorologiques (incertitude des instruments de mesures, des courbes de tarages, des conditions opérationnelles, etc.) qui peuvent artificiellement créer des tendances ;
- de nombreux bassins versants sont influencés par des facteurs non-climatiques, comme des prélèvements, divers aménagements hydrauliques, etc.

L'impact de ces facteurs n'étant pas toujours quantifiable avec précision, il peut être délicat de séparer leurs effets de

ceux liés aux facteurs climatiques. L'étude rapportée ici a donc été bâtie sur un jeu de données, constitué de longues séries, et représentant des bassins versants peu ou pas influencés, à travers deux grandes étapes [rapports 2008-2009-2010]⁷ :

- présélection des stations sur la base des métadonnées de la banque HYDRO : (i) en activité durant au moins 40 ans ; (ii) réputées « peu ou faiblement influencées » en basses eaux ; (iii) qualité des mesures réputée « bonne » en basses eaux ;
- affinage de la présélection en lien avec les producteurs de données, en discutant notamment des causes possibles de ruptures détectées dans les séries hydrologiques (par exemple le déplacement d'une station, la construction d'un seuil, la mise en eau d'un aménagement, etc.)

Cette sélection de stations de la Banque HYDRO constitue donc un sous-réseau virtuel baptisé Réseau de Référence pour la Surveillance des Etiages (RRSE). Il compte au final 236 stations hydrométriques en France Métropolitaine, et 14 dans les départements d'Outre-Mer (Figure 1).

Les séries hydrométriques couvrent globalement la période commune post-1968, certaines stations offrant même des données plus anciennes. Le réseau est

globalement représentatif de la diversité hydrologique rencontrée en France, en termes de régimes, d'influences climatiques et de tailles de bassin. Quelques stations candidates complémentaires ont été identifiées : celles à chroniques légèrement plus courtes mais sur de petits bassins versants, et celles bientôt éligibles par leur ancienneté.

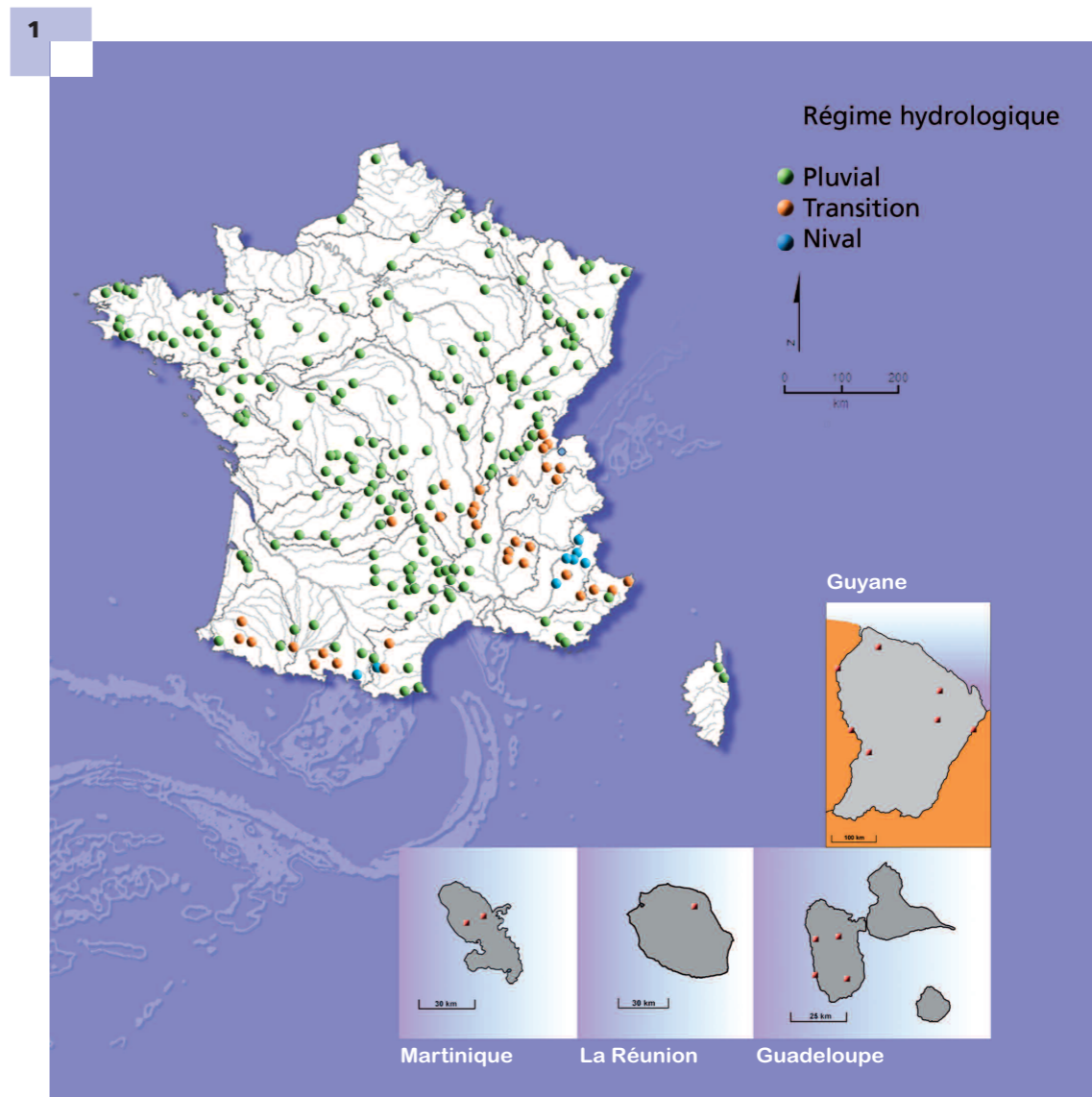


Figure 1. Localisation des stations hydrométriques du réseau de référence pour la surveillance climatique des étiages en France.

Indices hydrologiques analysés

Un ensemble restreint d'indices décrivant de manière synthétique les régimes hydrologiques en basses, moyennes et hautes eaux, a été défini [rapport 2009]. Ils sont calculés sur la base des chroniques journalières des débits. Les principaux indices (Figure 2) concernent :

■ **les étiages** avec les indices de sévérité (déficit de volume, durée, minimum annuel) et de saisonnalité (début, centre et fin de l'étiage). Un seuil méthodologique de bas débit a été choisi (dépassé 85% du temps), tel qu'il

soit sous-passé la plupart des années. Ce choix à vocation statistique n'est pas adossé à des critères de bon fonctionnement des cours d'eau ;

■ **les moyennes eaux** avec les moyennes annuelles de débit ;

■ **les hautes eaux** avec les indices de sévérité (maximum annuel de débit, volume au-dessus d'un seuil) et de saisonnalité (date du maximum annuel, centre de la période de hautes eaux).

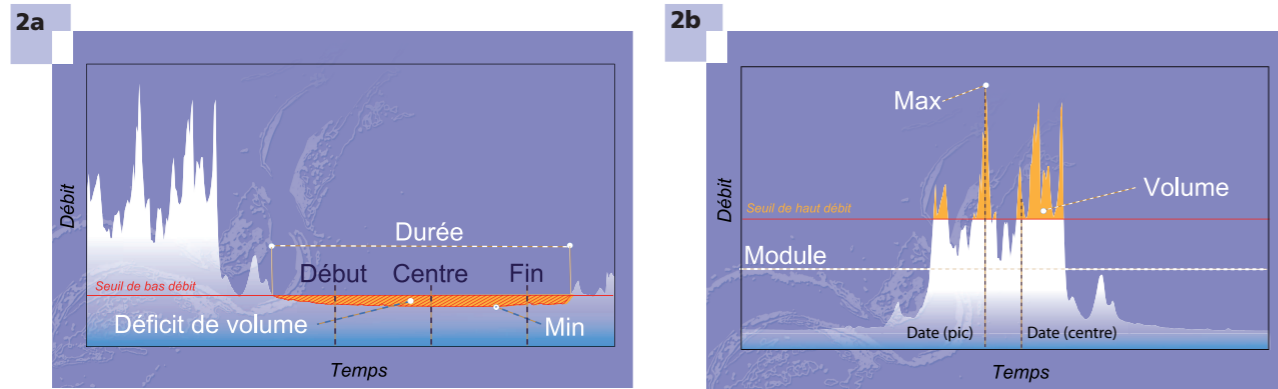


Figure 2. Schématisation des indices hydrologiques décrivant : (a) les étiages (la durée est le temps total passé sous le seuil, alors que début, centre et fin correspondent respectivement à 10, 50 et 90% de cet intervalle) ; (b) les moyennes et hautes eaux.

Tendances observées sur les régimes hydrologiques

Une analyse de détection de tendances a été menée sur l'ensemble de ces indices, pour la période 1968-2007 [rapport 2010]. L'analyse a été menée sur toute la France mais, les résultats étant plus contrastés sur les DOM, ne sont présentés ci-dessous (et illustrés en figure 3) que les principaux résultats en métropole et en Corse.

● Sévérité des étiages (déficit de volume)

Il existe une séparation nord-sud marquée, avec une tendance à l'aggravation de la sévérité des étiages dans plusieurs régions de la moitié sud de la France, notamment dans les Pyrénées, le Massif Central et le Jura, ainsi qu'en Aquitaine et sur le pourtour Méditerranéen. Les cours d'eau purement nivaux des Alpes et des Pyrénées n'en sont cependant pas victimes. Les évolutions significatives de la sévérité des étiages sont bien moins nombreuses dans la partie nord du pays.

● Saisonnalité des étiages (début de l'étiage)

Contrairement à la sévérité des étiages, l'évolution de leur saisonnalité n'a pas de structure géographique particulière. A l'échelle de la France, la tendance la plus marquée concerne le début de la période d'étiage, qui semble se décaler vers plus de précocité sous la moitié sud-est du territoire ainsi que sur quelques cours d'eau bretons. Ce décalage est moins marqué pour le centre de l'étiage, et devient peu significatif pour la fin de l'étiage.

● Moyenne annuelle de débit ("module")

Aucune tendance significative n'est détectée sur le nord de la France. Par contre, on observe de nombreuses tendances significatives à la baisse dans la partie sud, et plus précisément dans les Pyrénées, les Cévennes et le Massif Central. Remarquons par contre que les

changements ne sont pas significatifs pour les stations purement nivales des Pyrénées et des Alpes.

bien que souvent non significatives, sont généralement positives. Plusieurs tendances cohérentes à la hausse peuvent notamment être observées dans le nord-est du pays. Inversement, les tendances sont généralement négatives dans la partie sud du pays, avec des regroupements cohérents de tendances à la baisse dans les Pyrénées ou le Massif Central.

● Hautes eaux (maximum annuel de débit)

Comme pour les indices décrivant les basses et les moyennes eaux, on peut distinguer une division nord-sud dans ces résultats : dans la partie nord, les tendances,

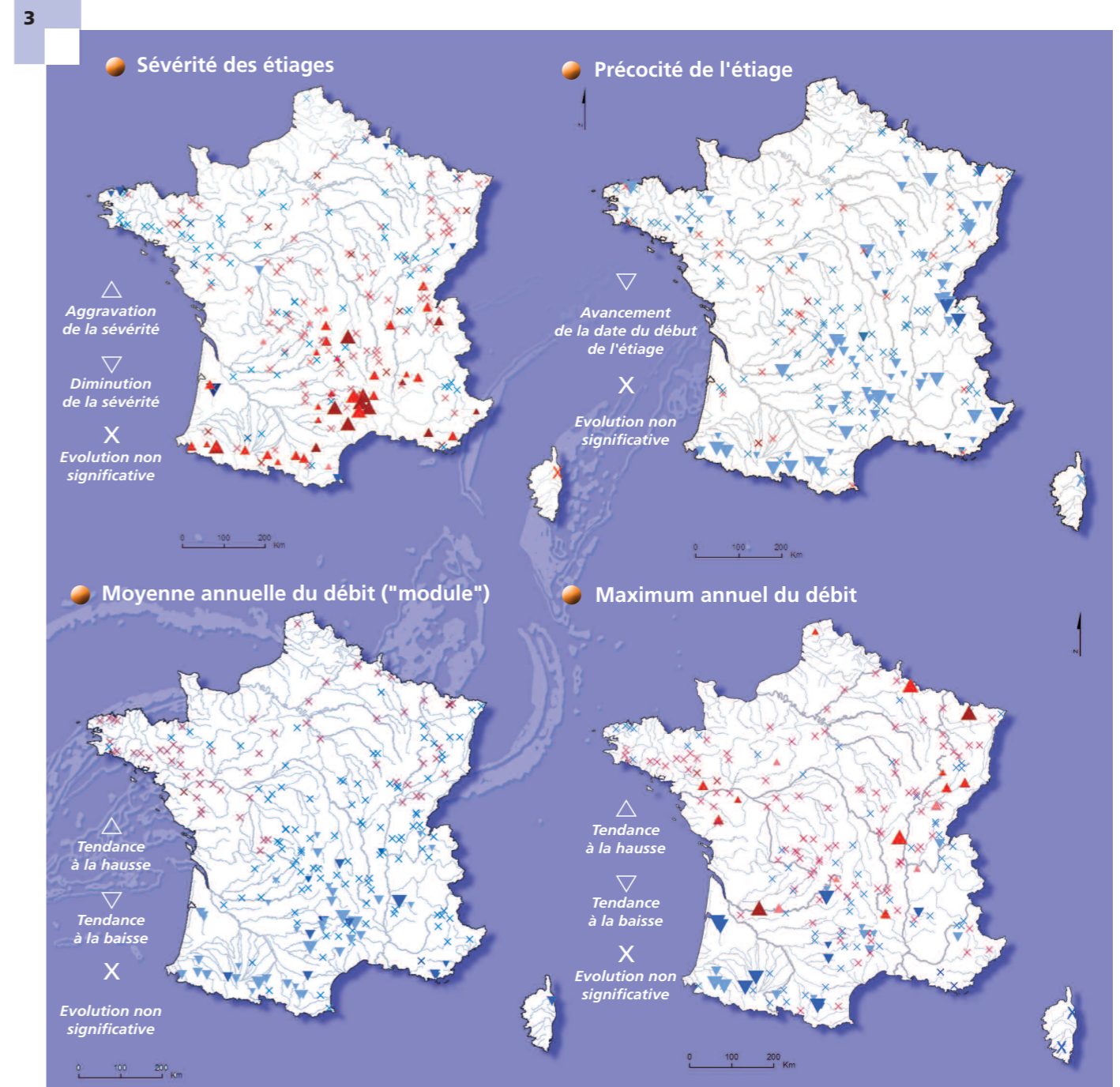


Figure 3. Tendances détectées de 4 indices : Sévérité des étiages - Précocité de l'étiage - Moyenne annuelle du débit - Maximum annuel du débit

Confiance des indices	Pourcentage de chance qu'il y ait effectivement une tendance juste	Rapidité de l'évolution des indices à la baisse (en bleu) et à la hausse (en rouge)	en % par décennie
△	90%	[bleu] [rouge]	0 à 1,5%
△	95%	[bleu] [rouge]	1,5 à 3%
△	99%	[bleu] [rouge]	3 à 5%

Rôle des oscillations climatiques

En dépit des évolutions significatives décrites ci-dessus, il est important de garder à l'esprit que l'existence de tendances ne constitue pas en soi une preuve de l'impact du réchauffement climatique (distinction entre *détection* d'une tendance et *attribution* à une cause particulière). En particulier, le climat fluctue naturellement suivant certains modes de variabilité, qui peuvent persister sur des durées de plusieurs années à plusieurs décennies (par ex. *Atlantic Multi-decadal Oscillation* AMO, *North Atlantic Oscillation* NAO, etc.). Ces oscillations naturelles peuvent potentiellement expliquer une partie des évolutions observées sur une quarantaine d'années. Nous avons ainsi réalisé une analyse exploratoire pour mieux comprendre le lien entre les régimes hydrologiques et ces oscillations climatiques [rapport 2011]⁸. Les principaux résultats suggèrent que :

■ pour la sévérité des étiages, des corrélations avec l'AMO (*Atlantic Multi-decadal Oscillation*) et la NAO (*North Atlantic Oscillation*) sont détectées dans la partie sud du pays, avec une répartition spatiale similaire à celle

observée pour les tendances temporelles. Il n'est donc pas exclu qu'au moins une partie des tendances temporelles détectées soit due aux oscillations climatiques ;

■ la corrélation avec ces oscillations est bien moins marquée pour la saisonnalité des étiages (début, centre, fin, durée). Il semble donc que les tendances observées (par exemple précocité accrue du début de l'étiage, Figure 3) ne sont pas attribuables aux oscillations climatiques ;

■ la corrélation est meilleure avec les valeurs de certains indices climatiques (NAO, WP2 et WP8) en hiver et au printemps pour la sévérité des étiages estivaux. Ceci ouvre des pistes intéressantes pour la prévision saisonnière des étiages.

Conclusion

Au terme de cette étude, il apparaît clairement une tendance à la baisse de la ressource en eau de surface, et à l'aggravation des étiages sur de vastes portions du territoire (particulièrement la moitié sud, mais pas seulement). Contrairement à l'étude précédente (Renard 2006), ce signal est maintenant statistiquement significatif.

Si ce panorama connaît dans le détail des situations contrastées voire favorables, et bien que l'attribution au changement climatique ne soit pas établie, il n'en reste pas moins qu'il signe une situation de tension sur la ressource confirmant de nombreuses observations de terrain. Il confirme ainsi l'intérêt de mener des actions volontaristes de préservation de la ressource et d'économie d'eau, dans le cadre d'une gestion équilibrée garantissant de façon pérenne la préservation du bon fonctionnement des milieux aquatiques et la satisfaction des usages.

Il est clair que ces résultats n'auraient pas pu avoir cette robustesse sans l'étendue et l'historique exceptionnels du réseau hydrométrique français. C'est un véritable patrimoine qui doit être pérennisé si l'on veut pouvoir, à l'avenir, conduire à nouveau ce type d'analyse et mettre en place une véritable surveillance climatique des régimes hydrologiques. Les modalités de pérennisation du Réseau de Référence pour la Surveillance des Étiages (RRSE) restent encore à définir.

1- IPCC (2007), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 996 pp, Cambridge.

2- Kundzewicz, Z. W., D. Graczyk, T. Maurer, I. Pinskiwar, M. Radziejewski, C. Svensson, and M. Szwed (2005), *Trend detection in river flow series: 1. Annual maximum flow*, *Hydrol. Sci. J.-J. Sci. Hydrol.*, 50(5), 797-810

3- Svensson, C., Z. W. Kundzewicz, and T. Maurer (2005), *Trend detection in river flow series: 2. Flood and low-flow index series.*, *Hydrol. Sci. J.-J. Sci. Hydrol.*, 50(5), 811-824

4- Renard, B. (2006), *Evolution des extrêmes hydrométriques en France à partir de données observées*, *Houille Blanche*, 6

5- Svensson, C., J. Hannaford, Z. W. Kundzewicz, and T. Marsh (2006), *Trends in river floods: why is there no clear signal in observations?*, paper presented at *Frontiers in Flood Research*, IAHS Publication, Paris

6- La base de données hydrologiques, dite banque HYDRO, héberge les chroniques de débits des rivières instrumentées par les Services de l'Etat et d'autres fournisseurs (par ex. EDF, CNR), ainsi qu'un certain nombre d'informations concernant leur qualité et leur acquisition. www.hydro.eaufrance.fr

7- Renard, B., Lang, M., Sauquet, E. (2008). *Identification des impacts hydrologiques du changement climatique*, rapport Cemagref 2008

- Giuntoli, I. et Renard, B. (2009). *Identification des impacts hydrologiques du changement climatique : vers un réseau de référence pour la surveillance des étiages*, rapport Cemagref 2009

- Giuntoli, I. et Renard, B. (2010). *Identification des impacts hydrologiques du changement climatique : constitution d'un réseau de référence pour la surveillance des étiages*, rapport Cemagref (2010)

8- Giuntoli, I., Renard, B. et Vidal, J.P. (2011). *Rôle de la variabilité climatique dans l'évolution temporelle des régimes d'étiage en France*, rapport Irstea 2011 (2012)

Pour en savoir plus

Liste des stations du réseau

Sur demande (benedicte.augeard@onema.fr), disponible à terme sur le site EauFrance

Publications et communications scientifiques

Giuntoli, I., B. Renard, and A. Bard (2011), *Low flow trends in France: analysis of 236 undisturbed catchments over 40 years*, poster presented at *EGU General Assembly 2011, Vienna, Austria*.

Giuntoli, I., B. Renard, and M. Lang (2012), *Floods in France*, in : *Changes in flood risk in Europe*. Edited by Z. W. Kundzewicz, IAHS Press.

<http://iahs.info/bluebooks/SP010.pdf>

Giuntoli, I., B. Renard, and J. P. Vidal (2012), *Low flows in France and their relationship to large scale climate indices*, *Journal of Hydrology*. submitted.

Contact

pascal.maugis@onema.fr

benedicte.augeard@onema.fr



© Onema

● Rédaction

Ignazio Giuntoli (Irstea), Pascal Maugis (Onema) et Benjamin Renard (Irstea)

● Edition

Véronique Barre (direction de l'action scientifique et technique de l'Onema) et Claire Roussel (délégation à l'information et à la communication)

● Création et mise en forme graphiques

Béatrice Saurel (saurelb@free.fr)

● Citation

Giuntoli I., Maugis P. et Renard B., 2012. Evolutions observées dans les débits des rivières en France. Sélection d'un réseau de référence et analyse de l'évolution temporelle des régimes des 40 dernières années. Onema. 8 pages.

● Remerciements

Pascal Billault (Agence de l'eau Loire-Bretagne), Sarah Bonneville (Ministère en charge du Développement durable), Julien Bonnier (Office de l'eau Réunion), Xavier de Lacaze (Ministère en charge du Développement durable), Marion Langon (Onema Délégation Rhône-Alpes), Philippe Maire (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse), Xavier Marly (Direction régionale environnement Rhin Meuse), Céline Nowak (Onema), Nirmala Séon-Massin (Onema), Philippe Verjus (Direction régionale environnement Ile de France).

Réalisé avec le concours de l'OIEau.



La collection « **Comprendre pour agir** » accueille des ouvrages issus de travaux de recherche et d'expertise mis à la disposition des enseignants, formateurs, étudiants, scientifiques, ingénieurs et des gestionnaires de l'eau et des milieux aquatiques.

1- **Eléments d'hydromorphologie fluviale**
(octobre 2010)

2- **Eléments de connaissance pour la gestion du transport solide en rivière**
(mai 2011)

3- **Evaluer les services écologiques des milieux aquatiques : enjeux scientifiques, politiques et opérationnels**
(décembre 2011)

4- **Evolutions observées dans les débits des rivières en France**
(décembre 2012)

ISBN 979-10-91047-07-4

décembre 2012

