



NOTE TECHNIQUE « HYDROLOGIE »

Notions techniques
et première approche des chroniques disponibles
sur les cours d'eau jaugés du SAGE ATG

Validée par le bureau de la Commission Locale de l'Eau
le 17 juin 2020



Structure porteuse du SAGE Argoat Trégor Goëlo :



Avec le soutien financier de :



Cette note vise à aborder des **notions techniques** sur l'hydrologie, les étiages et les crues, présenter les **caractéristiques physiques des bassins versants** et mener une **première analyse des chroniques de débit disponibles** sur le territoire du SAGE ATG (cours d'eau jaugés : Trieux, Leff, Guindy et Jaudy). Cette première analyse brute (aucun contrôle statistique de signification n'a été mené à ce stade) permet **d'apprécier de manière générale le fonctionnement des cours d'eau** étudiés, et **d'identifier des questions sur les chroniques de données** disponibles, plus ou moins longues. Ces éléments de connaissance et d'analyse sont un **préalable aux études plus approfondies qui pourront être menées dans le cadre d'une étude HMUC** (Hydrologie, Milieux, Usages, Climat).

SOMMAIRE

1^{ère} partie : Etude des périodes d'étiage	3
1/ Caractérisation des étiages : les variables d'étiage	3
2/ Valeurs seuils, débits objectifs (et notions associées) pour encadrer la gestion quantitative en période d'étiage (en lien notamment avec le chapitre 7 du SDAGE LOIRE-BRETAGNE).....	5
3/ Débits écologiques / DOE / Volumes prélevables.....	8
4/ Réseau de suivi hydrologique sur le SAGE ATG et données disponibles	11
5/ Evaluation des débits pour des cours d'eau ne disposant pas de stations de jaugeage	12
6/ Première approche sur les cours d'eau jaugés du SAGE ATG : principales caractéristiques des bassins versants et analyse des périodes d'étiage sur les chroniques disponibles	14
6.1/ Le Trieux.....	15
6.2 Le Leff	25
6.3 Le Jaudy	34
6.4 Le Guindy.....	42
6.5 Conclusion : comparaison des chroniques et des variables d'étiage sur les quatre bassins versants jaugés	50
2^{ème} partie : Etude des périodes de crue	53
1/ Caractérisation des crues – période de hautes eaux : définitions et variables utilisées	53
2/ Première approche sur les cours d'eau jaugés du SAGE ATG : analyse des périodes de crue sur les chroniques disponibles.....	56
2.1/ Le Trieux.....	56
2.2/ Le Leff.....	64
2.3/ Le Jaudy.....	72
2.4/ Le Guindy	80
3/ Quelques caractéristiques des bassins versants étudiés vis-à-vis de leur réponse à la pluie	88
3.1/ Forme du bassin versant.....	88
3.2/ Importance des zones humides	90
3.3/ Surfaces imperméabilisées	91
4/ Conclusion : comparaison des variables de crue sur les quatre bassins versants jaugés.....	92

1/ Caractérisation des étiages : les variables d'étiage

Les étiages sont des phénomènes difficiles à caractériser car l'identification des débits d'étiage ne fait pas l'objet de règles établies, ce qui s'explique par le caractère original que peuvent prendre ces événements d'une année à l'autre. Ainsi, les étiages peuvent être appréhendés à partir de différentes valeurs statistiques ou variables d'étiages.

ETIAGE :

Au sens technique, l'étiage est le débit exceptionnellement faible d'un cours d'eau, qu'il ne faut pas confondre avec les basses eaux saisonnières, ces dernières correspondant à la période où le débit du cours d'eau est inférieur à son module.

L'étiage absolu (ou minimum absolu) se fonde sur tous les débits moyens journaliers disponibles : il représente le plus bas débit connu d'un cours d'eau.

ASSEC :

L'assec est l'état d'une rivière ou d'un étang qui se retrouve sans eau. L'assec peut être soit une situation naturelle due au fonctionnement cyclique normal du système hydrographique, soit être le résultat d'une action des activités humaines sur le milieu.

DEBIT SPECIFIQUE :

Le débit spécifique est une mesure du volume d'eau qui s'écoule en moyenne chaque seconde par kilomètre carré du bassin versant (il est exprimé en l/s/km²). Il permet la comparaison entre des cours d'eau situés sur des bassins versants différents.

MODULE :

Le module, ou module interannuel, permet de caractériser l'écoulement moyen du cours d'eau sur une année. Il correspond à la moyenne des débits annuels sur une période d'observations suffisamment longue pour être représentative des débits mesurés ou reconstitués. Le module sert de référence pour le calcul du débit réservé, fixé par défaut au 10^{ème} du module (article L214-18 du code de l'Environnement).

QMNA :

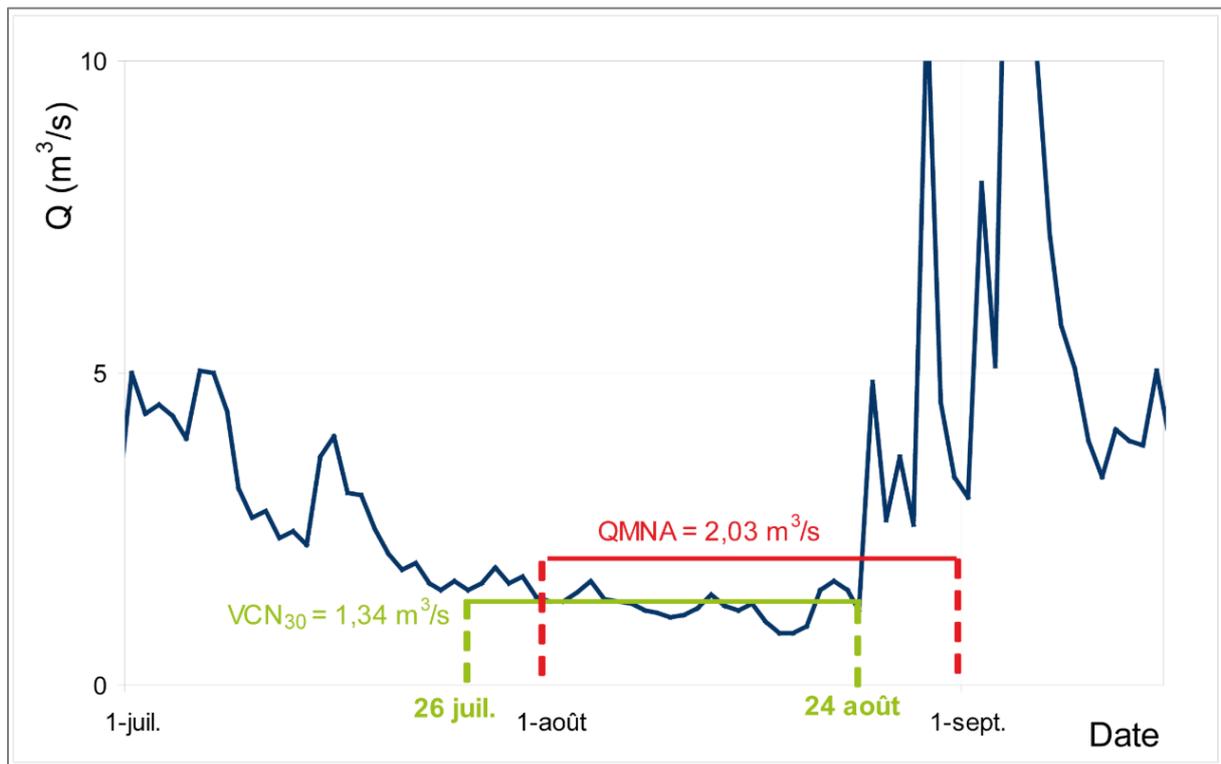
Il se calcule à partir des débits moyens mensuels (échelle calendaire imposée). En France, la Loi sur l'Eau fixe dès 1992 le **débit moyen mensuel minimum de l'année** (QMNA) comme débit de référence pour les étiages. Mais dans la pratique, cette valeur est largement complétée par d'autres indicateurs. Par exemple, il apparaît parfois opportun de recourir à un pas de temps inférieur afin de limiter l'influence des précipitations.

CRITERE	VARIABLE D'ETIAGE
Courbe des débits classés	- Etiage absolu - DCE - DC _x
Durée fixée	- QMNA - VCN _d
Débit seuil	- Volume déficitaire - Durée déficitaire

Les variables d'étiage d'après *Abi-Zeid et Bobée (1999)*

VCN :

Le VCNn est un **débit moyen minimal annuel calculé sur n jours consécutifs** qui s'affranchit donc de l'échelle calendaire. Le VCN30 renseigne sur la ressource minimum sur un mois. A la différence du QMNA, il est calculé sur une période de 30 jours consécutifs quelconques (il s'agit donc là d'une « moyenne mobile » qui peut être calculée à cheval sur deux mois). A partir d'un échantillon de valeurs d'un paramètre (ex. VCN3), on calcule, pour certaines périodes de retour, les valeurs statistiques dudit paramètre. A noter que les VCN de durées 7 ou 10 jours correspondent à des valeurs réglementaires dans de nombreux pays.



*Contrainte de l'échelle calendaire associée au QMNA (Bassin Versant des Vosges à dominante cristalline)
Lang Delus (2011)*

En théorie, VCN30 et QMNA devraient être proches (échelle mensuelle dans les deux cas), mais dans certains contextes des écarts importants peuvent apparaître, notamment lors d'années pluvieuses et dans le cas de bassins « imperméables » (géologie de socle dans le cas illustré ci-dessus) qui ont une réponse rapide aux impulsions pluviométriques.

DCE / DCx :

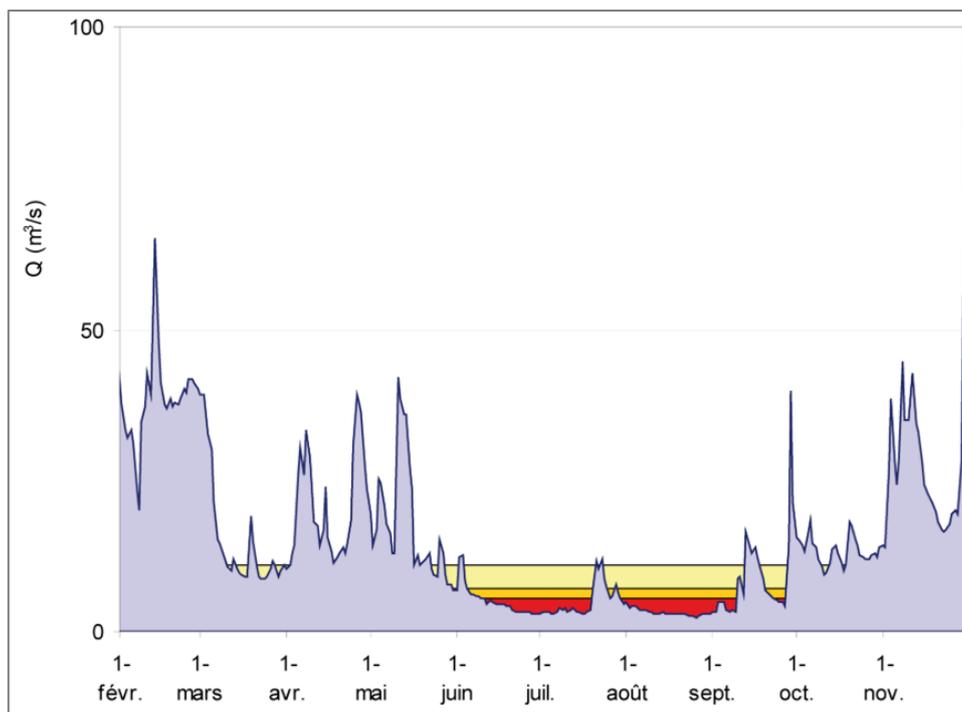
Le DCE est le **Débit Caractéristique d'Étiage** et correspond au débit journalier égalé ou non dépassé 10 jours par an.

Le débit caractéristique peut également s'exprimer en valeur de durée et correspondra aux débits non dépassés x mois ou pourcentage dans l'année. Par exemple, le DC6 correspond à la valeur de débit non dépassée 6 mois dans l'année, le DC50 correspond à la valeur de débit non dépassée 50% de l'année.

DEBIT SEUIL :

L'analyse des étiages peut également être appréhendée à partir de la définition d'un débit seuil. Cette méthode permet notamment de prendre en compte la **durée des événements**. Pour cette autre

approche statistique, la difficulté réside dans le choix du seuil qui consiste finalement à fixer un débit d'entrée en étiage. Il faut fixer un seuil susceptible d'être atteint sur tous les cours d'eau d'un territoire donné, et atteint suffisamment souvent pour une bonne représentativité des données (pas le 10^{ème} du module jamais atteint sur certains cours d'eau). La DREAL Bretagne a notamment fait une analyse statistique des chroniques de débits moyens journaliers des cours d'eau bretons suivant le 1^{er} quintile : les 20% plus petits débits sont alors extraits de la chronique ; en déterminant le nombre de jours par an où les chroniques se trouvent sous ce seuil.



**Volumes et durées déficitaires en fonction de différents seuils d'étiage choisis
d'après Lang Delus (2011)**

[2/ Valeurs seuils, débits objectifs \(et notions associées\) pour encadrer la gestion quantitative en période d'étiage \(en lien notamment avec le chapitre 7 du SDAGE LOIRE-BRETAGNE\)](#)

DEBIT RESERVE :

L'article L214-18 du Code de l'Environnement impose à tout ouvrage transversal dans le lit mineur d'un cours d'eau (seuils, barrages) de laisser dans le cours d'eau à l'aval, un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces présentes. Ce débit, d'une manière générale, ne doit pas être inférieur au 10^{ème} du module. Il est aussi appelé « débit réservé » ou « débit minimal ». Des dérogations peuvent être accordées par le Préfet (ex : prises d'eau pour l'Alimentation en Eau Potable, dans le cadre d'un arrêté sécheresse).

POINTS NODAUX :

Le point nodal, défini dans le SDAGE LOIRE-BRETAGNE, est un point clé, au droit d'une station de jaugeage, pour la gestion d'unités hydrographiques. A ces points peuvent être définies des valeurs

repères de débit (DOE, DCR ...) et de qualité en fonction des objectifs généraux retenus pour l'unité. Leur localisation s'appuie sur des critères de cohérence hydrographique, écosystémique, hydrogéologique et socio-économique.

Cours d'eau	Code point	Localisation du point	Equilibre ressource / besoin				Gérer la crise	
			DOE m ³ /s	QMNA5 réf m ³ /s	Période de calcul	Valeur d'application 7B2 mm	DSA	DCR
Trieux	Tr	station hydrométrique de Saint-Clet	0,58	0,58	1990 - 2012	0,30	0,50	0,40
Leff	Lf	station hydrométrique de Quemper-Gué-zennec	0,25	0,25	1976-2012	0,15	0,25	0,20

*Points nodaux et valeurs repères associées sur le territoire du SAGE Argoat Trégor Goëlo
SDAGE LOIRE BRETAGNE 2016-2021*

DOE :

Le DOE est le **Débit Objectif d'Étiage** qui, en période estivale, permet de satisfaire l'ensemble des usages au minimum 8 années sur 10 en moyenne, dont l'atteinte du bon état écologique des milieux aquatiques. Il s'agit de valeurs mensuelles, dont le respect est constaté a posteriori. Dans le cas du Leff et du Trieux, le DOE a été fixé par défaut au QMNA5 mesuré (pour la période de calcul considérée dans le SDAGE). Il conviendra cependant de se caler pour appréhender cette fréquence de 8 années sur 10 : toute la chronique de données, par décennies calendaires ou autres...

DSA :

Le DSA, **Débit Seuil d'Alerte**, est un débit moyen journalier en dessous duquel une des activités utilisatrices d'eau ou une des fonctions du cours d'eau est compromise. Le DSA est donc un seuil de déclenchement de mesures de prévention de crise par l'autorité administrative.

DCR :

Le DCR est le **Débit De Crise** en dessous duquel les besoins d'alimentation en eau potable, les besoins pour la sécurité et la salubrité, et les besoins des milieux naturels ne peuvent plus être satisfaits. Il importe que tout soit mis en œuvre pour que le DCR ne soit pas franchi. C'est pourquoi tous les usages non prioritaires auront dû être interdits avant que le DCR ne soit atteint.

Les dispositions du SDAGE LOIRE-BRETAGNE pour « maîtriser les prélèvements d'eau » :

Les principales dispositions du chapitre 7 du SDAGE LOIRE-BRETAGNE qui s'appliquent au SAGE Argoat-Trégor-Goëlo sont les suivantes :

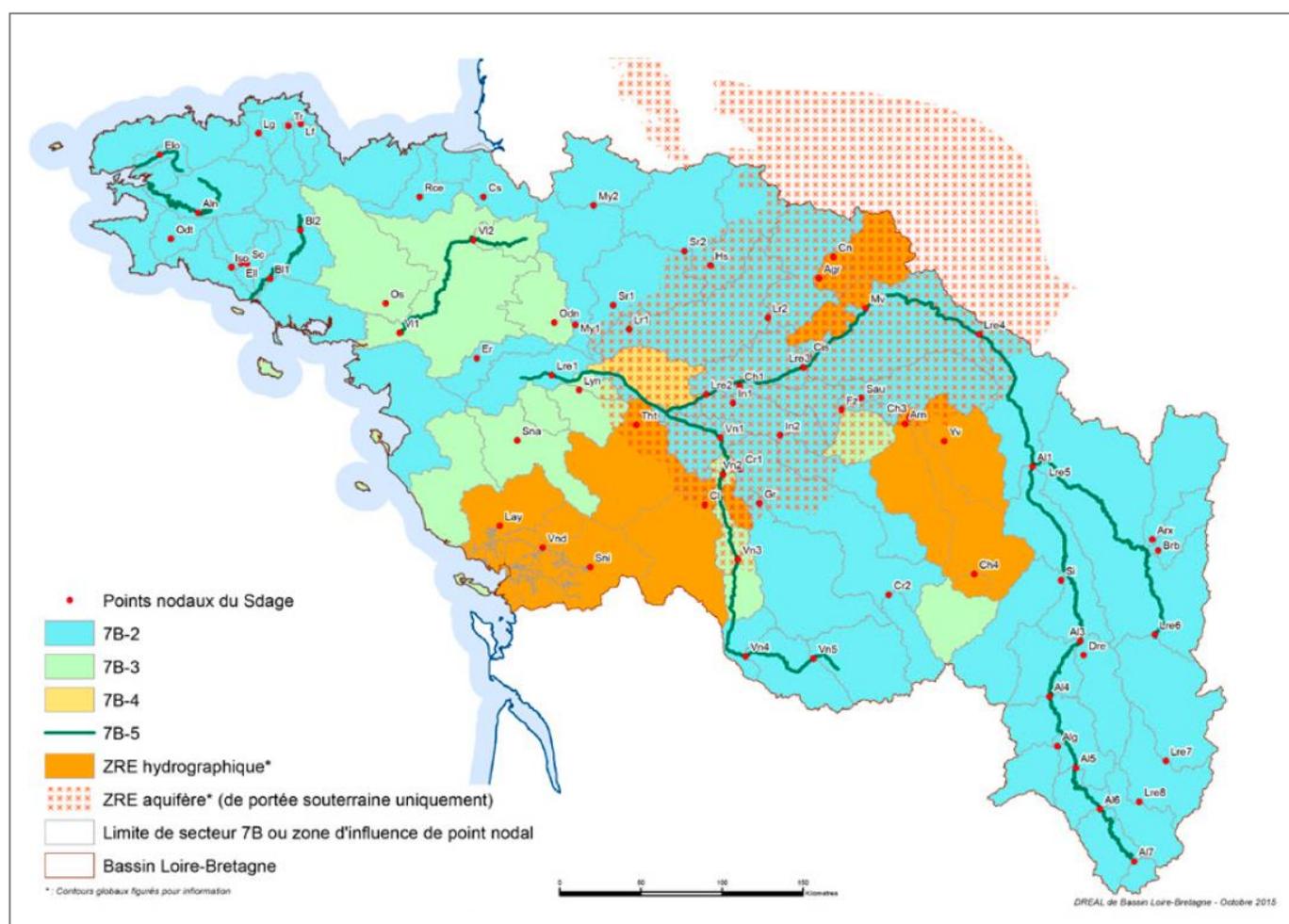
La disposition 7A-1 définit le **débit d'objectif d'étiage** (DOE) comme la valeur à respecter en moyenne huit années sur dix. Le SAGE peut ajuster ces objectifs sur la base d'une **analyse HMUC** (disposition 7A-2) propre à son territoire.

Les dispositions 7A-3 à 7A-5 indiquent que toute amélioration de la gestion doit rechercher en priorité les **économies d'eau** possibles pour les différents usages.

La disposition 7B-1 définit la **période d'étiage** du 1^{er} avril au 31 octobre. Une modification de cette période peut être proposée par la Commission Locale de l'Eau au Préfet.

La disposition 7B-2 : **Augmentation plafonnée des prélèvements à l'étiage** (à hauteur de la lame d'eau fixée par le SDAGE aux points nodaux¹). Le SAGE peut relever ce plafond suite aux conclusions d'une étude HMUC qui montrerait une disponibilité de la ressource estivale. Cette disposition du SDAGE a conduit les services de l'Etat à ne plus accorder, dès 2017, d'autorisation de nouveaux prélèvements d'eau (ex : forages agricoles) sur certains secteurs littoraux du territoire du SAGE ATG.

Remarque : Le zonage envisagé en première intention pour le prochain SDAGE 2022-2027 placerait le SAGE ATG en 7B-3. La disposition 7B-3 prévoit un **plafonnement au niveau actuel des prélèvements à l'étiage, autres que ceux destinés à l'alimentation en eau potable ou à la sécurité civile**. Le SAGE peut fixer des objectifs de réduction par usage. Sont concernés les prélèvements dans les cours d'eau et leurs annexes, dans les sources et les nappes souterraines contribuant à l'alimentation des cours d'eau ou des zones humides.



**Carte des bassins et des axes concernés par les dispositions 7B-2, 7B-3, 7B-4 et 7B-5
SDAGE LOIRE BRETAGNE 2016-2021**

¹ Valeur d'application 7B-2 : lame d'eau (en mm) déterminée sur la base de 3% du QMNA5. Cette valeur a pu être affinée localement par les services de l'Etat.

La disposition 7D-2 indique que les porteurs de projet de création de réserve d'eau doivent constituer une étude spécifique prenant en compte le **changement climatique**.

Les dispositions 7D-3 à 7D-4 cadrent la création de **réserves de substitution**.

Les dispositions 7D-5 à 7D-7 cadrent les **prélèvements en cours d'eau pour remplissage hivernal** des réserves. Le cumul des prélèvements instantanés sur un sous-bassin versant y est notamment plafonné au cinquième du module interannuel du cours d'eau (20% du module) à l'exutoire de ce sous-bassin. Le SAGE peut, si le régime hydrologique hivernal est particulièrement contrasté et après réalisation d'une analyse HMUC, adapter le débit de prélèvement autorisé sans dépasser 40% du module.

Les dispositions 7E-1 à 7E-3 cadrent le dispositif de **gestion de crise** principalement basé sur les DSA et DCR définis précédemment.

3/ Débits écologiques / DOE / Volumes prélevables

Les politiques en matière de gestion de l'eau montrent que les seuils d'étiage ne peuvent être définis uniquement par les résultats d'une analyse statistique. Une situation devient en effet critique à partir du moment où la diminution des disponibilités en eau ne permet plus de répondre aux besoins des usagers de l'eau ou des milieux aquatiques. Il convient alors de confronter ces variables à une approche plus fine intégrant tous les besoins/usages de l'eau sur un territoire donné, y compris ceux des milieux aquatiques : c'est la notion de « débit écologique ».

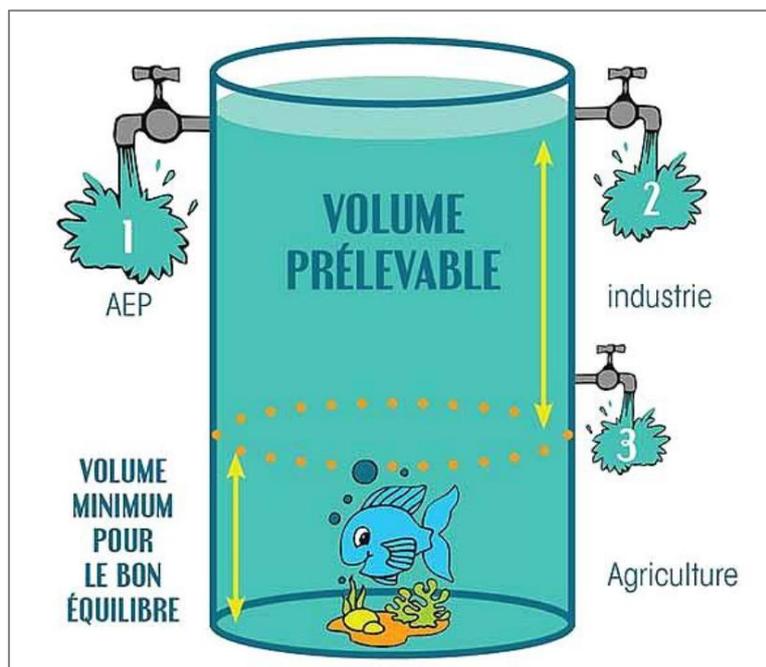


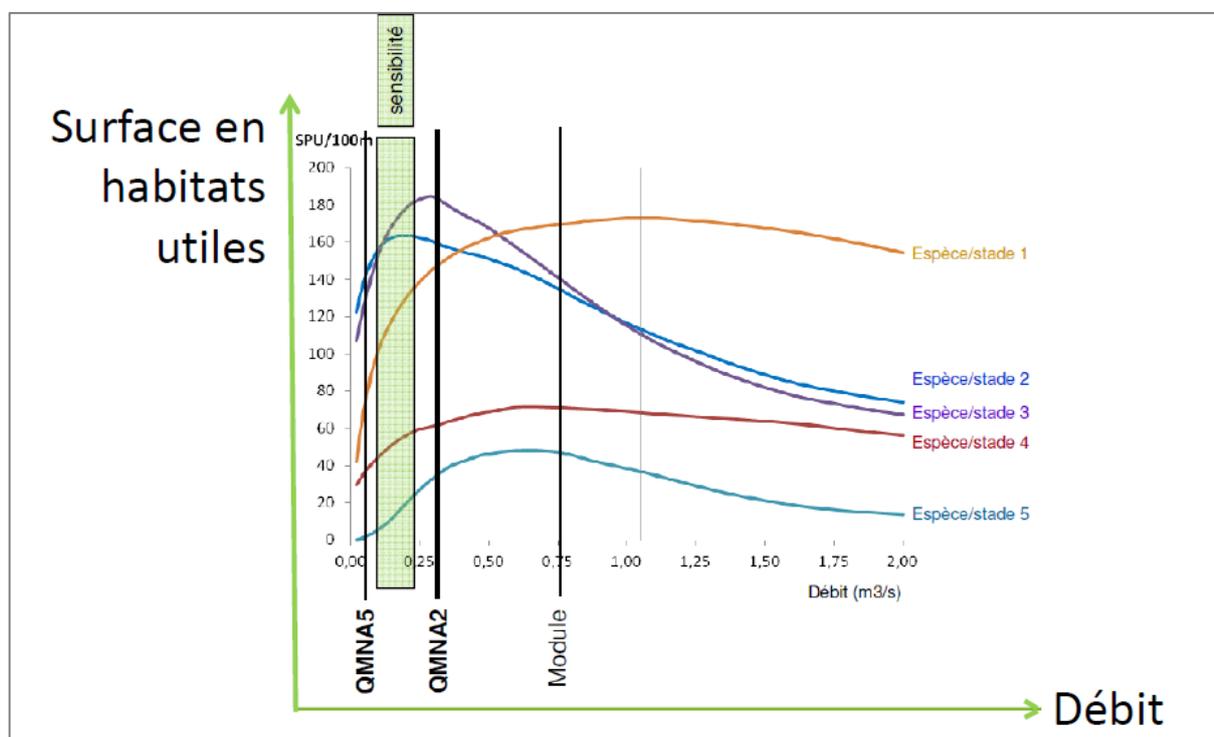
Illustration du volume prélevable

Source : Syndicat Isérois des Rivières Rhône Aval (SIRRA)

La *Déclaration de Brisbane (2007)* définit les débits écologiques comme la « *quantité, saisonnalité et qualité des débits nécessaires à la durabilité des écosystèmes d'eau douce, estuariens ainsi qu'aux besoins et au bien-être des hommes qui en dépendent* ».

Le débit écologique vise le maintien d'habitats aquatiques satisfaisants au moins 8 années sur 10 et l'atteinte des objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau. Il est estimé à l'échelle d'une station mais avec une approche à l'échelle du bassin versant. En effet l'unité de gestion est le bassin versant dont le respect du DOE est évalué à l'exutoire (point nodal du SDAGE par exemple).

Les méthodes d'habitats (EVHA ou Estimhab), applicables le plus souvent en contexte breton, permettent d'estimer la surface utile d'habitats en fonction du débit et de déterminer une plage de débits correspondant à une gamme de sensibilité d'espèces cibles prédéterminées. Les stations choisies sur un grand bassin versant (où une seule station n'est pas suffisante) doivent se situer sur des tronçons de cours d'eau représentatifs des cours d'eau du bassin versant ou sensibles à la baisse de débits. Les conditions d'application de ces méthodes nécessitent de choisir des stations à la morphologie diversifiée.



**Analyse des courbes de surfaces d'habitats selon la méthode Estimhab
Colloque « Eau et changement climatique » - OFB, 2020**

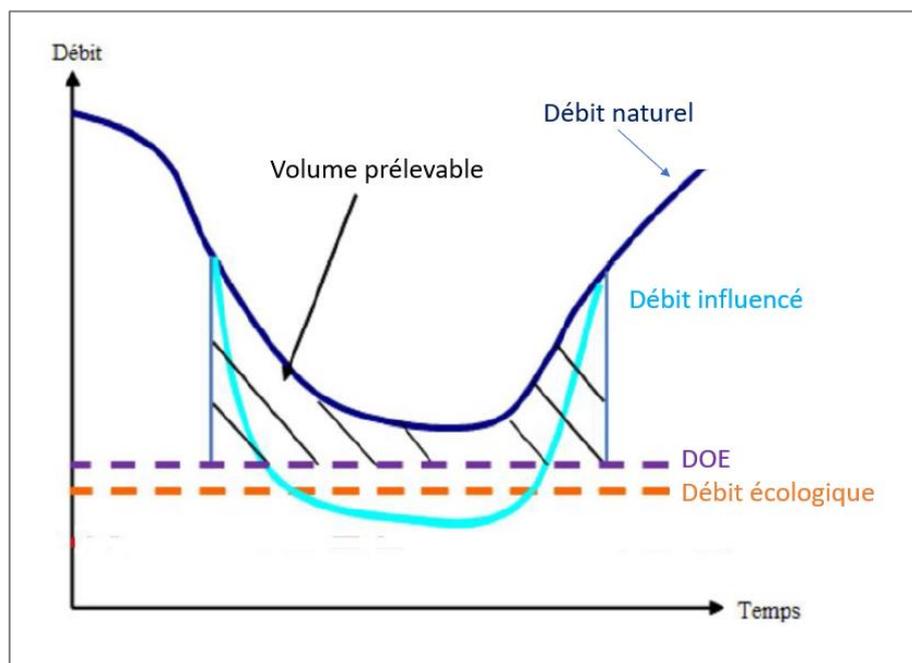
L'analyse des débits écologiques renseigne sur le niveau d'aisance / souffrance des peuplements aquatiques dans les conditions naturelles d'étiage, c'est à dire dans des conditions hydrologiques sans influence des prélèvements. Il n'est pas rare que les débits écologiques, qui correspondent à des zones de confort pour le milieu aquatique, soient relativement élevés, surtout dans les stations à morphologie dégradée, où le manque d'habitats doit être « compensé » par des hauteurs et des vitesses d'eau suffisantes (milieux peu résilients vis-à-vis des baisses de débits).

Dans le cas où les milieux aquatiques sont "naturellement" en difficulté à l'étiage, il convient de ne pas aggraver cette situation par des prélèvements, voire de réduire ou supprimer les prélèvements existants.

Afin de définir les volumes prélevables, on se réfère non pas directement aux débits écologiques mais à des « débits objectifs de gestion » répondant aux exigences du SDAGE de satisfaction des besoins des milieux et usages au moins 8 années sur 10. Ainsi, les débits objectifs de gestion se situeront par définition entre le QMNA5 mesuré et le QMNA naturel, qui correspond à ce que peut fournir naturellement le cours d'eau en moyenne 4 années sur 5.

Les courbes d'habitats obtenues à l'étape d'estimation des débits écologiques, serviront à choisir un débit objectif « acceptable » c'est à dire un débit objectif pour lequel la perte en surface d'habitats engendrée par les prélèvements porte peu ou pas préjudice aux milieux. Ce débit objectif peut être unique pour toute la période estivale ou modulé mois par mois en fonction des "QMNA5" naturels de chaque mois.

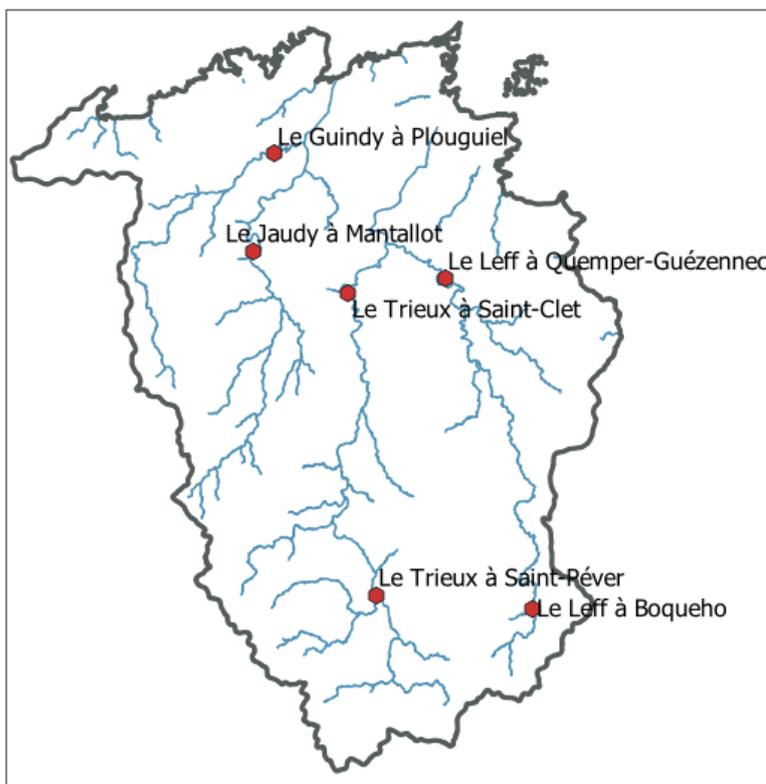
La qualité de la modélisation hydrologique est déterminante (débits influencés et désinfluencés). En particulier, le modèle doit être fiable dans les gammes de bas et très bas débits.



Détermination d'un volume prélevable à partir de l'hydrologie et des débits écologiques
Colloque « Eau et changement climatique » - OFB, 2020

4/ Réseau de suivi hydrologique sur le SAGE ATG et données disponibles

En Bretagne, la DREAL assure le suivi des débits des cours d'eau au moyen d'un réseau de stations de jaugeage (transfert du Département à la DREAL pour la plupart d'entre elles dans les Côtes d'Armor). Sur le territoire du SAGE ATG, 6 stations de jaugeage sont présentes : 2 sur le Trieux, 2 sur le Leff, une sur le Jaudy, une sur le Guindy.



Localisation des stations de jaugeage sur le territoire du SAGE ATG

Une station hydrométrique est un dispositif permettant d'observer et de mesurer une hauteur d'eau ou un débit d'un cours d'eau. Généralement, on mesure une hauteur d'eau grâce à une échelle limnimétrique (règle graduée permettant d'apprécier directement la cote du niveau de l'eau dans un réservoir, un cours d'eau, etc.) ou

à un capteur (sonde permettant de réaliser une mesure physique, ici la hauteur d'eau), ce dernier permettant un enregistrement en continu de la donnée. Le débit est ensuite calculé à partir d'une relation liant le débit à la hauteur d'eau : la courbe de tarage. Cette relation, propre à chaque site de mesure, est obtenue à partir de mesures ponctuelles de débit, appelées jaugeages, effectués à différentes hauteurs d'eau.

Les données sont accessibles via la banque Hydro, et l'ensemble des chroniques disponibles, ainsi que de nombreux paramètres caractéristiques des débits, sont mis à disposition (<http://www.hydro.eaufrance.fr/indexd.php>).

Stations de mesure hydrométriques sélectionnées				
↑ Code de la station ↓	↑ Libellé de la station ↓	↑ Département de localisation de la station ↓	Hauteurs Données disponibles	Débits Données disponibles
J1711710	Le Trieux à Saint-Péver	Côtes-d'Armor (22)	1980 - 2020	1980 - 2020
J1721720	Le Trieux à Saint-Clet [Moulin-de-Châteaulin]	Côtes-d'Armor (22)	1984 - 2020	1984 - 2020
J1803010	Le Leff à Boqueho	Côtes-d'Armor (22)	1995 - 2020	1995 - 2020
J1813010	Le Leff à Quemper-Guézennec	Côtes-d'Armor (22)	1973 - 2020	1973 - 2020
J2023010	Le Jaudy à Mantallot	Côtes-d'Armor (22)	1981 - 2020	1981 - 2020
J2034010	Le Guindy à Plouguiel	Côtes-d'Armor (22)	1984 - 2020	1984 - 2020

Périodes des données de suivi hydrologique disponibles dans la banque Hydro pour le territoire du SAGE ATG

Procédures disponibles dans la banque Hydro	Contenu
STATION	Présentation de la station hydrométrique
QJM	Débits journaliers et mensuels sur un an
ENTRE2	Comparaison graphique des débits journaliers d'une année avec ceux du passé
SYNTHESE	Synthèse hydrologique
TOUSMOIS	Ecoulements mensuels sur une période donnée
VCN-QCN	Débits minimaux sur N jours consécutifs
QMNA	Débits mensuel minimal annuel
VCX-QCX	Débits maximaux, étude statistique
CRUCAL	Etude statistique des débits de crue
QTFIX	Débits à pas de temps fixe
QTVAR	Débits à pas de temps variable
H-TEMPS	Hauteurs / Temps

Données disponibles dans la banque Hydro pour l'ensemble des stations de jaugeage du SAGE ATG

5/ Evaluation des débits pour des cours d'eau ne disposant pas de stations de jaugeage

Plusieurs méthodes existent pour approcher les débits d'un cours d'eau qui n'est pas suivi par une station de mesure hydrométrique :

- Utiliser des rapports de surface de bassins versants, méthode fondée sur l'hypothèse que le débit spécifique est le même d'un bassin à l'autre. On parle de modèle débit-débit, qui présente certaines limites ;
- Utiliser des outils de modélisation hydrologique du bassin versant qui permettent notamment de prendre en compte les différences de pluie et d'évapotranspiration entre le bassin cible et les bassins jaugés (car ces deux variables expliquent en partie la variabilité des débits).

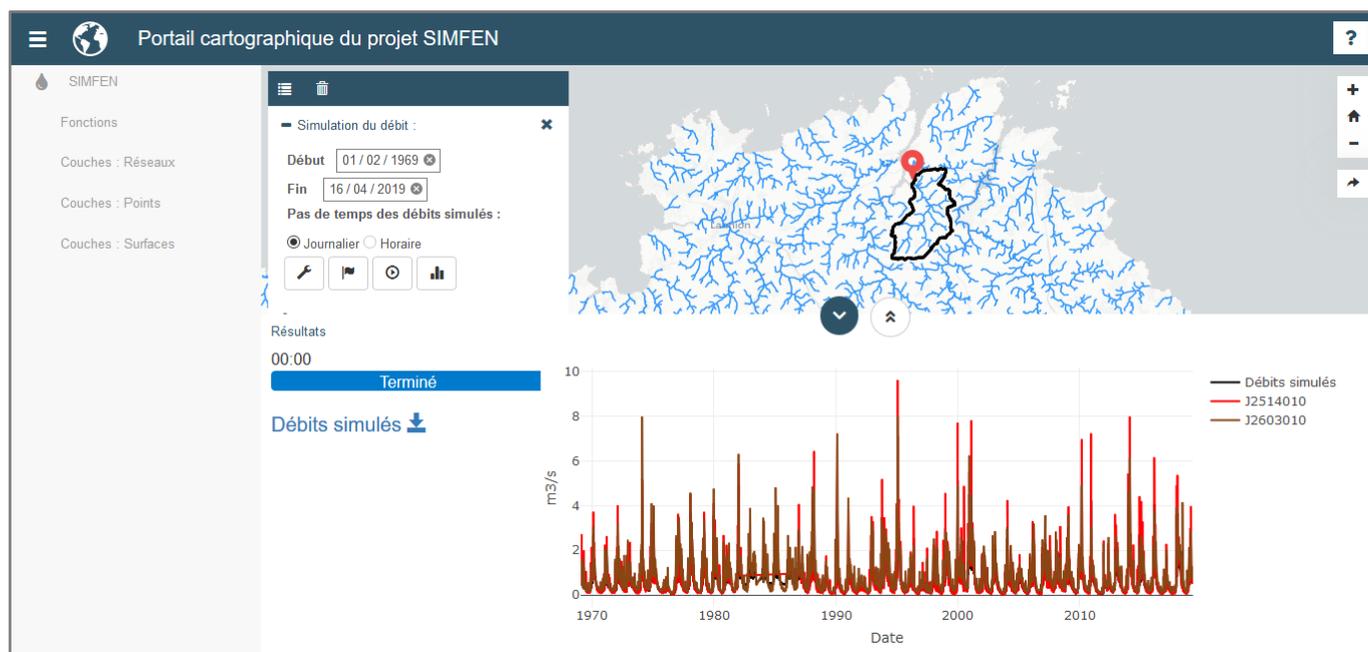
Outil de modélisation hydrologique : SIMFEN

Plusieurs méthodes existent, notamment le modèle global pluie-débit GR4J au pas de temps journalier ou SIMFEN (Service Interopérable de Modélisation des Flux d'Eau et de Nutriments) en cours de déploiement. Là encore, ces méthodes présentent certaines limites.

SIMFEN = Service Interopérable de Modélisation des Flux d'Eau et de Nutriments

Le projet SIMFEN a été initié en 2017, il est coordonné par Agrocampus Ouest, en lien avec l'IRSTEA, GéoBretagne, la DREAL Bretagne et l'Observatoire de l'Eau en Bretagne.

Cet outil doit permettre de simuler des débits en tout point du réseau hydrographique breton, et ainsi de disposer de chroniques de débit en tout site d'intérêt non jaugé. Il est également envisagé une généralisation du modèle aux flux de nitrates associés à l'eau. L'interface web mise en place doit permettre à n'importe quel utilisateur d'accéder aux résultats, sans nécessiter des compétences informatiques et hydrologiques.



**Capture d'écran du portail cartographique du projet SIMFEN :
visualisation sur le réseau hydrographique du bassin versant dont le débit a été simulé, et représentation
graphique du débit simulé et des débits des 2 bassins jaugés utilisés pour la simulation.**

Le modèle utilisé dans SIMFEN repose sur la **régionalisation** et une transposition à **base géomorphologique**. La régionalisation consiste à prévoir, via différents modèles possibles, les paramètres d'un bassin versant non jaugé (bassin « cible ») à partir de la connaissance des paramètres des bassins versants jaugés (bassins « sources »). La géomorphologie est définie à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT) et permet d'évaluer la vitesse d'écoulement moyenne d'un bassin versant.

La méthode a été testée et validée autour du bassin versant de Naizin dans le Morbihan, puis sur l'ensemble de la Bretagne.

Un certain nombre d'étapes est déjà pré-calculé, notamment les paramètres qui concernent les bassins « sources », puisque ces bassins jaugés sont connus. Ainsi l'outil est plus rapide à utiliser.

Pour aller plus loin : les étapes du modèle

La simulation s'effectue en deux temps : l'inversion et la convolution.

SIMFEN modélise les flux d'eau dans les bassins « sources » : il estime la pluie nette sur le bassin versant en tenant compte de son emprise (contours) et de sa longueur hydraulique (via la définition d'une fonction de transfert de l'eau à partir de la description du réseau hydrographique via l'exploitation du MNT). **L'inversion** s'effectue pour chacun des bassins « sources » (inversion de la fonction de transfert pour quantifier les échanges à l'interface versants et cours d'eau, en tenant compte le cas échéant des zones humides).

La **convolution** s'effectue pour le bassin « cible » : simulation des flux à partir de la fonction de transfert inversée des bassins « sources » et des caractéristiques géomorphologiques du bassin « cible ». Le modèle recherche l'ensemble des stations de mesures dans un rayon de 50km et disposant de mesures sur la période de simulation (données de la banque Hydro), et il ne conserve que les 5 bassins ayant la plus courte distance de Ghosh par rapport au bassin cible (ou distance géostatistique : cette distance combine toutes les distances possibles entre deux bassins versants (distance entre exutoires, distance entre centroïdes) et permet ainsi de mieux prendre en compte les bassins emboîtés). Le modèle calcule ensuite le poids de ces 5 bassins sources, afin de pondérer la pluie nette simulée (prise en compte du pas de temps indiqué par l'utilisateur). Le modèle convolue la pluie nette sur le bassin « cible » pour estimer le débit à l'exutoire simulé.

Remarque :

GARDENIA = Modèle Global A Réservoirs pour la simulation de DEbits et de Niveau Aquifères

GARDENIA est un logiciel développé par le BRGM permettant de modéliser l'hydrologie globale d'un bassin versant (modèle hydrologique global à réservoirs), mais il n'est utilisable que sur des cours d'eau jaugés puisqu'il faut disposer de données de débit pour caler le modèle. Il calcule le débit à l'exutoire d'un cours d'eau et/ou le niveau piézométrique en un point de la nappe libre sous-jacente, à partir des données météorologiques du bassin d'alimentation (précipitations, évapotranspiration potentielle).

6/ Première approche sur les cours d'eau jaugés du SAGE ATG : principales caractéristiques des bassins versants et analyse des périodes d'étiage sur les chroniques disponibles

Plusieurs analyses de chroniques seront présentées pour les cours d'eau disposant d'une station de jaugeage située à l'aval : Trieux aval, Leff aval, Jaudy, Guindy. Pour ce faire, nous avons utilisé les données de la banque Hydro DREAL sur l'ensemble de la chronique disponible et analysé certaines variables d'étiage (durée fixée, débits classés ou débit seuil) qui semblaient pertinentes sur le territoire du SAGE ATG.

Les données du Tableau de Bord 2019 du SAGE ATG seront commentées (i.e. quantification du nombre de jours par an où le débit est inférieur ou égal au 10^{ème} du module). Nous intégrerons également le travail d'analyse de la DREAL Bretagne à l'échelle bretonne (échanges avec O. Nauleau) : comparaison QMNA mesuré et VCN30 au DOE du SDAGE LOIRE-BRETAGNE jusqu'en 2012 et au QMNA5 chronique complète ; évaluation du nombre de jours par an où QMJ est inférieur ou égal au 1^{er} quintile ; date de survenue du VCN30...

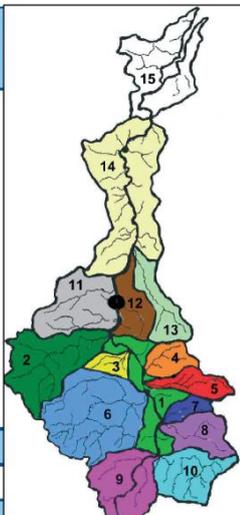
6.1/ LE TRIEUX

6.1.1/ Présentation du bassin versant

Avec l'estuaire, la surface du bassin-versant du Trieux est de 515 km² (447 km² sans la partie estuarienne). Il s'écoule sur 71 km du sud vers le nord (dont 53 km en eau douce) à travers un bassin versant de forme particulière : très allongé et évasé vers le sud. La partie amont du bassin-versant est large d'environ 20 km alors que la partie aval excède rarement 5 à 7 km de largeur.

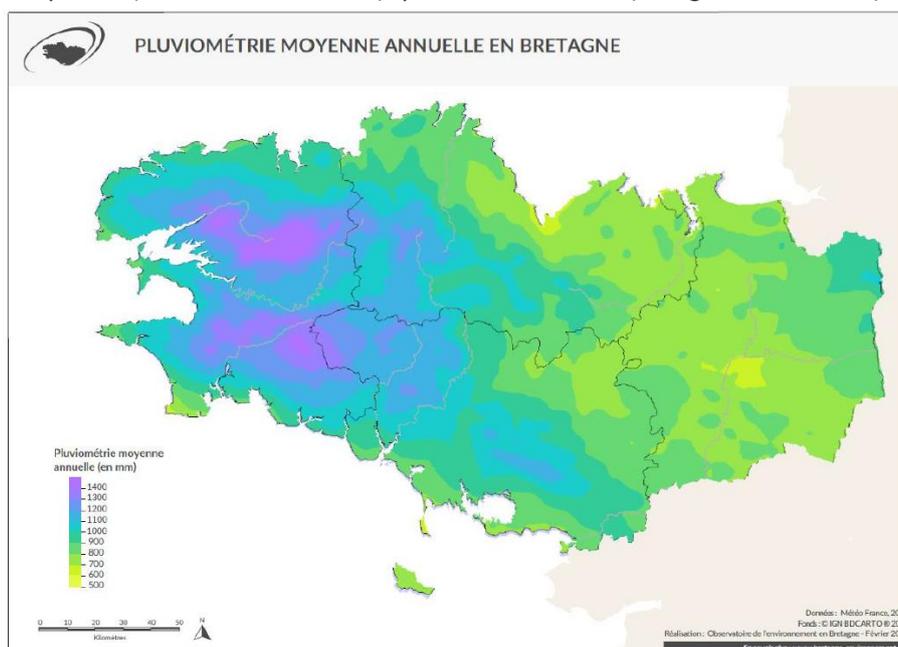
Le bassin versant du Trieux compte 14 sous bassins versants (cf. figure ci-dessous). L'ensemble des linéaires de cours d'eau représente une longueur de 881 km à l'amont de l'estuaire (données issues du référentiel « cours d'eau » de la DDTM 22). L'étang de Saint Connan (superficie de 9 ha et situé à l'amont du BV) constitue le plan d'eau le plus important du bassin versant du Trieux.

Nom des sous-bassins versants	Numéro	Surface (ha)	Longueur des cours d'eau (km)
Vallée du Trieux	1	3 153	24
Ru du Bois de la Roche	2	5 002	31
Pont Lojou	3	767	9
Dour Meur	4	1 372	9
Avaugour	5	1 515	13
Sullé	6	7 005	67
Moulin d'Etuel	7	782	5
Quélenec	8	2 147	12
Haut Trieux	9	3 682	23
Pasquiou	10	2 933	28
Trieux Guingamp Ouest	11	3 928	32
Trieux Guingamp Est	12	1 968	10
Frouit	13	2 250	14
Trieux aval	14	8 227	66
Total des 14 sous-bassins		44 731	343
Estuaire	15	6 800	22
Total des 15 sous-bassins		51 531	365



Les sous bassins versants du Trieux – Source SIAT et AELB (longueur des cours d'eau avant inventaire)

La pluviométrie est contrastée du nord au sud, le sud du bassin versant recevant en moyenne 300 mm de pluie de plus par an (environ 900 mm/an) que la zone côtière (cf. figure ci-dessous).



Pluviométrie moyenne annuelle en Bretagne – Source OEB

D'un point de vue géologique et topographique, le Trieux prend sa source à 240 m d'altitude dans le massif granitique hercynien de Quintin (en rouge sur la carte ci-contre) où il s'écoule rapidement (régime torrentiel sur les tronçons à plus forte pente) dans un lit peu profond et étroit (1 m environ).

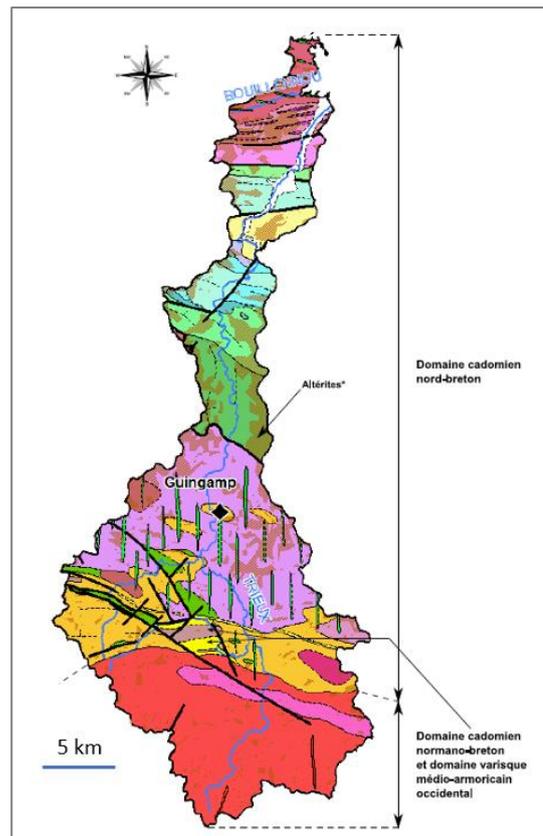
Sur cette partie de son cours, le profil en long (cf. figure ci-après) montre des pentes nettement plus fortes qu'à l'aval (pentes de 6 ‰ en moyenne).

Puis, passé cette cassure topographique, le cours d'eau s'élargit (15 m à Guingamp) et présente une succession de biefs (présence de moulins) où le courant est le plus souvent lent (profil en long plus doux avec des pentes de l'ordre de 2 à 3 ‰).

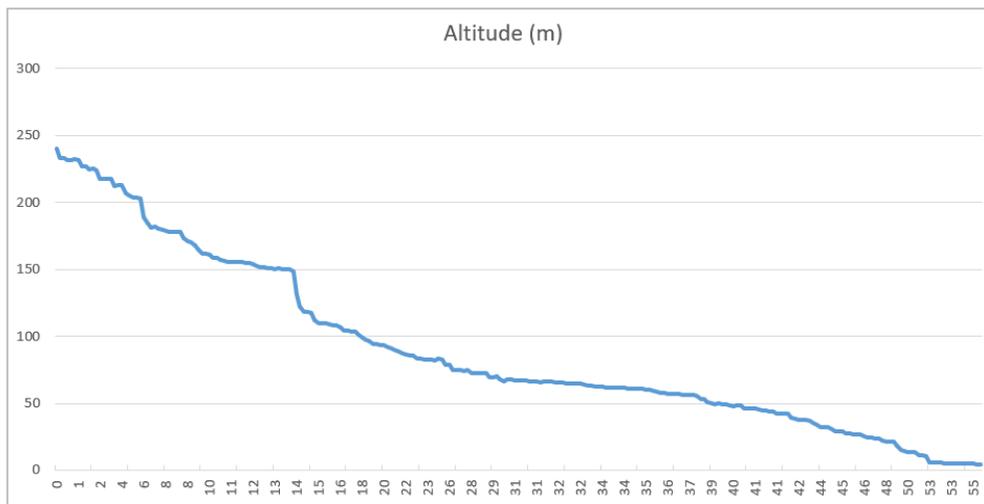
Le taux d'étagement du Trieux (sur le tronçon classé en liste 2 : à l'aval de Pont Caffin) est de 44,5 %. Le Trieux compte 9 ouvrages prioritaires pour le rétablissement de la « continuité écologique » dans le SAGE ATG (répartis de Pabu à Pontrieux).

Il traverse alors des formations plus anciennes : formations cadomiennes dominantes (plutoniques et métamorphiques : principalement en vert et violet sur la carte ci-contre) ou ordoviciennes (roches sédimentaires vers Plourivo), puis une unité volcano-sédimentaire (Tufs et Meta-basaltes) à la hauteur de Paimpol. Ces dernières formations (de par leur lithologie et la densité de fracturation) sont de bonnes candidates pour la production d'eau (Dheilly-Carn, 1983).

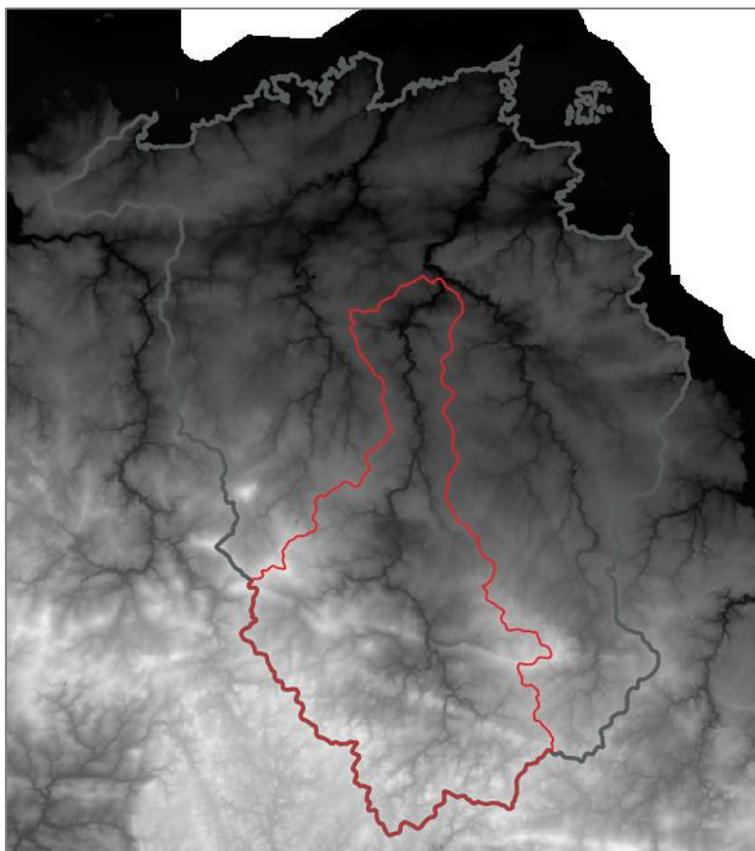
Le projet SILURES Bretagne (Mougin et al., 2004) montre une relation étroite nappe/cours d'eau : la contribution des eaux souterraines à l'écoulement du Trieux est globalement de 62% et de 91% de mai à septembre. Les chroniques piézométriques et hydrologiques analysées par le BRGM montrent de faibles décalages (de l'ordre de 3 à 8 jours), ce qui suggère un aquifère peu inertiel s'écoulant rapidement vers le cours d'eau (fiche BdLisa 187AG02).



Géologie du bassin versant du Trieux
Source BdLisa (BRGM)



***Profil en long du Trieux de sa source (Kerpert) à la partie estuarienne (Pontrieux)
(en abscisse distance à la source en km)***

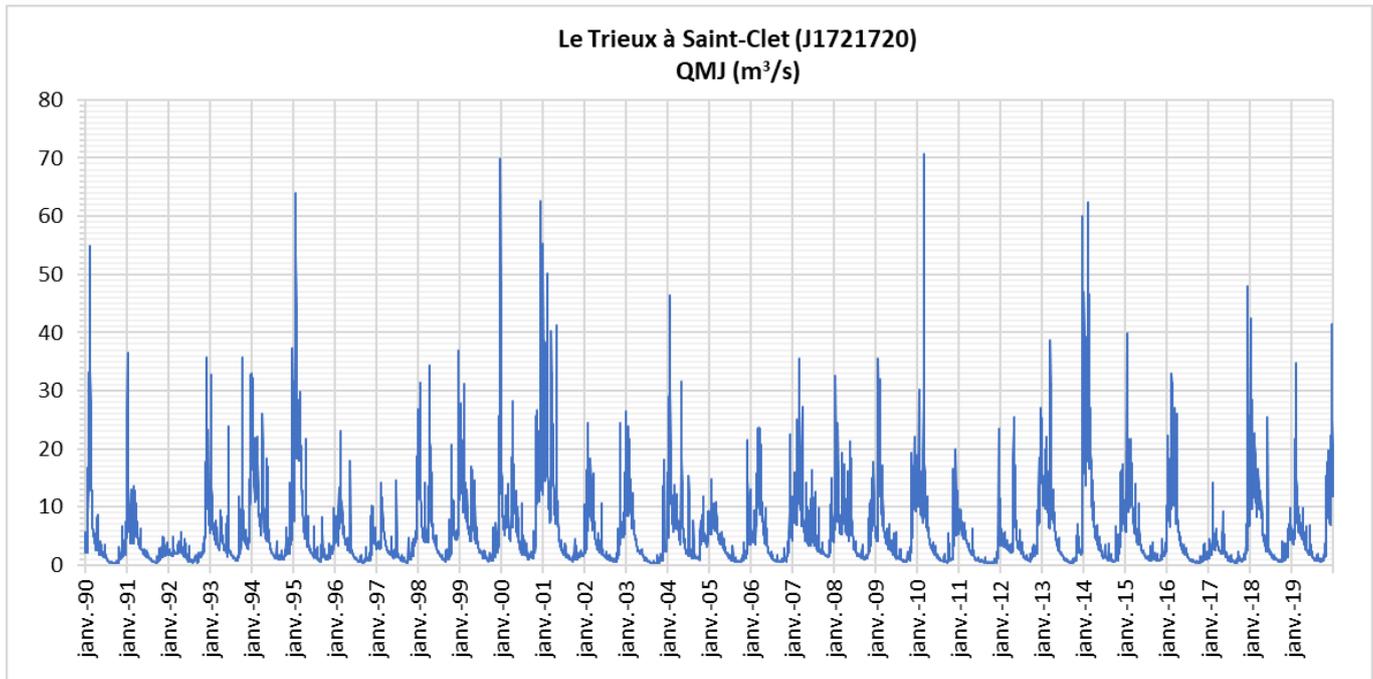


***Modèle Numérique de Terrain du Bassin Versant du Trieux (limites en rouge)
illustrant la topographie contrastée entre le nord et le sud***

6.1.2/ Données disponibles, période étudiée et débits de référence

Les données disponibles dans la banque Hydro démarrent au 31/10/1984. Mais les données sont continues (données journalières) à partir du 15/11/1989. **Compte-tenu des données disponibles et afin de travailler sur une période continue, l'analyse sera menée sur la période allant du 01/01/1990 au 31/12/2019, soit 30 années.**

Le graphique ci-dessous représente le débit moyen journalier du Trieux pour la période étudiée.



Débit journalier du Trieux aval sur la période 1990 – 2019

La surface du bassin versant à la station de jaugeage de Saint-Clet est de 416 km².

Débits de référence pour la période 1990 – 2019 :

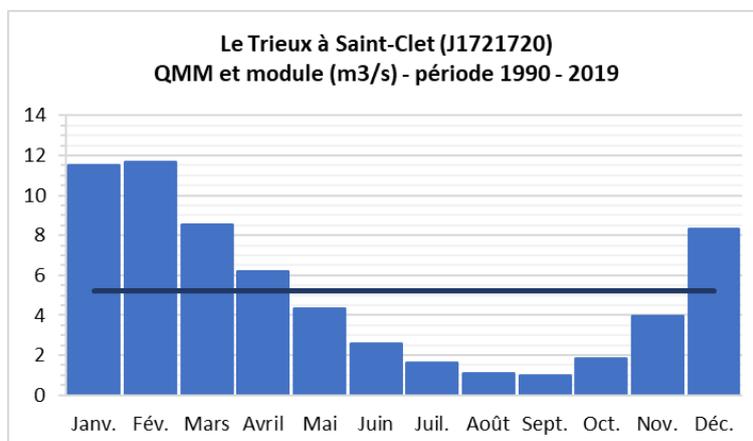
Module interannuel = 5,198 m³/s

Module spécifique = 12,495 l/s/km²

QMNA5 = 0,556 m³/s

QMNA5 spécifique = 1,337 l/s/km²

A noter : le QMNA5 est supérieur au 10^{ème} du module.



Écoulements mensuels du Trieux à la station de jaugeage aval : moyenne interannuelle des débits mensuels et module interannuel, calculés sur la période 1990 – 2019

Sur la base de ces moyennes mensuelles, la période de basses eaux s'étale de mai à novembre inclus.

Rappel DOE période 1990 – 2012 = 0,580 m³/s

Sur la période 1990 – 2012, les débits de référence sont les suivants :

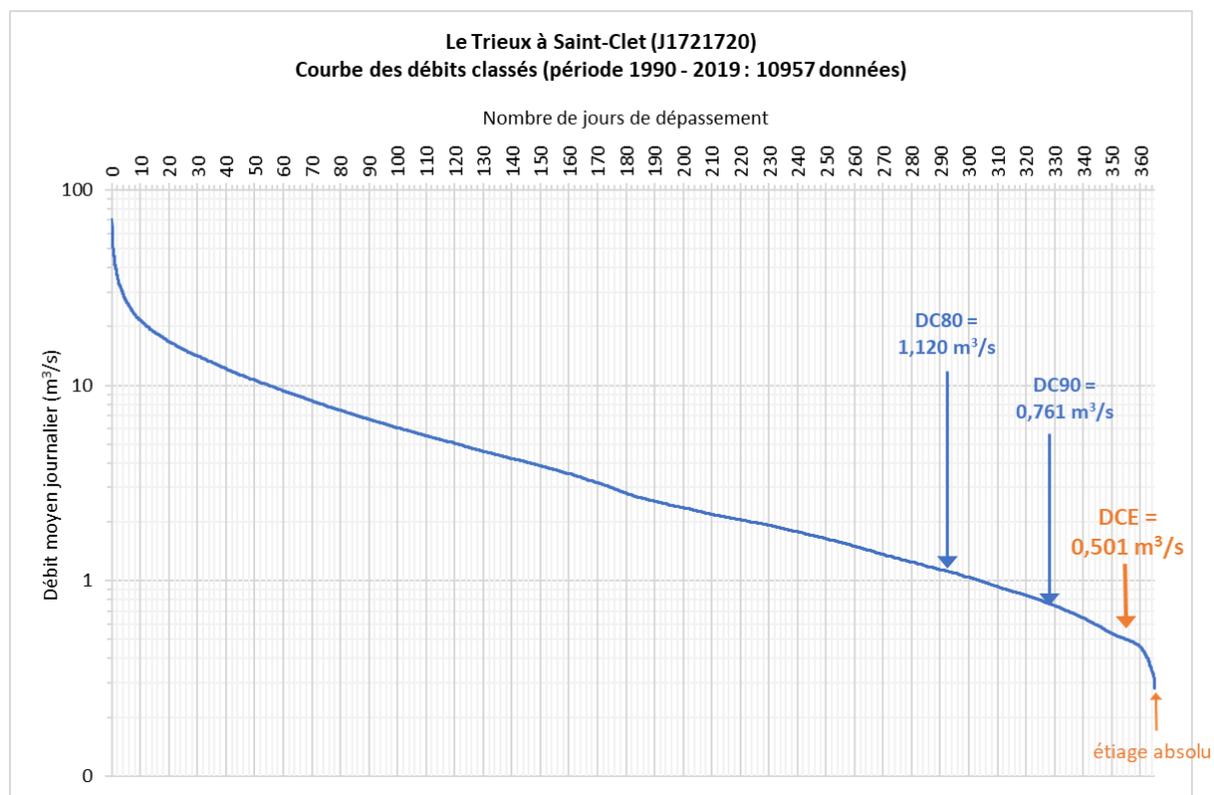
Module interannuel = 5,152 m³/s

QMNA5 = 0,565 m³/s (intervalle de confiance 95% : [0,435 ; 0,686])

6.1.3/ Courbe des débits classés et débits caractéristiques

La courbe des débits classés est obtenue à partir de l'ensemble des débits journaliers disponibles sur la période étudiée, soient 10957 jours de données. Elle permet d'identifier des débits caractéristiques, et notamment le DCE, le DC80 et le DC90, qui constituent des débits seuils fréquemment utilisés dans la littérature pour caractériser l'étiage d'un cours d'eau. On peut considérer que le DCE correspond à une situation d'étiage relativement sévère, alors que le DC90 et surtout le DC80 représentent des seuils peu sévères².

Sur la période 1990 – 2019, le DCE vaut 0,501 m³/s. Il est inférieur au 10^{ème} du module (0,5198 m³/s) et au QMNA5 (0,556 m³/s). Le DC90 vaut 0,761 m³/s : ce débit est dépassé 90% du temps. Le DC80 vaut 1,120 m³/s : ce débit est dépassé 80% du temps (il correspond au 1^{er} quintile des débits, qui sera étudié plus loin). Enfin, l'étiage absolu est de 0,282 m³/s (atteint le 21/09/2003).



Courbe des débits classés et quelques débits caractéristiques pour le Trieux, sur la période 1990-2019

² Les étiages : définitions hydrologiques, statistique et seuils réglementaires, Claire Lang Delus, 2011 <https://journals.openedition.org/cybergeo/24827>

Sur la période visée dans le SDAGE (1990-2012) :

$DC80 = 1,200 \text{ m}^3/\text{s}$

$DC90 = 0,783 \text{ m}^3/\text{s}$

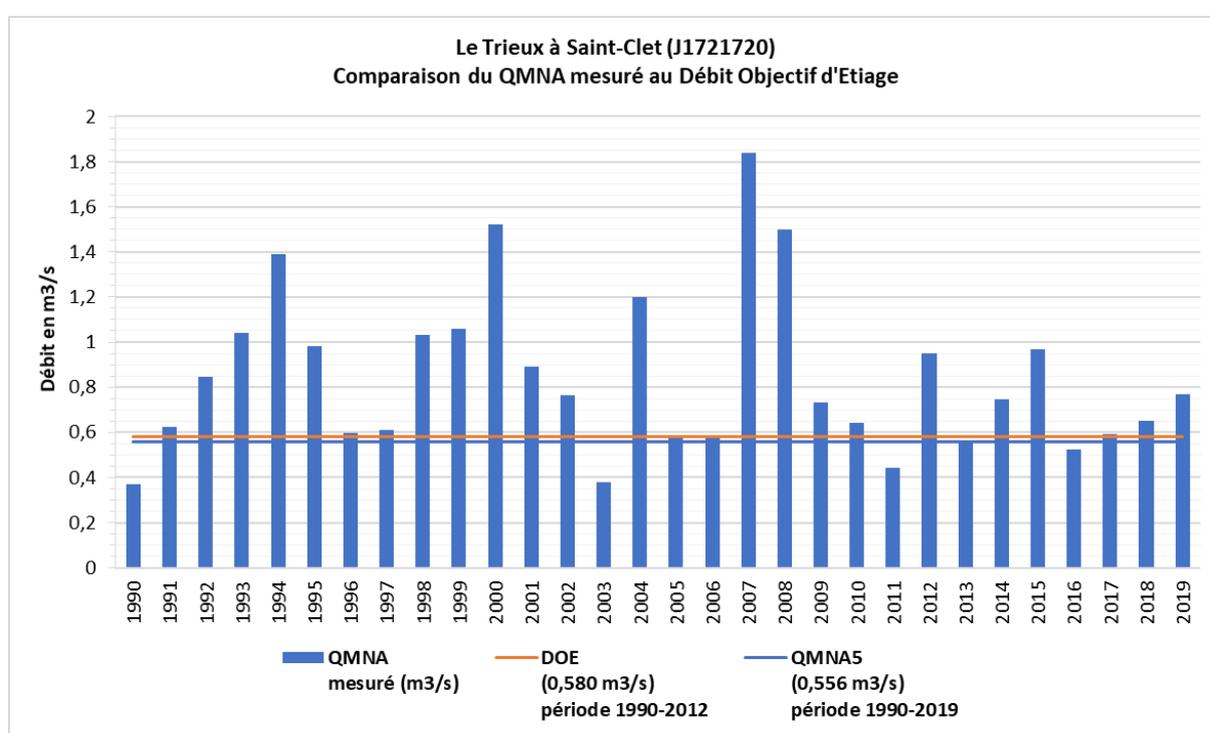
$DCE = 0,498 \text{ m}^3/\text{s}$

6.1.4/ Caractérisation de l'évolution de la sévérité des étiages

- **Respect du DOE – disposition 7A-1 du SDAGE**

Le graphique suivant représente, pour la période 1990 – 2019, le niveau du QMNA (débit moyen mensuel minimal) mesuré chaque année par rapport au Débit Objectif d'Etiage. Ce graphique permet de visualiser le respect ou non de la disposition du SDAGE : QMNA supérieur ou égal au DOE au moins 8 années sur 10 en moyenne.

Le graphique montre également le QMNA5 calculé sur la période 1990 – 2019 (débit moyen mensuel minimal de fréquence théorique quinquennale).



Comparaison du QMNA mesuré au DOE et niveau du QMNA5 sur le Trioux, sur la période 1990 - 2019

Sur la dernière décennie (2000-2019), le QMNA est inférieur au DOE 3 années : 2011, 2013, 2016. On peut ajouter qu'en 2017, le QMNA était quasiment au niveau du DOE. **Ceci pourrait indiquer une sévérité plus importante des étiages sur cette période.** Si on considère l'ensemble de la chronique, **l'objectif est tout juste atteint, avec un respect du DOE 8 années sur 10 en moyenne.**

On constate également sur le graphique que le QMNA5, calculé sur la période 1990 – 2019, est inférieur à la valeur du DOE, établi sur la période 1990 – 2012.

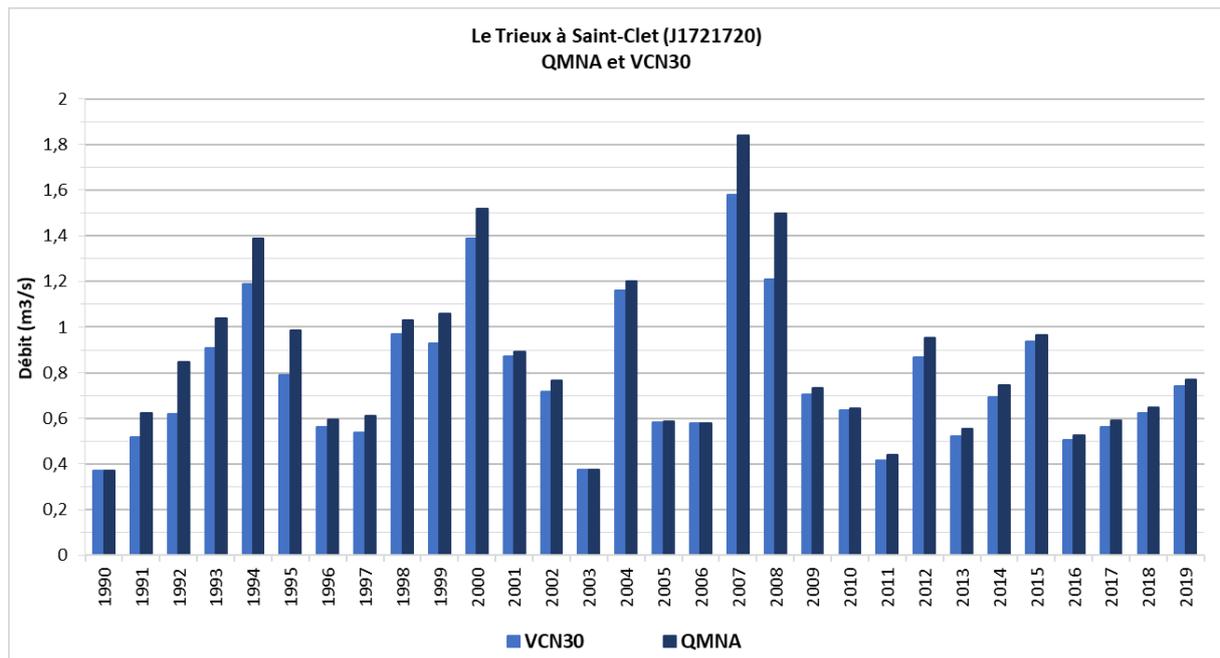
A noter, pour rappel, que la valeur du QMNA5 calculé sur la période 1990 – 2012 est de $0,565 \text{ m}^3/\text{s}$, soit toujours inférieure au DOE.

- Analyse des valeurs de QMNA et VCN30

Le graphique ci-dessous permet de comparer pour chaque année de la période 1990 – 2019 les valeurs du QMNA et du VCN30.

Entre 1990 et 2019, le QMNA varie de 0,371 à 1,840 m³/s. Le VCN30 quant à lui varie de 0,371 à 1,580 m³/s. Logiquement, le QMNA est toujours supérieur ou égal au VCN30 : l'écart varie de 0 à 0,290 m³/s selon les années, il est en moyenne de 0,077 m³/s (médiane à 0,040 m³/s).

Certaines années, en particulier 2007 et 2008, l'écart constaté entre les 2 paramètres est très important (respectivement 0,260 m³/s et 0,290 m³/s) et montre les limites de l'utilisation du QMNA comme indicateur d'étiage « réel ».



Analyse des débits mensuels minimaux annuels (QMNA) et des débits minimaux sur 30 jours consécutifs (VCN30) sur le Trieux sur la période 1990 – 2019

6.1.5/ Caractérisation de l'évolution du calendrier des étiages : analyse des dates de début de QMNA et VCN30

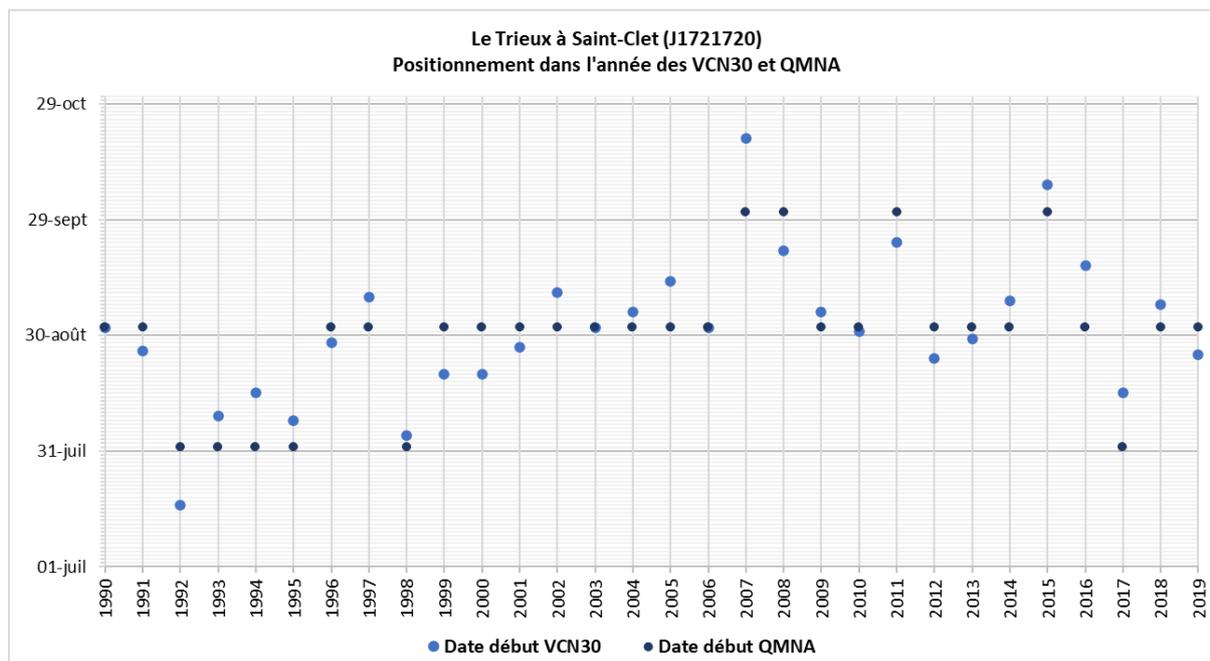
Le graphique suivant illustre le calendrier de survenue du VCN30 et du QMNA de 1990 à 2019.

Sur la chronique représentée :

- Le 1^{er} jour du VCN30 s'étale entre le 17 juillet et le 20 octobre selon l'année, tandis que le QMNA intervient en août, septembre ou octobre ;
- A partir de 2007, le QMNA concerne le mois d'octobre certaines années (2007, 2008, 2011 et 2015) alors que ça n'a jamais été le cas avant 2007.
- Avant 2002, le VCN30 démarre le plus souvent courant août, entre le 04/08 et le 27/08. A partir de 2002, on voit apparaître le VCN30 de plus en plus souvent courant septembre, voire octobre.

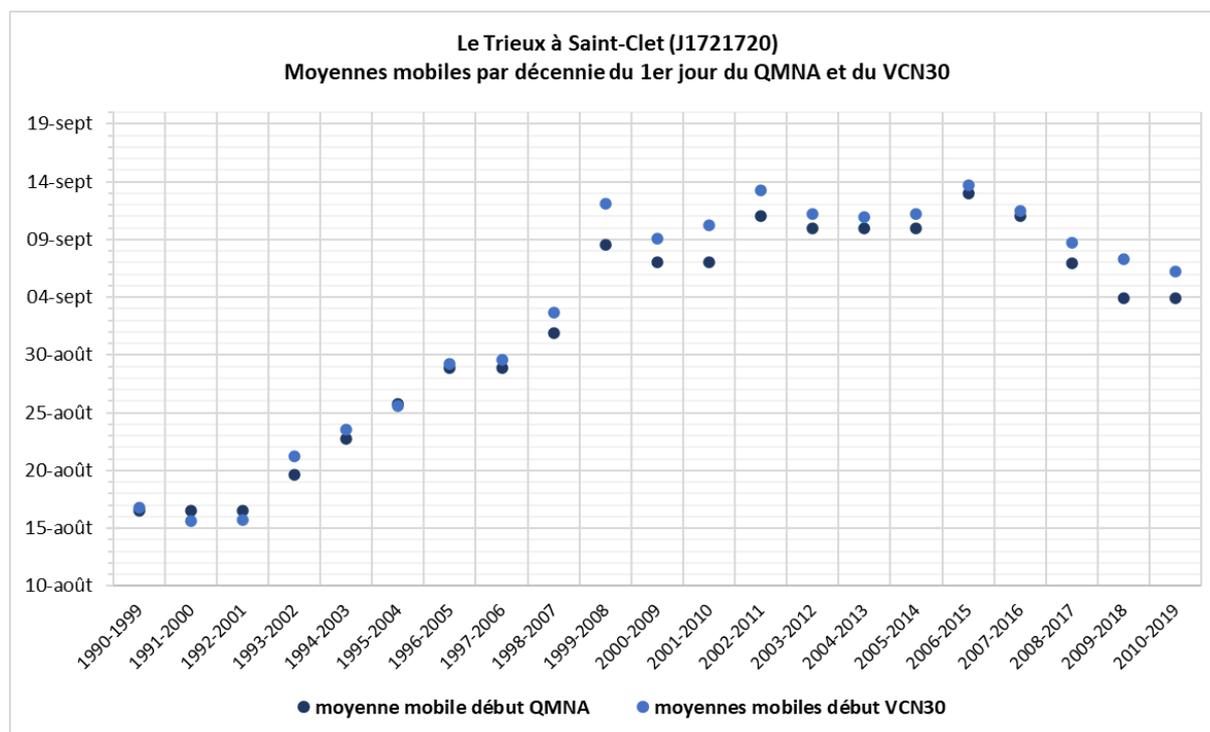
Les dates de début des VCN30 et QMNA ont tendance à être de plus en plus tardives au fil des années. C'est particulièrement visible pour les périodes de VCN30.

Le VCN30 semble donc intéressant pour montrer une évolution du calendrier des étiages.



Calendrier des étiages sur le Trieux sur la période 1990 – 2019 : date du 1^{er} jour du VCN30 et du QMNA

Pour compléter cette analyse, les moyennes mobiles des dates d'entrée en QMNA et VCN30 ont été calculées sur la période d'étude, par décennie glissante. Le graphique ci-dessous montre une tendance au « retard » de ces périodes d'étiage, entre le milieu des années 90 et le milieu des années 2000, puis une légère tendance à une plus grande précocité de ces dates d'entrée en étiage.



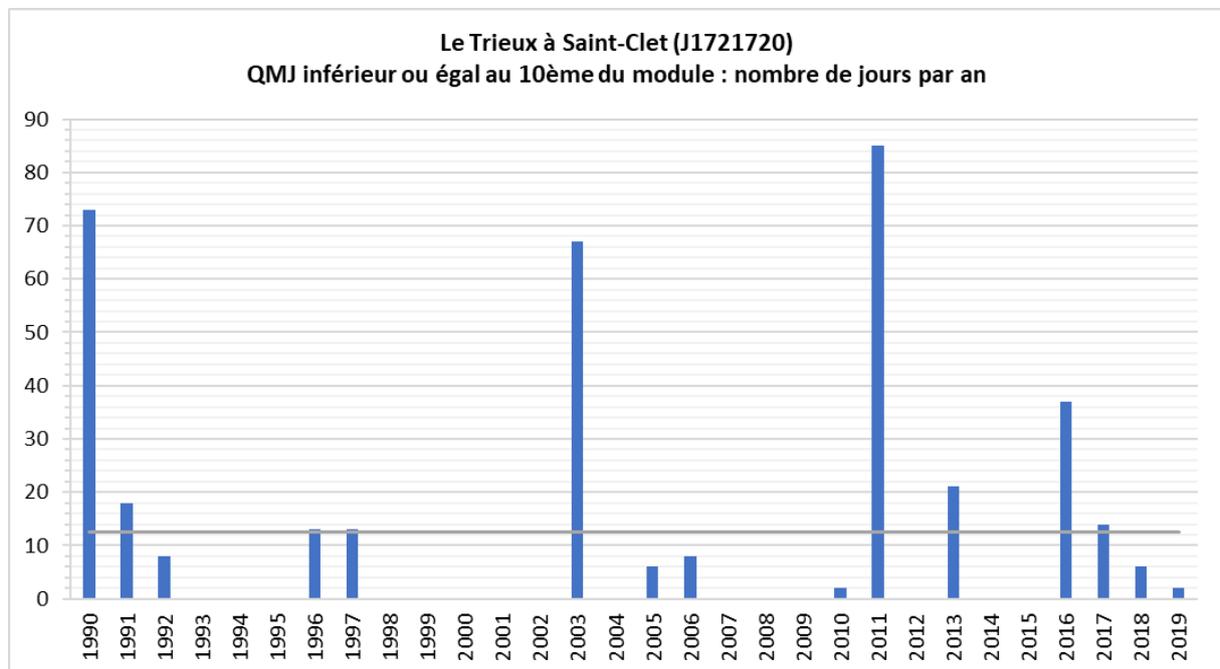
Moyennes mobiles de la date de début du QMNA et du VCN30 sur le Trieux, de 1990 à 2019

6.1.6/ Caractérisation de l'évolution de la durée des étiages

- Analyse du 10^{ème} du module

Sur la période 1990 – 2019, le 10^{ème} du module vaut 0,5198 m³/s. Le graphique ci-dessous montre que sur la dernière décennie (2010 à 2019), le 10^{ème} du module a été atteint 7 années. Le temps passé sous le 10^{ème} du module a varié de 2 jours en 2010 et 2019, à 85 jours en 2011, ces jours n'étant pas forcément consécutifs. A l'échelle de la période 1990 – 2019, le 10^{ème} du module a été atteint 15 années sur 30.

Le 10^{ème} du module constitue une valeur seuil caractéristique d'une situation d'étiage relativement sévère sur ce cours d'eau : en effet, la courbe des débits classés permet d'identifier que le 10^{ème} du module correspond à un débit égalé ou non dépassé 3,4% du temps (soit près de 12,5 jours par an en moyenne, représenté par la droite grise sur le graphique).



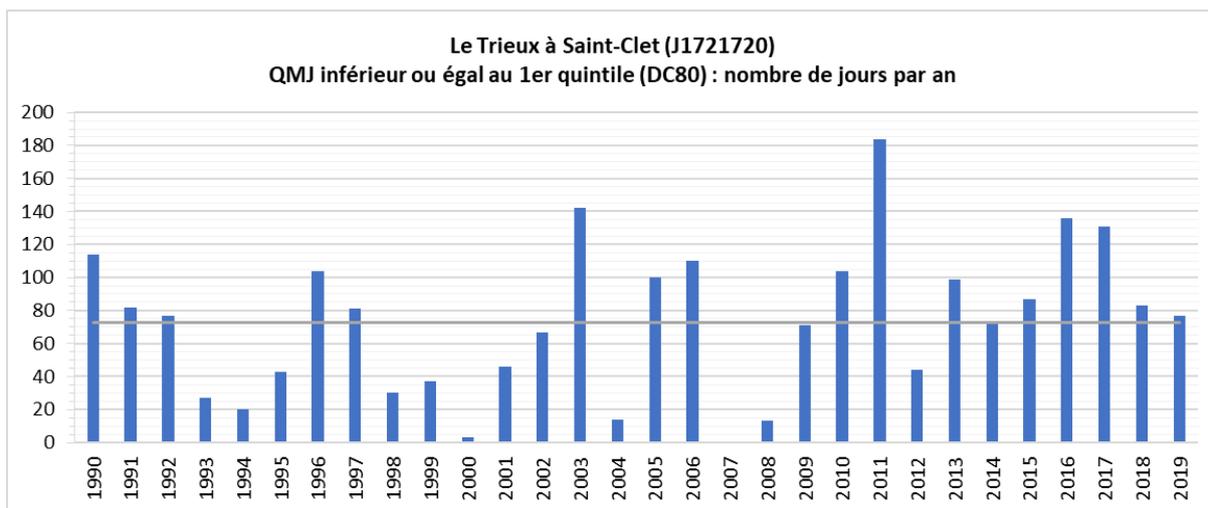
Analyse du 10^{ème} du module sur le Trieux sur la période 1990 – 2019

- Débit seuil : 1^{er} quintile

Sur la période 1990 – 2019, le 1^{er} quintile des débits mesurés s'élève à 1,120 m³/s : 20% de l'ensemble des débits journaliers mesurés atteignent ou ne dépassent pas cette valeur (correspond au DC80 vu plus haut : débit égalé ou non dépassé 20% du temps sur l'ensemble de la chronique, soit environ 73 jours, représenté par la droite grise sur le graphique).

A la lecture du graphique, et comme pour l'analyse du 10^{ème} du module, le nombre de jours par an où le débit est inférieur ou égal au 1^{er} quintile semble plus important sur la dernière décennie par rapport à la période précédente : les années avec un nombre de jours élevé sont plus fréquentes.

Cette variable semble donc intéressante pour montrer une évolution des durées d'étiage.



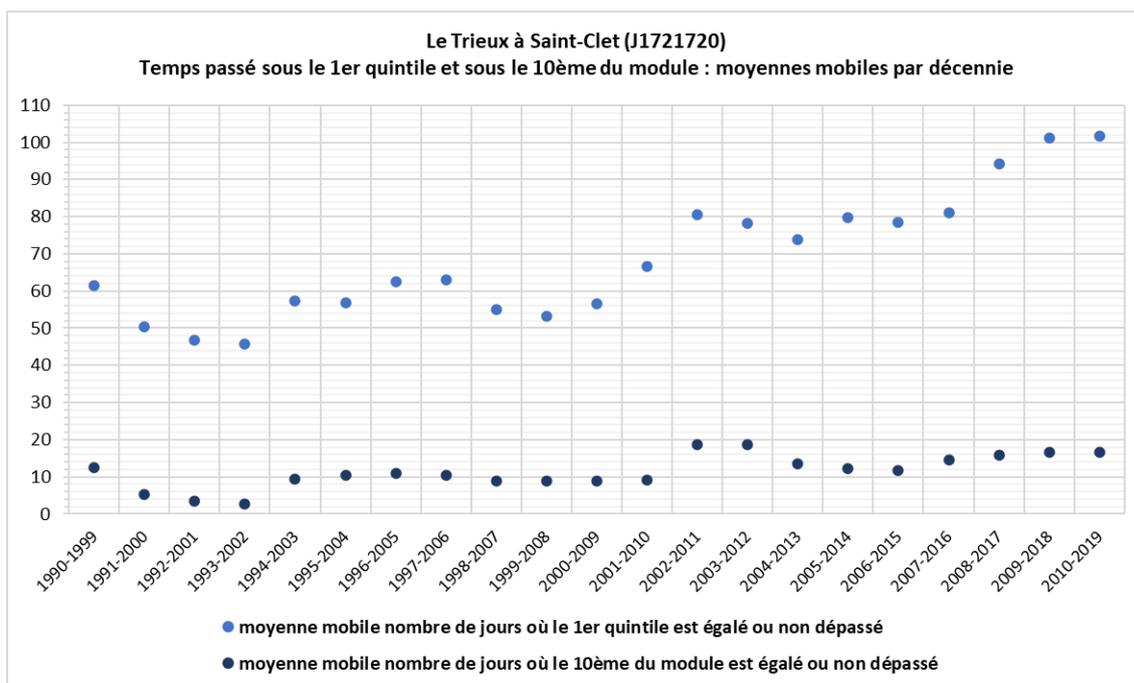
Analyse du 1^{er} quintile sur le Trieux entre 1990 et 2019

- Temps passé sous les débits seuils : moyennes mobiles

Le graphique ci-dessous permet d'illustrer une tendance d'évolution de la durée des étiages, avec une moyenne mobile, calculée sur une décennie glissante, du temps passé sous le 10^{ème} du module et sous le DC80 (1^{er} quintile) :

- On constate une progression bien marquée du temps passé sous le seuil du DC80 : autour de 50 jours en début de chronique, et au-delà de 90 jours en fin de chronique ;
- En revanche, le temps passé sous le seuil du 10^{ème} du module montre une évolution plus modeste : autour de 8 jours en moyenne en début de chronique et autour de 15 jours en fin de chronique.

Cela laisse penser que le temps passé sous des niveaux d'étiage « moyens » (inférieurs au DC80) tend à augmenter nettement au cours du temps, mais que le temps passé sous des niveaux sévères (inférieurs au 10^{ème} du module) reste relativement stable (ou augmente très légèrement).



Evolution des moyennes mobiles du nombre de jours par an passé au niveau ou sous le 10^{ème} du module et le 1^{er} quintile (DC80) sur le Trieux, entre 1990 et 2019

6.2 LE LEFF

6.2.1./ Présentation du bassin versant

La surface du bassin-versant du Leff est de 352 km². Il s'écoule sur 58 km du Sud vers le Nord à travers un bassin versant évasé vers le Nord. La partie amont du bassin-versant est large d'environ 5 km alors que la partie aval atteint 15 km de largeur. Il se jette dans le fleuve du Trieux, dans sa partie estuarienne.

L'ensemble des linéaires du cours d'eau du bassin versant du Leff représente une longueur de 609 km (données issues du référentiel « cours d'eau » de la DDTM 22). Les trois principaux affluents du Leff sont (Source : *Fédération des Côtes d'Armor pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique*) :

- En rive gauche : le Goazel et Kerharn (44,5 km ; BV : 10 882 ha), et le Dourmeur (18,5 km ; BV : 2 803 ha)
- En rive droite : le Kerguidoué (19,1 km ; BV : 6 495 ha)

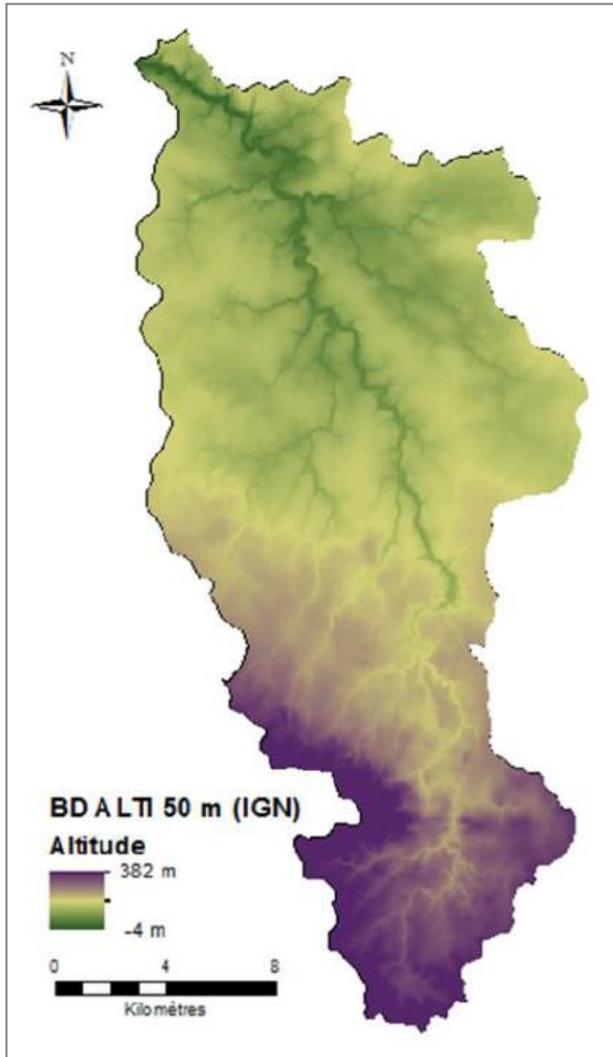
L'étang de la digue de Châtelaudren (superficie de 4 ha et situé à l'amont du BV) constitue le plan d'eau le plus important du bassin versant du Leff. Le plan d'eau de Saint Jean Kerdaniel a lui une superficie de 2,7 ha (sous bassin versant du Kerharn).

Le taux d'étagement du Leff (sur le tronçon classé en liste 2 à l'aval de Châtelaudren) est de 41,3 %. A noter une succession d'ouvrages (biefs de moulins) en travers du cours d'eau, dans la partie aval du bassin versant (avec des hauteurs de chutes souvent supérieures au mètre). Le Leff compte 6 ouvrages prioritaires pour le rétablissement de la « continuité écologique » dans le SAGE ATG (répartis de Tréméven à Plourivo). De par sa forme (évasée au Nord), les écoulements dans ce bassin versant sont globalement lents : pente moyenne 4,4 ‰ en amont de Châtelaudren et 2,3 ‰ à l'aval.

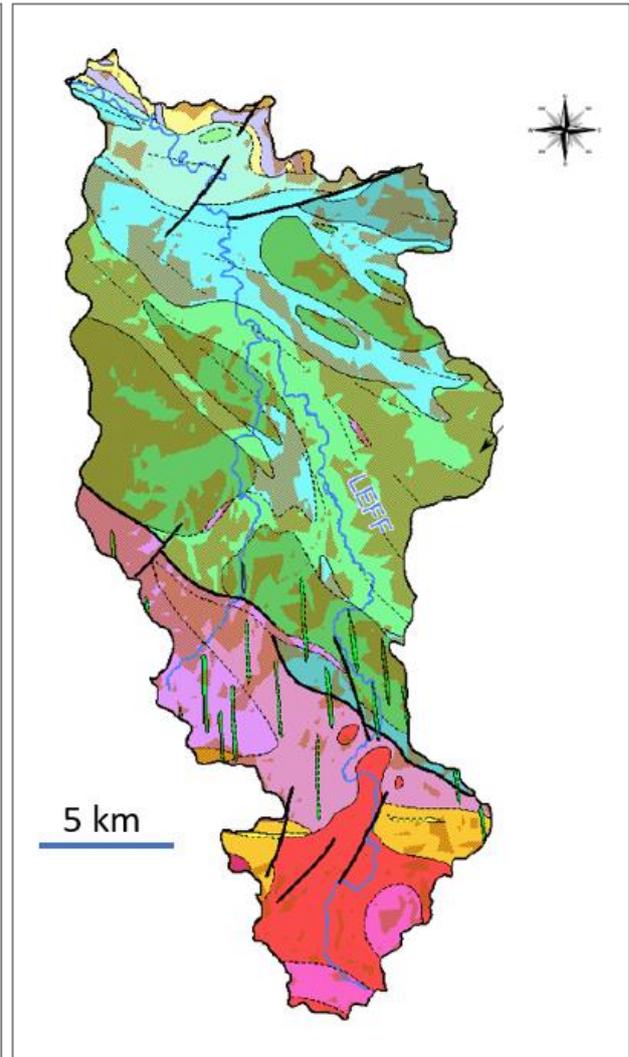
Bien que le bassin versant du Leff soit étiré du Sud vers le Nord, la pluviométrie est moins contrastée que sur le bassin versant du Trieux. En effet, sa position plus proche du littoral (baie de Saint Briec) tend à tamponner ces écarts. En revanche, cette position plus proche du littoral engendre un léger contraste Ouest-Est, la partie Est du bassin versant étant la moins arrosée : 500 à 600 mm de pluie en moyenne par an.

D'un point de vue géologique et topographique, le Leff prend sa source à 220 m d'altitude (commune LE LESLAY) dans le massif granitique hercynien de Quintin (en rouge sur la carte géologique ci-dessous) et s'écoule ensuite dans des formations plus anciennes dominées par les roches plutoniques et métamorphiques d'âge cadomien (en vert et violet sur la carte géologique). A l'aval, les formations méta-volcaniques dites de Lanvollon (en bleu clair sur la carte géologique) constituent un aquifère fracturé intéressant pour la production d'eau potable (site AEP des forages de *Kerio* en Pléguien : environ 1 Mm³ produits par an).

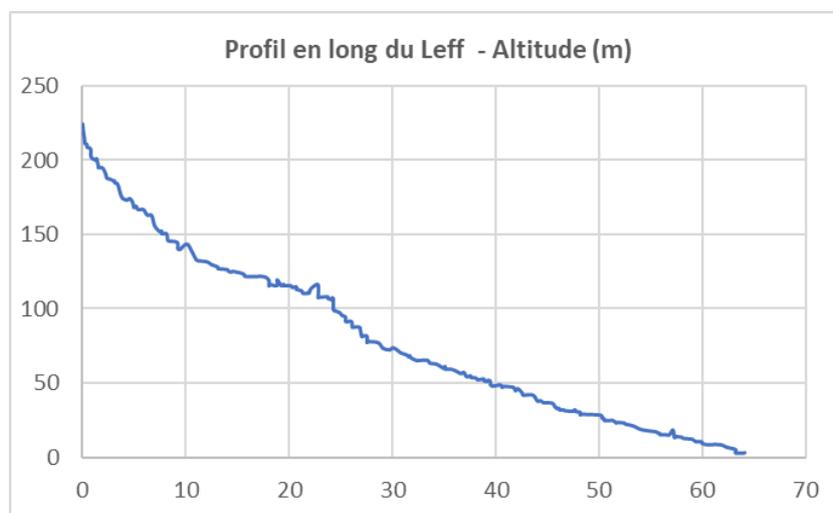
Comme dans le cas du Trieux, la contribution des eaux souterraines à l'écoulement du Leff est importante (projet SILURES du BRGM) : globalement de 67 % sur une année. Les chroniques piézométriques et hydrologiques analysées par le BRGM montrent de faibles décalages (de l'ordre de 2 à 5 jours), ce qui suggère un aquifère peu inertiel s'écoulant rapidement vers le cours d'eau (fiche BdLisa 187AG03).



***Bd Alti du BV du Leff
 (source fiche Bd Lisa 187AG03 – BRGM)***



***Géologie du bassin versant du Leff
 Source BdLisa (BRGM)***

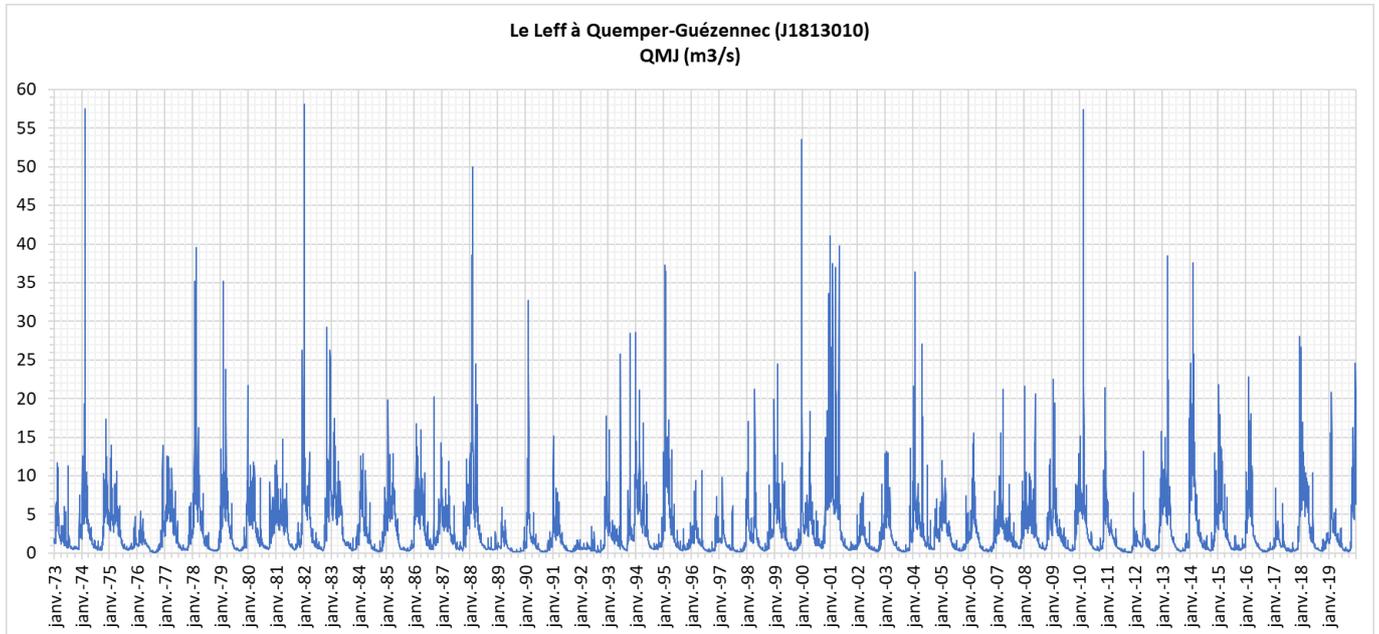


Profil en long du Leff (en abscisse distance à la source en km)

6.2.2/ Données disponibles, période étudiée et débits de référence

Les données disponibles dans la banque Hydro démarrent au 01/01/1973 et sont continues (données journalières) sur l'ensemble de la chronique. **L'analyse sera donc menée sur la période allant du 01/01/1973 au 31/12/2019, soit 47 années de données.**

Le graphique ci-dessous représente le débit moyen journalier du Leff pour la période étudiée.



Débit journalier du Leff aval sur la période 1973 – 2019

La surface du bassin versant à la station de jaugeage de Quemper-Guézennec est de 339 km².

Débits de référence pour la période 1973 – 2019 :

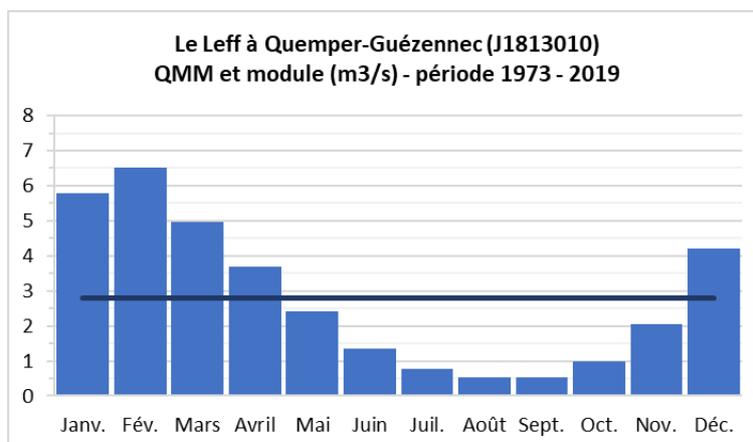
Module interannuel = 2,792 m³/s

Module spécifique = 8,236 l/s/km²

QMNA5 = 0,261 m³/s

QMNA5 spécifique = 0,770 l/s/km²

A noter : contrairement au cas du Trieux, le QMNA5 est inférieur au 10^{ème} module (les 2 valeurs sont très proches).



Écoulements mensuels du Leff à la station de jaugeage aval : moyenne interannuelle des débits mensuels et module interannuel, calculés sur la période 1973 – 2019

Sur la base de ces moyennes mensuelles, la période de basses eaux s'étale de mai à novembre inclus.

Rappel DOE période 1976 – 2012 = 0,250 m³/s

Sur la période 1976 – 2012, les débits de référence sont les suivants :

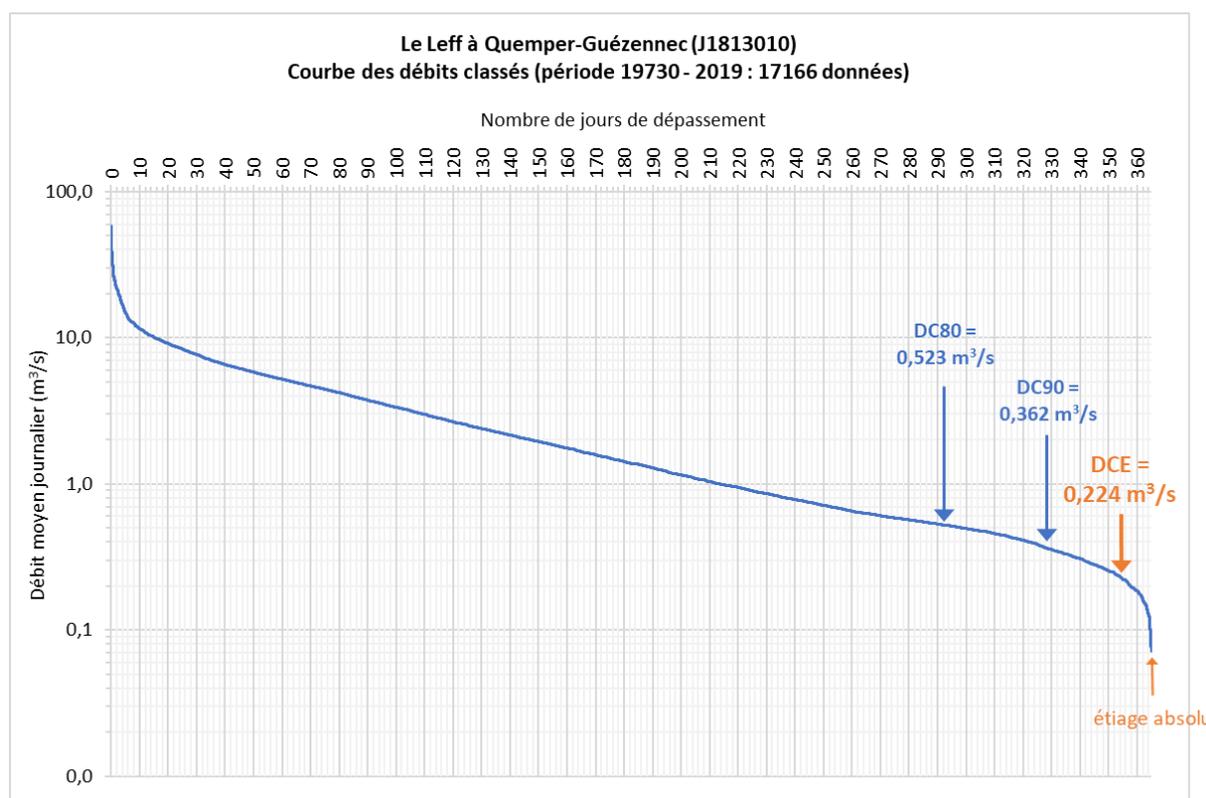
Module interannuel = 2,755 m³/s

QMNA5 = 0,254 m³/s (intervalle de confiance 95% : [0,205 ; 0,300])

6.2.3/ Courbe des débits classés et débits caractéristiques

La courbe des débits classés est obtenue à partir de l'ensemble des débits journaliers disponibles sur la période étudiée, soient 17166 jours de données. Elle permet d'identifier des débits caractéristiques, et notamment le DCE, le DC80 et le DC90, qui constituent des débits seuils fréquemment utilisés dans la littérature pour caractériser l'étiage d'un cours d'eau. On peut considérer que le DCE correspond à une situation d'étiage relativement sévère, alors que le DC90 et surtout le DC80 représentent des seuils peu sévères³.

Sur la période 1973 – 2019, le DCE vaut 0,224 m³/s. Il est inférieur au 10^{ème} du module et au QMNA5. Le DC90 vaut 0,362 m³/s : ce débit est dépassé 90% du temps. Le DC80 vaut 0,523 m³/s : ce débit est dépassé 80% du temps (il correspond au 1^{er} quintile des débits, qui sera étudié plus loin). Enfin, l'étiage absolu est de 0,072 m³/s (atteint le 29/08/1976).



Courbe des débits classés et quelques débits caractéristiques pour le Leff, sur la période 1973-2019

Sur la période visée dans le SDAGE (1976-2012) :

DC80 = 0,524 m³/s

DC90 = 0,358 m³/s

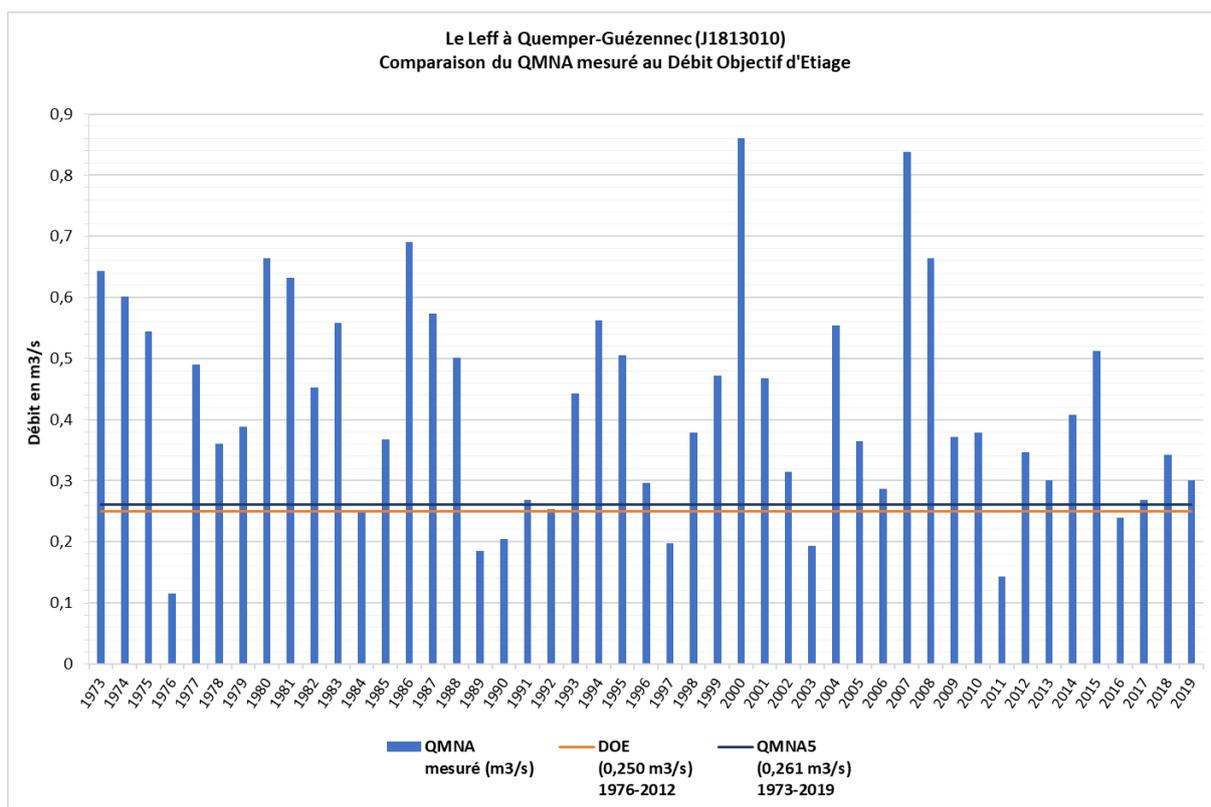
DCE = 0,211 m³/s

³ Les étiages : définitions hydrologiques, statistique et seuils réglementaires, Claire Lang Delus, 2011 <https://journals.openedition.org/cybergeo/24827>

6.2.4/ Caractérisation de l'évolution de la sévérité des étiages :

- Respect du DOE – disposition 7A-1 du SDAGE

Le graphique suivant représente, pour la période 1973 – 2019, le niveau du QMNA (débit moyen mensuel minimal) mesuré chaque année par rapport au Débit Objectif d'Etiage. Ce graphique permet de visualiser le respect ou non de la disposition du SDAGE : QMNA supérieur ou égal au DOE au moins 8 années sur 10 en moyenne. Le graphique montre également le QMNA5 calculé sur la période 1973 – 2019 (débit moyen mensuel minimal de fréquence théorique quinquennale).



Comparaison du QMNA mesuré au DOE et niveau du QMNA5 sur le Leff, sur la période 1973 - 2019

Sur la dernière décennie (2010-2019), le QMNA est inférieur au DOE 2 années : en 2016 et 2011. Si on considère l'ensemble de la chronique, l'objectif est respecté, avec un QMNA supérieur au DOE 38 années sur 47.

On constate également sur le graphique que le QMNA5, calculé sur la période 1973 – 2019, est supérieur à la valeur du DOE, établi sur la période 1976 – 2012.

Ainsi, en considérant l'ensemble de la chronique disponible, le DOE ne reflète pas les écoulements réels et constitue un seuil inférieur aux niveaux d'eau constatés réellement dans le cours d'eau dans des conditions d'étiage relativement sévères, traduites par le QMNA5.

Notons également pour rappel que le QMNA5 est inférieur au 10^{ème} du module sur ce cours d'eau.

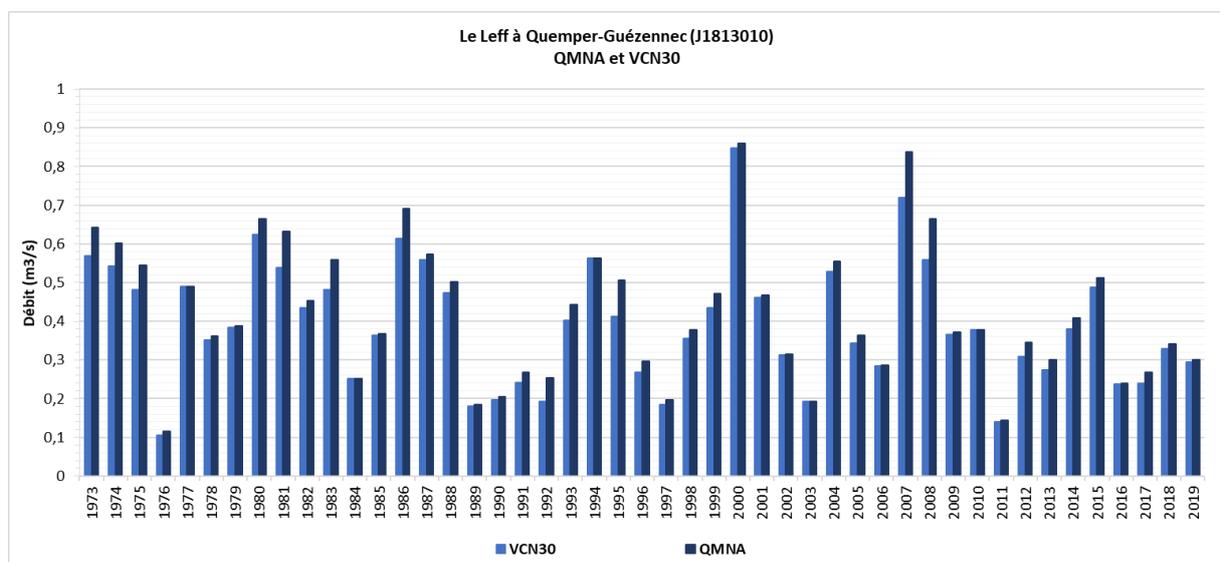
A noter, pour rappel, que la valeur du QMNA5 calculé sur la période 1976 – 2012 est de 0,254 m³/s, soit équivalent au DOE.

- Analyse des valeurs de QMNA et VCN30

Le graphique ci-dessous permet de comparer pour chaque année de la période 1973 – 2019 les valeurs du QMNA et du VCN30.

Entre 1973 et 2019, le QMNA varie de 0,115 à 0,860 m³/s. Le VCN30 quant à lui varie de 0,106 à 0,848 m³/s. Logiquement, le QMNA est toujours supérieur ou égal au VCN30 : l'écart varie de 0 à 0,118 m³/s selon les années, il est en moyenne de 0,029 m³/s (médiane à 0,020 m³/s).

L'écart entre les 2 paramètres est particulièrement marqué en 2007 et 2008 (respectivement 0,118 m³/s et 0,106 m³/s), comme sur le Trieux. Cela montre les limites de l'utilisation du QMNA comme indicateur d'étiage « réel ».



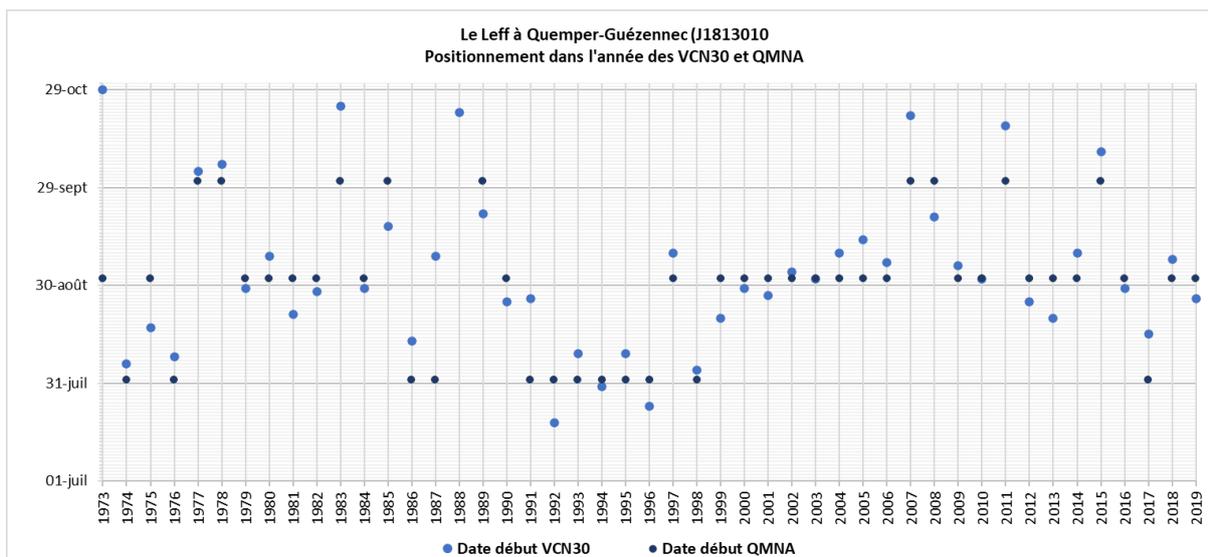
Analyse des débits mensuels minimaux annuels (QMNA) et des débits minimaux sur 30 jours consécutifs (VCN30) sur le Leff sur la période 1973 – 2019

6.2.5/ Caractérisation de l'évolution du calendrier des étiages : analyse des dates de début de QMNA et VCN30

Le graphique suivant illustre le calendrier de survenue du VCN30 et du QMNA de 1973 à 2019.

Sur la chronique représentée :

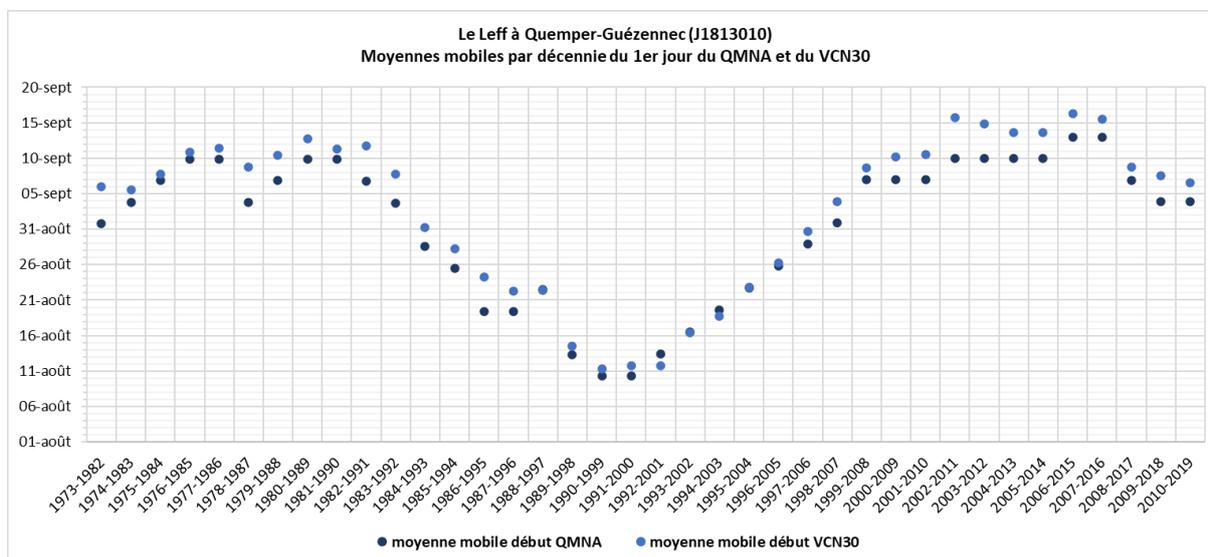
- Le 1^{er} jour du VCN30 s'étale entre le 19 juillet et le 29 octobre selon l'année, tandis que le QMNA intervient au cours des mois d'août à novembre (une seule année en novembre : 1988) ;
- Après 2000, le QMNA concerne le plus souvent le mois de septembre, alors qu'il intervient davantage au mois d'août avant 2000 ;
- A la simple lecture des dates de début de VCN30, on ne constate pas de rupture particulièrement visible sur la chronique.



Calendrier des étiages sur le Leff sur la période 1973 – 2019 : date du 1^{er} jour du VCN30 et du QMNA

Pour compléter cette analyse, les moyennes mobiles des dates d'entrée en QMNA et VCN30 ont été calculées sur la période d'étude, par décennie glissante. Le graphique ci-dessous confirme l'absence d'une tendance nette d'évolution depuis 1973 pour le Leff.

En revanche, par comparaison au cas du Trieux, si on considère uniquement la période 1990-2019, on constate la même tendance au « retard » d'entrée en QMNA et en VCN30 au cours de la période.



Moyennes mobiles de la date de début du QMNA et du VCN30 sur le Leff, de 1973 à 2019

6.2.6/ Caractérisation de l'évolution de la durée des étiages

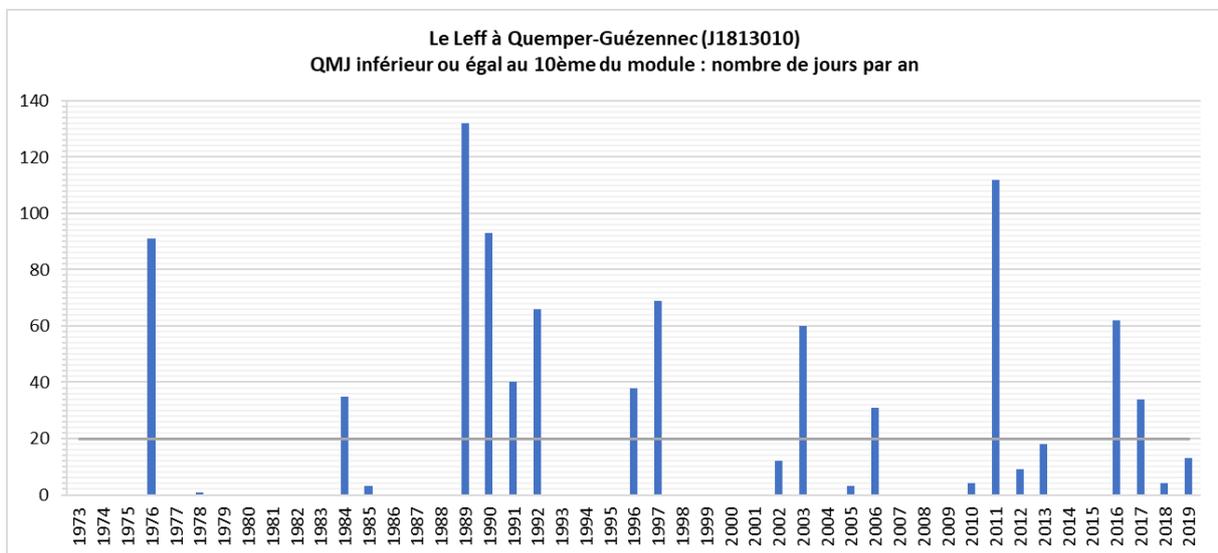
- Analyse du 10^{ème} du module

Sur la période 1973 – 2019, le 10^{ème} du module est de 0,2792 m³/s. Pour rappel, le QMNA5 est inférieur au 10^{ème} du module sur ce cours d'eau.

Le graphique ci-dessous montre que sur la dernière décennie (2010 à 2019), le 10^{ème} du module a été atteint 8 années. A l'échelle de la période 1973 – 2019, le 10^{ème} du module a été atteint 22 années sur 47.

Le temps passé sous le 10^{ème} du module a varié de 1 jour en 1978 à 132 jours en 1989, ces jours n'étant pas forcément consécutifs. En 1976, année de sécheresse sévère, le temps passé sous le 10^{ème} du module a été de 91 jours.

Avec la courbe des débits classés, on peut constater que le 10^{ème} du module correspond sur le Leff à un débit égalé ou non dépassé 5,4% du temps (soit près de 19,7 jours par an en moyenne, représenté par la droite grise sur le graphique).

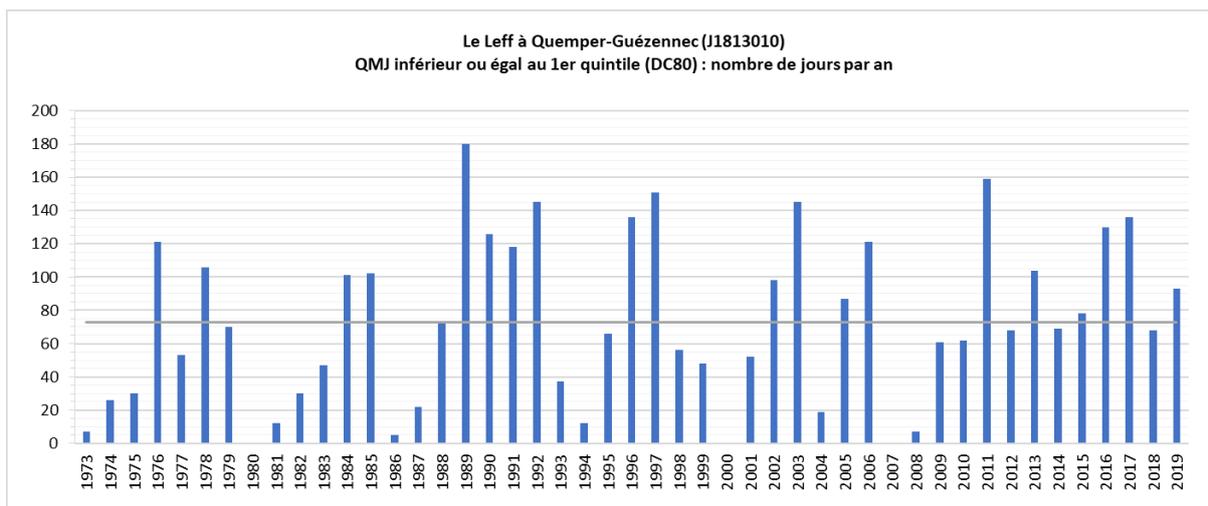


Analyse du 10^{ème} du module sur le Leff sur la période 1973 – 2019

- Débit seuil : 1^{er} quintile

Sur la période 1973 – 2019, le 1^{er} quintile des débits mesurés s'élève à 0,523 m³/s : 20% de l'ensemble des débits journaliers mesurés atteignent ou ne dépassent pas cette valeur (correspond au DC80 vu plus haut : débit égalé ou non dépassé 20% du temps sur l'ensemble de la chronique – le nombre de jours moyen par an (73 jours) est représenté par la droite grise sur le graphique). A la lecture du graphique, et comme pour l'analyse du 10^{ème} du module, le nombre de jours par an où le débit est inférieur ou égal au 1^{er} quintile semble plus important sur la dernière décennie par rapport à la période précédente : les années avec un nombre de jours élevé sont plus fréquentes.

Cette variable semble donc intéressante pour montrer une évolution des durées d'étiage.



Analyse du 1^{er} quintile sur le Leff entre 1973 et 2019

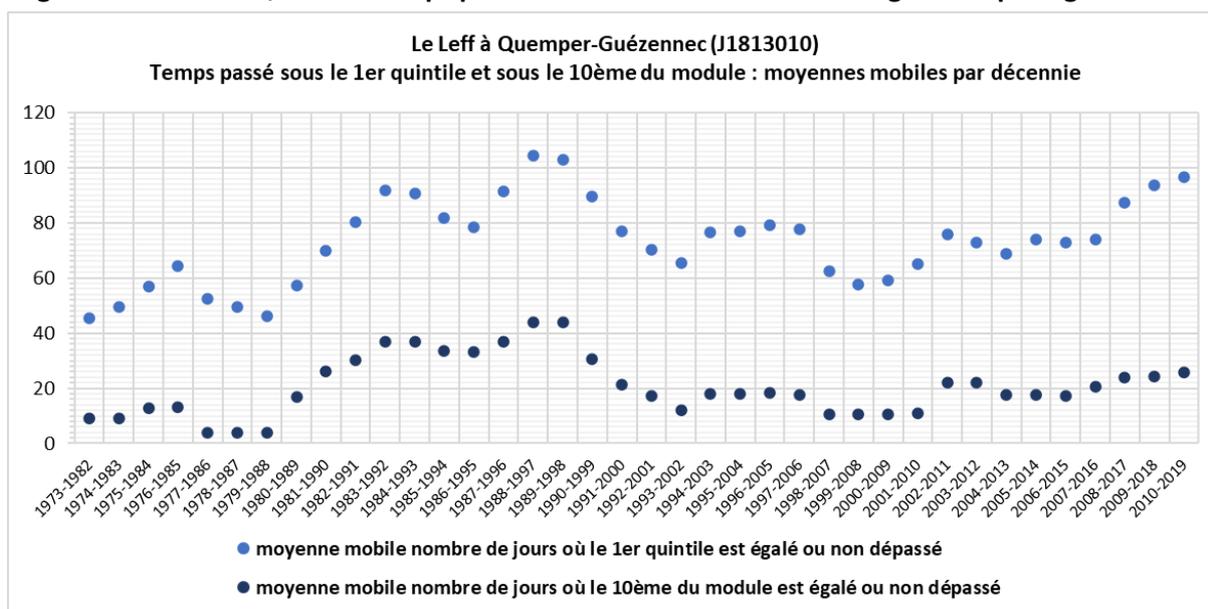
- Temps passé sous les débits seuils : moyennes mobiles

Le graphique ci-dessous permet d’illustrer une tendance d’évolution de la durée des étiages, avec une moyenne mobile, calculée sur une décennie glissante, du temps passé sous le 10^{ème} du module d’une part, et sous le 1^{er} quintile d’autre part.

On constate une nette tendance à l’augmentation du temps passé sous ces débits-seuils entre le début et la fin de la période étudiée, même s’il existe des variations importantes au cours de la chronique. On remarque en particulier les niveaux très élevés au cours des décennies 1980 et 1990.

- Le temps passé sous le 1^{er} quintile (DC80) augmente de manière importante : autour de 55 jours en moyenne en début de chronique, il dépasse 80 jours en moyenne en fin de chronique ;
- Le temps passé sous le 10^{ème} du module augmente également, mais de façon moins marquée, avec des durées de l’ordre de 10 jours en moyenne en début de chronique et d’un peu plus de 20 jours en moyenne en fin de chronique.

Ainsi, dans le cas du Leff, le temps passé sous un niveau d’étiage « moyen » (inférieur au DC80) augmente nettement, mais le temps passé sous le 10^{ème} du module n’augmente que légèrement.



Evolution des moyennes mobiles, par décennie, du nombre de jours par an passé sous le 10^{ème} du module et sous le 1^{er} quintile (DC80), sur le Leff entre 1973 et 2019

6.3 LE JAUDY

6.3.1./ Présentation du bassin versant

La surface du bassin-versant du Jaudy est de 185 km² (à l'amont de l'estuaire drainant quant à lui 50 km² hors Guindy et Bizien). Le Jaudy s'écoule sur 45 km du Sud vers le Nord à travers un bassin versant élargi en son centre (12 km de largeur) ; alors que les parties amont et aval atteignent 4 km de largeur environ.

D'un point de vue topographique, le Jaudy prend sa source à 280 m d'altitude (commune de LOUARGAT). Une différence notable se présente entre l'aval du bassin versant à tendance plutôt lente (pente moyenne de 2.5‰) et l'amont au cours plus rapide (pente moyenne de 9.4‰).

La pluviométrie est contrastée du nord au sud, le sud du bassin versant recevant en moyenne 300 mm de pluie de plus par an (environ 1000 mm/an) que la zone côtière.

L'ensemble des linéaires du cours d'eau du bassin versant du Jaudy (à l'amont de l'estuaire) représente une longueur de 443 km (données issues du référentiel « cours d'eau » de la DDTM 22).

Les principaux affluents du Jaudy à l'amont de l'estuaire sont :

- En rive gauche : le Kerogan (7 km) et le Poulloguer (11,1 km) ;
- En rive droite : le Théoulas (13,5 km).

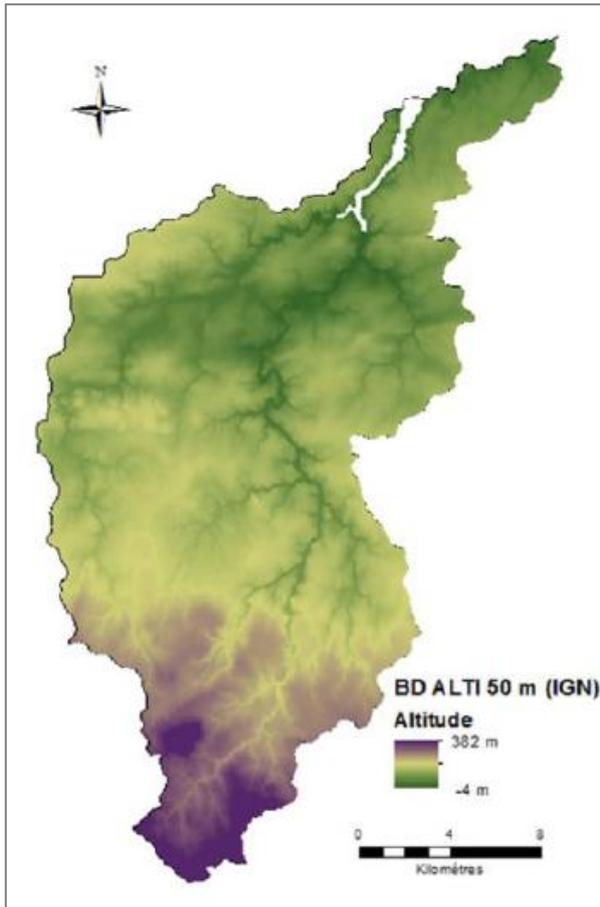
Le Bizien (19,1 km en rive droite ; 30 km²) et le Guindy (43,3 km en rive gauche ; 125 km²) se jettent quant à eux dans la partie estuarienne du fleuve.

Le plan d'eau du Moulin de Poulloguer (superficie de 2,3 ha et situé sur le sous bassin versant du Poulloguer) constitue le plan d'eau le plus important du bassin versant du Jaudy.

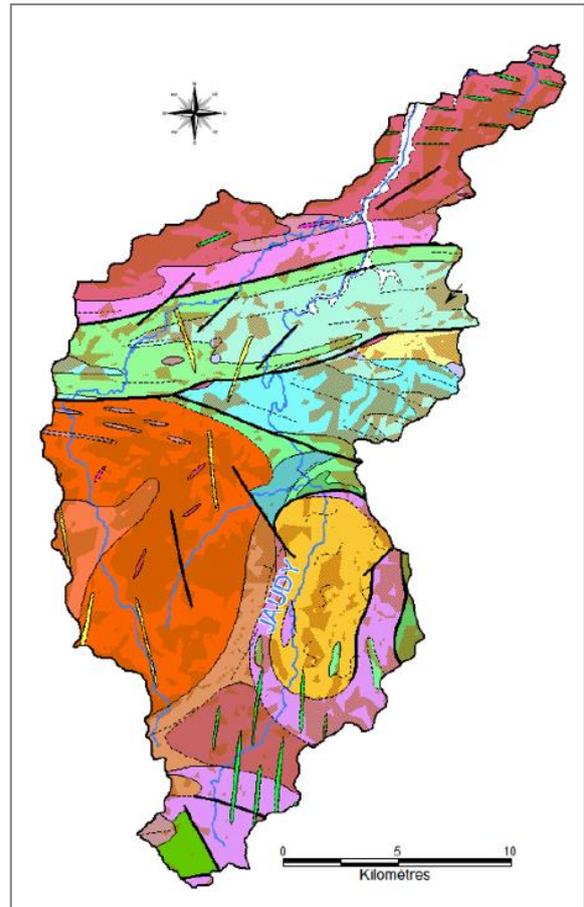
Le taux d'étagement du Jaudy (sur le tronçon classé en liste 2) est de 38 %. Le Jaudy compte 3 ouvrages prioritaires pour le rétablissement de la « continuité écologique » dans le SAGE ATG (situés à environ 3 km à l'amont de l'estuaire).

D'un point de vue géologique, le Jaudy s'écoule dans des formations cadomiennes plutoniques et métamorphiques dès sa source (en longeant dans sa partie amont le massif granitique plus récent de Bégard et lui conférant une légère forme incurvée vers l'Est ; massif de Bégard en orange foncé sur la carte géologique ci-dessous). Le massif granitique de Bégard est drainé à l'Est, sur le bassin versant du Jaudy, par son affluent le Poulloguer. Dans sa partie aval (à l'entrée de l'estuaire), le Jaudy traverse une bande de volcanites (en vert sur la carte), puis de nouveau des roches plutoniques dans sa partie littorale (en bordeaux sur la carte). Les volcanites constituent un aquifère fracturé intéressant pour la production d'eau potable (sites AEP des forages du Syndicat de KERJAULEZ).

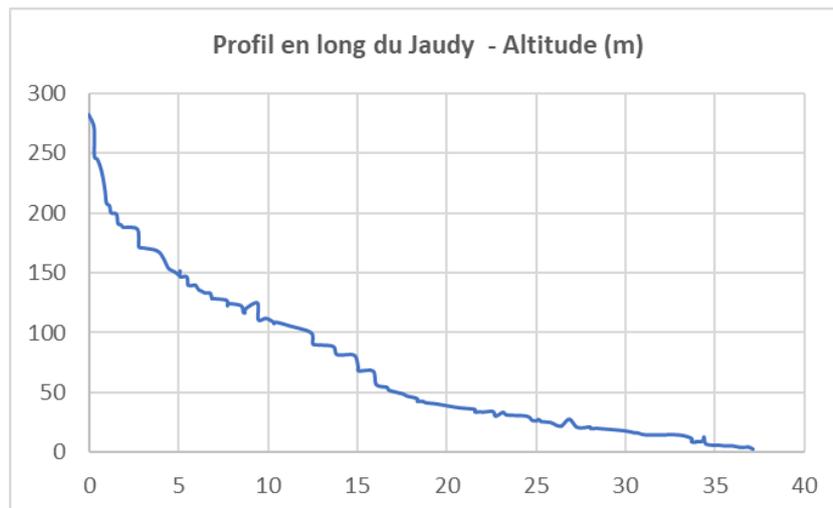
La contribution des eaux souterraines à l'écoulement du Jaudy (à l'amont de la station de Mantallot) est assez bonne (projet SILURES du BRGM) : globalement 58 % de l'écoulement total. Les chroniques piézométriques et hydrologiques analysées par le BRGM montrent de faibles décalages (de l'ordre de 0 à 2 jours), ce qui suggère un aquifère peu inertiel s'écoulant rapidement vers le cours d'eau (fiche BdLisa 189AA01).



***Bd Alti du BV du Jaudy et du Guindy
(source fiche Bd Lisa 189AA01 - BRGM)***



***Géologie des bassins versants du Jaudy et du
Guindy - Source BdLisa (BRGM)***

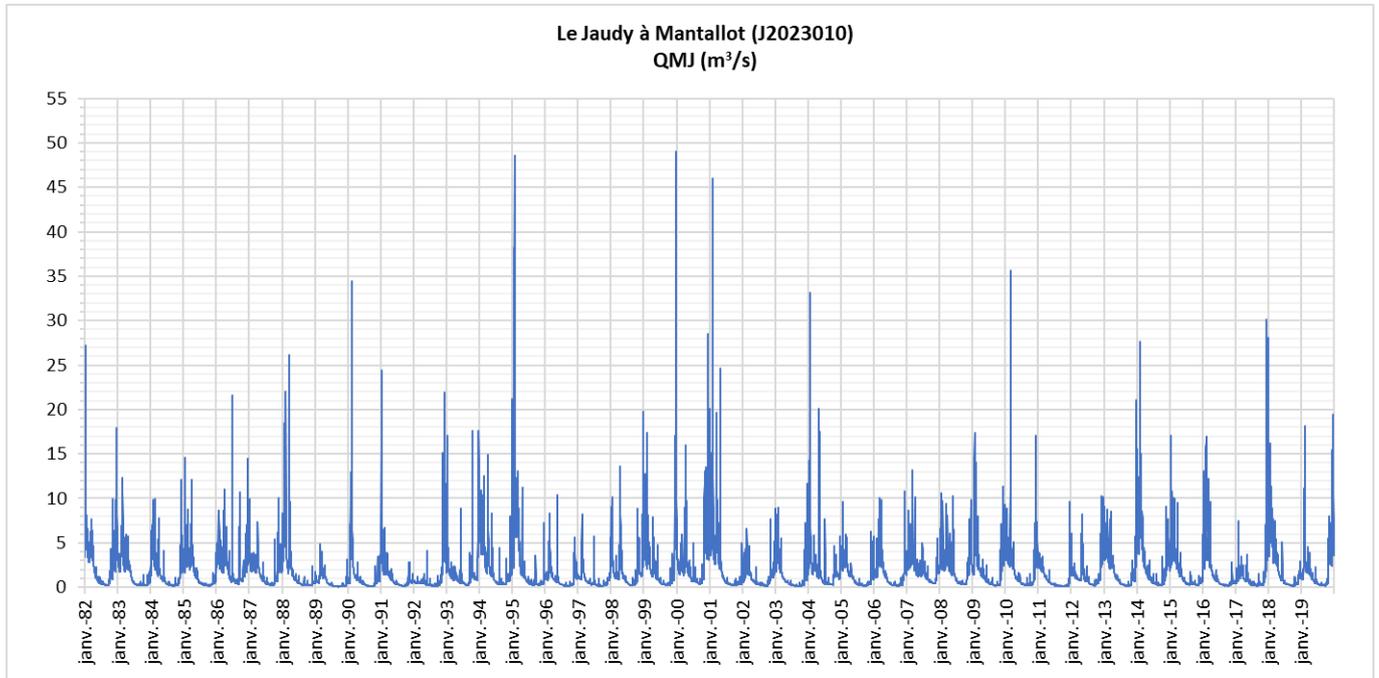


***Profil en long du Jaudy
(en abscisse distance à la source en km)***

6.3.2/ Données disponibles, période étudiée et débits de référence

Les données disponibles dans la banque Hydro démarrent au 26/11/1981 et sont continues (données journalières) sur l'ensemble de la chronique. **L'analyse sera donc menée sur la période allant du 01/01/1982 au 31/12/2019, soit 38 années.**

Le graphique ci-dessous représente le débit moyen journalier du Jaudy pour la période étudiée.



Débit journalier du Jaudy sur la période 1982 – 2019

La surface du bassin versant à la station de jaugeage de Mantallot est de 164 km².

Débits de référence pour la période 1982 – 2019 :

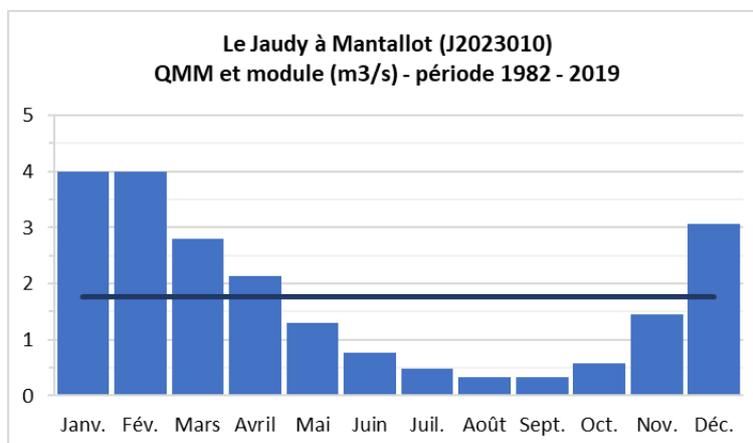
Module interannuel = 1,759 m³/s

Module spécifique = 10,726 l/s/km²

QMNA5 = 0,161 m³/s

QMNA5 spécifique = 0,982 l/s/km²

A noter : contrairement au cas du Trieux, mais comme pour le Leff, le QMNA5 est inférieur au 10^{ème} module.



Écoulements mensuels du Jaudy : moyenne interannuelle des débits mensuels et module interannuel, calculés sur la période 1982 – 2019

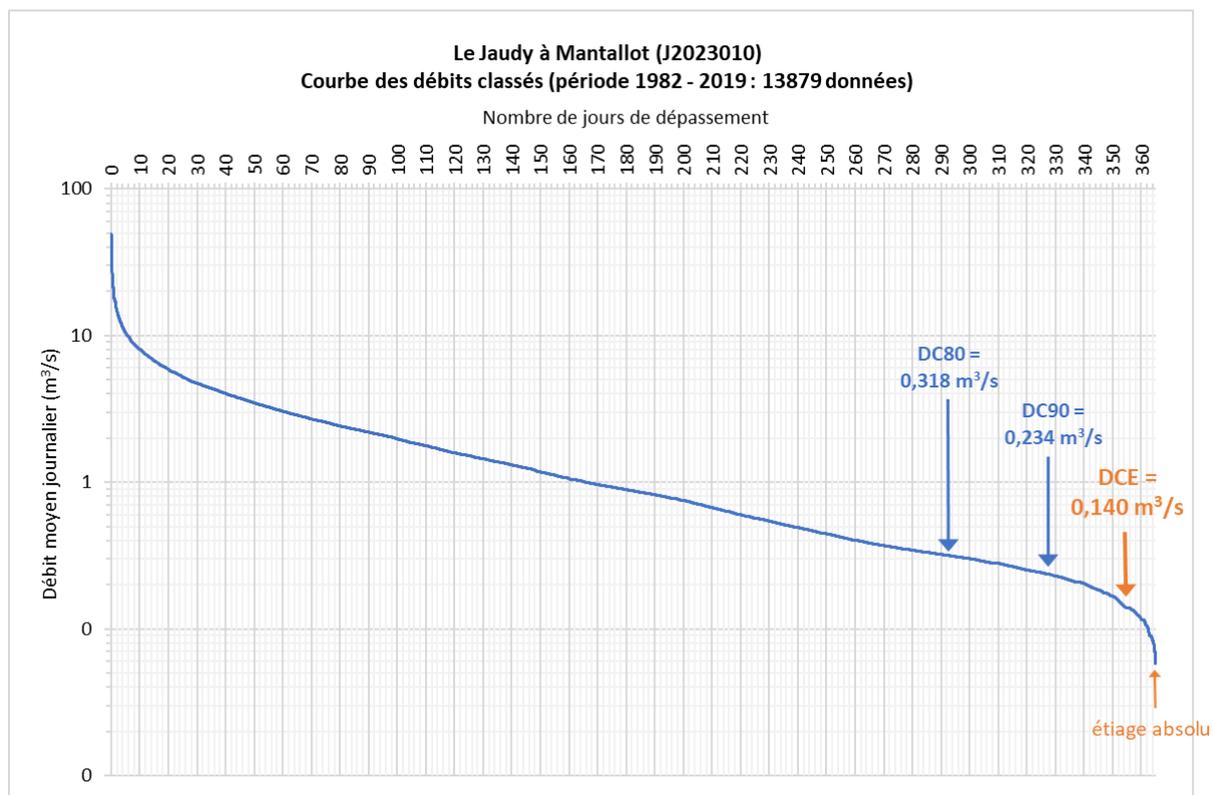
Sur la base de ces moyennes mensuelles, la période de basses eaux s'étale de mai à novembre inclus.

NB : Le SDAGE ne définit pas de point nodal sur le Jaudy, ni de DOE.

6.3.3/ Courbe des débits classés et débits caractéristiques

La courbe des débits classés est obtenue à partir de l'ensemble des débits journaliers disponibles sur la période étudiée, soient 13879 jours de données. Elle permet d'identifier des débits caractéristiques, et notamment le DCE, le DC80 et le DC90, qui constituent des débits seuils fréquemment utilisés dans la littérature pour caractériser l'étiage d'un cours d'eau. On peut considérer que le DCE correspond à une situation d'étiage relativement sévère, alors que le DC90 et surtout le DC80 représentent des seuils peu sévères⁴.

Sur la période 1982 – 2019, le DCE vaut $0,140 \text{ m}^3/\text{s}$. Il est inférieur au 10^{ème} du module et au QMNA5. Le DC90 vaut $0,234 \text{ m}^3/\text{s}$: ce débit est dépassé 90% du temps. Le DC80 vaut $0,318 \text{ m}^3/\text{s}$: ce débit est dépassé 80% du temps (il correspond au 1^{er} quintile des débits, qui sera étudié plus loin). Enfin, l'étiage absolu est de $0,058 \text{ m}^3/\text{s}$ (atteint le 22/09/1989).



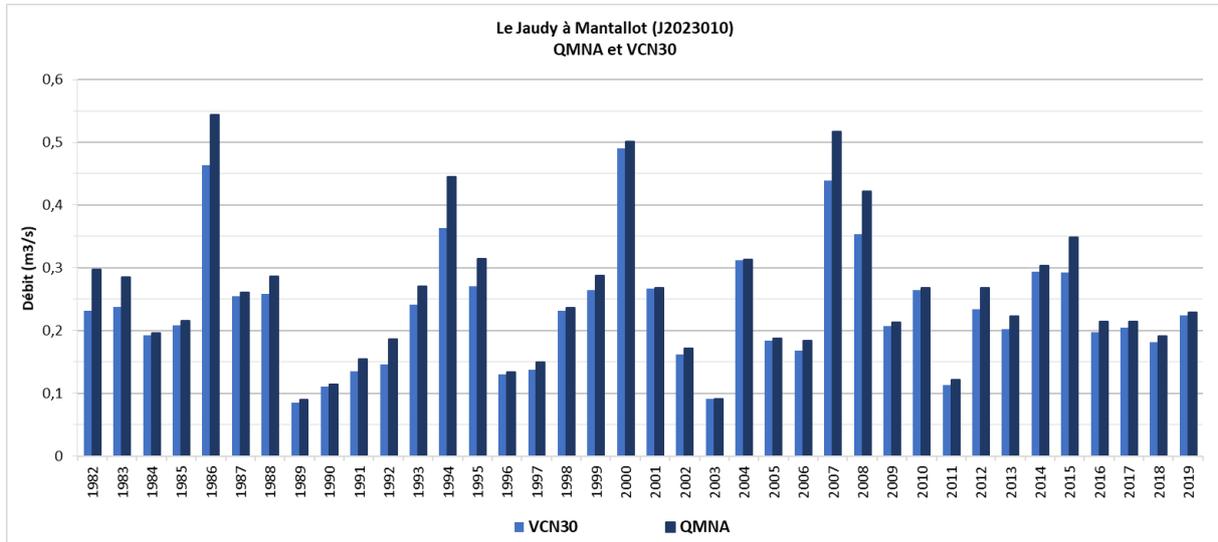
Courbe des débits classés et quelques débits caractéristiques pour le Jaudy, sur la période 1982-2019

⁴ Les étiages : définitions hydrologiques, statistique et seuils réglementaires, Claire Lang Delus, 2011 <https://journals.openedition.org/cybergeo/24827>

6.3.4/ Caractérisation de l'évolution de la sévérité des étiages

- Analyse des valeurs de QMNA et VCN30

Le graphique ci-dessous permet de comparer pour chaque année de la période 1982 – 2019 les valeurs du QMNA et du VCN30. Entre 1982 et 2019, le QMNA varie de 0,090 à 0,544 m³/s. Le VCN30 quant à lui varie de 0,085 à 0,490 m³/s.



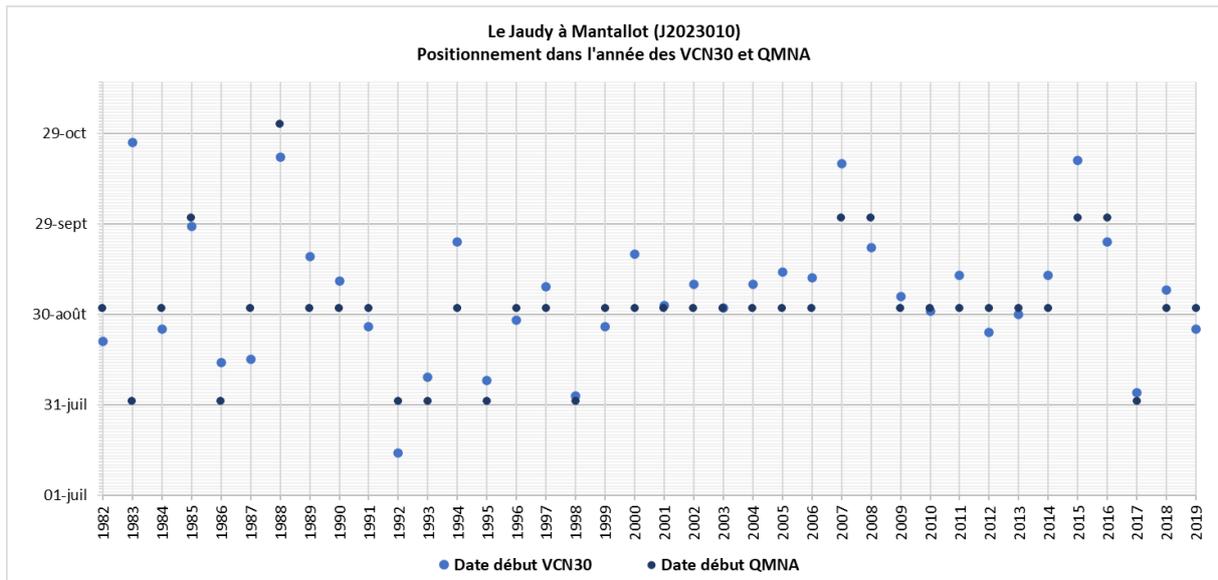
Analyse des débits mensuels minimaux annuels (QMNA) et des débits minimaux sur 30 jours consécutifs (VCN30) sur le Jaudy sur la période 1982 – 2019

Logiquement, le QMNA est toujours supérieur ou égal au VCN30 : l'écart varie de 0 à 0,082 m³/s selon les années, il est en moyenne de 0,023 m³/s (médiane à 0,011 m³/s). Certaines années, comme en 1982, 1986, 1994, 2007 et 2008, l'écart constaté entre les 2 paramètres est très important (entre 0,066 et 0,82 m³/s) et montre les limites de l'utilisation du QMNA comme indicateur d'étiage « réel ».

6.3.5/ Caractérisation de l'évolution du calendrier des étiages : analyse des dates de début de QMNA et VCN30

Le graphique suivant illustre le calendrier de survenue du VCN30 et du QMNA de 1982 à 2019. Sur la chronique représentée :

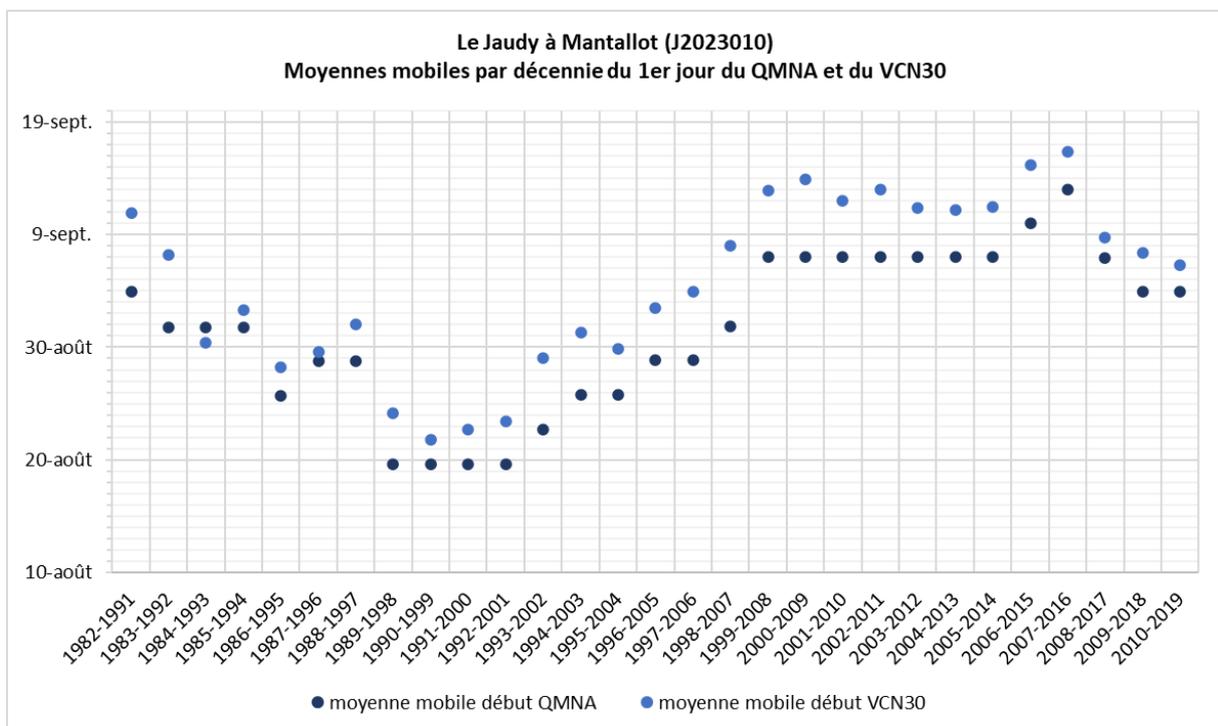
- Le 1^{er} jour du VCN30 s'étale entre le 15 juillet et le 26 octobre selon l'année, tandis que le QMNA intervient entre août et novembre (une année seulement en novembre : en 1988) ;
- Après 2000, le QMNA concerne très majoritairement le mois de septembre, ainsi que le mois d'octobre pour 4 années. Avant 2000, le mois d'août était concerné de manière plus fréquente ;
- Après 2000, le VCN30 démarre plus souvent en septembre, mais ce paramètre reste très variable selon les années sur l'ensemble de la chronique.



Calendrier des étiages sur le Jaudy sur la période 1982 – 2019 : date du 1^{er} jour du VCN30 et du QMNA

Pour compléter cette analyse, les moyennes mobiles des dates d'entrée en QMNA et VCN30 ont été calculées sur la période d'étude, par décennie glissante.

Le graphique ci-dessous montre une tendance à un « avancement » des périodes d'étiage sur la première partie de la chronique, entre le milieu des années 80 et le milieu des années 90, puis une tendance au « retard » de ces périodes d'étiage, entre le milieu des années 90 et le milieu des années 2000, puis à nouveau une légère tendance à une plus grande précocité de ces dates d'entrée en étiage. On retrouve ainsi un profil similaire au cas du Leff.



Moyennes mobiles de la date de début du QMNA et du VCN30 sur le Jaudy, de 1982 à 2019

6.3.6/ Caractérisation de l'évolution de la durée des étiages

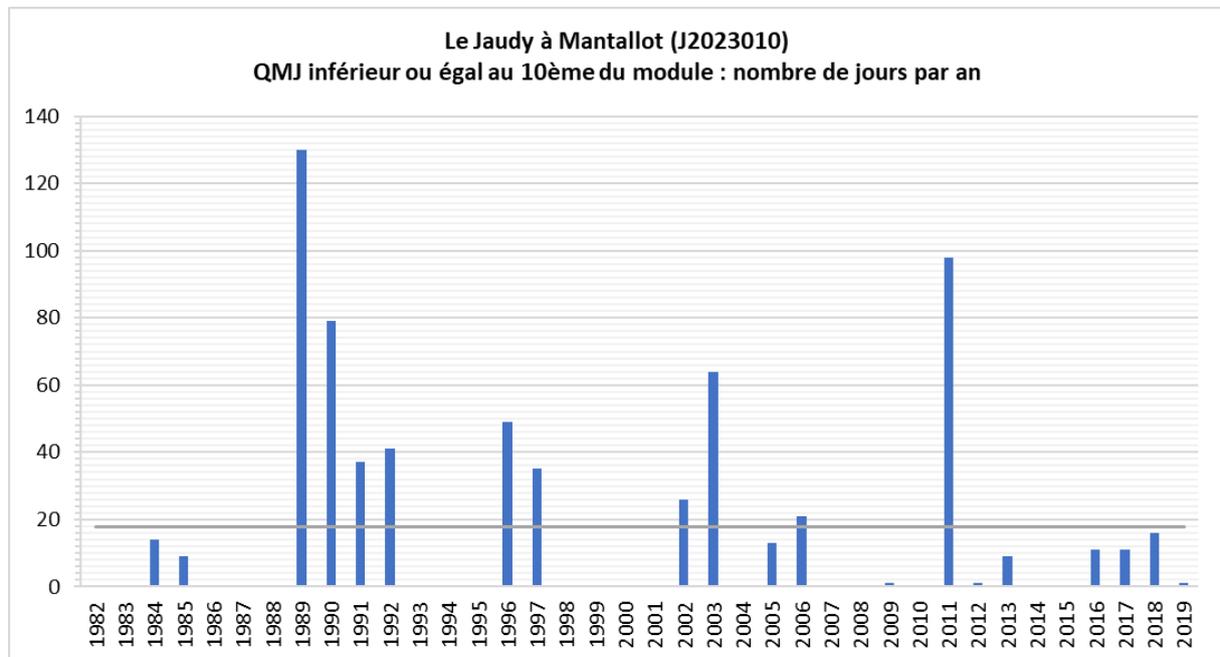
- Analyse du 10^{ème} du module

Sur la période 1982 – 2019, le 10^{ème} du module est de 0,1759 m³/s. Pour rappel, le QMNA5 est inférieur au 10^{ème} du module sur ce cours d'eau.

Le graphique ci-dessous montre que, à l'échelle de la période 1982 – 2019, le 10^{ème} du module a été atteint 20 années sur 38.

Sur la dernière décennie (2010 à 2019), le 10^{ème} du module a été atteint 7 années. Le temps passé sous le 10^{ème} du module a varié de 1 jour en 2012 et 2019, à 98 jours en 2011, ces jours n'étant pas forcément consécutifs.

Avec la courbe des débits classés, on peut constater que le 10^{ème} du module correspond sur le Jaudy à un débit égalé ou non dépassé 4,9% du temps (soit environ 17,7 jours par an en moyenne, représenté par la droite grise sur le graphique).

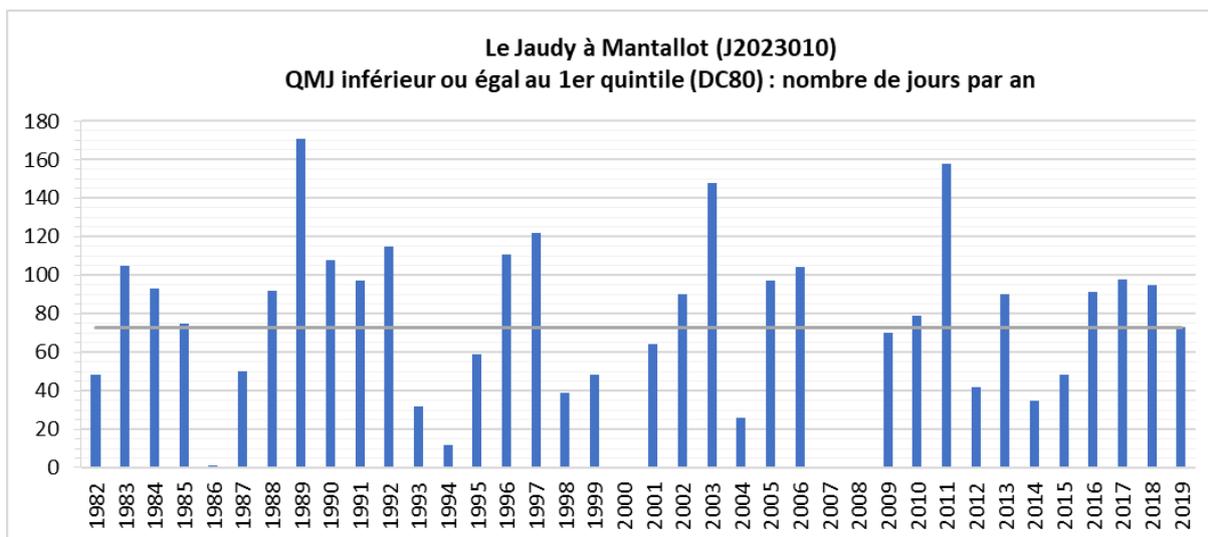


Analyse du 10^{ème} du module sur le Jaudy sur la période 1982 – 2019

- Débit seuil : 1^{er} quintile

Sur la période 1982 – 2019, le 1^{er} quintile des débits mesurés s'élève à 0,318 m³/s : 20% de l'ensemble des débits journaliers mesurés atteignent ou ne dépassent pas cette valeur (correspond au DC80 vu plus haut : débit égalé ou non dépassé 20% du temps sur l'ensemble de la chronique – le nombre de jours moyen par an (73 jours) est représenté par la droite grise sur le graphique).

A la lecture du graphique, on ne voit pas de tendance nette se dégager au cours du temps.



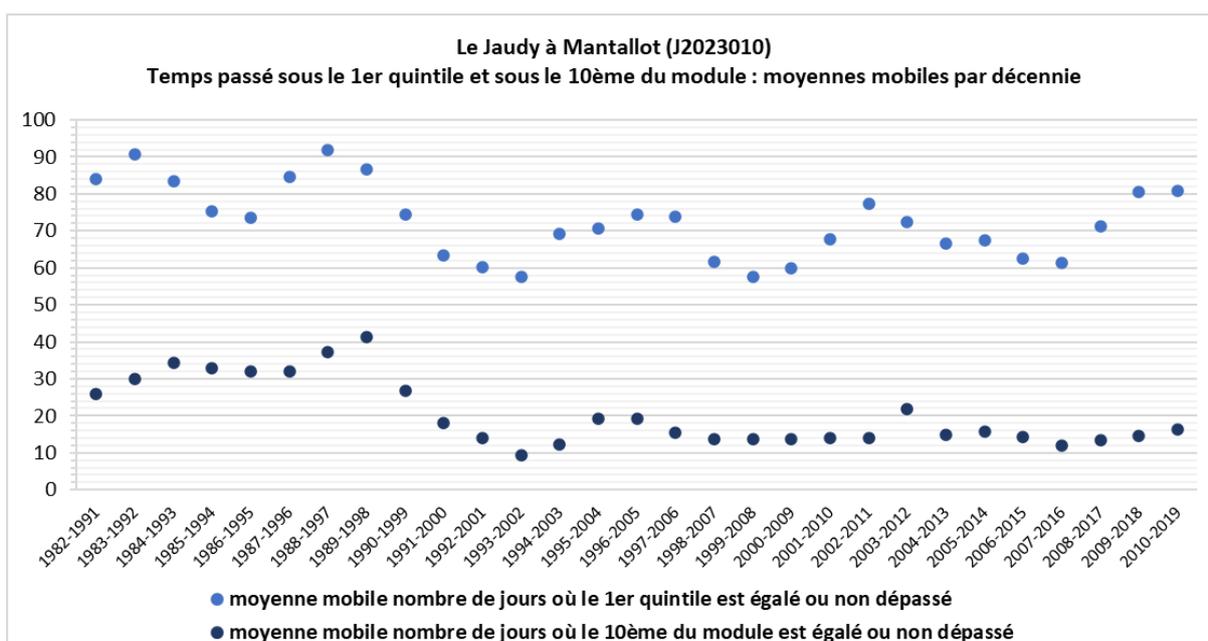
Analyse du 1^{er} quintile sur le Jaudy entre 1982 et 2019

- Temps passé sous les débits seuils : moyennes mobiles

Le graphique ci-dessous permet d’illustrer une tendance d’évolution de la durée des étiages, avec une moyenne mobile, calculée sur une décennie glissante, du temps passé sous le 10^{ème} du module d’une part, et sous le 1^{er} quintile d’autre part :

- Le temps passé sous le 10^{ème} du module diminue en début de chronique, puis se stabilise autour de 15 jours par an en moyenne depuis la fin des années 1990 ;
- Le temps passé sous le 1^{er} quintile varie beaucoup au cours de la période étudiée, mais la tendance générale semble être une légère baisse : autour de 85 jours en moyenne en début de chronique, et autour de 80 jours en moyenne en fin de chronique.

Le comportement du Jaudy vis-à-vis du temps passé sous ces débits-seuils est différent de celui du Trioux et du Leff.



Evolution des moyennes mobiles du nombre de jours par an passé sous le 10^{ème} du module et sous le 1^{er} quintile (DC80), sur le Jaudy entre 1982 et 2019

6.4 LE GUINDY

6.4.1./ Présentation du bassin versant

La surface du bassin-versant du Guindy est de 125 km². Le Guindy s'écoule sur 43 km, globalement du Sud vers le Nord, en décrivant une grande courbe vers l'Ouest (conférant au bassin versant du Guindy une forme de croissant dont la largeur maximale atteint 7 km).

D'un point de vue topographique, le Guindy prend sa source à 215 m d'altitude (commune de LOUARGAT). Une différence notable se présente entre l'aval du bassin versant à tendance plutôt lente (pente moyenne de 2,4‰) et l'amont au cours plus rapide (pente moyenne de 10‰).

Tout comme pour le Jaudy, la pluviométrie est contrastée du nord au sud, le sud du bassin versant recevant en moyenne 300 mm de pluie de plus par an (environ 1000 mm/an) que la zone côtière.

L'ensemble des linéaires du cours d'eau du bassin versant du Guindy représente une longueur de 282 km (données issues du référentiel « cours d'eau » de la DDTM 22).

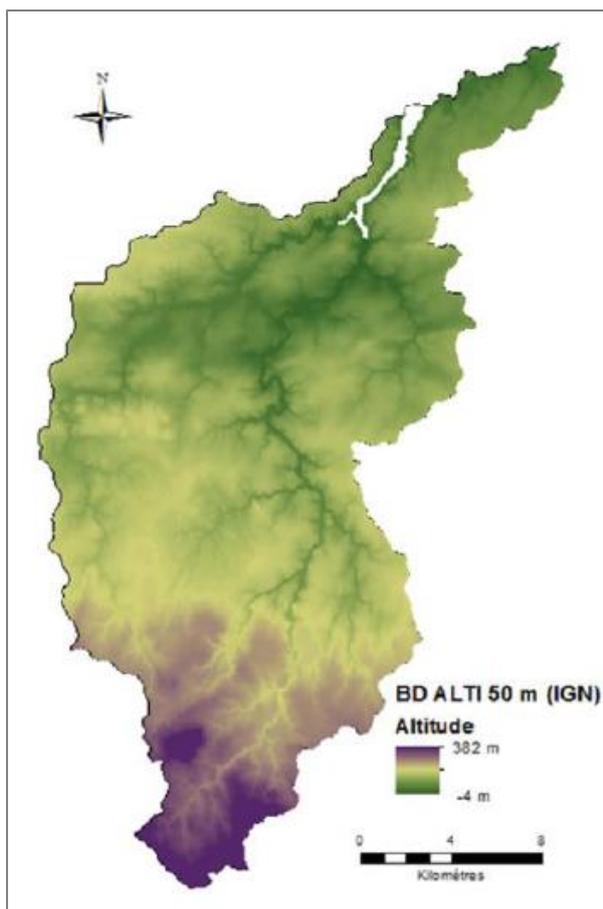
Le principal affluent du Guindy est le Sterenn (en rive droite), il est long de 10 km et s'écoule dans un sous bassin versant de 14 km².

Le bassin versant du Guindy ne comporte pas de plan d'eau de surface significative (> 1 ha), les principaux plans d'eau étant liés à des lagunes de stations d'épuration.

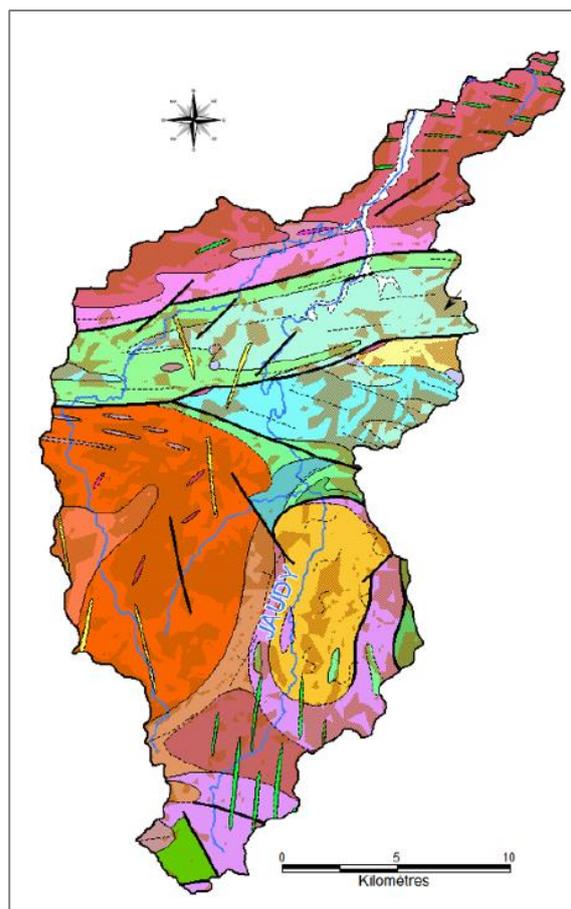
Le taux d'étagement du Guindy (sur le tronçon classé en liste 2) est de 16,8 %. Le Guindy compte 4 ouvrages prioritaires pour le rétablissement de la « continuité écologique » dans le SAGE ATG (tous situés sur un tronçon aval de 7 km environ).

D'un point de vue géologique, le Guindy s'écoule dans sa partie amont à travers le massif granitique hercynien de Bégard (en orange foncé sur la carte géologique ci-dessous), puis à partir de la commune de Rospez traverse une bande de volcanites (en vert sur la carte) qui constitue un aquifère fracturé intéressant exploité notamment sur cette même commune. A hauteur de Lanmérin, son cours s'infléchit et prend une direction Nord-Est jusqu'à sa confluence avec le Jaudy. Enfin, il rejoint l'estuaire du Jaudy au niveau des formations plutoniques cadomiennes (en bordeaux sur la carte).

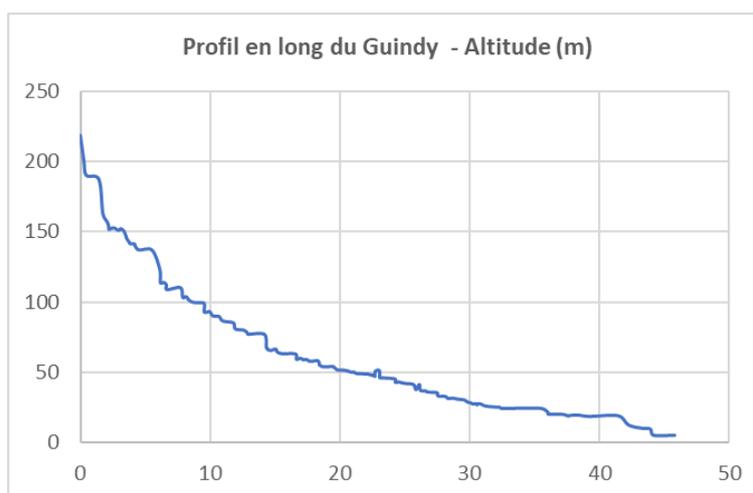
La contribution des eaux souterraines à l'écoulement du Guindy, déterminée dans le rapport de l'année 4 du projet SILURES du BRGM de novembre 2006 (Ref : RP-55001-FR), est importante : 61 %. En effet, nous avons pu constater que le Guindy (Tableaux de Bord 2018 et 2019 du SAGE ATG) bénéficiait d'un soutien d'étiage de la nappe (mis notamment en évidence par le relargage à l'étiage de nitrates d'origine souterraine), et ce, en relation avec le contexte géologique du bassin versant (notamment l'aval) favorable à la production d'eau souterraine.



***Bd Alti du BV du Jaudy et du Guindy
(source fiche Bd Lisa 189AA01 - BRGM)***



***Géologie des bassins versants du Jaudy et du
Guindy – Source BdLisa (BRGM)***

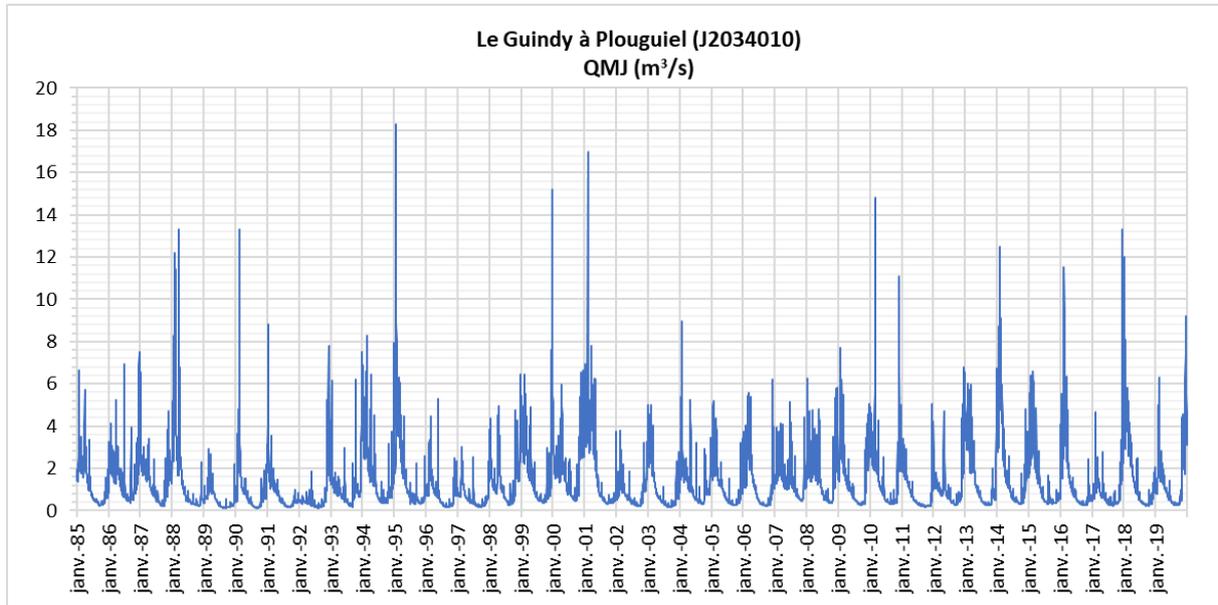


***Profil en long du Guindy
(en abscisse distance à la source en km)***

6.4.2/ Données disponibles, période étudiée et débits de référence

Les données disponibles dans la banque Hydro démarrent au 29/07/1984 et sont continues (données journalières) sur l'ensemble de la chronique. **L'analyse sera donc menée sur la période allant du 01/01/1985 au 31/12/2019, soit 35 années de données.**

Le graphique ci-dessous représente le débit moyen journalier du Guindy pour la période étudiée.



Débit journalier du Guindy sur la période 1985 – 2019

La surface du bassin versant à la station de jaugeage de Plouguiel est de 125 km².

Débits de référence pour la période 1985 – 2019 :

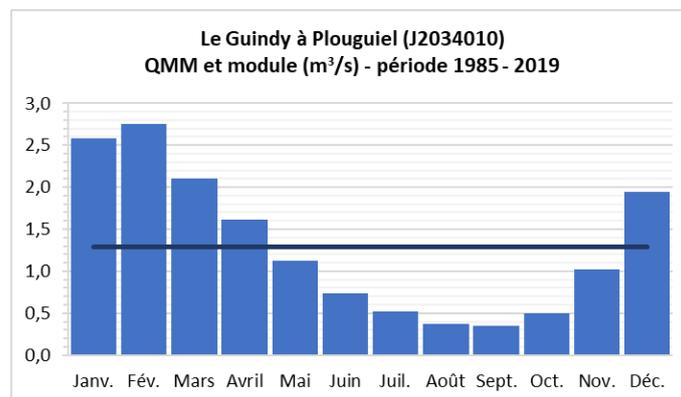
Module interannuel = 1,294 m³/s

Module spécifique = 10,352 l/s/km²

QMNA5 = 0,210 m³/s

QMNA5 spécifique = 1,680 l/s/km²

A noter : à l'image du Trieux, et contrairement au Leff et au Jaudy, le QMNA5 est supérieur au 10^{ème} du module.



Écoulements mensuels du Guindy : moyenne interannuelle des débits mensuels, calculée sur la période 1985 – 2019

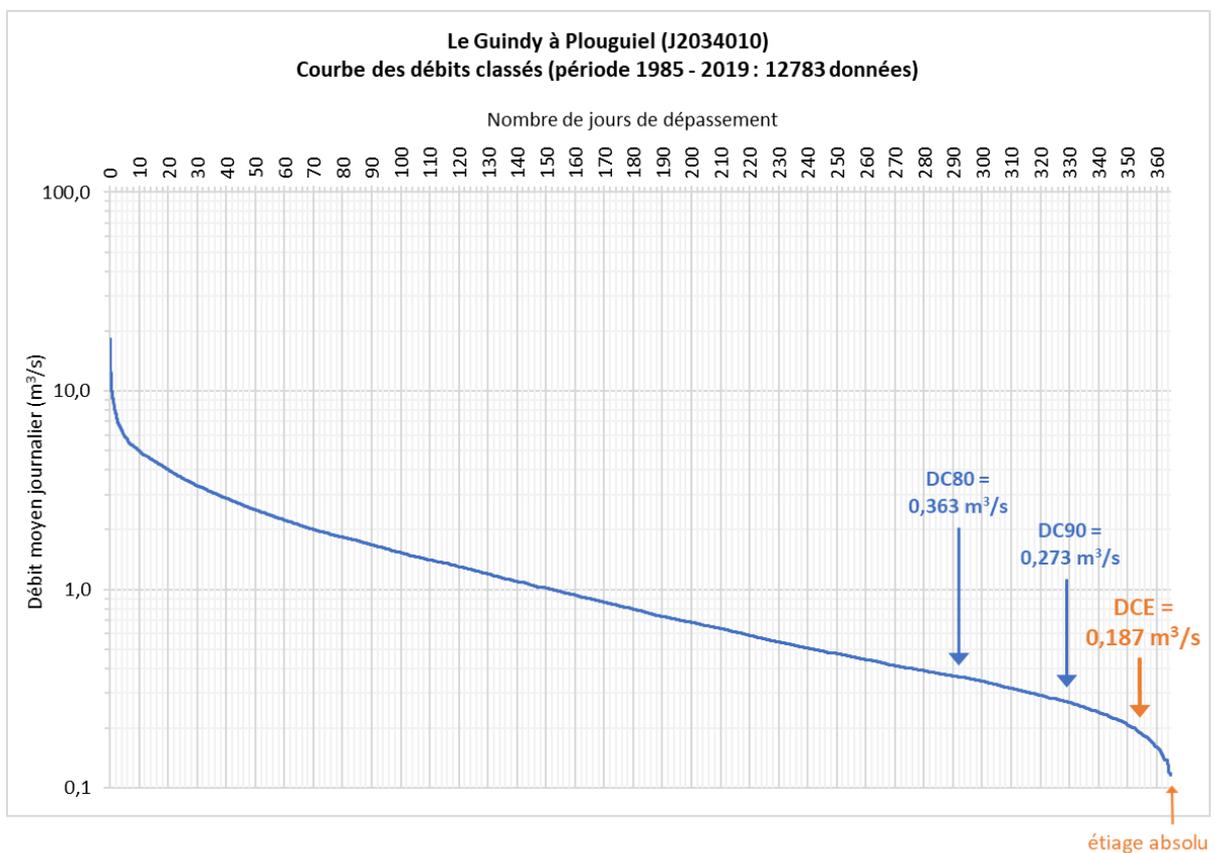
Sur la base de ces moyennes mensuelles, la période de basses eaux s'étale de mai à novembre inclus.

NB : le SDAGE ne définit pas de point nodal sur le Guindy, ni de DOE.

6.4.3/ Courbe des débits classés et débits caractéristiques

La courbe des débits classés est obtenue à partir de l'ensemble des débits journaliers disponibles sur la période étudiée, soient 12783 jours de données. Elle permet d'identifier des débits caractéristiques, et notamment le DCE, le DC80 et le DC90, qui constituent des débits seuils fréquemment utilisés dans la littérature pour caractériser l'étiage d'un cours d'eau. On peut considérer que le DCE correspond à une situation d'étiage relativement sévère, alors que le DC90 et surtout le DC80 représentent des seuils peu sévères⁵.

Sur la période 1985 – 2019, le DCE vaut $0,187 \text{ m}^3/\text{s}$. Il est supérieur au 10^{ème} du module mais inférieur au QMNA5. Le DC90 vaut $0,273 \text{ m}^3/\text{s}$: ce débit est dépassé 90% du temps. Le DC80 vaut $0,363 \text{ m}^3/\text{s}$: ce débit est dépassé 80% du temps (il correspond au 1^{er} quintile des débits, qui sera étudié plus loin). Enfin, l'étiage absolu est de $0,116 \text{ m}^3/\text{s}$ (atteint le 06/09/1990).



Courbe des débits classés et quelques débits caractéristiques pour le Guindy, sur la période 1985-2019

⁵ Les étiages : définitions hydrologiques, statistique et seuils réglementaires, Claire Lang Delus, 2011 <https://journals.openedition.org/cybergeo/24827>

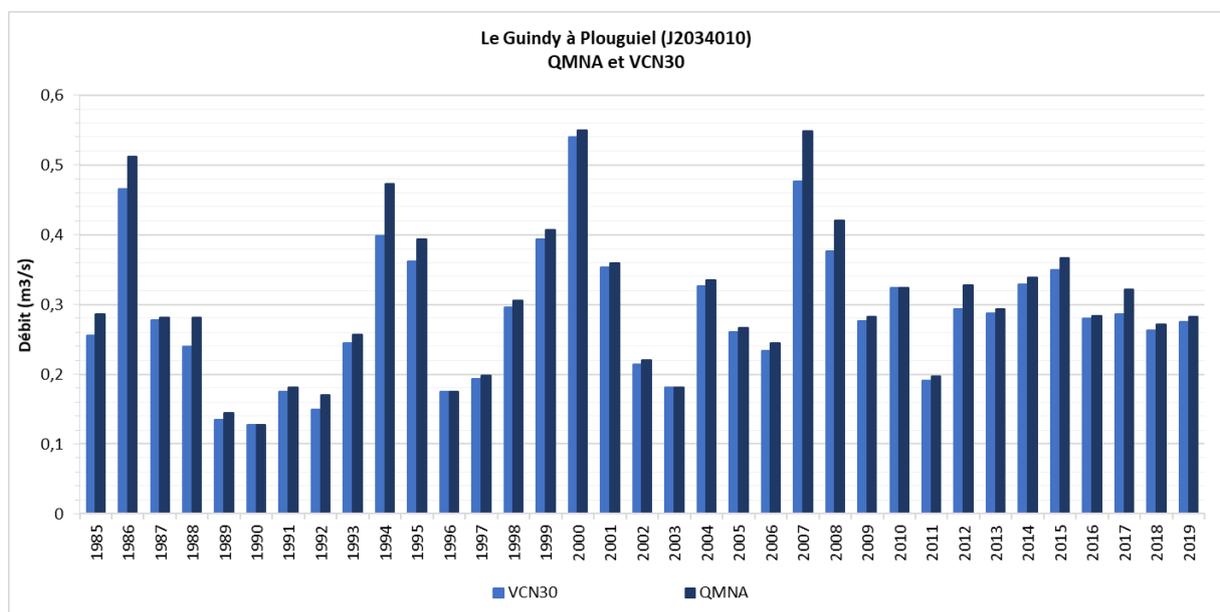
6.4.4/ Caractérisation de l'évolution de la sévérité des étiages

- Analyse des valeurs de QMNA et VCN30

Le graphique ci-dessous permet de comparer pour chaque année de la période 1985 – 2019 les valeurs du QMNA et du VCN30.

Entre 1985 et 2019, le QMNA varie de 0,128 à 0,550 m³/s. Le VCN30 quant à lui varie de 0,127 à 0,540 m³/s. Logiquement, le QMNA est toujours supérieur ou égal au VCN30 : l'écart varie de 0 à 0,075 m³/s selon les années, il est en moyenne de 0,017 m³/s (médiane à 0,010 m³/s).

L'écart entre les 2 paramètres est particulièrement marqué en 1986, 1994, 2007 et 2008 (de 0,043 jusqu'à 0,075 m³/s), ce qui montre les limites de l'utilisation du QMNA comme indicateur d'étiage « réel ».



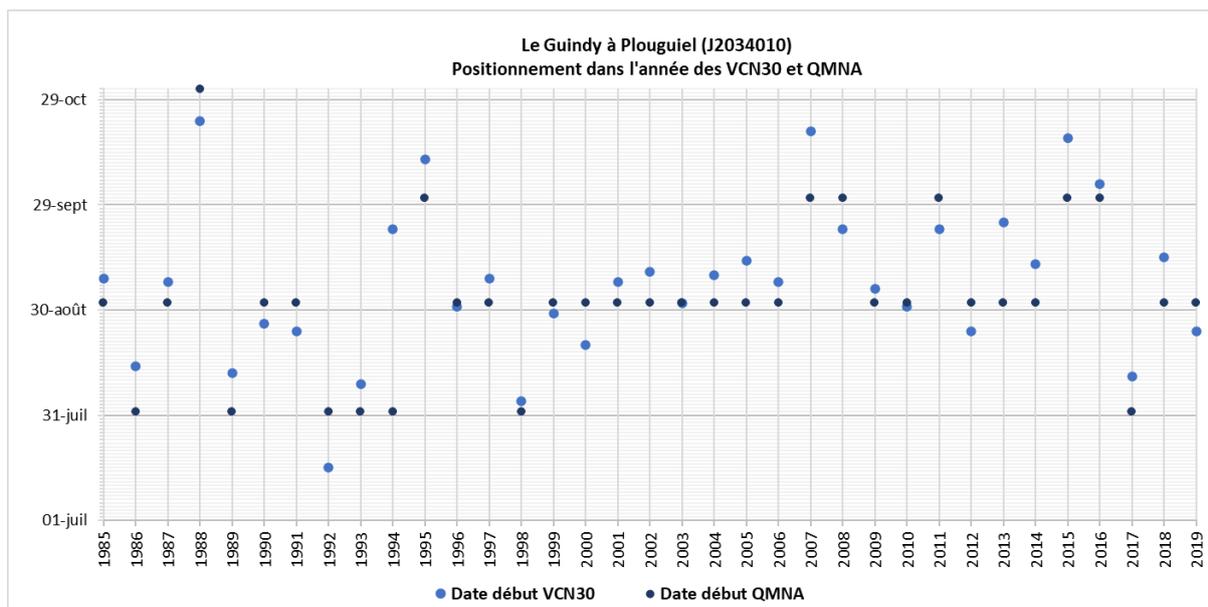
Analyse des débits mensuels minimaux annuels (QMNA) et des débits minimaux sur 30 jours consécutifs (VCN30) sur le Guindy sur la période 1985 – 2019

6.4.5/ Caractérisation de l'évolution du calendrier des étiages : analyse des dates de début de QMNA et VCN30

Le graphique suivant illustre le calendrier de survenue du VCN30 et du QMNA de 1985 à 2019.

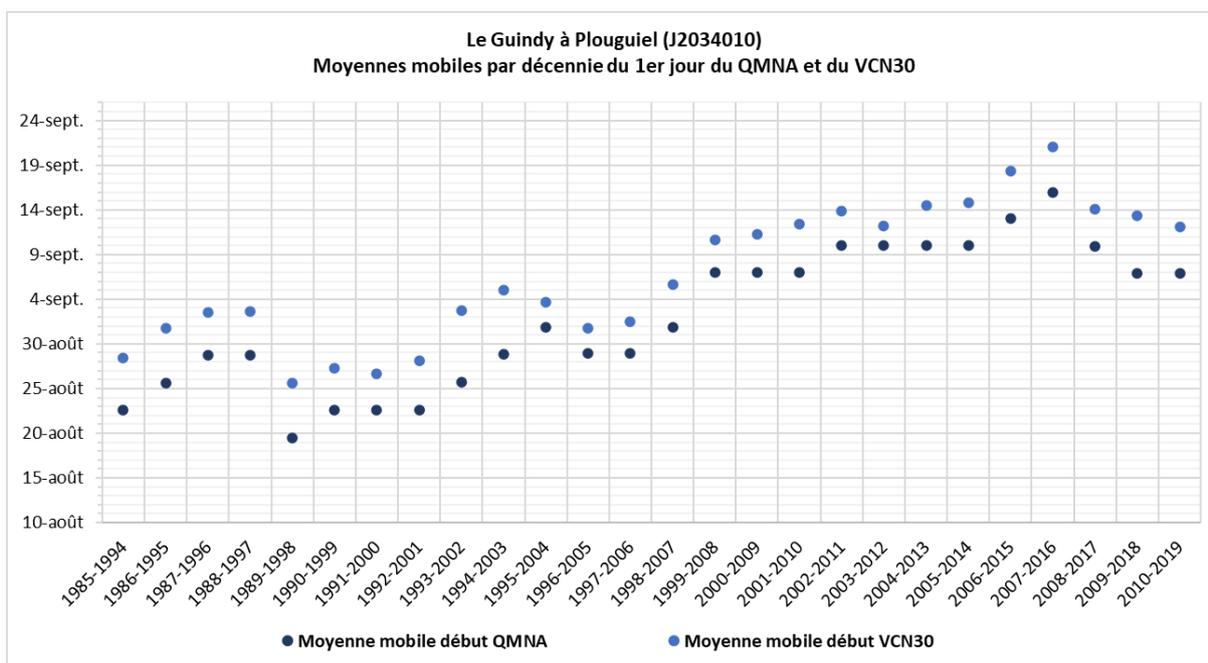
Sur la chronique représentée :

- Le 1^{er} jour du VCN30 s'étale entre le 16 juillet et le 23 octobre selon l'année, tandis que le QMNA intervient au cours des mois d'août à novembre (une seule année en novembre : 1988) ;
- Après 2000, le QMNA intervient davantage au mois de septembre, et moins souvent au mois d'août ;
- De la même manière, après 2000, le VCN30 démarre plus souvent en septembre, voire octobre, mais les dates restent très variables sur l'ensemble de la chronique.



Calendrier des étiages sur le Guindy sur la période 1985 – 2019 : date du 1^{er} jour du VCN30 et du QMNA

Pour compléter cette analyse, les moyennes mobiles des dates d'entrée en QMNA et VCN30 ont été calculées sur la période d'étude, par décennie glissante. Le graphique ci-dessous montre la tendance d'évolution des dates d'entrée en QMNA et VCN30, avec un décalage progressif de la 2^{ème} quinzaine d'août vers la 1^{ère} quinzaine de septembre, entre 1985 et 2019.



Moyennes mobiles de la date de début du QMNA et du VCN30 sur le Guindy, de 1985 à 2019

6.4.6/ Caractérisation de l'évolution de la durée des étiages

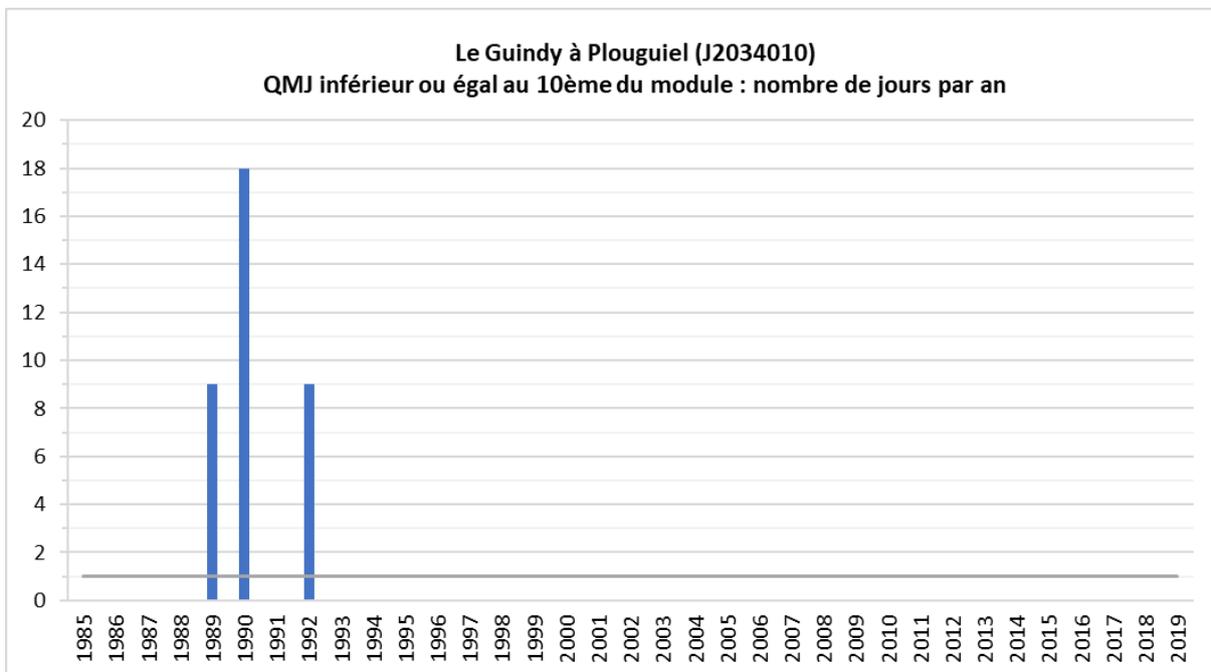
- Analyse du 10^{ème} du module

Sur la période 1985 – 2019, le 10^{ème} du module est de 0,1294 m³/s.

Le graphique ci-dessous montre que sur la dernière décennie (2010 à 2019), le 10^{ème} du module n'a pas été atteint. A l'échelle de la période 1985 – 2019, le 10^{ème} du module a été atteint 3 années sur 35. Le temps passé sous le 10^{ème} du module a été de 9 jours en 1989 et 1992 et de 18 jours en 1990.

Il faut noter que sur ce cours d'eau, le 10^{ème} du module est particulièrement faible, très proche de l'étiage absolu (0,116 m3/s) et inférieur au DCE et au QMNA5. L'atteinte du 10^{ème} du module constitue donc une situation d'étiage très sévère sur ce cours d'eau.

Ce constat peut également être fait grâce à la courbe des débits classés, qui permet d'identifier que le 10^{ème} du module correspond à un débit égalé ou non dépassé 0,3% du temps, soit 1 jour par an en moyenne, ce qui est représenté par la droite grise sur le graphique ci-dessous.

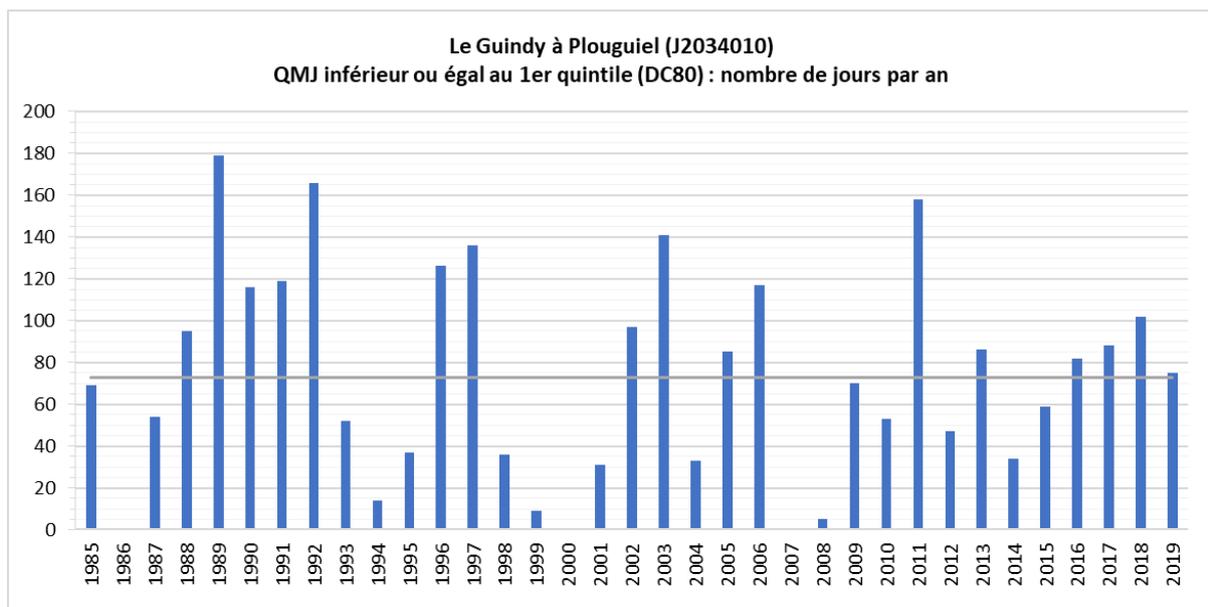


Analyse du 10^{ème} du module sur le Guindy sur la période 1985 – 2019

- Débit seuil : 1^{er} quintile

Sur la période 1985 – 2019, le 1^{er} quintile des débits mesurés s'élève à 0,363 m³/s : 20% de l'ensemble des débits journaliers mesurés atteignent ou ne dépassent pas cette valeur (correspond au DC80 vu plus haut : débit égalé ou non dépassé 20% du temps sur l'ensemble de la chronique, soit environ 73 jours, représenté par la droite grise sur le graphique ci-dessous).

Sur la dernière décennie, le 1^{er} quintile a été égalé ou non atteint systématiquement tous les ans. Cependant, le nombre de jours par an où le débit est inférieur ou égal au 1^{er} quintile semble moins important que sur le début de la chronique.



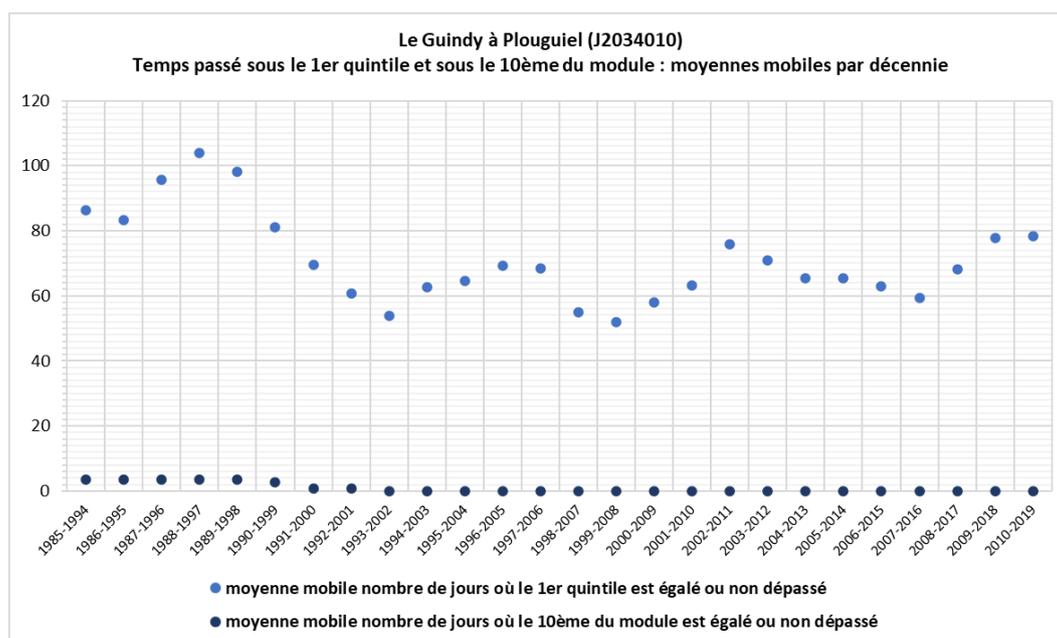
Analyse du 1^{er} quintile sur le Guindy entre 1985 et 2019

- **Temps passé sous les débits seuils : moyennes mobiles**

Le graphique ci-dessous permet d'illustrer une éventuelle tendance d'évolution de la durée des étiages, avec une moyenne mobile, calculée sur une décennie glissante, du temps passé sous le 10^{ème} du module d'une part, et sous le 1^{er} quintile (DC80) d'autre part.

Le 10^{ème} du module n'est plus atteint à partir de 1993, aussi les moyennes mobiles sont nulles à partir de la décennie 1993-2002. Les moyennes mobiles concernant le temps passé sous le 1^{er} quintile ont tendance à diminuer en début de chronique, puis, à partir de la décennie 1993-2002 elles oscillent autour de 70 jours par an. Il est difficile d'identifier une tendance nette.

Ainsi, en termes d'évolution du temps passé sous ces débit-seuils, le Guindy a un comportement qui se rapproche de celui du Jaudy. Par contre, en valeur absolue, le fonctionnement du Guindy est singulier.



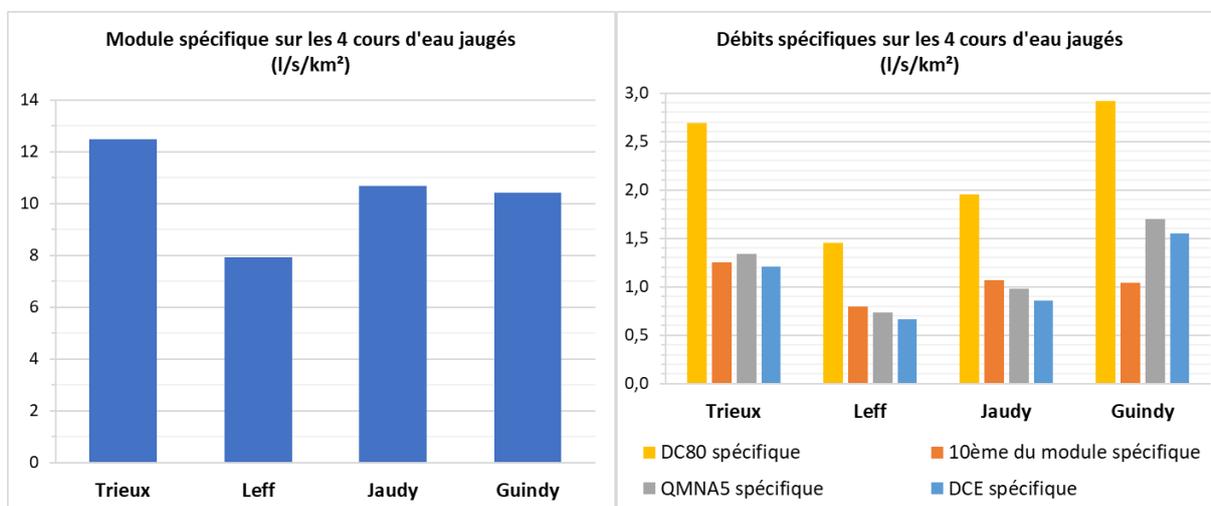
Evolution des moyennes mobiles, par décennie, du nombre de jours par an passé sous 10^{ème} du module et sous le 1^{er} quintile (DC80), sur le Guindy entre 1985 et 2019

6.5 CONCLUSION : COMPARAISON DES CHRONIQUES ET DES VARIABLES D'ÉTIAGE SUR LES QUATRE BASSINS VERSANTS JAUGES

En guise de conclusion, il paraît important de comparer l'analyse des chroniques et les variables d'étiages des 4 cours d'eau jaugés du territoire du SAGE, en présentant les grandes tendances, similarités et les particularités de certains cours d'eau. Cette comparaison portera sur la période 1990-2019, période commune aux 4 cours d'eau jaugés et pour laquelle ils disposent tous de chroniques continues.

	Le Trieux à Saint-Clet (J1721720)	Le Leff à Quemper- Guézennec (J1813010)	Le Jaudy à Mantallot (J2023010)	Le Guindy à Plouguiel (J2034010)
Période	du 01/01/1990 au 31/12/2019			
Surface BV (km ²)	416	339	164	125
Module interannuel (m ³ /s)	5,198	2,684	1,751	1,303
Module spécifique (l/s/km ²)	12,495	7,917	10,677	10,424
10 ^{ème} du module (m ³ /s)	0,520	0,268	0,175	0,130
QMNA5 (m ³ /s)	0,556	0,25	0,161	0,212
DC80 (1er quintile) (m ³ /s)	1,120	0,492	0,321	0,365
DC90 (m ³ /s)	0,761	0,334	0,233	0,279
DCE (m ³ /s)	0,501	0,225	0,141	0,194
étiage absolu (m ³ /s)	0,282	0,107	0,076	0,116
QMNA5 / Module	11%	9%	9%	16%

Variables d'étiages et rapports de débits du Guindy – Jaudy – Trieux – Leff



Représentation graphique de quelques grandeurs caractéristiques, exprimées par rapport à la surface du bassin versant, pour les 4 cours d'eau jaugés

Module spécifique : Le Leff a un module spécifique (débit rapporté à une surface) bien inférieur aux trois autres cours d'eau dont les bassins versant situés plus à l'Ouest sont globalement plus arrosés.

10^{ème} du module : Le 10^{ème} du module n'est quasiment jamais atteint sur le Guindy (0,130 m³/s, ce débit étant très proche de l'étiage absolu, à 0,116 m³/s), ce qui prouve que cette valeur minimum de référence semble éloignée de ce que pourrait être le débit minimum biologique sur ce cours d'eau au débit très soutenu. Pour le Guindy comme pour le Trieux, le 10^{ème} du module est inférieur au QMNA5

(exprimé par rapport à la surface du bassin versant), la différence est très marquée pour le Guindy, comme le montre le graphique ci-dessus. A l'inverse, pour le Leff et le Jaudy, le 10^{ème} du module reste supérieur au QMNA5.

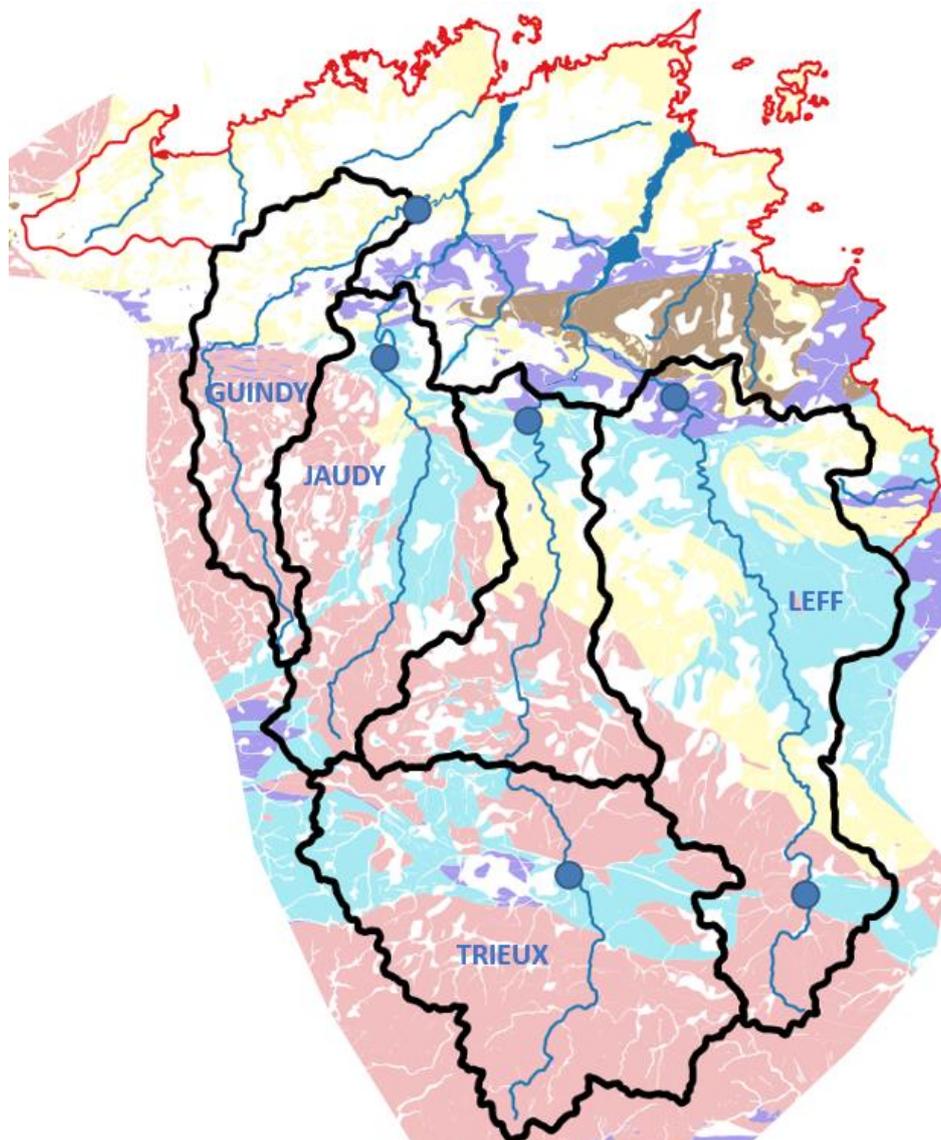
1^{er} Quintile : L'utilisation de débits classés pour appréhender l'évolution de la durée des étiages (comme le 1^{er} quintile moins pénalisant que le 10^{ème} du module et caractérisant de fait des débits moins sévères) pourrait constituer une approche qu'il conviendrait d'approfondir. **Sur le Leff et le Trieux par exemple, une tendance se dégage : le nombre de jours par an où le débit est inférieur ou égal au 1^{er} quintile semble plus important sur la dernière décennie par rapport à la période précédente.** Même si cela ne permet pas de conclure sur la sévérité « sensu stricto » de l'étiage, il apporte une information cruciale sur le volume d'eau globalement disponible sur une période « critique » donnée. **En revanche, pour le Jaudy et le Guindy, on conclut à une certaine stabilité de la durée passée sous le 1^{er} quintile.**

Calendrier des étiages : L'analyse des variables de débits non calendaires (en particulier l'analyse des premiers jours du VCN30 et de ses moyennes mobiles) montre **pour tous les cours d'eau du SAGE un décalage progressif des étiages, étiages devenant plus tardifs (décalage global d'un mois environ en 30 années de chroniques).**

A noter, qu'une analyse globale du VCN30 d'une centaine de cours d'eau bretons, faite par O. Nauleau de la DREAL Bretagne, tend à montrer que cette tendance « au décalage des étiages vers l'automne » est particulièrement bien marquée sur le SAGE ATG.

DOE : Les Débits d'Objectif d'Etiage du Trieux et du Leff sont globalement respectés (8 années sur 10) si on considère les QMNA de l'ensemble des chroniques. En revanche, ces DOE sont fixés de manière arbitraire dans le SDAGE (proches du QMNA5) et devront être confrontés à la réalité du terrain et notamment au QMNA5 naturel désinfluencé et à la **détermination de débits écologiques sur les tronçons pertinents, seuls indicateurs permettant de juger réellement de la satisfaction des besoins en eau des milieux aquatiques.**

Rapports de débits : L'utilisation de rapports de débits permet notamment de mettre en évidence les contrastes entre les différents débits et donc les éventuels **soutiens d'étiage de certains cours d'eau par les eaux souterraines** (méthode utilisée dans le massif Vosgien par Arts et Sary, 2000). Là encore le Guindy sort du lot : **le rapport « QMNA5/module » atteint 16% pour le Guindy, mais est proche de 10% pour les trois autres cours d'eau du territoire du SAGE.** Rappelons que la moitié Nord de ce bassin versant est constituée de formations géologiques formant de bons aquifères, utilisés notamment pour l'AEP (cf. carte géologique simplifiée ci-dessous).



LEGENDE

- Roches plutoniques **hercyniennes** (dont granites de Quintin, Pabu, Begard)
- Socle cristallin **cadomien** (dont volcanites du Trégor : tufs et spilites)
- Roches métamorphiques **cadomiennes** (dont la formation de Lanvollon)
- Formations méta sédimentaires **cadomiennes**
- Bassin sédimentaire **ordovicien** (Plourivo-Plouézec)

*Géologie simplifiée des bassins versants du Guindy – Jaudy – Trieux – Leff
d'après les données SIG du BRGM*

2EME PARTIE : ÉTUDE DES PERIODES DE CRUE

1/ Caractérisation des crues – période de hautes eaux : définitions et variables utilisées

Les crues sont, à l'image des étiages, des phénomènes difficiles à caractériser. C'est encore plus vrai pour les crues, car mis à part les phénomènes les plus extrêmes qui sont appréhendés pour la prévention et la lutte contre les inondations, la caractérisation de la période de hautes eaux est peu documentée dans la littérature scientifique, et cette période est globalement peu étudiée par rapport aux basses eaux.

Pour autant, il apparaît fondamental de s'intéresser à cette période de hautes eaux autant qu'à celle de basses eaux, notamment parce que la connaissance du fonctionnement hydrologique des cours d'eau durant cette période est un préalable nécessaire pour évaluer les impacts potentiels de la mise en œuvre de solutions de substitution aux prélèvements estivaux.

L'analyse des périodes de hautes eaux au cours du temps présente la particularité que la crue d'un cours d'eau est fortement liée au régime de précipitations sur le bassin versant considéré, et que la réponse à ces précipitations peut être relativement rapide, d'autant plus si les sols sont déjà saturés en eau ou encore si le bassin versant est fortement imperméabilisé. Ainsi, la crue peut être un épisode très brutal, alors que l'étiage, dans la mesure où la nappe vient en soutien, constitue un épisode plus progressif.

- Quelques définitions⁶ :

Crue : Phénomène caractérisé par une montée plus ou moins brutale du niveau d'un cours d'eau, liée à une croissance du débit. La crue ne se traduit pas toujours par un débordement du lit mineur. On caractérise les crues par leur période de récurrence ou période de retour. La crue constitue un aléa naturel.

Débit de pointe : Débit maximal instantané d'un épisode donné. La pointe de crue est le niveau ou débit le plus haut atteint par une crue dans un cours d'eau.

Inondation : Submersion lente ou rapide d'installations ou habitations, liée au débordement des eaux souterraines ou superficielles, lors d'une crue ou d'un ruissellement consécutif à des événements pluvieux. L'inondation constitue un risque.

En zone inondable, le **développement urbain et économique** constitue l'un des principaux facteurs aggravants, par augmentation de la vulnérabilité. De plus, les aménagements (activités, réseaux d'infrastructures) modifient les conditions d'écoulement (imperméabilisation et ruissellement), tout en diminuant les champs d'expansion des crues. Sur les cours d'eau, les aménagements (pont, enrochements) et le défaut chronique d'entretien aggravent l'aléa⁷.

⁶ Sources : glossaire eau et milieux aquatiques, OIE et OFB, <http://www.glossaire-eau.fr/> ; glossaire Banque Hydro <http://www.hydro.eaufrance.fr/glossaire.php>

⁷ <https://www.georisques.gouv.fr/articles/le-risque-inondation>

- Echelle de temps pour l'analyse :

Pour analyser la période de hautes eaux, on se place sur une **année hydrologique** : période continue de 12 mois choisie de façon à ce que la variation des réserves soit minimale de manière à minimiser les reports d'une année sur l'autre. En principe, cette période est choisie en fonction des conditions climatiques. Ainsi en fonction de la situation météorologique des régions, l'année hydrologique peut débuter à des dates différentes de celle du calendrier ordinaire. Concrètement, elle débute à une date de l'année où les réserves sont au plus bas (<http://www.hydro.eaufrance.fr/glossaire.php>). En France, l'année hydrologique démarre en général au 1^{er} septembre. Pour l'analyse menée ci-après, on choisira comme année hydrologique la période du 01/09 au 31/08.

- Quelles variables analyser ?

Un certain nombre de variables est disponible via la Banque Hydro pour caractériser la période de hautes eaux. Il s'agit de variables à analyser au cours du temps qui peuvent permettre de caractériser l'intensité et le calendrier des crues, ou de valeurs caractéristiques du cours d'eau permettant d'approcher la durée des crues (temps passé au-delà d'une valeur « seuil »).

Le **débit journalier de crue ou débit de pointe** : il s'agit du plus fort débit moyen journalier enregistré sur l'année. Il permet de caractériser l'intensité de la crue pour l'année considérée, notamment en le comparant aux débits de crue de fréquence biennale ou décennale. La date d'occurrence de ce débit de crue peut également être analysée. Il est noté **QJX**.

Les débits de pointe de différentes fréquences :

La **crue de fréquence biennale** (notée **Q2**) est la crue dont la durée de retour théorique moyenne est de 2 ans. Ce paramètre est intéressant à prendre en compte puisque Q2 est considérée dans la littérature comme une crue généralement proche du débit de plein bord sur les cours d'eau non modifiés, qui joue un rôle prépondérant dans la dynamique sédimentaire des cours d'eau : on parle de crue morphogène. Le débit de plein bord est en effet celui ayant la plus forte influence sur l'hydromorphologie du cours d'eau (transport solide, forces tractrices, débit de mise en mouvement des particules...). Il se situe généralement entre la crue annuelle et la crue biennale⁸. Il s'agit donc de crues fréquentes, avec des débits relativement peu élevés, mais fondamentales pour le bon fonctionnement du cours d'eau.

La **crue de fréquence décennale** (notée **Q10**) est la crue dont la durée de retour théorique moyenne est de 10 ans. C'est également un paramètre intéressant et souvent utilisé pour caractériser le fonctionnement d'un cours d'eau en période de hautes eaux.

Enfin, la **crue de fréquence centennale** (notée **Q100**) est également utilisée, en particulier dans les études visant la protection contre les inondations. Cependant, ce paramètre n'est pas calculé pour nos cours d'eau par la Banque Hydro. Q100 peut au mieux être estimée : en effet, la chronique de données n'est pas suffisamment longue pour pouvoir calculer une crue dont la durée de retour théorique moyenne est de 100 ans.

⁸ OFB, Guide pour l'élaboration de suivis d'opérations de restauration hydromorphologique en cours d'eau, Mai 2019

Les débits maximaux sur une période donnée :

Le **débit maximal (« moyen ») sur n jours consécutifs**, noté **VCXn** est l'équivalent du VCNn en période de basses eaux. Selon la durée choisie (« n »), on identifiera des évènements de crue plus ou moins extrêmes : une durée courte permettra d'identifier des évènements de crue marquée, une durée plus longue, 30 jours par exemple, permettra de repérer les périodes où les débits sont les plus importants sans toutefois mettre en valeur les débits les plus forts puisqu'ils sont moyennés sur la période.

Le VCXn peut être calculé à partir des débits moyens journaliers ou des débits instantanés.

La courbe des débits classés permet d'identifier des valeurs seuils en période de hautes eaux, à l'image de ce qui est fait pour la période de basses eaux, et d'analyser la durée des évènements de crue : temps passé au-delà de la valeur seuil choisie.

Le **débit caractéristique de crue** est défini comme le débit ayant une fréquence au dépassement de 0,0274%, soit 0,1 jour⁹.

On peut définir d'autres débits caractéristiques sur la base des débits classés pour tenter de caractériser la période de hautes eaux, par exemple le DC 20% (débit seuil atteint ou dépassé 20% du temps, soit le dernier quintile des débits, à l'image du premier quintile en basses eaux). Le choix du seuil est important pour identifier des évènements à la fois relativement fréquents et relativement extrêmes. Ainsi, il semble que le DC 5% soit intéressant à analyser (fréquence au dépassement d'environ 18 jours par an en moyenne).

En plus de ces variables, on peut calculer pour chaque cours d'eau le module (recalculé sur la période correspondant aux années hydrologiques) et le 1/5^{ème} du module, en lien avec les dispositions 7D-5 à 7D-7 du SDAGE Loire-Bretagne, comme seuil pour le cumul des prélèvements hivernaux.

⁹ Source : glossaire de la Banque Hydro <http://www.hydro.eaufrance.fr/glossaire.php>

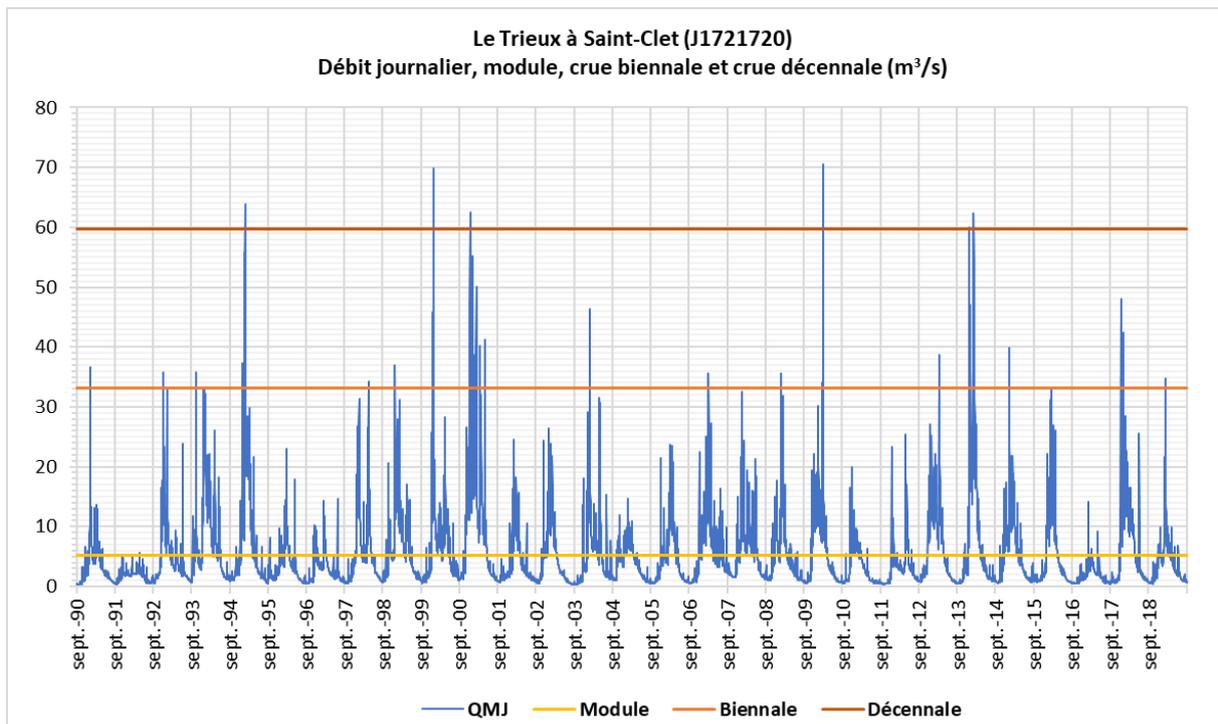
2/ Première approche sur les cours d'eau jaugés du SAGE ATG : analyse des périodes de crue sur les chroniques disponibles

2.1/ LE TRIEUX

2.1.1/ Approche globale des écoulements en période de hautes eaux

La plus longue période d'années hydrologiques complètes sur le Trieux s'étale du 01/09/1990 au 31/08/2019, soit 29 années de données continues.

Le graphique ci-dessous illustre le débit journalier sur cette période, et situe les valeurs caractéristiques : module, Q2 et Q10.



Contextualisation hydrologique pluriannuelle des écoulements du Trieux à la station de jaugeage aval du 01/09/1990 au 31/08/2019

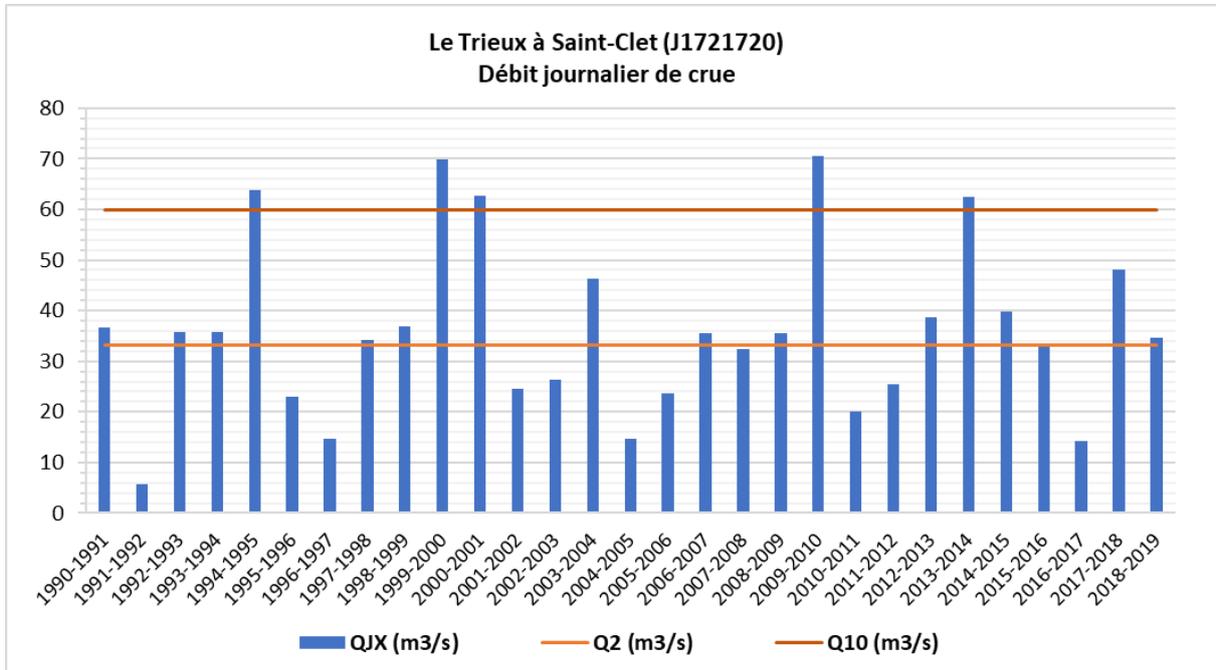
Le débit de crue Q2 s'élève à 33,2 m³/s, tandis que le débit de crue Q10 s'élève à 59,8 m³/s sur la période étudiée. Ils ont été déterminés via la Banque Hydro à partir des débits journaliers.

Le module calculé sur la période du 01/09/1990 au 31/08/2019 vaut 5,166 m³/s. Il est également calculé à partir des débits journaliers.

Le 1/5^{ème} du module vaut 1,0332 m³/s.

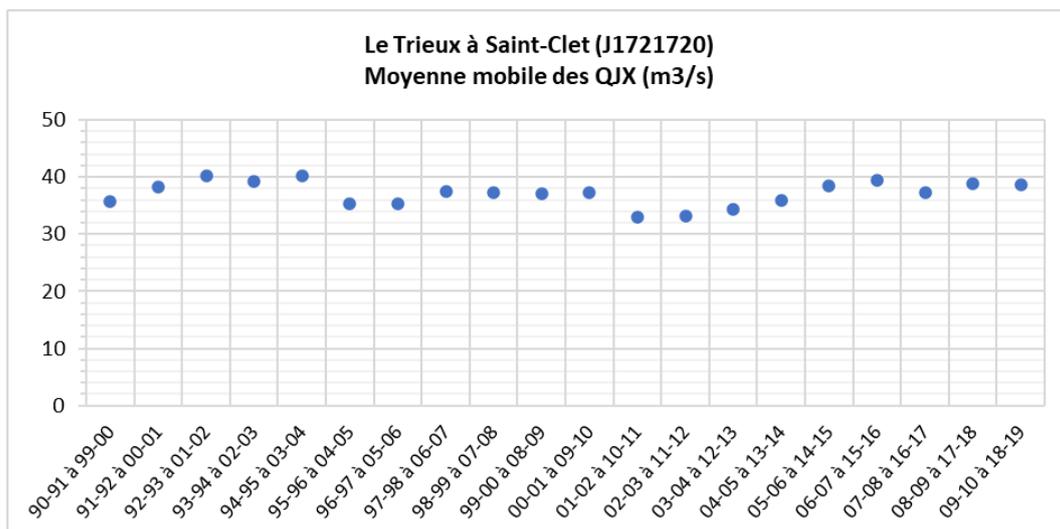
2.1.2/ Débit de pointe

Le graphique suivant illustre le débit journalier maximal enregistré à la station de jaugeage aval. Il est en moyenne de 36,03 m³/s (médiane à 35,60 m³/s). Il varie entre 5,70 m³/s (avril 1992), soit quasiment au niveau du module, et 70,60 m³/s (février 2010).



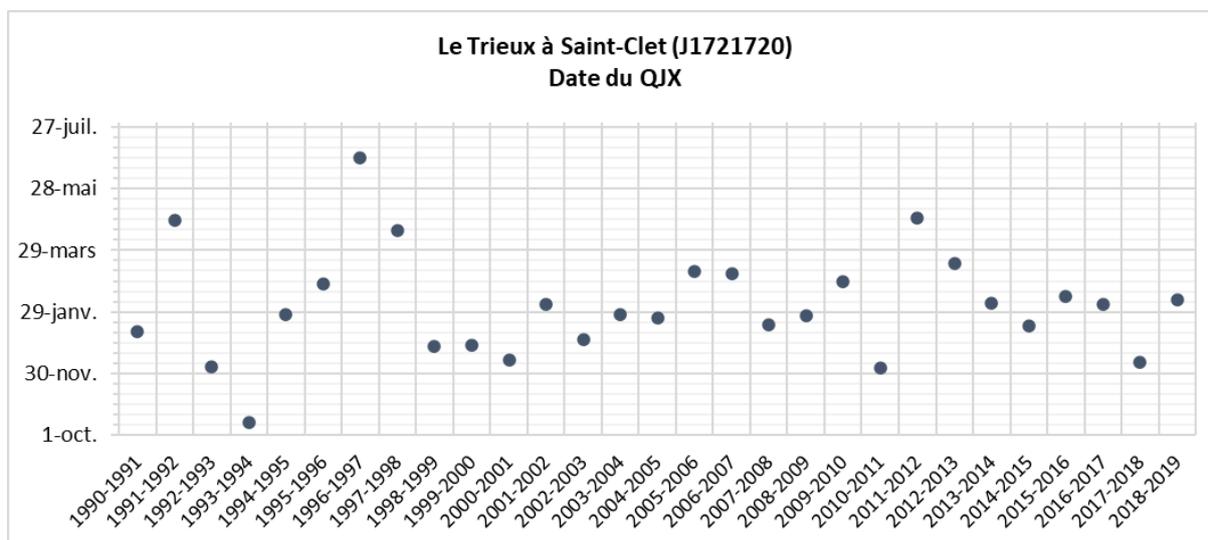
Analyse du débit journalier de crue par année hydrologique sur le Trieux, sur la période 1990-1991 à 2018-2019

Les moyennes mobiles du débit journalier de crue calculées par décennie (graphique ci-dessous) montrent une absence d'évolution au cours du temps. Ces moyennes restent très proches des 36 m³/s et on ne constate pas d'évolution à la hausse ou à la baisse au cours du temps.



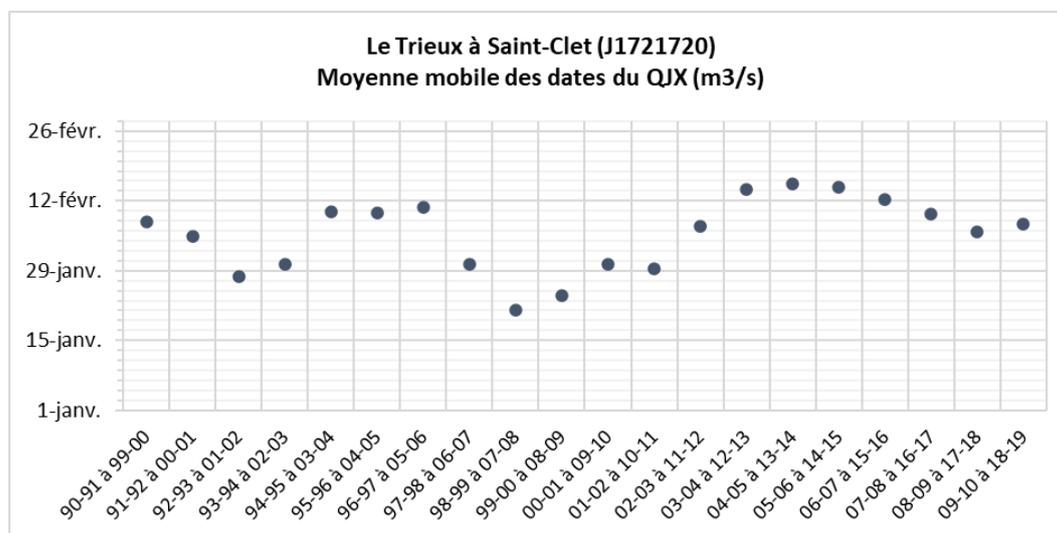
Moyennes mobiles par décennie des débits journaliers de crue sur le Trieux, sur la période 1990-1991 à 2018-2019

Le graphique suivant illustre le calendrier du débit journalier maximal sur la période étudiée. La date de ce débit maximal est très variable, notamment en début de période. Sur l'année hydrologique, elle survient entre le 14 octobre (en 1993) et le 27 juin (en 1997). Elle se situe en moyenne au 03 février.



Calendrier du débit journalier de crue sur le Trieux, sur la période de 1990-1991 à 2018-2019

Le graphique ci-dessous illustre la tendance d'évolution de ce calendrier, avec les moyennes mobiles des dates de débit journalier maximal calculées par décennie glissante. Entre le début et la fin de la période étudiée, la date moyenne du débit maximal est sensiblement identique, autour du 10 février. En fin de période, à partir du milieu des années 2000, on constate qu'en moyenne, le débit journalier maximal est atteint plus souvent plus tard dans l'année.



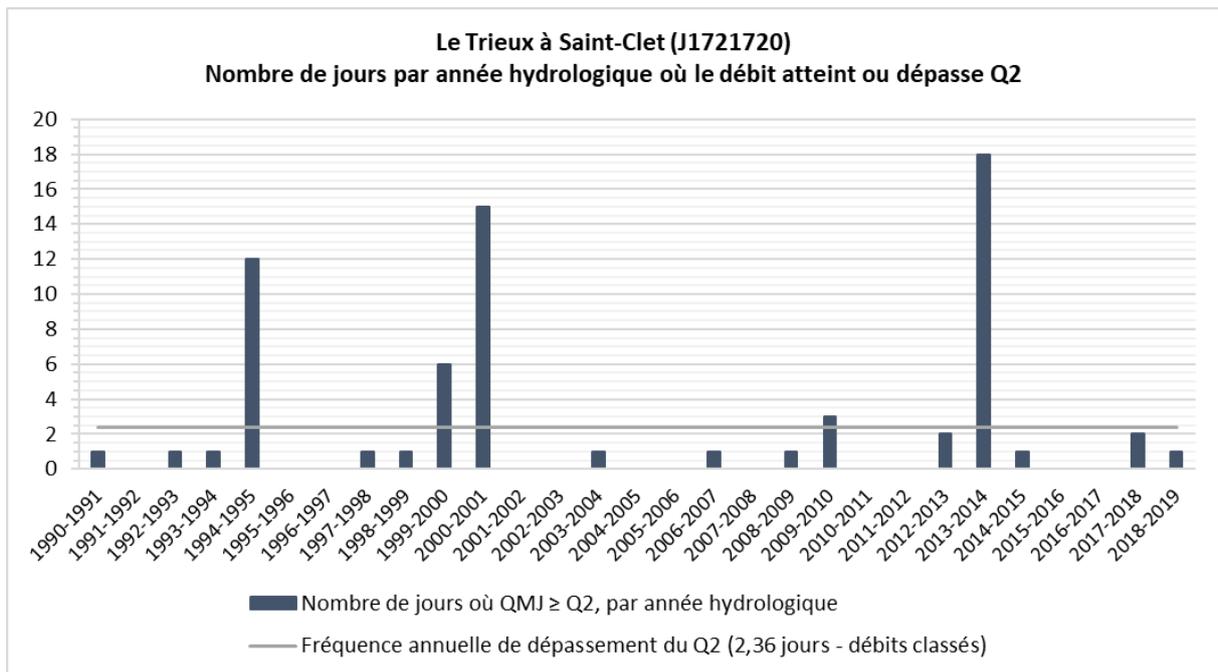
Moyennes mobiles par décennie des dates du débit journalier de crue sur le Trieux, sur la période de 1990-1991 à 2018-2019

2.1.3/ Débit de crue biennale

Le graphique suivant illustre le nombre de jours où le débit journalier atteint ou dépasse le débit de crue Q2, par année hydrologique. Cela permet d'illustrer au cours du temps, la durée des périodes de crues fréquentes, peu intenses, et potentiellement morphogènes.

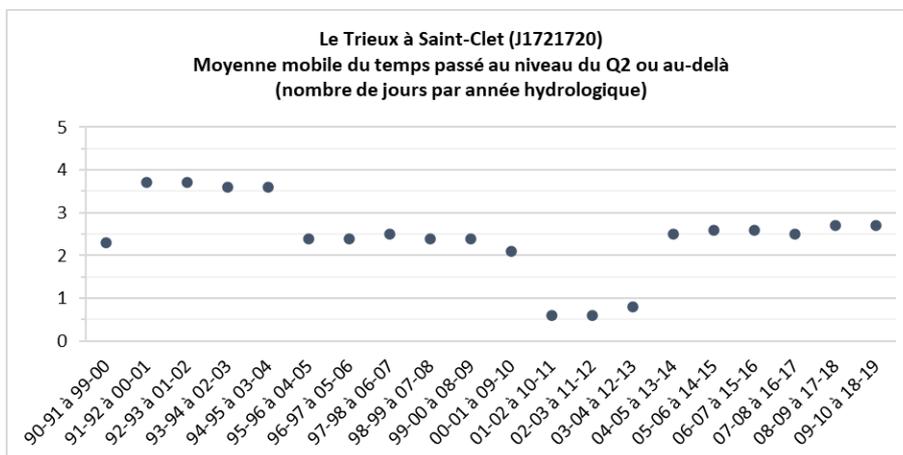
La droite grise sur le graphique représente le nombre moyen de jours où le débit Q2 est égalé ou dépassé, sur l'ensemble de la chronique étudiée : 2,36 jours. Cette donnée est obtenue grâce à la courbe des débits classés.

On identifie ainsi des épisodes de crue biennale importants en 1994-1995, 1999-2000 et surtout 2000-2001 et 2013-2014. On constate que ce niveau de crue Q2 est atteint près de 60% des années sur la période étudiée (17 années sur 29).



Analyse du débit de crue Q2 sur le Trieux, sur la période 1990-1991 à 2018-2019

L'analyse des moyennes mobiles du temps passé au niveau ou au-delà du Q2 ne montre pas de tendance nette d'évolution au cours du temps (graphique ci-dessous).



Moyenne mobile par décennie du nombre de jours où le débit atteint ou dépasse Q2 sur le Trieux, sur la période 1990-1991 à 2018-2019

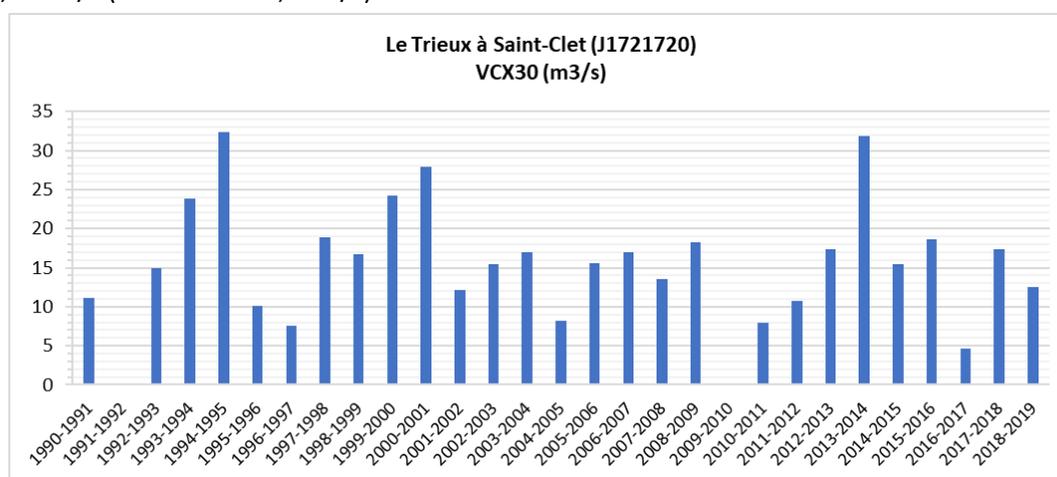
Le Q2 étant une variable théorique (déterminée par une Loi statistique de Gumbel), une autre approche consiste à déterminer le débit de plein bord en fonction d'observations de terrains. Le 19 décembre 2019, le Trieux atteignait au « Rustang » sa côte de débordement, fixant ainsi un débit de débordement à Guingamp à 28,7 m³/s (débit mesuré à St Clet ce jour-là) légèrement inférieur au Q2 théorique (pour rappel 33,2 m³/s).

En considérant ce nouveau débit de plein bord, le nombre moyen de jours par an où ce débit est égalé ou dépassé, sur l'ensemble de la chronique étudiée, est de 3,96 jours (contre 2,36 jours en prenant le Q2).

2.1.4/ VCX30 : Débits journaliers maximaux sur 30 jours consécutifs

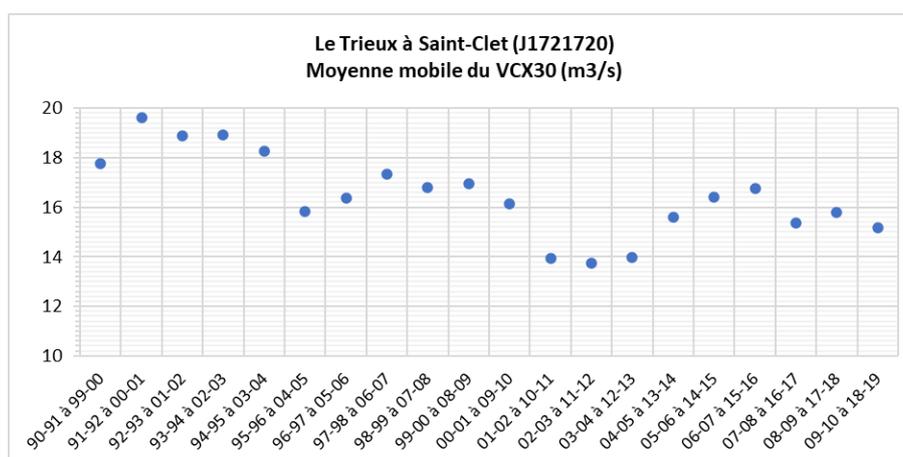
Le graphique ci-dessous illustre les niveaux des VCX30 sur la période étudiée¹⁰. Le VCX30 correspond à la moyenne des débits journaliers maximaux sur 30 jours consécutifs.

Le VCX30 varie de 4,66 m³/s (février – mars 2017) à 32,4 m³/s (janvier – février 1995). Il est en moyenne de 16,35 m³/s (médiane à 15,6 m³/s).



Analyse du VCX30 sur le Trieux, sur la période 1990-1991 à 2018-2019

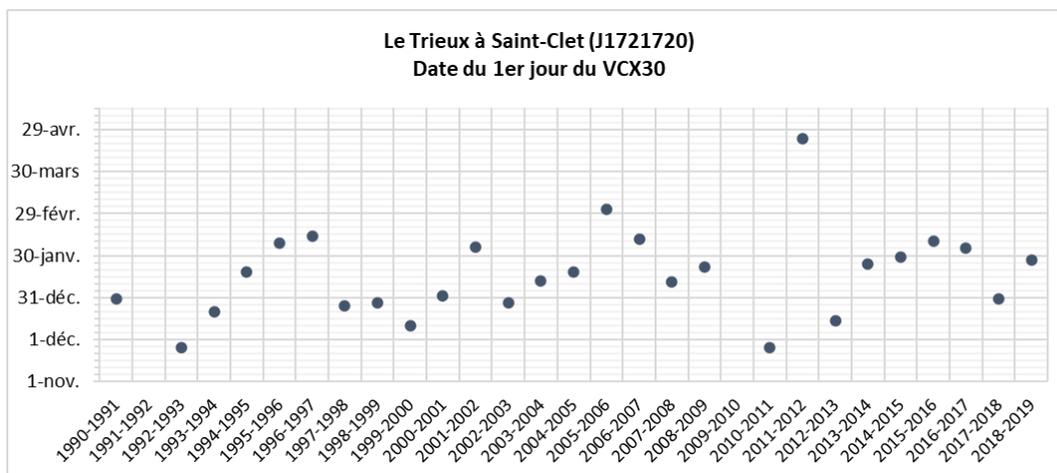
Le graphique ci-dessous illustre les moyennes mobiles du VCX30 calculées par décennie : il montre une certaine tendance à la baisse sur la période étudiée, d'environ 19 m³/s à environ 15 m³/s.



Moyenne mobile par décennie des VCX30 sur le Trieux, sur la période 1990-1991 à 2018-2019

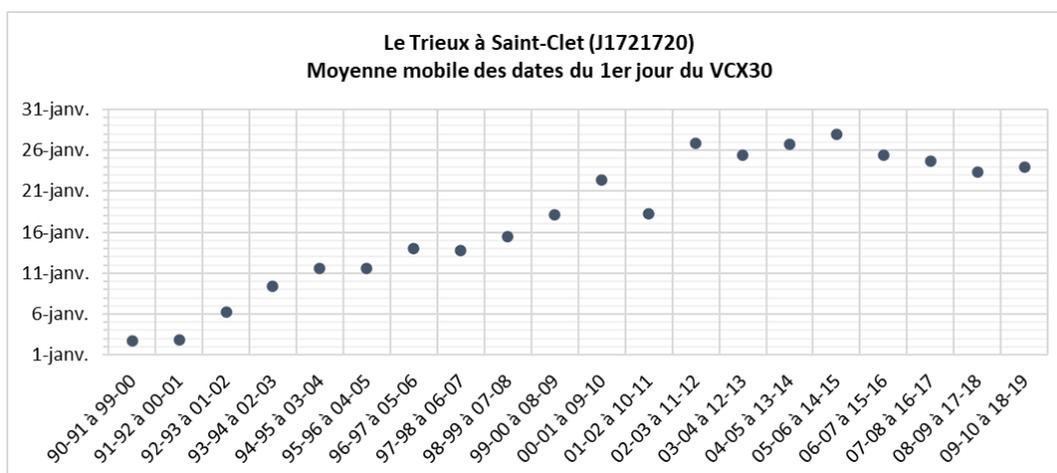
¹⁰ Pas de valeur de VCX30 dans la banque Hydro pour les années hydrologiques 1991-1992 et 2009-2010 sur le Trieux

Le graphique suivant illustre l'évolution au cours du temps de la date de début du VCX30. Cette date est très variable sur la période étudiée, entre le 25 novembre et le 03 avril.



Calendrier de survenue du VCX30 sur le Trieux, sur la période 1990-1991 à 2018-2019

Les moyennes mobiles par décennie des dates de survenue du VCX30 sont représentées sur le graphique ci-dessous pour la période étudiée. Le graphique montre une évolution très nette : le VCX30 démarre en moyenne autour du 05 janvier en début de période, alors qu'il démarre en moyenne autour du 23 janvier en fin de période.



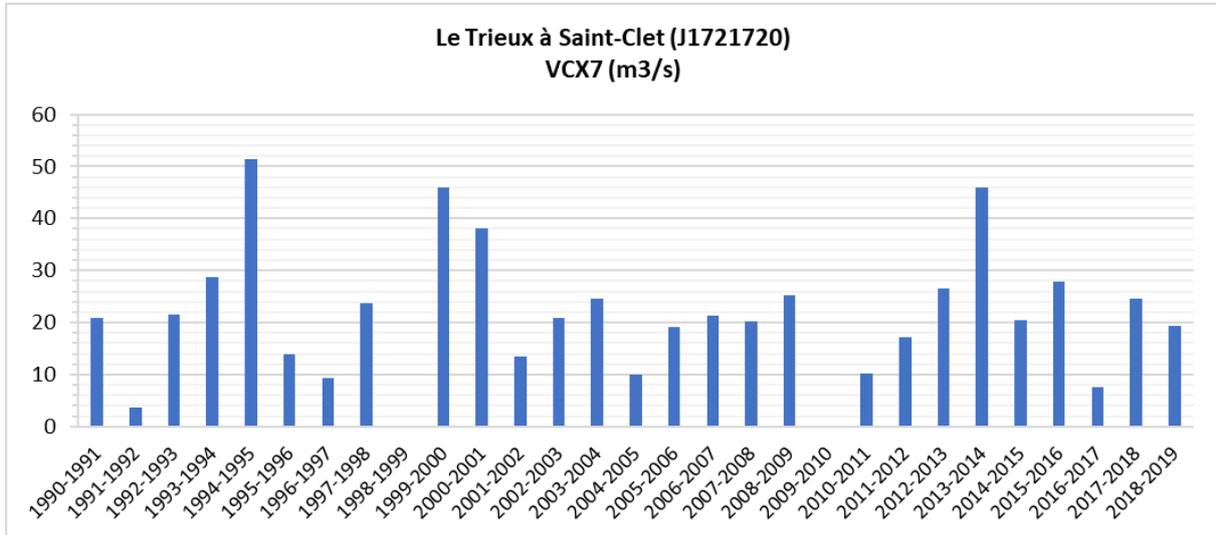
Evolution du calendrier de survenue des VCX30 via les moyennes mobiles par décennie, sur le Trieux, sur la période 1990-1991 à 2018-2019

L'analyse du VCX30 portant sur une période relativement longue, on étudie ci-dessous le VCX7 afin de mieux identifier les événements plus extrêmes.

2.1.5/ VCX7 : Débits journaliers maximaux sur 7 jours consécutifs

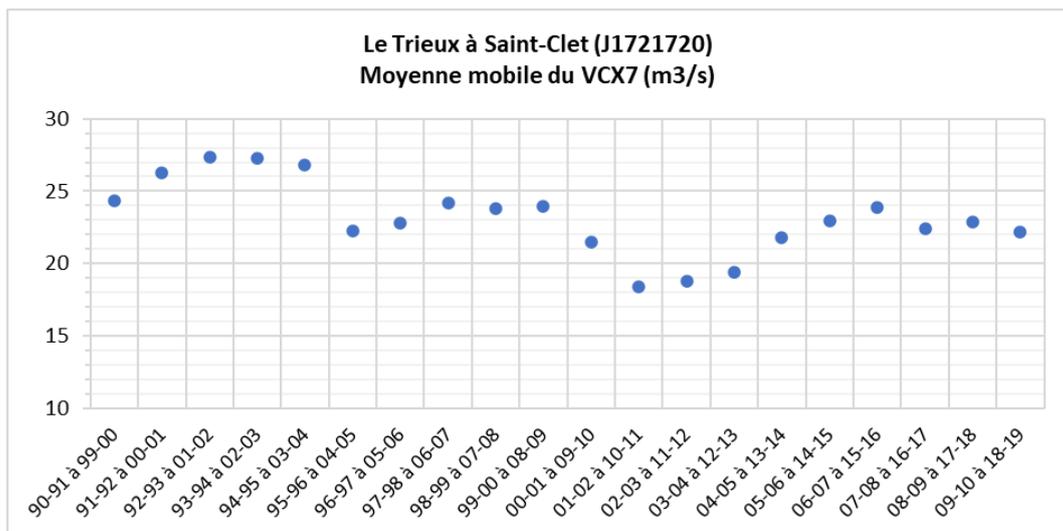
Le VCX7 a été calculé sur la période étudiée¹¹ : c'est la moyenne des débits journaliers maximaux sur 7 jours consécutifs. Son évolution est représentée sur le graphique ci-dessous.

Le VCX7 varie de 3,57 m³/s (février 1992) à 51,30 m³/s (janvier 1995). Il est en moyenne de 22,67 m³/s. Pour rappel, le module est de 5,075 m³/s sur les années hydrologiques considérées et le Q2 est de 33,20 m³/s.



Analyse du VCX7 sur le Trieux, sur la période 1990-1991 à 2018-2019

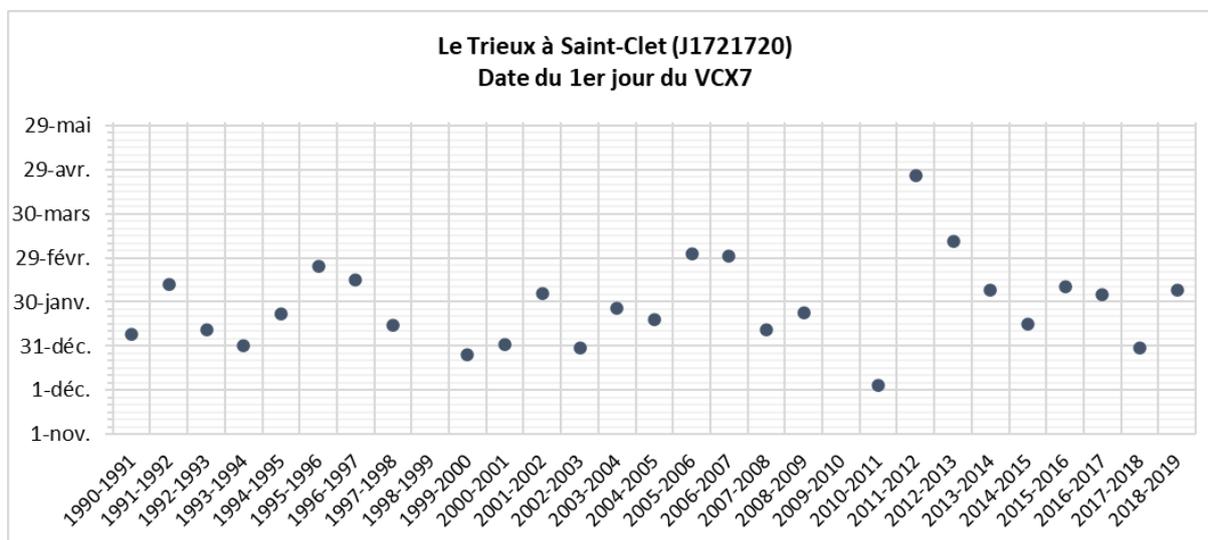
Les moyennes mobiles par décennie des VCX7 sont illustrées sur le graphique ci-dessous : elles montrent une légère tendance à la baisse sur la période étudiée. En début de période, la moyenne des VCX7 se situe autour de 26 m³/s, et en fin de période elle se situe autour de 22 m³/s.



Moyennes mobiles par décennie du VCX7 sur le Trieux, sur la période 1990-1991 à 2018-2019

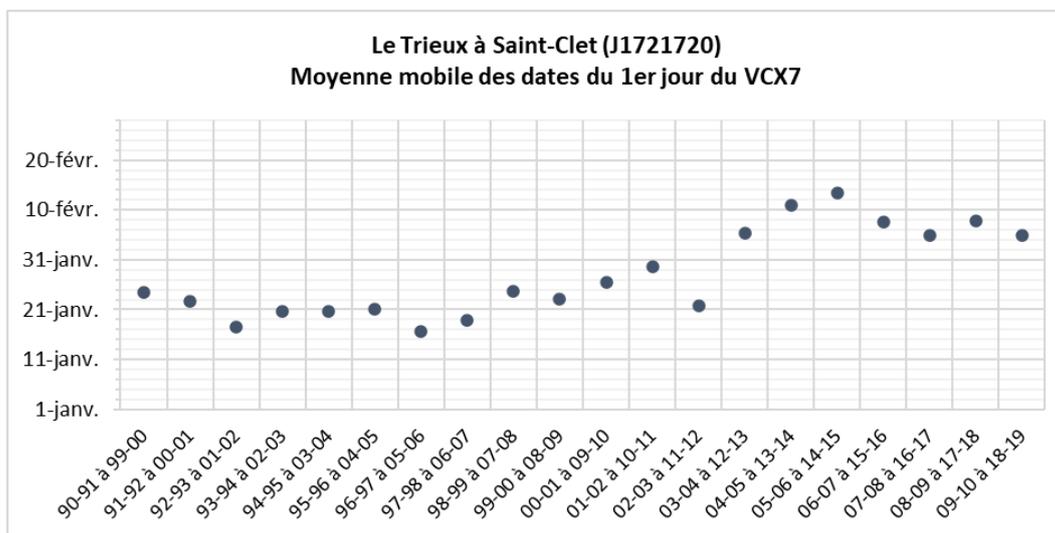
¹¹ Pas de valeur de VCX7 dans la banque Hydro pour les années hydrologiques 1998-1999 et 2009-2010 sur le Trieux

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution du calendrier des VCX7 sur la période étudiée. Il montre une certaine tendance au décalage de cet évènement, d'environ 15 jours, de mi-janvier en début de période étudiée à fin janvier en fin de période, avec des variations importantes selon les années (du 04 décembre au 25 avril).



Calendrier de survenue du VCX7 sur le Trieux, sur la période 1990-1991 à 2018-2019

Les moyennes mobiles par décennie des dates de début du VCX7 sont représentées sur le graphique ci-dessous. En début de période, le début du VCX7 se situe autour du 20 janvier. On constate ensuite une évolution assez nette à partir du milieu des années 2000. En fin de période, la moyenne se situe autour du 04 février. Il semblerait donc que le VCX7 intervienne de plus en plus tard.



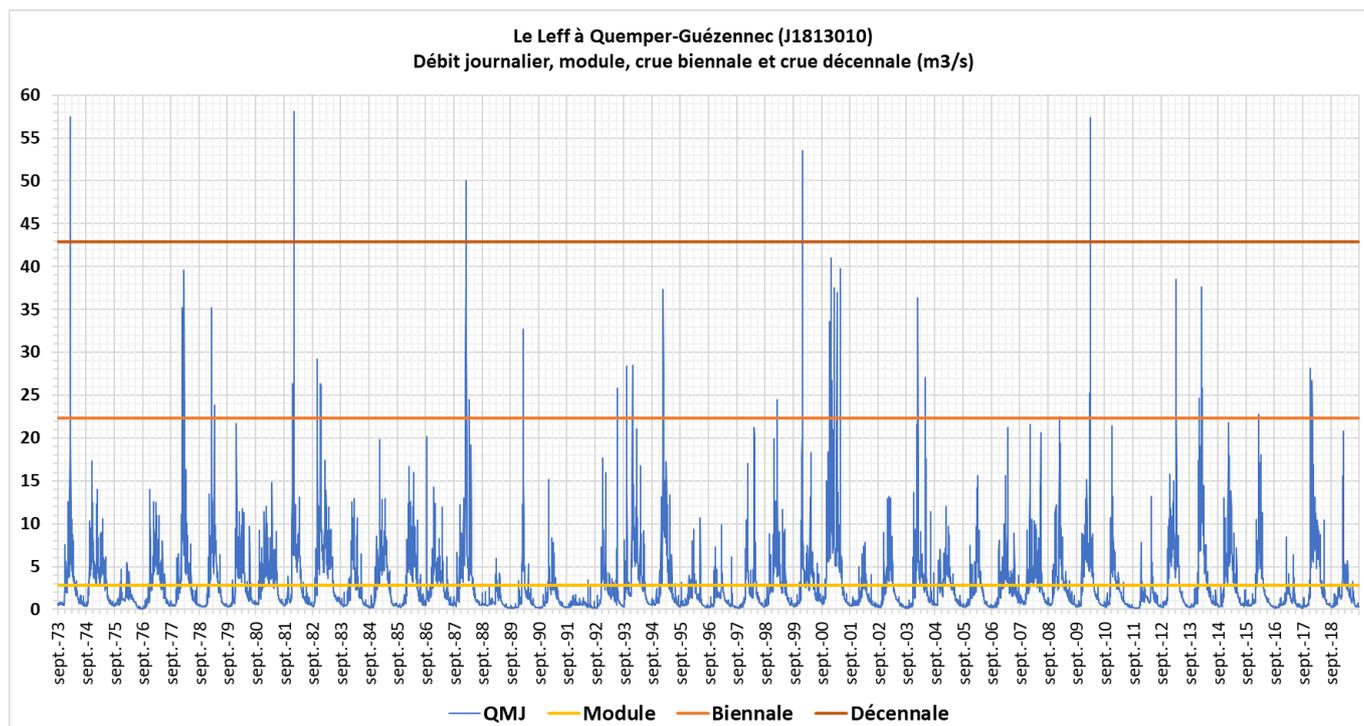
Evolution du calendrier de survenue des VCX7 via les moyennes mobiles par décennie, sur le Trieux, sur la période 1990-1991 à 2018-2019

2.2/ LE LEFF

2.2.1/ Approche globale des écoulements en période de hautes eaux

La plus longue période d'années hydrologiques complètes sur le Leff s'étale du 01/09/1973 au 31/08/2019, soit 46 années de données continues.

Le graphique ci-dessous illustre le débit journalier sur cette période, et situe les valeurs caractéristiques : module, Q2 et Q10.



Contextualisation hydrologique pluriannuelle des écoulements du Leff à la station de jaugeage aval du 01/09/1973 au 31/08/2019

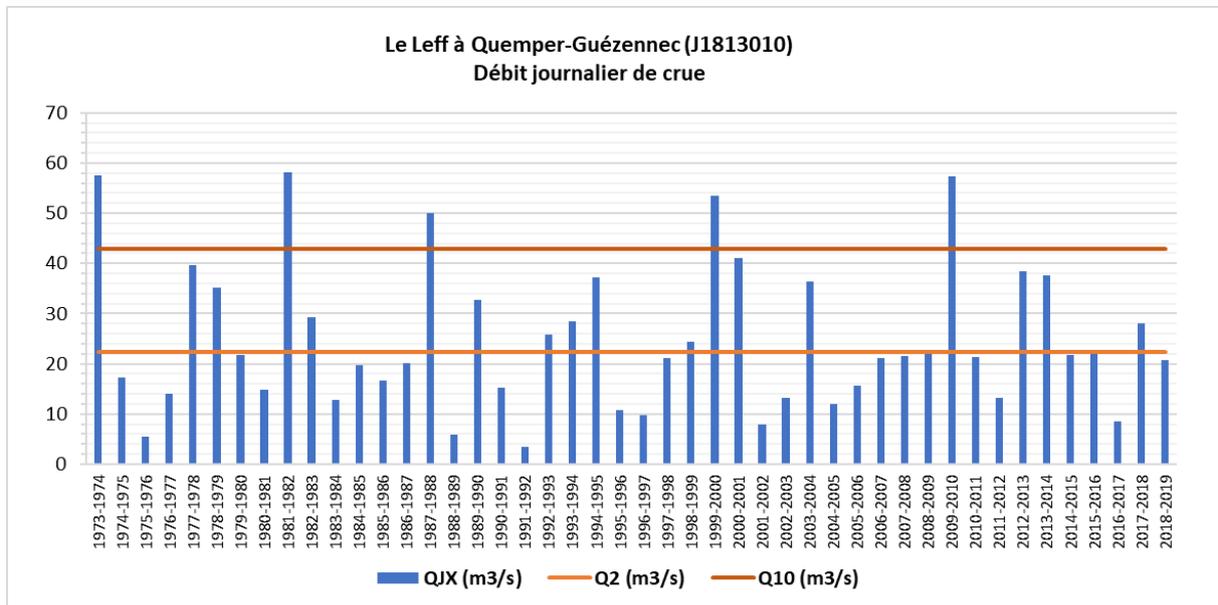
Le débit de crue Q2 s'élève à 22,30 m³/s, tandis que le débit de crue Q10 s'élève à 42,90 m³/s sur la période étudiée. Ils ont été déterminés via la Banque Hydro à partir des débits journaliers.

Le module calculé sur la période du 01/09/1973 au 31/08/2019 vaut 2,785 m³/s. Il est également calculé à partir des débits journaliers.

Le 1/5^{ème} du module vaut 0,557 m³/s.

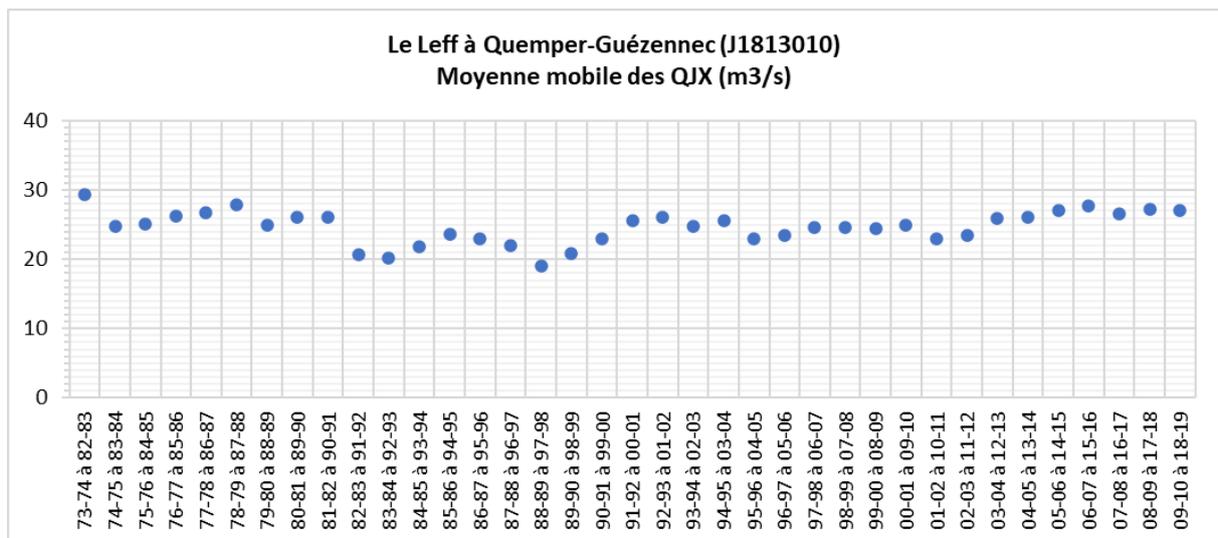
2.2.2/ Débit de pointe

Le graphique suivant illustre le débit journalier maximal du Leff enregistré à la station de jaugeage aval. Il est en moyenne de 24,84 m³/s (médiane à 21,50 m³/s). Il varie entre 3,45 m³/s (mai 1992) et 58,10 m³/s (janvier 1982).



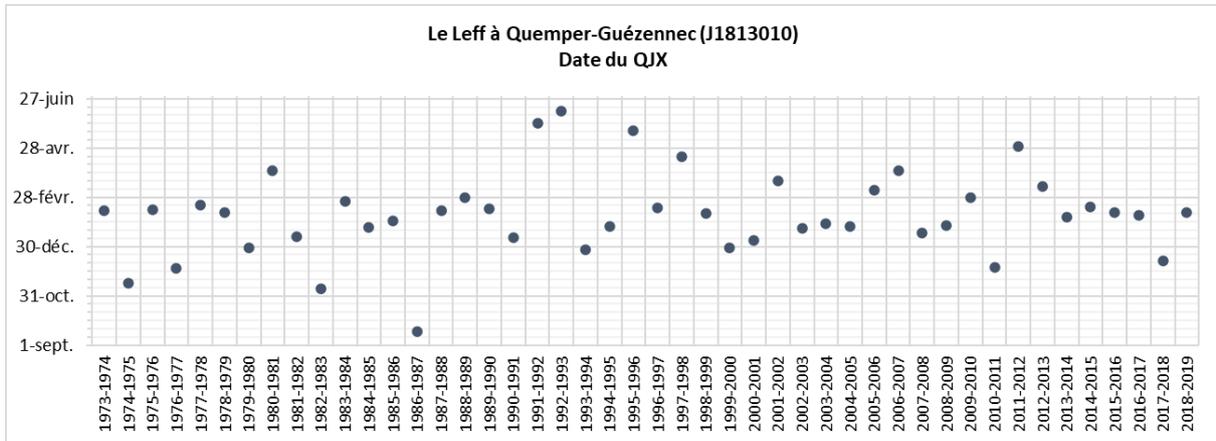
Analyse du débit journalier de crue par année hydrologique sur le Leff, sur la période 1973-1974 à 2018-2019

Les moyennes mobiles du débit journalier maximal calculées par décennie (graphique ci-dessous) montrent une absence d'évolution au cours du temps. Ces moyennes restent très proches des 25 m³/s et on ne constate pas d'évolution à la hausse ou à la baisse au cours du temps.



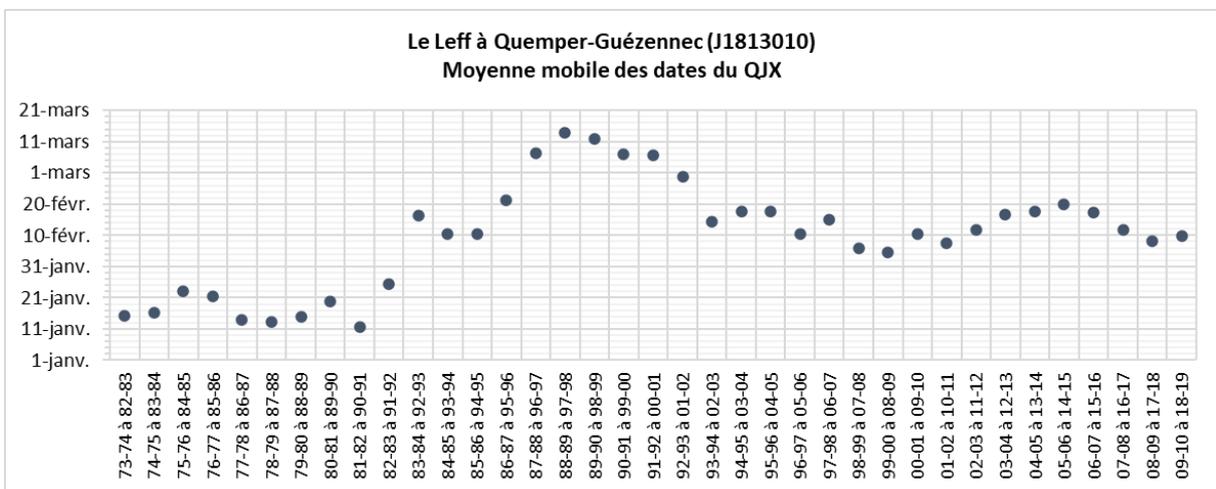
Moyennes mobiles par décennie des débits journaliers de crue sur le Leff, sur la période 1973-1974 à 2018-2019

Le graphique suivant illustre le calendrier du débit journalier maximal sur la période étudiée. La date de ce débit maximal est très variable : sur l'année hydrologique, elle survient entre le 18 septembre (en 1986) et le 12 juin (en 1993). Elle se situe en moyenne au 06 février.



Calendrier du débit journalier de crue sur le Leff, sur la période de 1973-1974 à 2018-2019

Le graphique ci-dessous illustre la tendance d'évolution de ce calendrier, avec les moyennes mobiles des dates de débit journalier maximal calculées par décennie glissante. Entre le début et la fin de la période étudiée, la date moyenne du débit maximal évolue : autour du 15 janvier en début de période, elle se décale progressivement vers le mois de mars, puis avance à nouveau jusqu'à se situer autour du 12 février en fin de période.



Moyennes mobiles par décennie des dates du débit journalier de crue sur le Leff, sur la période de 1973-1974 à 2018-2019

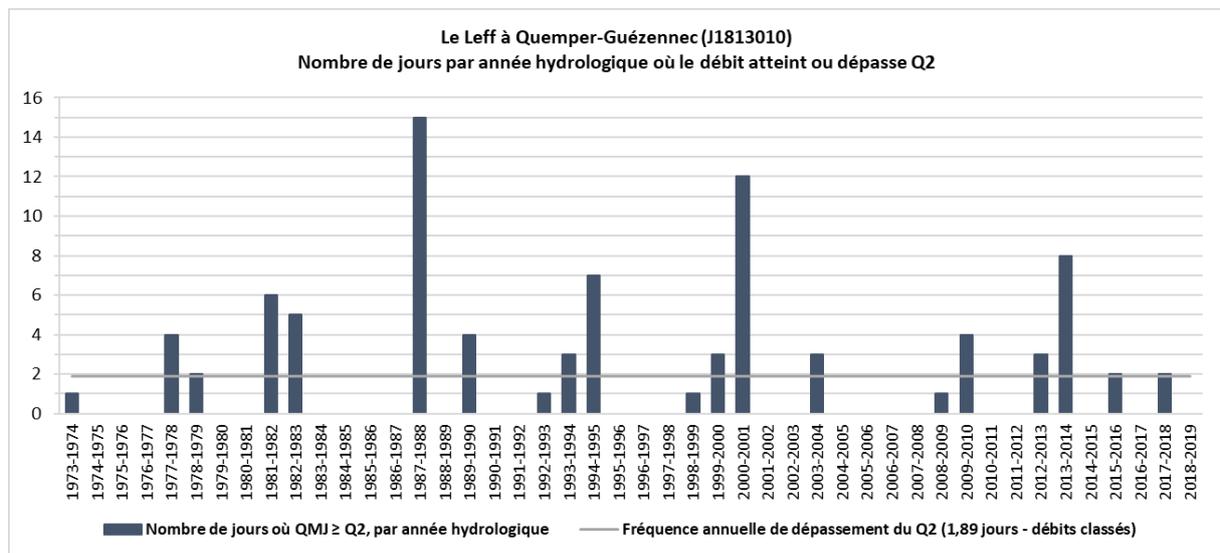
2.2.3/ Débit de crue biennale

Le graphique suivant illustre le nombre de jours où le débit journalier atteint ou dépasse le débit de crue Q2, par année hydrologique. Cela permet d'illustrer au cours du temps, la durée des périodes de crues fréquentes, peu intenses, et potentiellement morphogènes.

La droite grise sur le graphique représente le nombre moyen de jours où le débit Q2 est égalé ou dépassé, sur l'ensemble de la chronique étudiée : 1,89 jours. Cette donnée est obtenue grâce à la courbe des débits classés sur les années hydrologiques étudiées.

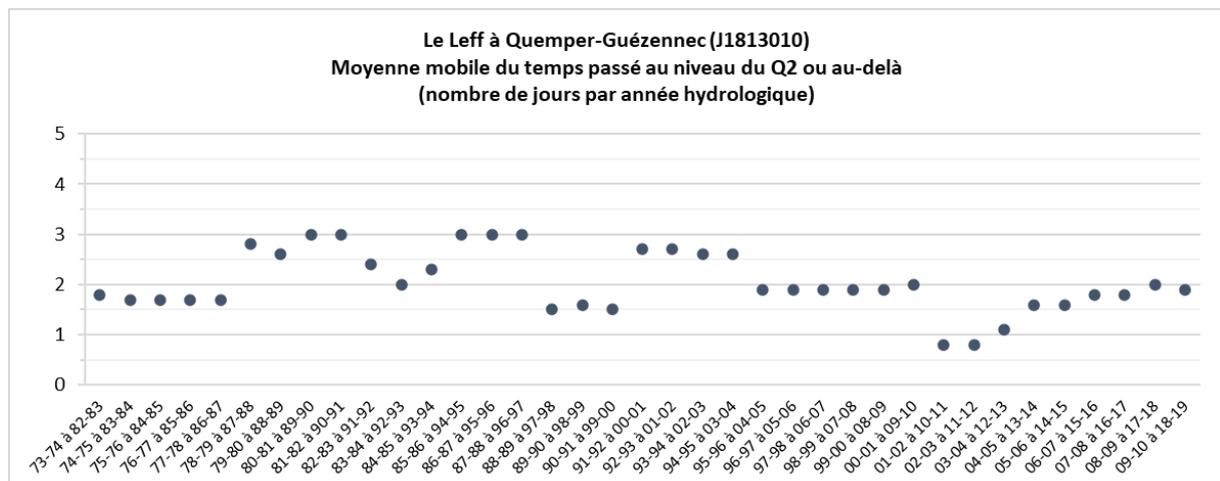
On identifie ainsi des épisodes de crue biennale importants, notamment en 1981-1982, 1987-1988, 1994-1995, 2000-2001 et 2013-2014.

On constate que ce niveau de crue Q2 est atteint plus de 40% des années sur la période étudiée (20 années sur 46).



Analyse du débit de crue Q2 sur le Leff, sur la période 1973-1974 à 2018-2019

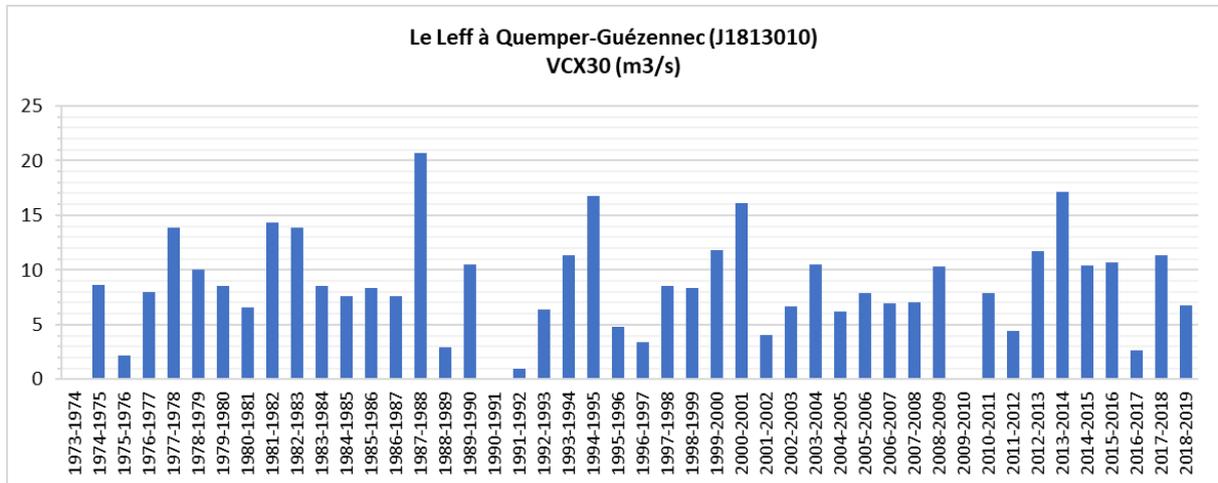
L'analyse des moyennes mobiles du temps passé au niveau ou au-delà du Q2 ne montre pas de tendance nette d'évolution (graphique ci-dessous).



Moyenne mobile par décennie du nombre de jours où le débit atteint ou dépasse Q2 sur le Leff, sur la période 1973-1974 à 2018-2019

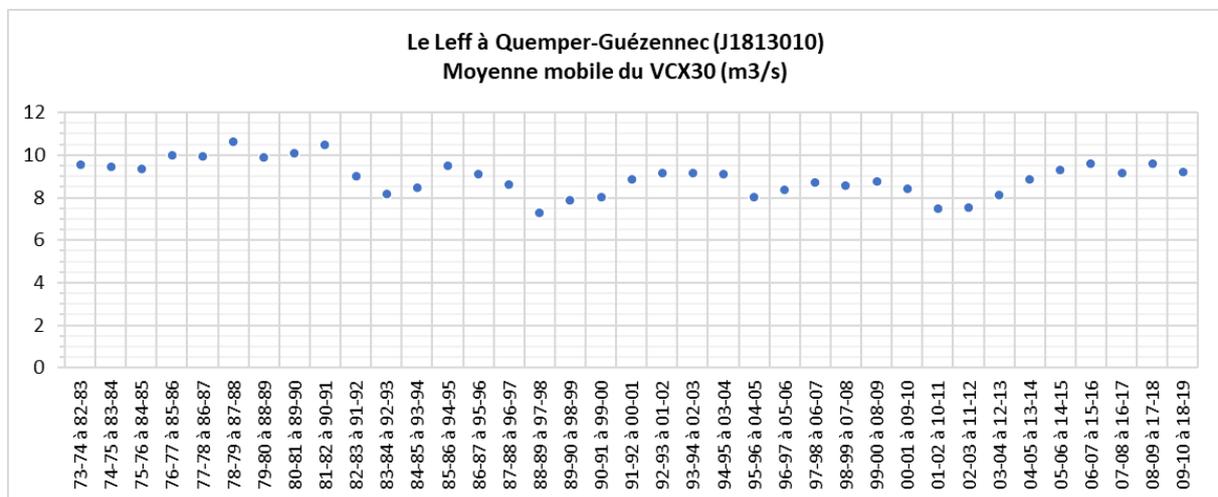
2.2.4/ VCX30 : Débits journaliers maximaux sur 30 jours consécutifs

Le graphique ci-dessous illustre les niveaux des VCX30 sur la période étudiée¹², calculés via la banque Hydro. Le VCX30 correspond à la moyenne des débits journaliers maximaux sur 30 jours consécutifs. Le VCX30 varie de 0,94 m³/s (novembre – décembre 1991), soit bien inférieur au module sur cette période, à 20,70 m³/s (janvier – février 1988). Il est en moyenne de 8,90 m³/s (médiane à 8,39 m³/s).



Analyse du VCX30 sur le Leff, sur la période 1973-1974 à 2018-2019

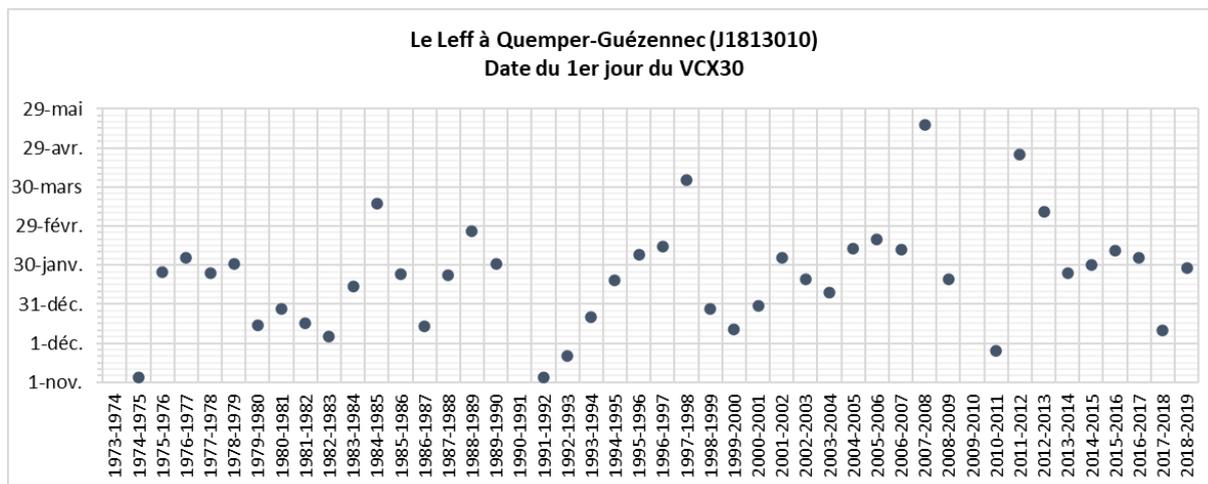
Le graphique ci-dessous illustre les moyennes mobiles du VCX30 calculées par décennie : il montre une certaine stabilité de ce débit sur la période étudiée, autour de 9,5 m³/s.



Moyenne mobile par décennie des VCX30 sur le Leff, sur la période 1973-1974 à 2018-2019

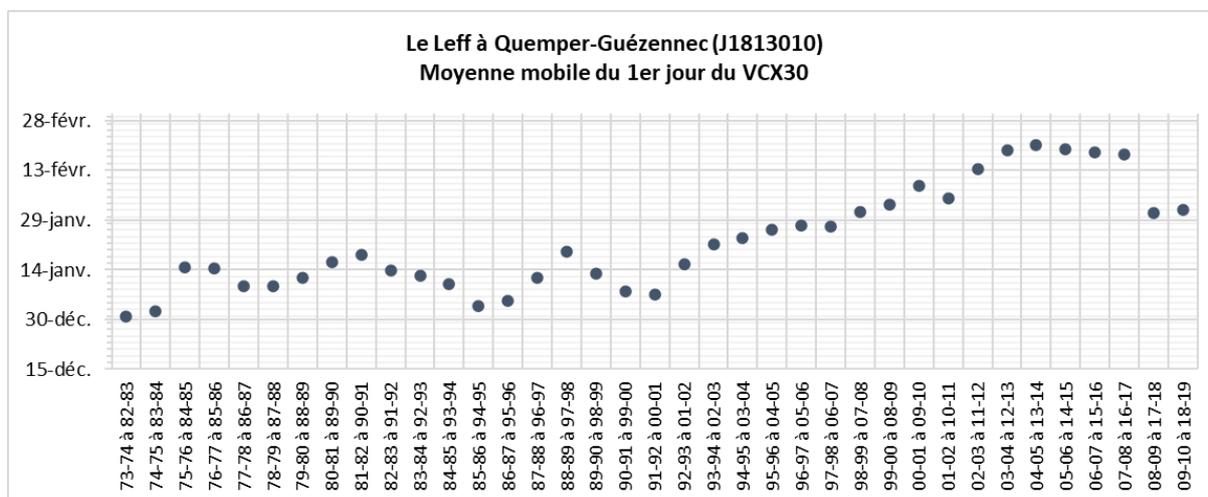
¹² Pas de valeur de VCX30 dans la banque Hydro pour les années hydrologiques 1973-1974, 1990-1991 et 2009-2010 sur le Leff

Le graphique suivant illustre l'évolution au cours du temps de la date de début du VCX30. Cette date est très variable sur la période étudiée, entre le 5 novembre et le 17 mai.



Calendrier de survenue du VCX30 sur le Leff, sur la période 1973-1974 à 2018-2019

Les moyennes mobiles par décennie des dates de survenue du VCX30 sont représentées sur le graphique ci-dessous pour la période étudiée. Le graphique montre une évolution très nette : le VCX30 démarre en moyenne entre le 1^{er} et le 19 janvier en début de période, puis à partir du milieu des années 90, le 1^{er} jour du VCX30 a tendance à se décaler vers le mois de février.

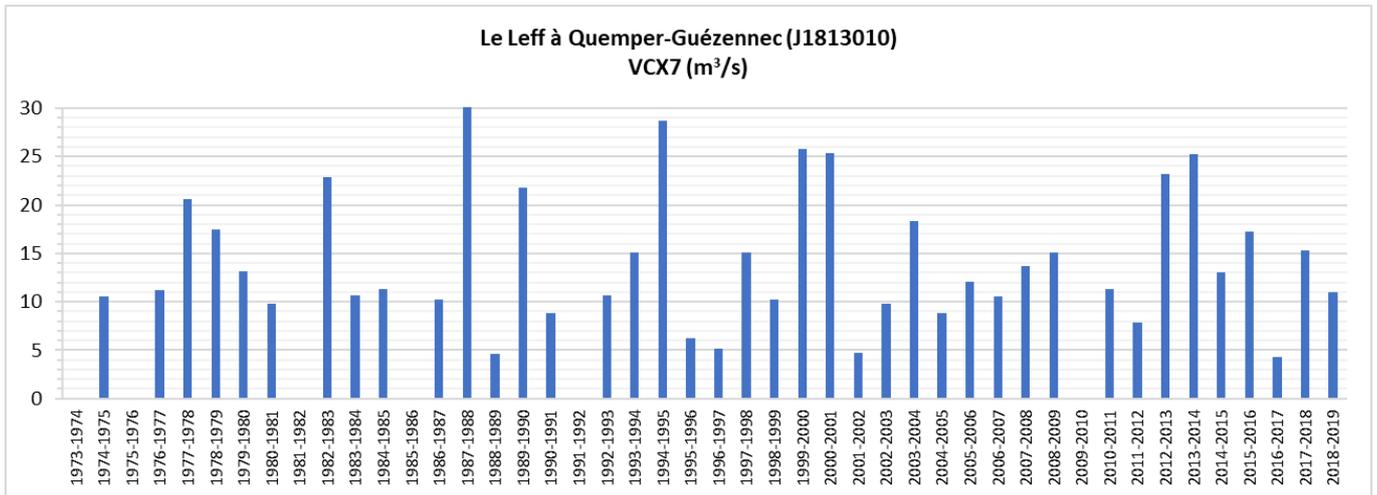


Evolution du calendrier de survenue des VCX30 via les moyennes mobiles par décennie, sur le Leff, sur la période 1973-1974 à 2018-2019

L'analyse du VCX30 portant sur une période relativement longue, on étudie ci-dessous le VCX7 afin de mieux identifier les évènements plus extrêmes.

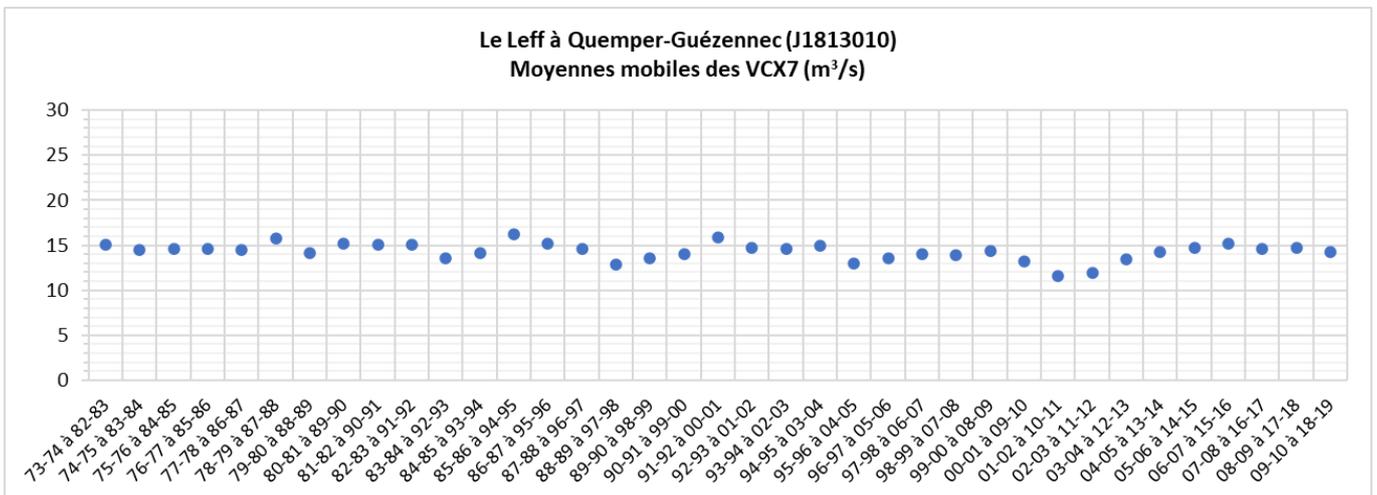
2.2.5/ VCX7 : Débits journaliers maximaux sur 7 jours consécutifs

Le VCX7 a été calculé via la banque Hydro sur la période étudiée¹³ : c'est la moyenne des débits journaliers maximaux sur 7 jours consécutifs. Son évolution est représentée sur le graphique ci-dessous. Le VCX7 varie de 4,33 m³/s (février 2017) à 30,20 m³/s (février 1988). Il est en moyenne de 14,18 m³/s (médiane à 11,70 m³/s). Pour rappel, le module est de 2,759 m³/s sur les années hydrologiques considérées et le Q2 est de 22,30 m³/s.



Analyse du VCX7 sur le Leff, sur la période 1973-1974 à 2018-2019

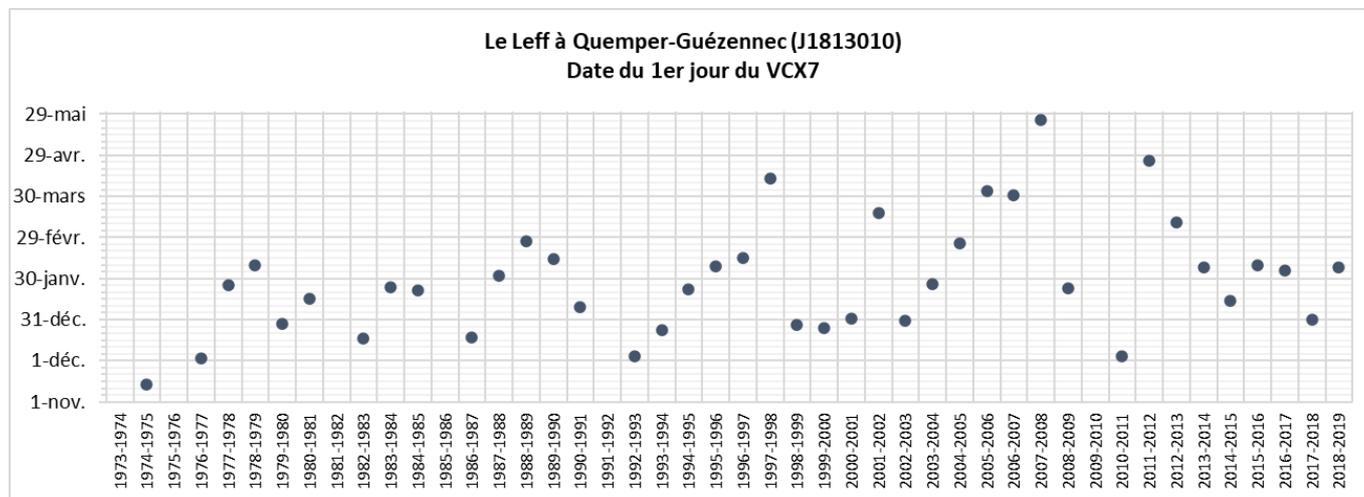
Les moyennes mobiles par décennie des VCX7 sont illustrées sur le graphique ci-dessous : elles montrent une stabilité sur la période étudiée, autour de 14 m³/s.



Moyennes mobiles par décennie du VCX7 sur le Leff, sur la période 1973-1974 à 2018-2019

¹³ Pas de valeur de VCX7 dans la banque Hydro pour les années hydrologiques 1973-1974, 1975-1976, 1981-1982, 1985-1986, 1991-1992, 2009-2010 sur le Leff

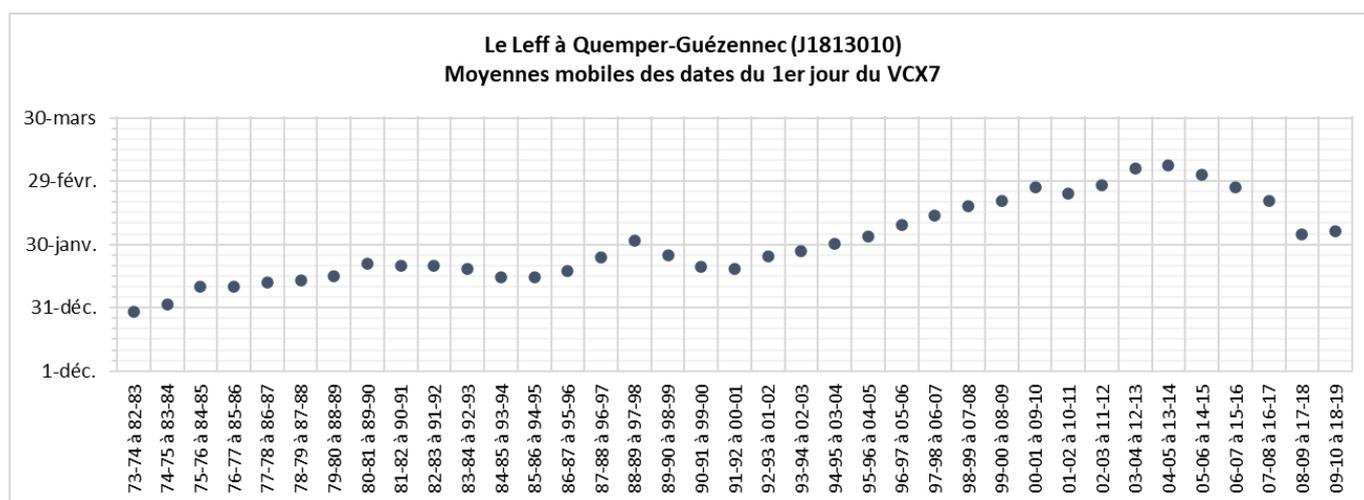
Le graphique ci-dessous illustre l'évolution du calendrier des VCX7 sur la période étudiée. Il montre une légère tendance au décalage de cet événement, avec une fréquence plus importante de survenue du VCX7 après janvier au cours de la deuxième partie de la période étudiée. Les variations sont importantes selon les années (du 14 novembre au 25 mai).



Calendrier de survenue du VCX7 sur le Leff, sur la période 1973-1974 à 2018-2019

Les moyennes mobiles par décennie des dates de début du VCX7 sont représentées sur le graphique ci-dessous. On constate une nette évolution au cours de la période étudiée.

En début de période, le début du VCX7 intervient au cours de la première quinzaine de janvier. On constate ensuite un décalage dans le temps assez net, à partir du milieu des années 1990, avec des débuts de VCX7 qui ont courant février, voire début mars en moyenne. En fin de période, le VCX7 survient en moyenne de moins en moins tard, au cours du mois de février.



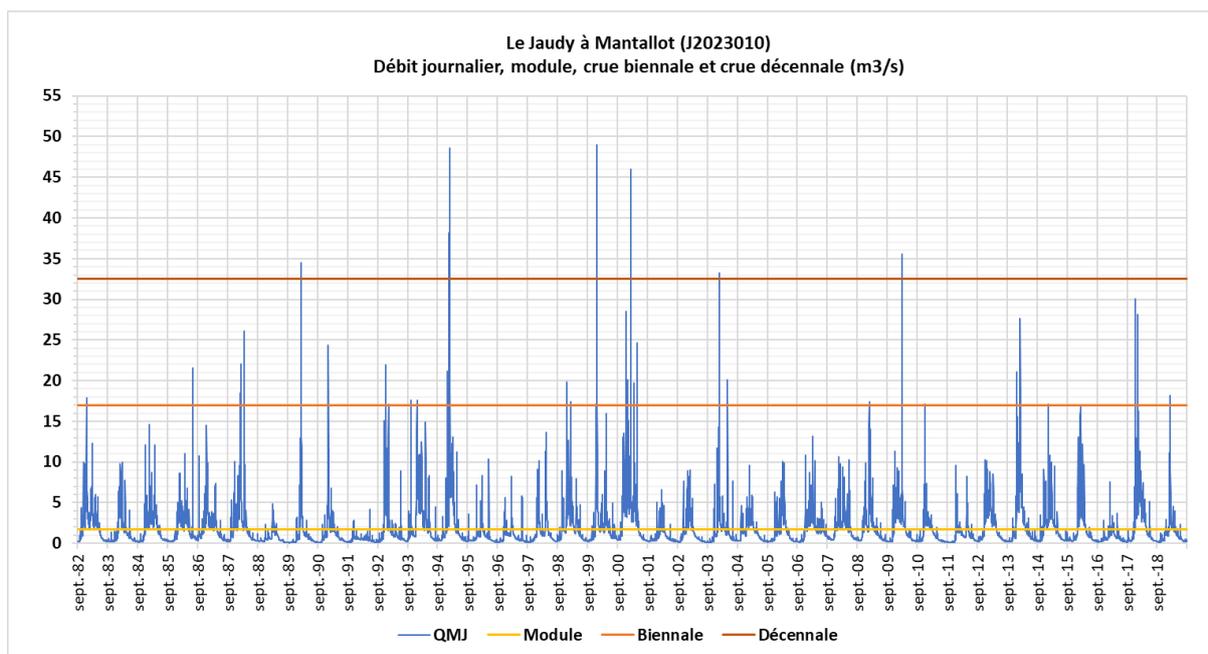
Evolution du calendrier de survenue des VCX7 via les moyennes mobiles par décennie, sur le Leff, sur la période 1973-1974 à 2018-2019

2.3/ LE JAUDY

2.3.1/ Approche globale des écoulements en période de hautes eaux

La plus longue période d'années hydrologiques complètes sur le Jaudy s'étale du 01/09/1982 au 31/08/2019, soit 37 années de données continues.

Le graphique ci-dessous illustre le débit journalier sur cette période, et situe les valeurs caractéristiques : module, Q2 et Q10.



Contextualisation hydrologique pluriannuelle des écoulements du Jaudy du 01/09/1982 au 31/08/2019

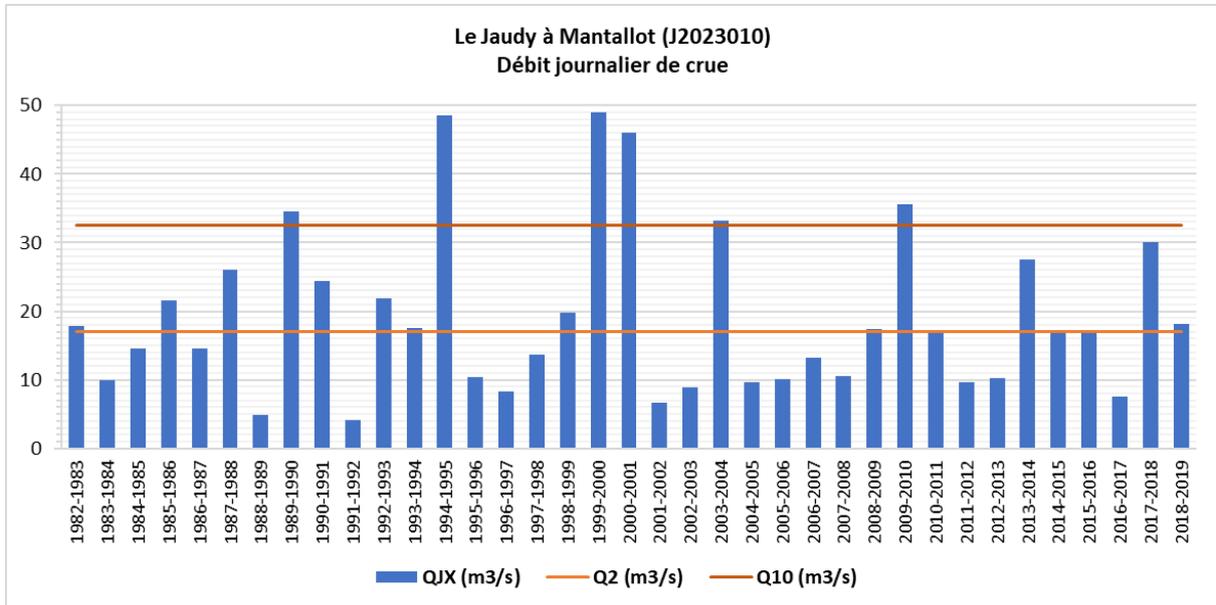
Le débit de crue Q2 s'élève à 17,00 m³/s, tandis que le débit de crue Q10 s'élève à 32,50 m³/s sur la période étudiée. Ils ont été déterminés via la Banque Hydro à partir des débits journaliers.

Le module calculé sur la période du 01/09/1982 au 31/08/2019 vaut 1,734 m³/s. Il est également calculé à partir des débits journaliers.

Le 1/5^{ème} du module vaut 0,3468 m³/s.

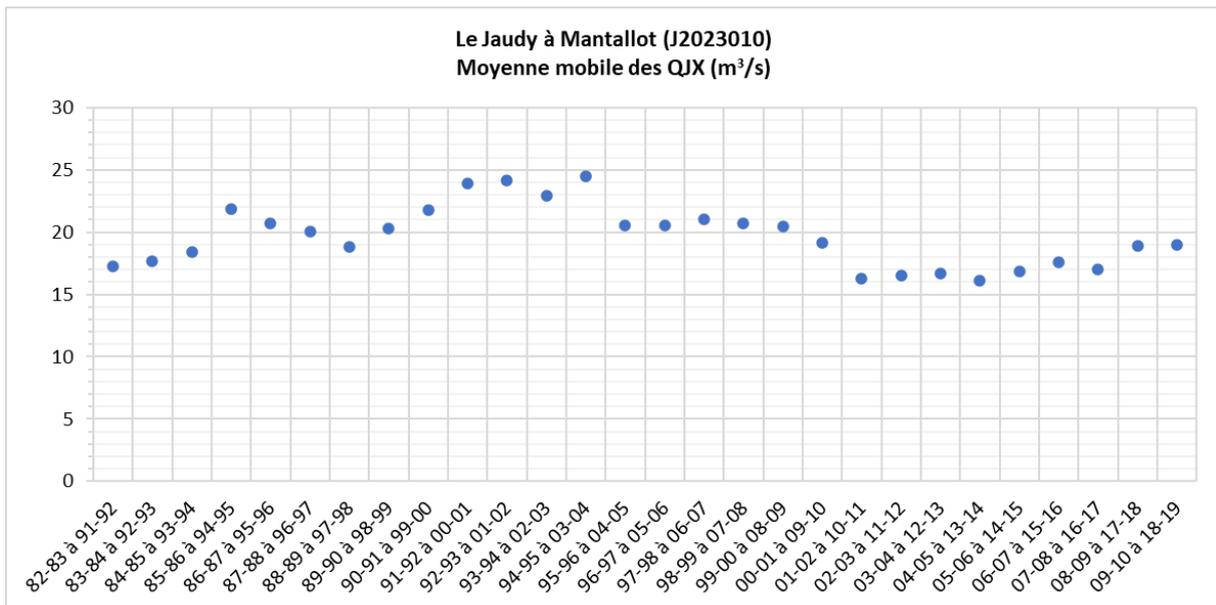
2.3.2/ Débit de pointe

Le graphique suivant illustre le débit journalier maximal du Jaudy enregistré à la station de jaugeage de Mantallot. Il est en moyenne de 19,12 m³/s (médiane à 17,10 m³/s). Il varie entre 4,15 m³/s (mai 1992) et 49,00 m³/s (décembre 1999).



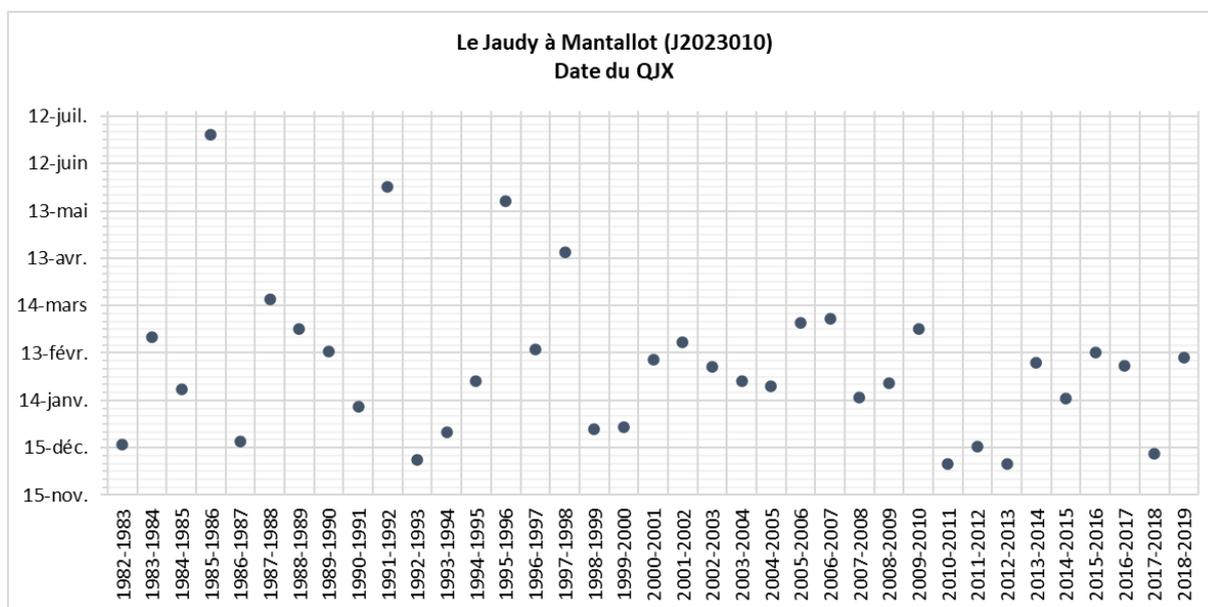
Analyse du débit journalier de crue par année hydrologique sur le Jaudy, sur la période 1982-1983 à 2018-2019

Les moyennes mobiles du débit journalier maximal calculées par décennie (graphique ci-dessous) montrent une légère diminution au cours du temps, avec des moyennes le plus souvent au-delà de 20 m³/s jusqu'au milieu des années 2000, et en deçà de 20 m³/s sur la fin de la période étudiée.



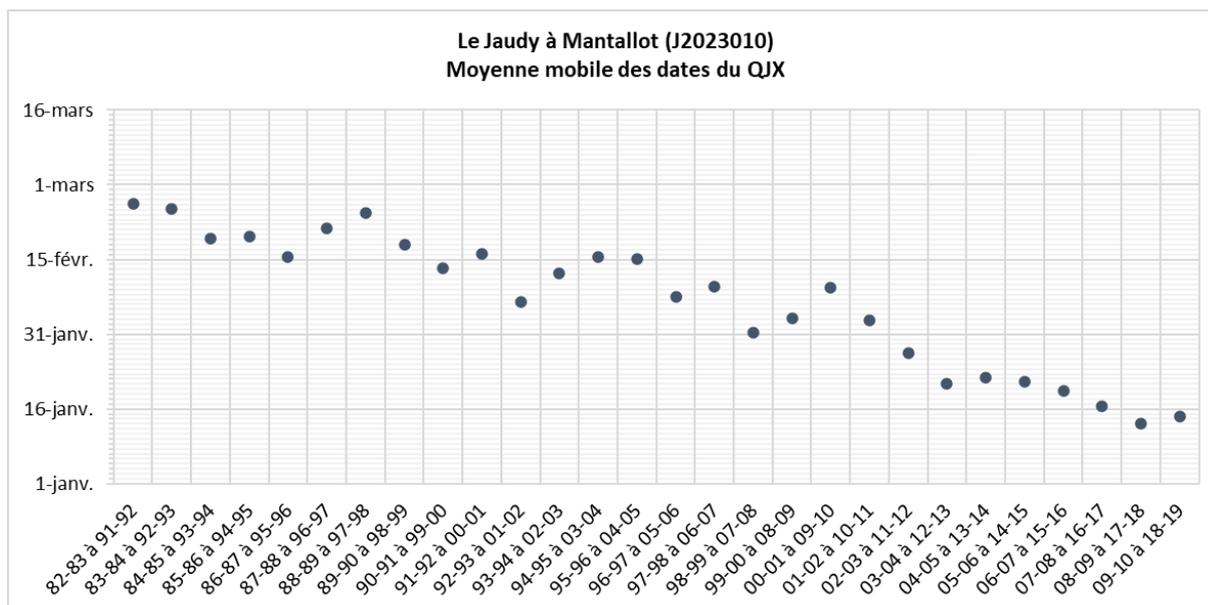
Moyennes mobiles par décennie des débits journaliers de crue sur le Jaudy, sur la période 1982-1983 à 2018-2019

Le graphique suivant illustre le calendrier du débit journalier maximal sur la période étudiée. La date de ce débit maximal est très variable : sur l'année hydrologique, elle survient entre le 05 décembre (en 2010 et 2012) et le 30 juin (en 1986). Elle se situe en moyenne au 05 février. On note cependant qu'en fin de période étudiée, la variation est moins marquée et le débit journalier maximal intervient entre début décembre et fin février.



Calendrier du débit journalier de crue sur le Jaudy, sur la période de 1982-1983 à 2018-2019

Le graphique ci-dessous illustre la tendance d'évolution de ce calendrier, avec les moyennes mobiles des dates de débit journalier maximal calculées par décennie glissante. On constate une évolution nette de ce calendrier, avec la survenue (en moyenne) du débit journalier maximal de plus en plus tôt dans l'année au cours de la période étudiée : de la deuxième quinzaine de février en début de période à mi-janvier en fin de période.



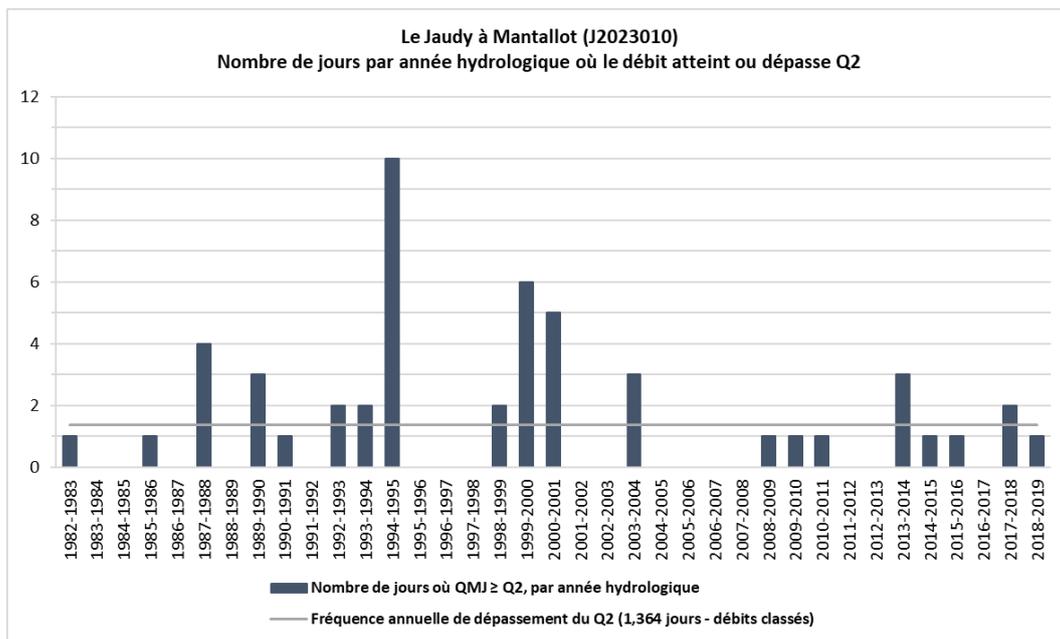
Moyennes mobiles par décennie des dates du débit journalier de crue sur le Jaudy, sur la période de 1982-1983 à 2018-2019

2.3.3/ Débit de crue biennale

Le graphique suivant illustre le nombre de jours où le débit journalier atteint ou dépasse le débit de crue Q2, par année hydrologique. Cela permet d'illustrer au cours du temps, la durée des périodes de crues fréquentes, peu intenses, et potentiellement morphogènes.

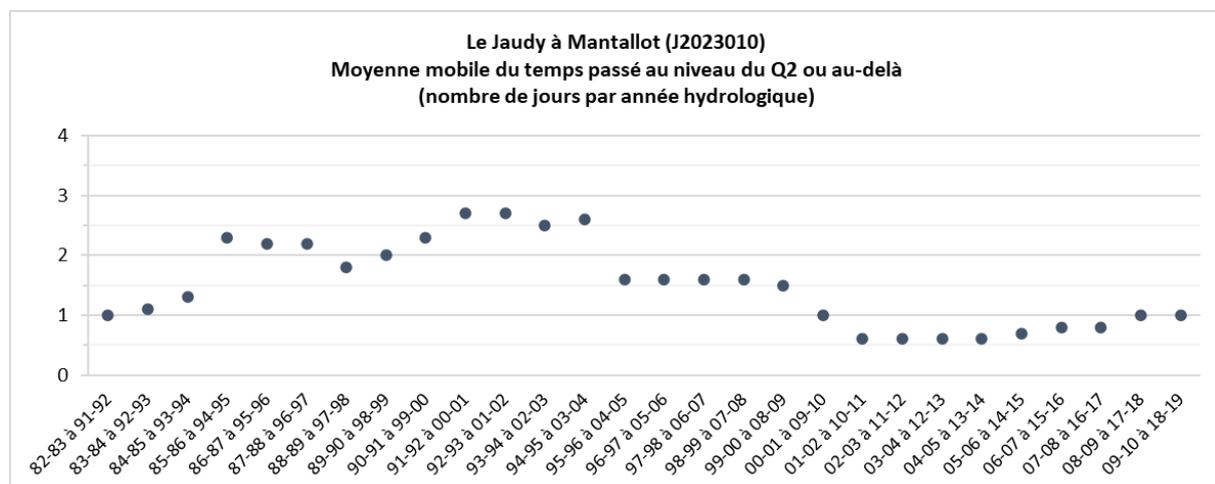
La droite grise sur le graphique représente le nombre moyen de jours où le débit Q2 est égalé ou dépassé, sur l'ensemble de la chronique étudiée : 1,364 jours. Cette donnée est obtenue grâce à la courbe des débits classés sur les années hydrologiques étudiées.

On identifie ainsi des épisodes de crue biennale importants, notamment en 1987-1988, 1994-1995, 1999-2000 et 2000-2001 pour les épisodes les plus longs. On constate que ce niveau de crue Q2 est atteint 56 % du temps sur la période étudiée (20 années sur 36).



Analyse du débit de crue Q2 sur le Jaudy, sur la période 1982-1983 à 2018-2019

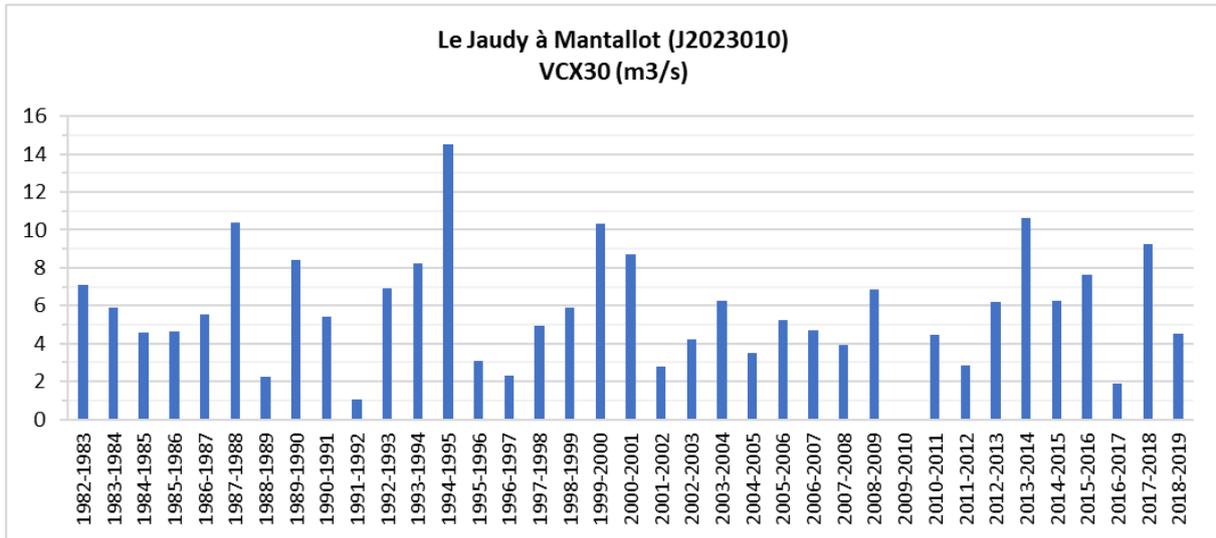
L'analyse des moyennes mobiles du temps passé au niveau ou au-delà du Q2 ne montre pas de tendance nette d'évolution (graphique ci-dessous).



Moyenne mobile par décennie du nombre de jours où le débit atteint ou dépasse Q2 sur le Jaudy, sur la période 1982-1983 à 2018-2019

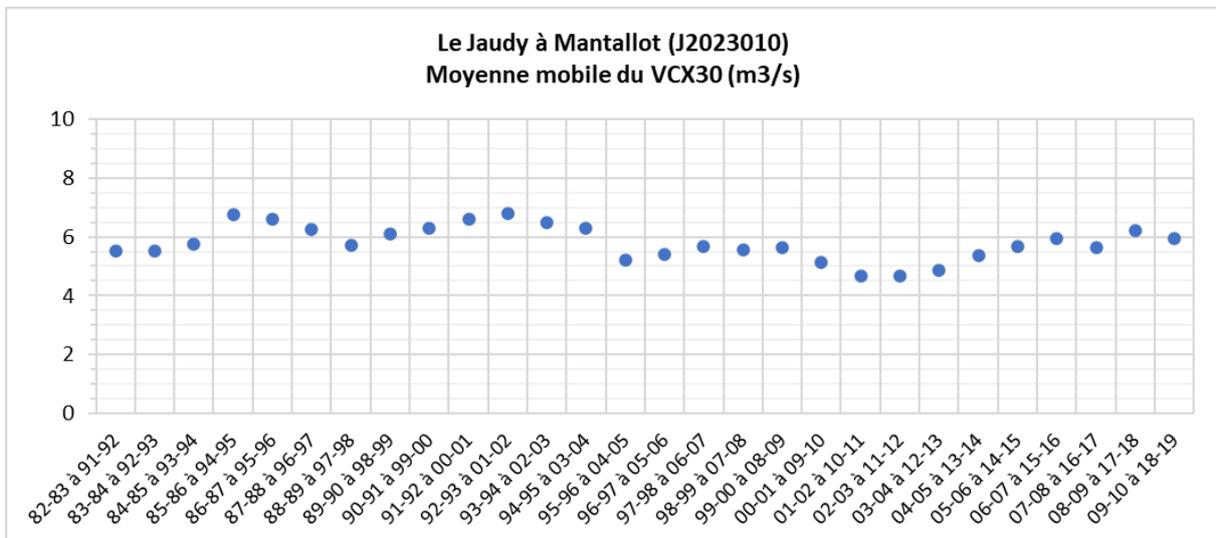
2.3.4/ VCX30 : Débits journaliers maximaux sur 30 jours consécutifs

Le graphique ci-dessous illustre les niveaux des VCX30 sur la période étudiée¹⁴, calculés via la banque Hydro. Le VCX30 correspond à la moyenne des débits journaliers maximaux sur 30 jours consécutifs. Le VCX30 varie de 1,07 m³/s (novembre 1991), soit inférieur au module sur cette période, à 14,50 m³/s (janvier – février 1995). Il est en moyenne de 5,87 m³/s (médiane à 5,48 m³/s).



Analyse du VCX30 sur le Jaudy, sur la période 1982-1983 à 2018-2019

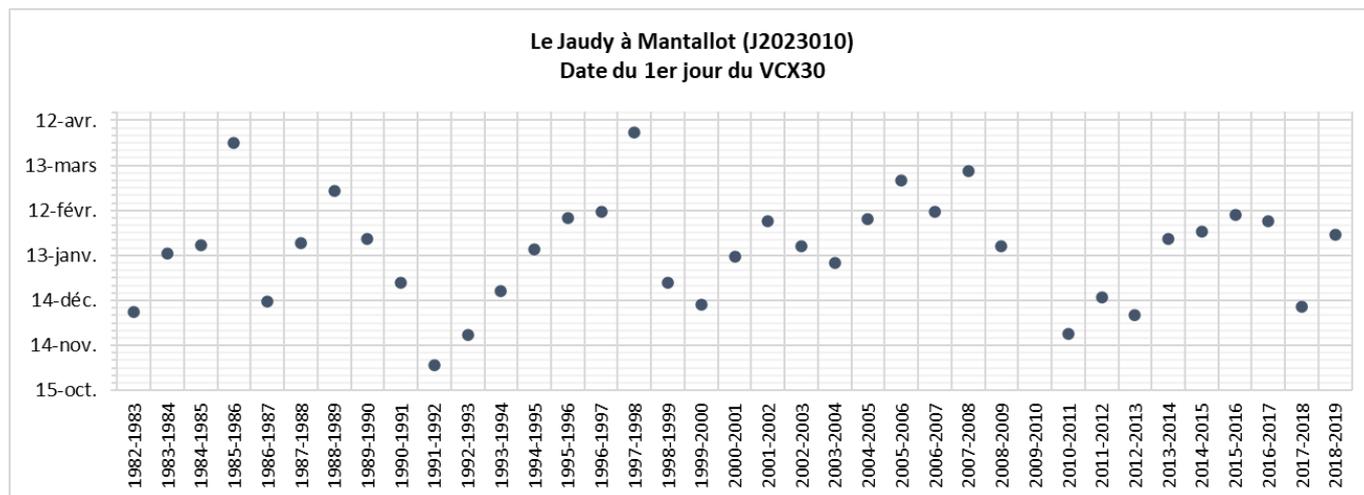
Le graphique ci-dessous illustre les moyennes mobiles du VCX30 calculées par décennie : il montre une certaine stabilité de ce débit sur la période étudiée, autour de 6 m³/s.



Moyenne mobile par décennie des VCX30 sur le Jaudy, sur la période 1982-1983 à 2018-2019

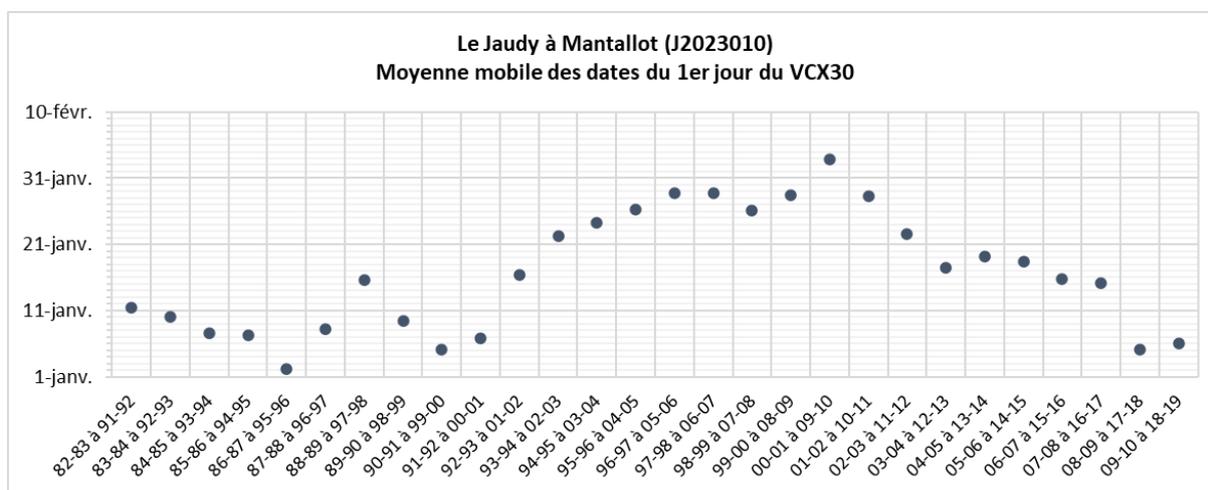
¹⁴ Pas de valeur de VCX30 dans la banque Hydro pour l'année hydrologique 2009-2010 sur le Jaudy

Le graphique suivant illustre l'évolution au cours du temps de la date de début du VCX30. Cette date est très variable sur la période étudiée, entre le 1^{er} novembre et le 4 avril.



Calendrier de survenue du VCX30 sur le Jaudy, sur la période 1982-1983 à 2018-2019

Les moyennes mobiles par décennie des dates de survenue du VCX30 sont représentées sur le graphique ci-dessous pour la période étudiée. Ces moyennes mobiles ont tendance à se décaler de début janvier vers fin janvier jusqu'au milieu des années 2000, puis elles reviennent autour du 15 janvier.



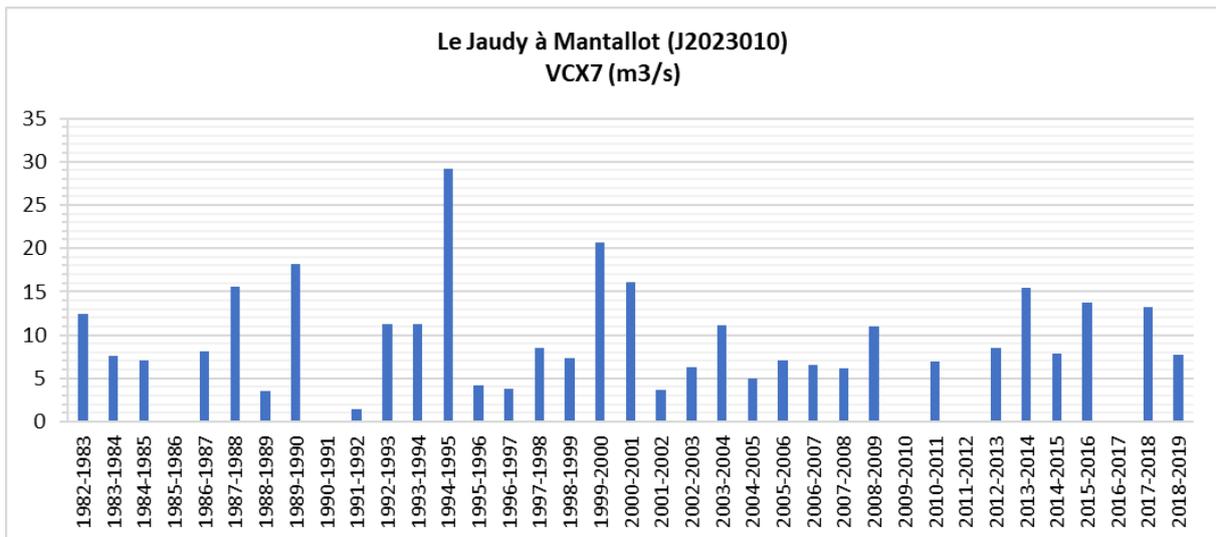
Evolution du calendrier de survenue des VCX30 via les moyennes mobiles par décennie, sur le Jaudy, sur la période 1982-1983 à 2018-2019

L'analyse du VCX30 portant sur une période relativement longue, on étudie ci-dessous le VCX7 afin de mieux identifier les évènements plus extrêmes.

2.3.5/ VCX7 : Débits journaliers maximaux sur 7 jours consécutifs

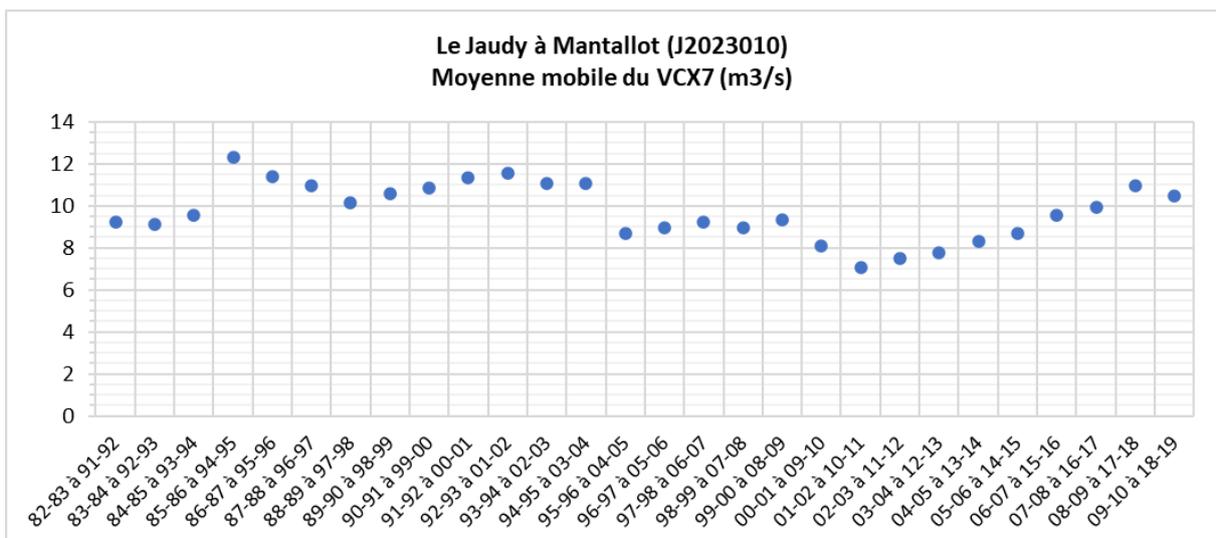
Le VCX7 a été calculé via la banque Hydro sur la période étudiée¹⁵ : c'est la moyenne des débits journaliers maximaux sur 7 jours consécutifs. Son évolution est représentée sur le graphique ci-dessous.

Le VCX7 varie de 1,49 m³/s (novembre 1991) à 29,20 m³/s (janvier 1995). Il est en moyenne de 9,88 m³/s (médiane à 8,03 m³/s). Pour rappel, le module est de 1,754 m³/s sur les années hydrologiques considérées et le Q2 est de 17,00 m³/s.



Analyse du VCX7 sur le Jaudy, sur la période 1982-1983 à 2018-2019

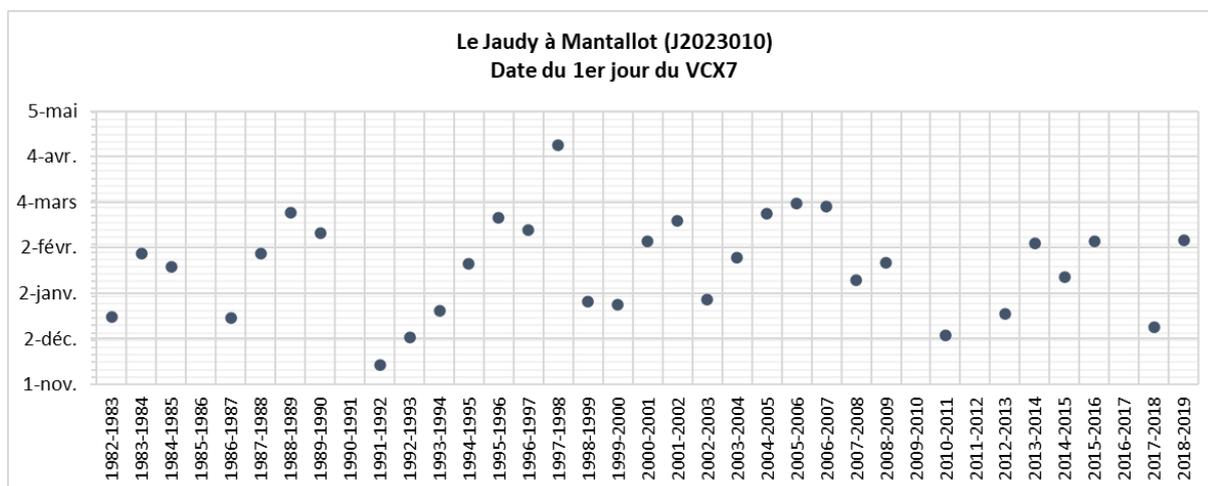
Les moyennes mobiles par décennie des VCX7 sont illustrées sur le graphique ci-dessous : elles varient entre 7 m³/s et 13 m³/s environ. On ne constate pas de tendance particulière sur la période étudiée.



Moyennes mobiles par décennie du VCX7 sur le Jaudy, sur la période 1982-1983 à 2018-2019

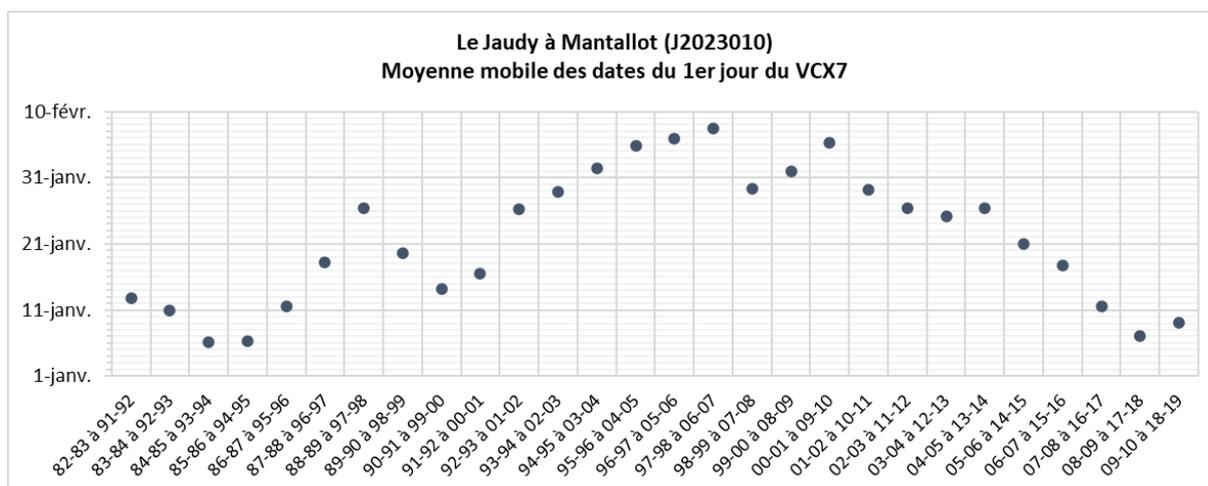
¹⁵ Pas de valeur de VCX7 dans la banque Hydro pour les années hydrologiques 1985-1986, 1990-1991, 2009-2010, 2011-2012 et 2016-2017 sur le Jaudy

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution du calendrier des VCX7 sur la période étudiée. Cette date varie beaucoup d'une année à l'autre, du 14 novembre au 14 avril.



Calendrier de survenue du VCX7 sur le Jaudy, sur la période 1982-1983 à 2018-2019

Les moyennes mobiles par décennie des dates de début du VCX7 sont représentées sur le graphique ci-dessous. On constate strictement la même évolution que celle observée avec les moyennes mobiles des dates de début du VCX30, c'est-à-dire une date moyenne qui se décale vers le mois de février jusqu'au milieu des années 2000, puis qui intervient de moins en moins tard, pour revenir à des dates similaires à celles du début de la période.



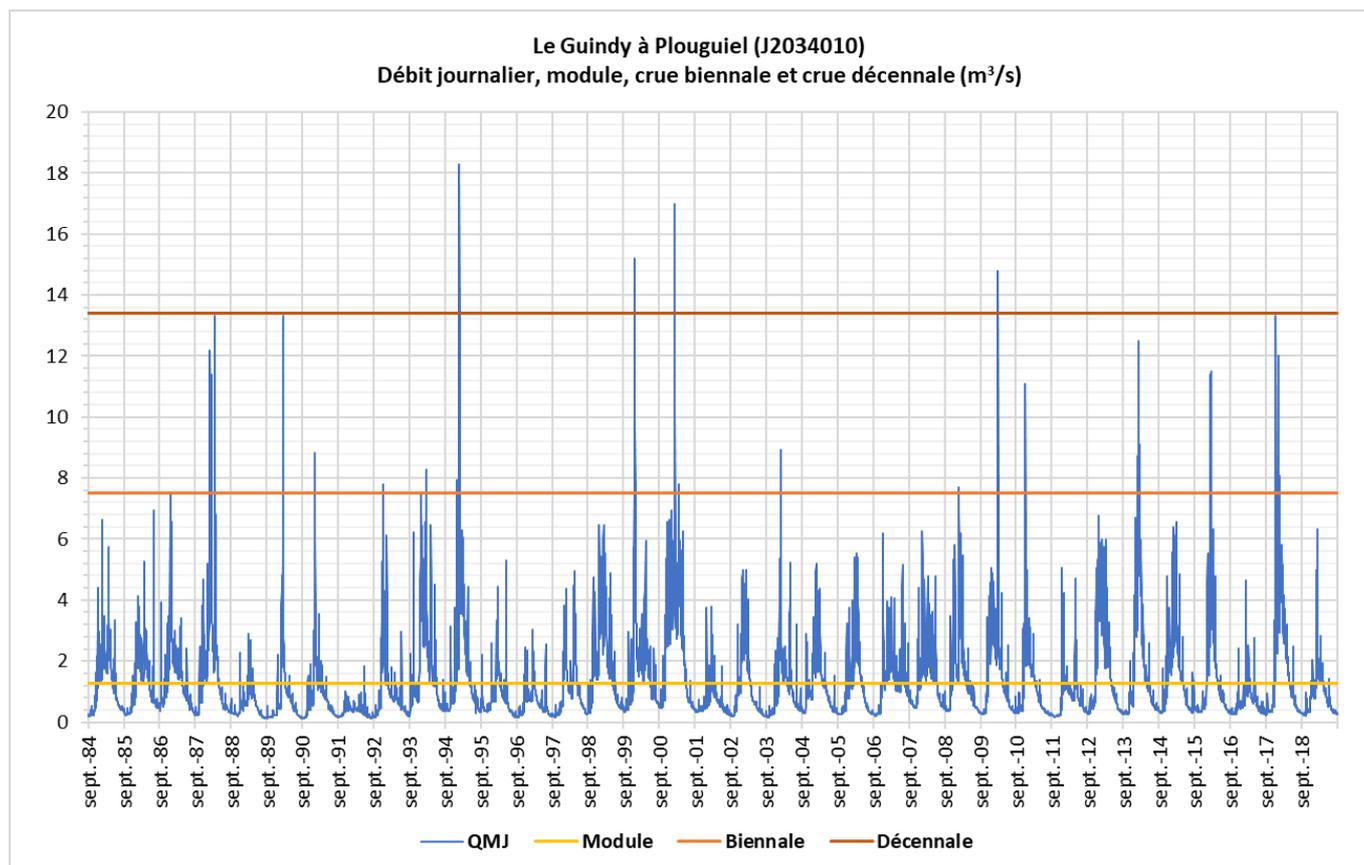
Evolution du calendrier de survenue des VCX7 via les moyennes mobiles par décennie, sur le Jaudy, sur la période 1982-1983 à 2018-2019

2.4/ LE GUINDY

2.4.1/ Approche globale des écoulements en période de hautes eaux

La plus longue période d'années hydrologiques complètes sur le Guindy s'étale du 01/09/1984 au 31/08/2019, soit 35 années de données continues.

Le graphique ci-dessous illustre le débit journalier sur cette période, et situe les valeurs caractéristiques : module, Q2 et Q10.



Contextualisation hydrologique pluriannuelle des écoulements du Guindy du 01/09/1984 au 31/08/2019

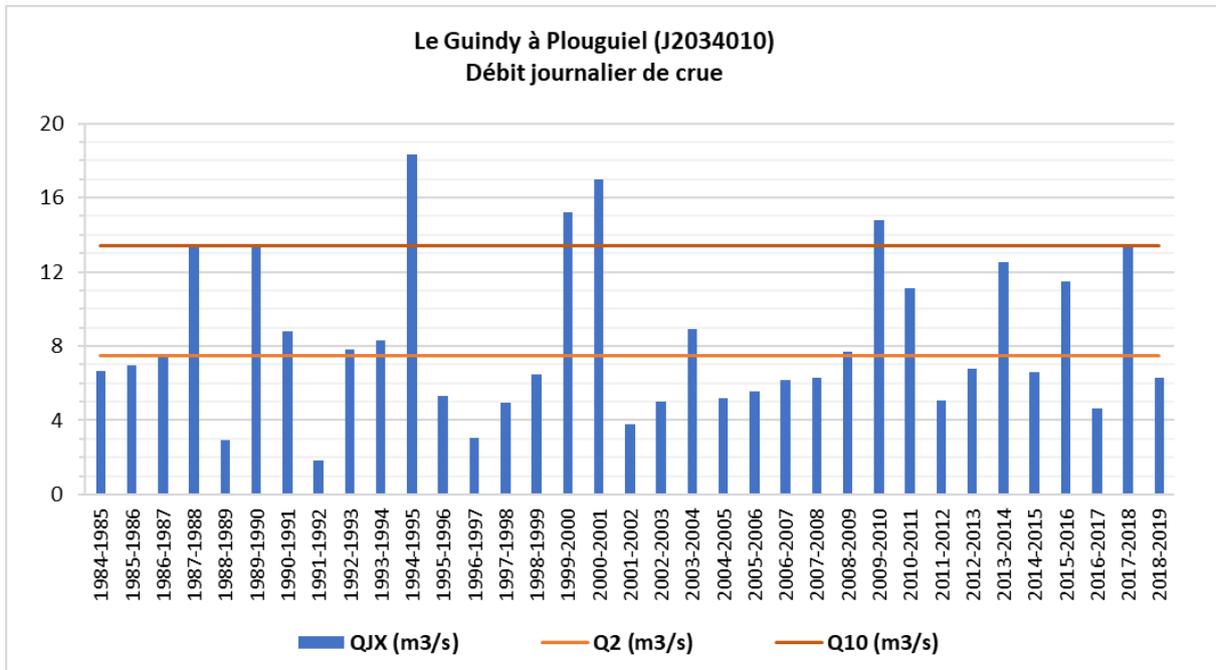
Le débit de crue Q2 s'élève à 7,51 m³/s, tandis que le débit de crue Q10 s'élève à 13,40 m³/s sur la période étudiée. Ils ont été déterminés via la Banque Hydro à partir des débits journaliers.

Le module calculé sur la période du 01/09/1984 au 31/08/2019 vaut 1,282 m³/s. Il est également calculé à partir des débits journaliers.

Le 1/5^{ème} du module vaut 0,2564 m³/s.

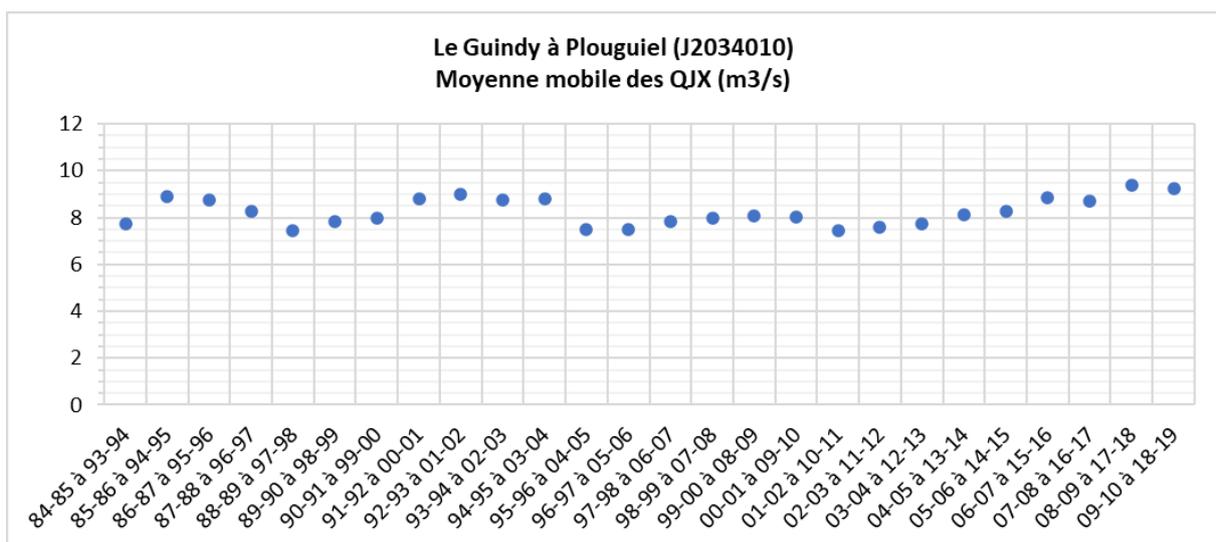
2.4.2/ Débit de pointe

Le graphique suivant illustre le débit journalier maximal. Il est en moyenne de 8,25 m³/s (médiane à 6,78 m³/s). Il varie entre 1,85 m³/s (mai 1992), et 18,30 m³/s (janvier 1995, proche du niveau de la crue cinquantennale).



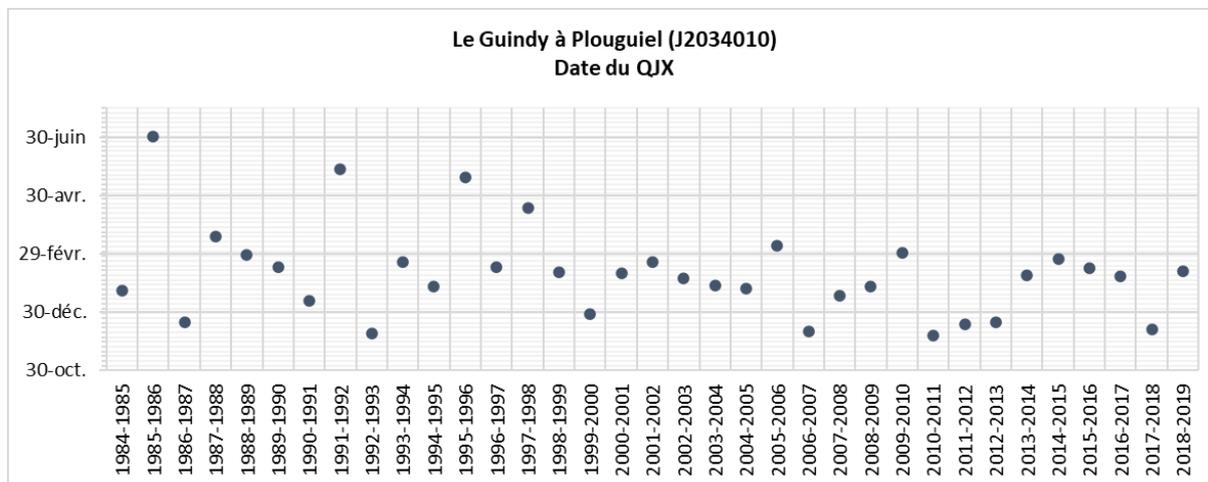
Analyse du débit journalier de crue par année hydrologique sur le Guindy, sur la période 1984-1985 à 2018-2019

Les moyennes mobiles du débit journalier maximal calculées par décennie (graphique ci-dessous) montrent une absence d'évolution au cours du temps. Ces moyennes restent très proches des 8 à 9 m³/s et on ne constate pas d'évolution à la hausse ou à la baisse au cours du temps.



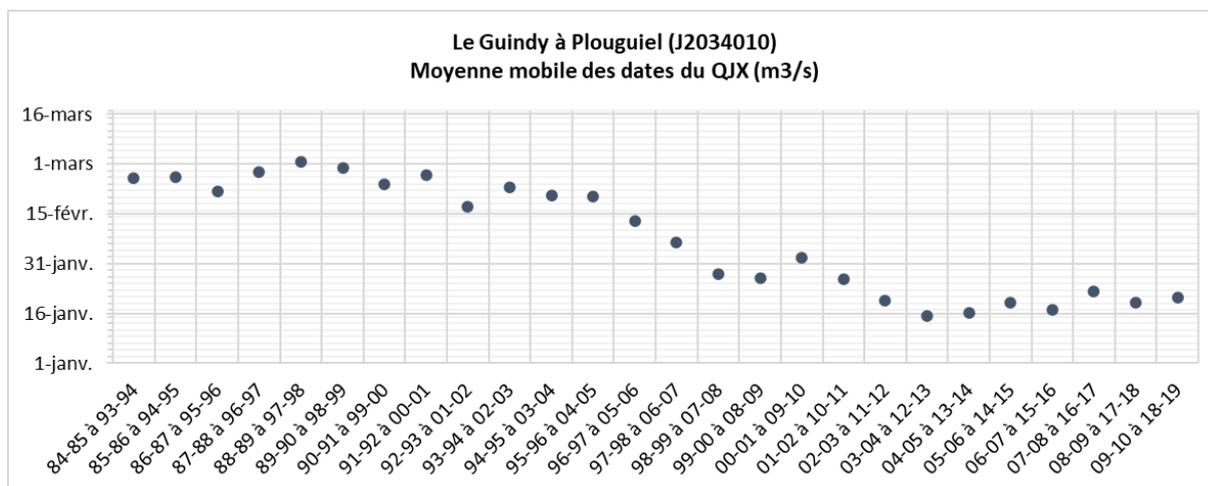
Moyennes mobiles par décennie des débits journaliers de crue sur le Guindy, sur la période 1984-1985 à 2018-2019

Le graphique suivant illustre le calendrier du débit journalier maximal sur la période étudiée. La date de ce débit maximal est très variable, notamment en début de période. Sur l'année hydrologique, elle survient entre le 6 décembre (en 2010) et le 1^{er} juillet (en 1986). Elle se situe en moyenne au 09 février. A partir des années 2000, on constate un resserrement de ce calendrier, avec des débits journaliers maximaux qui n'interviennent plus après fin février.



Calendrier du débit journalier de crue sur le Guindy, sur la période de 1984-1985 à 2018-2019

Le graphique ci-dessous illustre la tendance d'évolution de ce calendrier, avec les moyennes mobiles des dates de débit journalier maximal calculées par décennie glissante. On constate une nette tendance d'évolution avec en moyenne des dates de survenue du débit journalier maximal de plus en plus précoces dans l'année : de la deuxième quinzaine de février en début de période, les moyennes se décalent vers la deuxième quinzaine de janvier en fin de période.



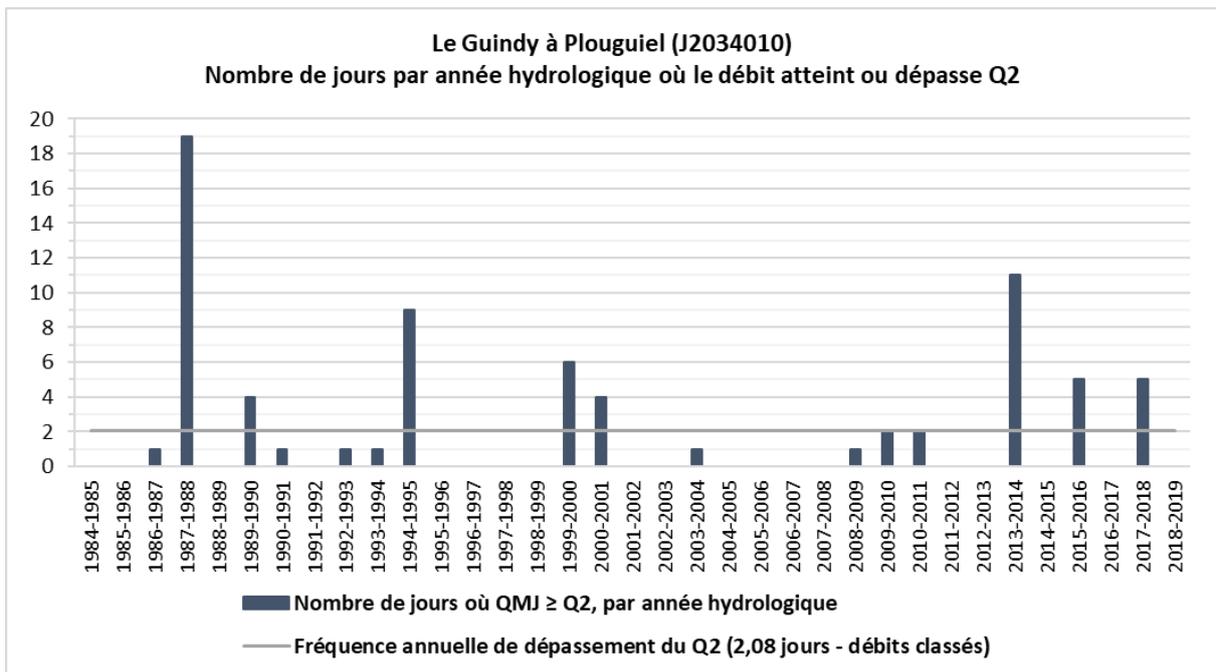
Moyennes mobiles par décennie des dates du débit journalier de crue sur le Guindy, sur la période de 1984-1985 à 2018-2019

2.4.3/ Débit de crue biennale

Le graphique suivant illustre le nombre de jours où le débit journalier atteint ou dépasse le débit de crue Q2, par année hydrologique. Cela permet d'illustrer au cours du temps, la durée des périodes de crues fréquentes, peu intenses, et potentiellement morphogènes.

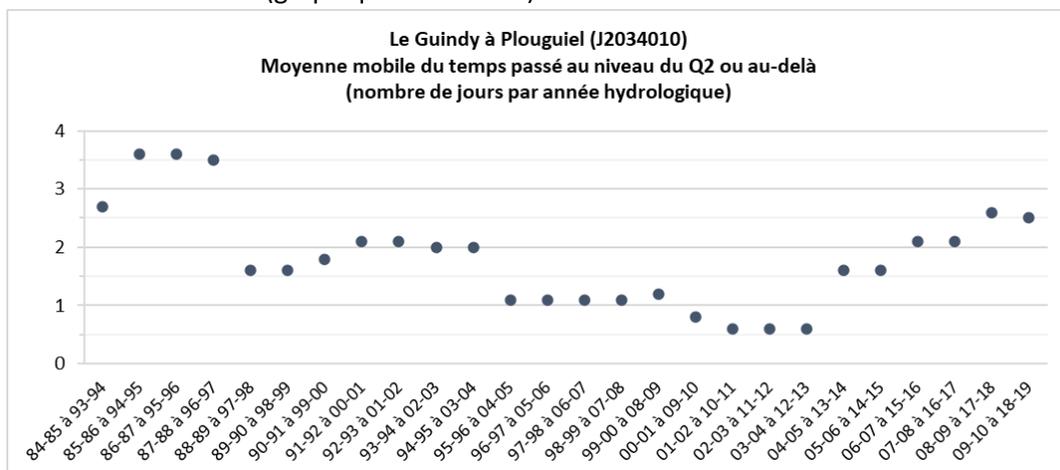
La droite grise sur le graphique représente le nombre moyen de jours où le débit Q2 est égalé ou dépassé, sur l'ensemble de la chronique étudiée : 2,08 jours. Cette donnée est obtenue grâce à la courbe des débits classés.

On identifie ainsi des épisodes de crue biennale importants en 1989-1990, 1999-2000, 2000-2001, 2015-2016, 2017-2018 et surtout 1987-1988, 1994-1995 et 2013-2014. On constate que ce niveau de crue Q2 est atteint près de la moitié des années sur la période étudiée (16 années sur 35).



Analyse du débit de crue Q2 sur le Guindy, sur la période 1984-1985 à 2018-2019

L'analyse des moyennes mobiles du temps passé au niveau ou au-delà du Q2 ne montre pas de tendance nette d'évolution (graphique ci-dessous).

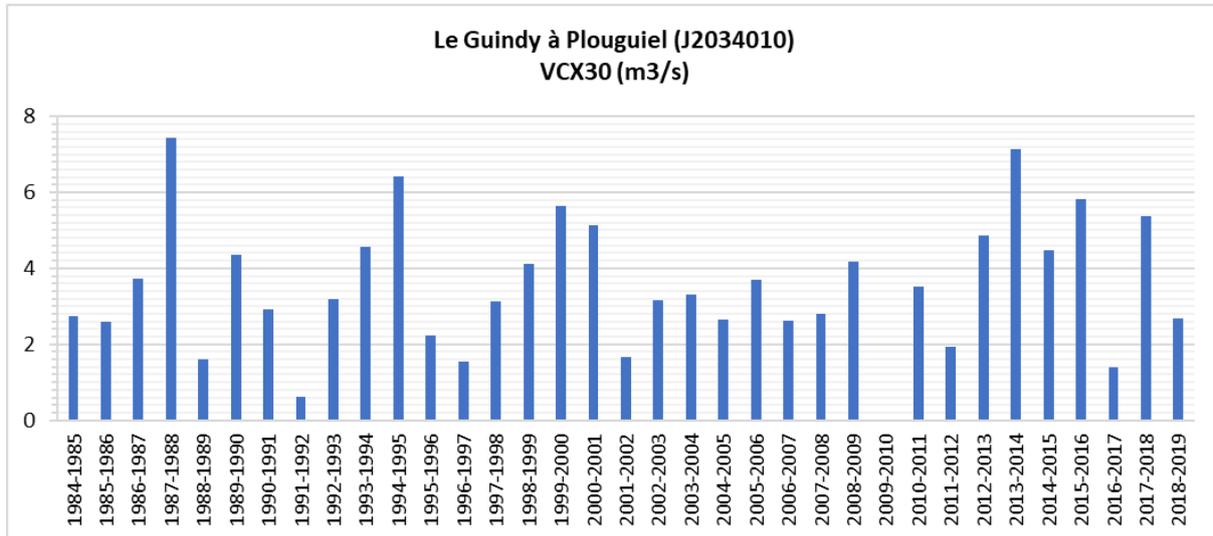


Moyenne mobile par décennie du nombre de jours où le débit atteint ou dépasse Q2 sur le Guindy, sur la période 1984-1985 à 2018-2019

2.4.4/ VCX30 : Débits journaliers maximaux sur 30 jours consécutifs

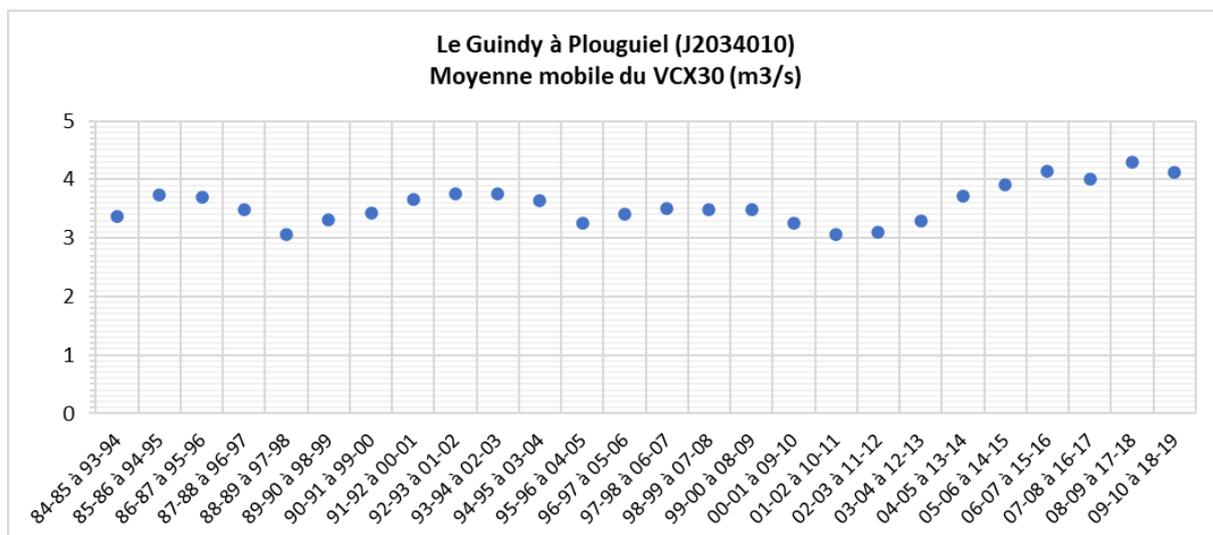
Le graphique ci-dessous illustre les niveaux des VCX30 sur la période étudiée¹⁶. Le VCX30 correspond à la moyenne des débits journaliers maximaux sur 30 jours consécutifs.

Le VCX30 varie de 0,60 m³/s (octobre-novembre 2017) à 7,44 m³/s (janvier – février 1988). Il est en moyenne de 3,62 m³/s (médiane à 3,24 m³/s).



Analyse du VCX30 sur le Guindy, sur la période 1984-1985 à 2018-2019

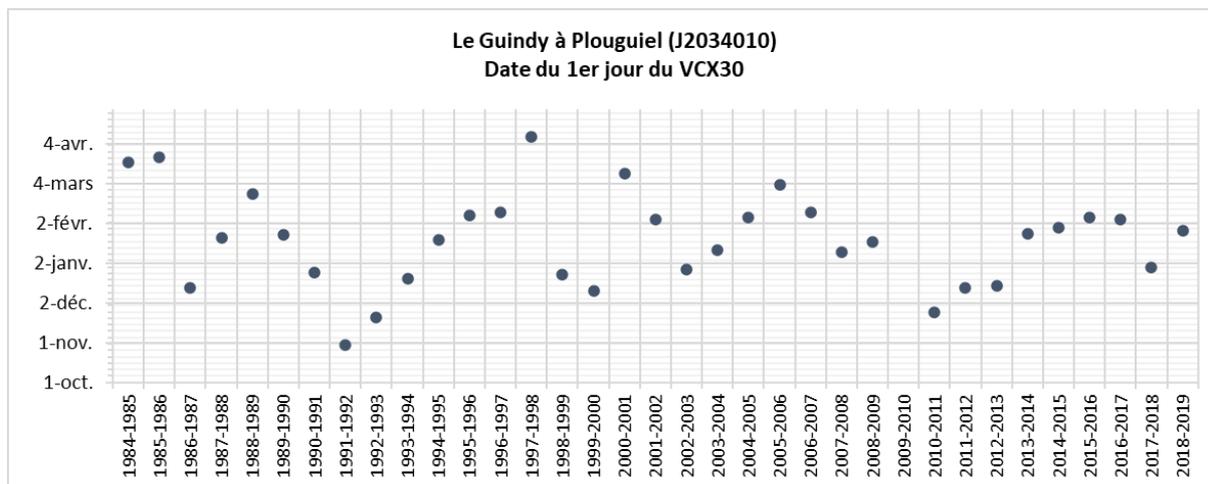
Le graphique ci-dessous illustre les moyennes mobiles du VCX30 calculées par décennie : il montre une légère tendance à la hausse sur la fin de la période étudiée, à partir de la fin des années 2000. Les moyennes se situent autour de 3,50 m³/s en début de période, et autour de 4 m³/s en fin de période.



Moyenne mobile par décennie des VCX30 sur le Guindy, sur la période 1984-1985 à 2018-2019

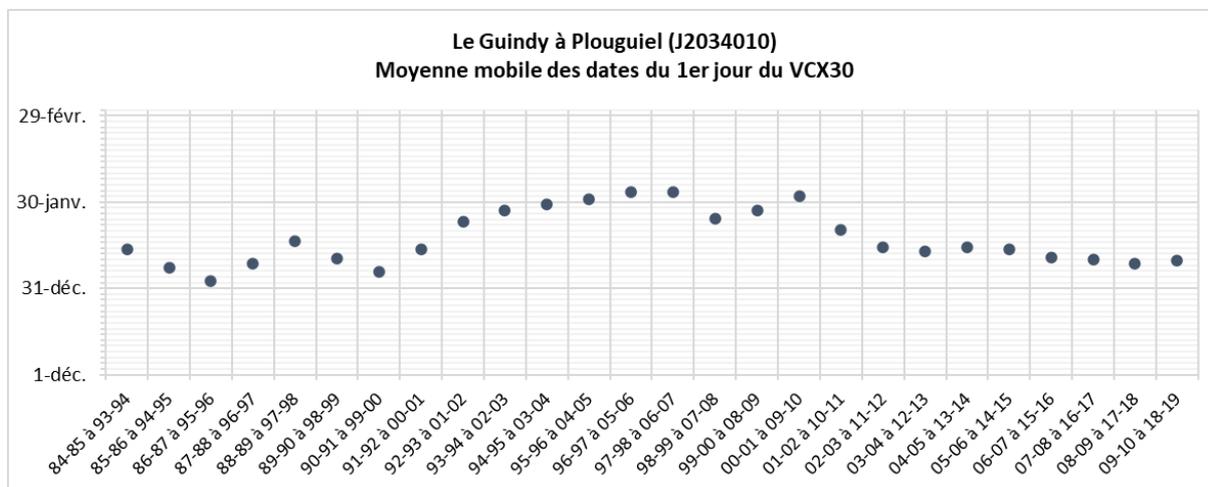
¹⁶ Pas de valeur de VCX30 dans la banque Hydro pour l'année hydrologique 2009-2010 sur le Guindy

Le graphique suivant illustre l'évolution au cours du temps de la date de début du VCX30. Cette date est très variable sur la période étudiée, entre le 30 octobre et le 10 avril.



Calendrier de survenue du VCX30 sur le Guindy, sur la période 1984-1985 à 2018-2019

Les moyennes mobiles par décennie des dates de survenue du VCX30 sont représentées sur le graphique ci-dessous pour la période étudiée. En début de période, ces moyennes se situent dans la première quinzaine de janvier, elles évoluent ensuite vers la fin janvier, puis à reviennent à des dates similaires à celles du début de la période. Il n'y a donc pas de tendance au décalage dans le temps du VCX30.

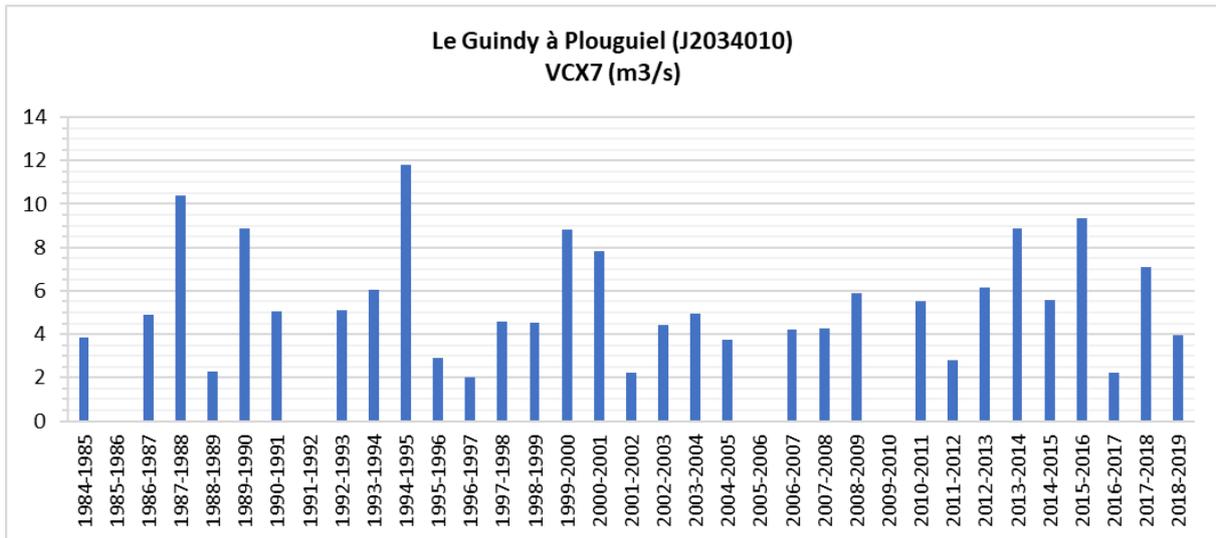


Evolution du calendrier de survenue des VCX30 via les moyennes mobiles par décennie, sur le Guindy, sur la période 1984-1985 à 2018-2019

L'analyse du VCX30 portant sur une période relativement longue, on étudie ci-dessous le VCX7 afin de mieux identifier les événements plus extrêmes.

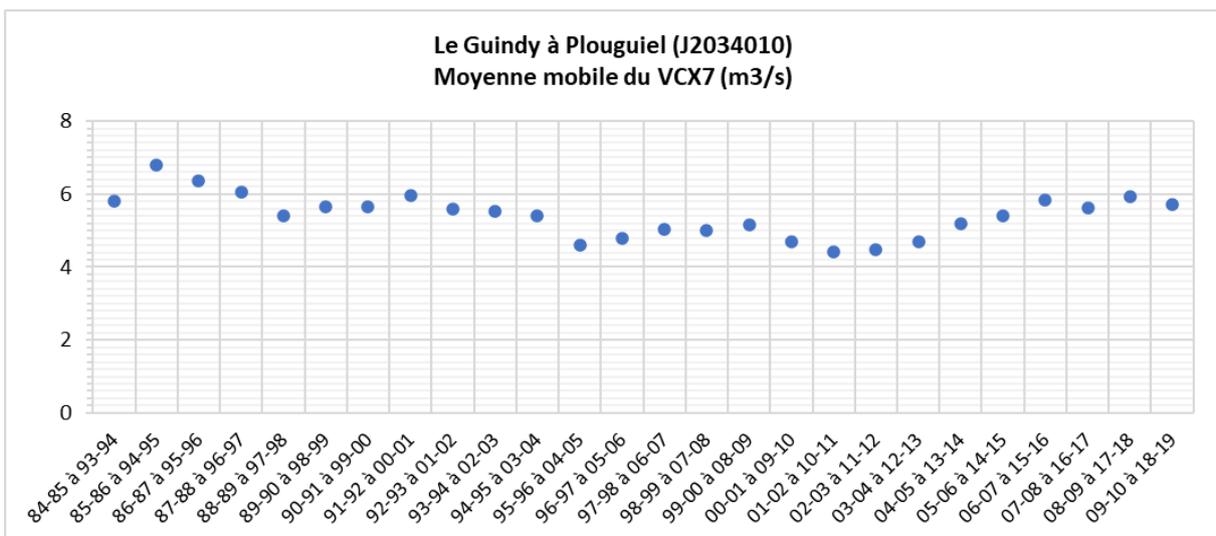
2.4.5/ VCX7 : Débits journaliers maximaux sur 7 jours consécutifs

Le VCX7 a été calculé sur la période étudiée¹⁷ : c'est la moyenne des débits journaliers maximaux sur 7 jours consécutifs. Son évolution est représentée sur le graphique ci-dessous. Le VCX7 varie de 2,01 m³/s (février 1997) à 11,80 m³/s (janvier 1995). Il est en moyenne de 5,49 m³/s (médiane à 4,95 m³/s). Pour rappel, le module est de 1,282 m³/s sur les années hydrologiques considérées et le Q2 est de 7,51 m³/s.



Analyse du VCX7 sur le Guindy, sur la période 1984-1985 à 2018-2019

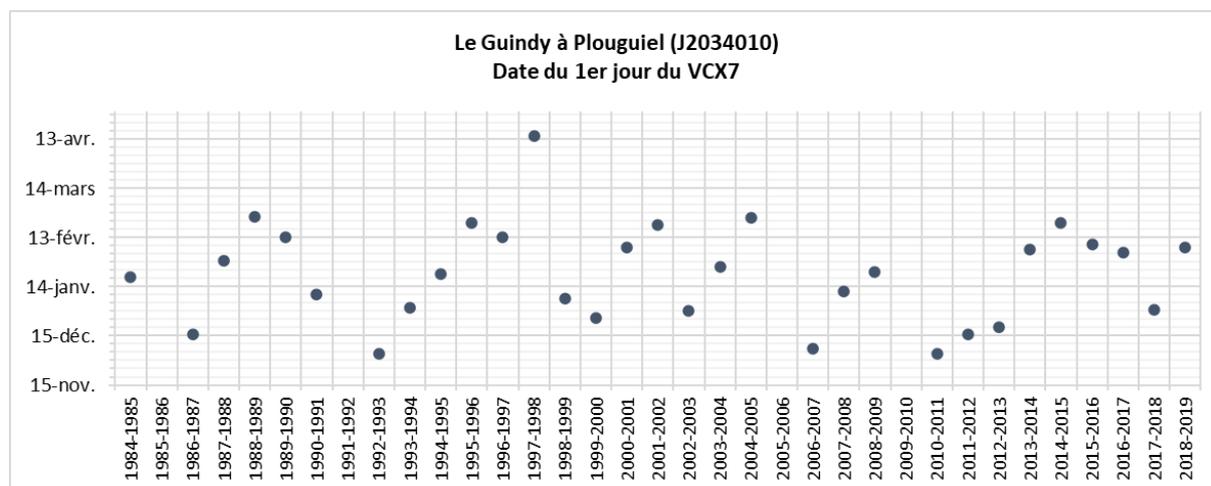
Les moyennes mobiles par décennie des VCX7 sont illustrées sur le graphique ci-dessous : elles montrent une légère tendance à la baisse jusqu'au début des années 2000 puis une légère augmentation. Ces moyennes se situent à un niveau équivalent en début et en fin de période, proche de 6 m³/s.



Moyennes mobiles par décennie du VCX7 sur le Guindy, sur la période 1984-1985 à 2018-2019

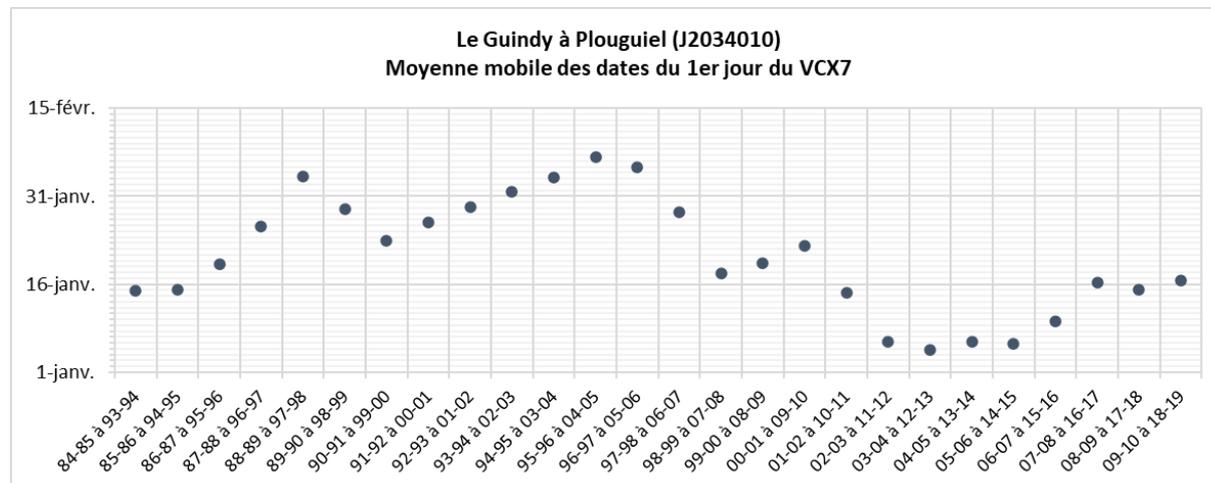
¹⁷ Pas de valeur de VCX7 dans la banque Hydro pour les années hydrologiques 1985-1986, 1991-1992, 2005-2006, 2009-2010 sur le Guindy

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution au cours du temps de la date du 1^{er} jour du VCX7 sur la période étudiée. Cette date est très variable, entre le 04 décembre et le 15 avril selon les années



Calendrier de survenue du VCX7 sur le Guindy, sur la période 1984-1985 à 2018-2019

Les moyennes mobiles par décennie des dates de début du VCX7 sont représentées sur le graphique ci-dessous. En début et en fin de période, le début du VCX7 se situe autour du 16 janvier. Mais au cours de la période, les moyennes se décalent d'abord vers début février, puis à partir des années 2000, vers début janvier. On ne peut pas conclure cependant à une tendance nette d'évolution.



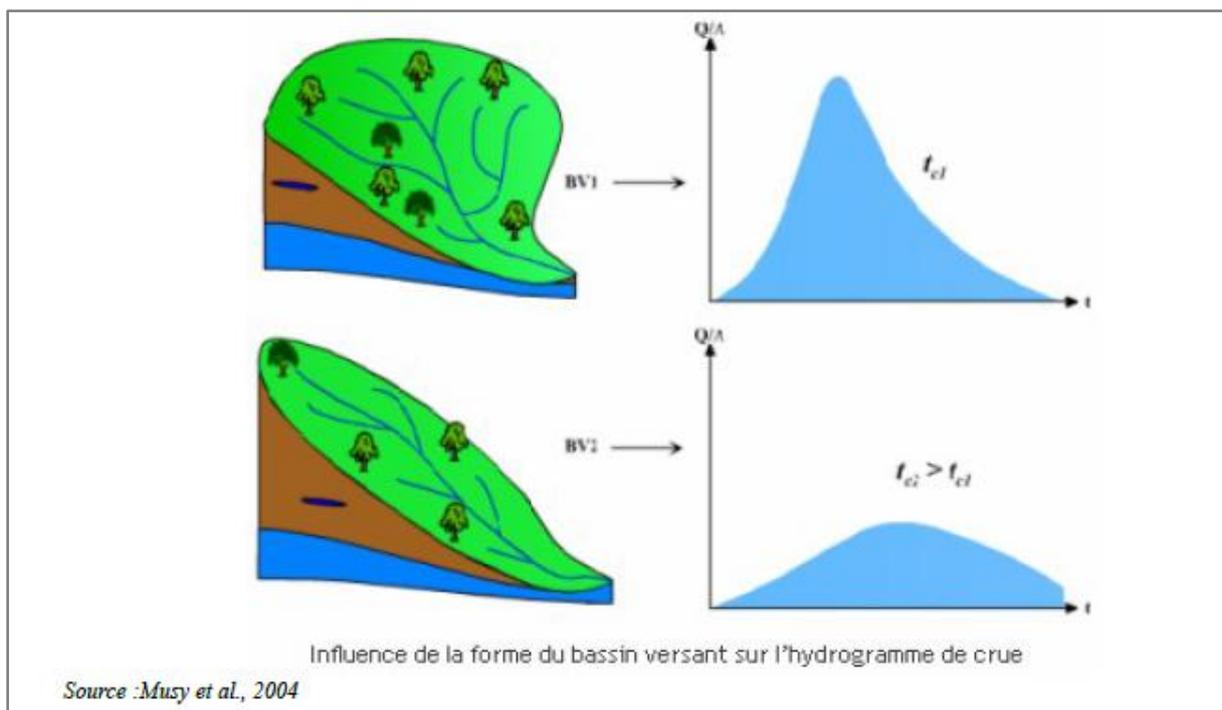
Evolution du calendrier de survenue des VCX7 via les moyennes mobiles par décennie, sur le Guindy, sur la période 1984-1985 à 2018-2019

3/ Quelques caractéristiques des bassins versants étudiés vis-à-vis de leur réponse à la pluie

3.1/ FORME DU BASSIN VERSANT

La réponse d'un bassin versant à un épisode de pluie dépend, hormis les caractéristiques de la pluie elle-même (durée, intensité), du temps de concentration des eaux sur le bassin.

Ce temps de concentration est lié notamment à la forme du bassin : celle-ci influence l'allure de l'hydrogramme à l'exutoire du bassin versant. Une forme allongée favorise les faibles débits de pointe de crue, du fait de temps d'acheminement de l'eau jusqu'à l'exutoire plus importants. Au contraire, pour une même pluie, une forme « en éventail » favorise de plus forts débits de pointe, comme illustré sur la figure ci-dessous.



On peut appréhender la forme du bassin versant via le coefficient de compacité de Gravelius (K_G), calculé par la formule suivante :

$$K_G = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi} \cdot A} \approx 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

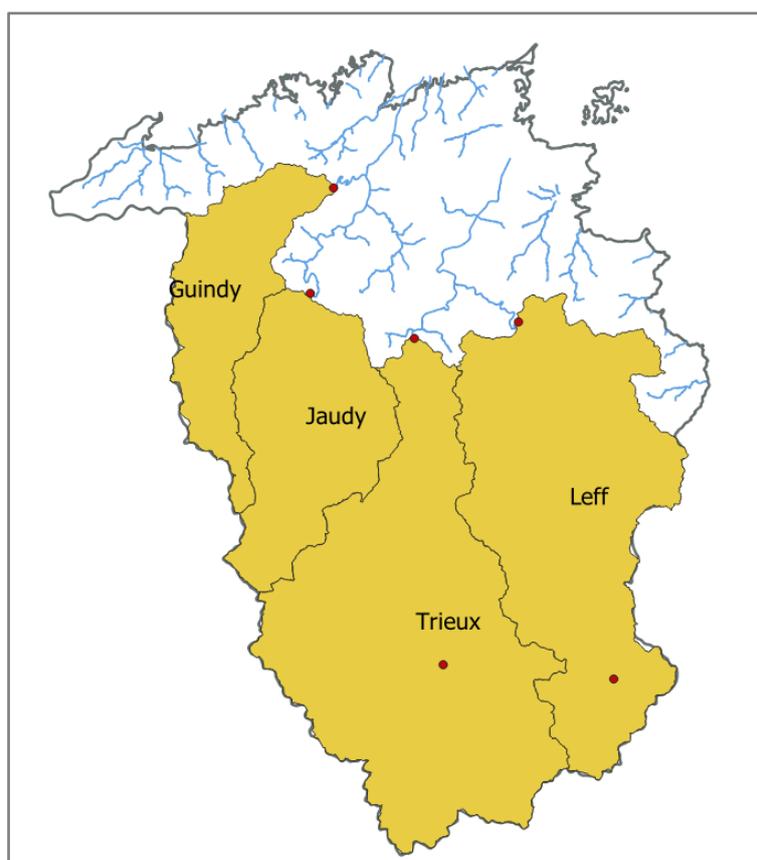
A étant l'aire du bassin versant et P son périmètre.

Le coefficient est proche de 1 lorsque le bassin versant est de forme circulaire (« en éventail ») et supérieur à 1 lorsqu'il est de forme allongée.

Le tableau ci-dessous indique le coefficient de compacité pour les 4 bassins versants étudiés (bassins versants avec l'exutoire positionné au niveau de la station de jaugeage), calculé à partir d'un MNT au pas de 5 mètres (contour des BV simplifié).

bassin versant	périmètre (km)	aire (km ²)	coefficient de compacité de Gravelius
Le Leff jusqu'à la station de Quemper-Guézenec	136,41	340,68	2,08
Le Trieux jusqu'à la station de Saint-Clet	144,06	414,89	2,00
Le Guindy jusqu'à la station de Plouguiel	85,17	122,23	2,17
Le Jaudy jusqu'à la station de Mantallot	76,00	164,77	1,67

Indice de compacité calculé pour les bassins versants des 4 cours d'eau jaugés du territoire



Limites des bassins versants jusqu'à la station de jaugeage (points rouges) aval

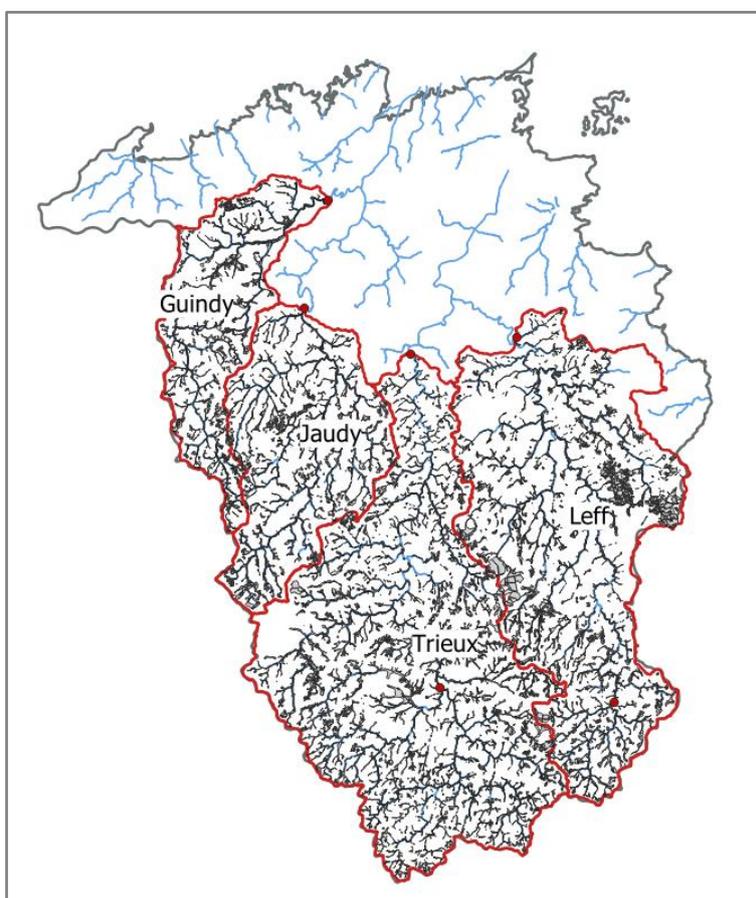
Le Jaudy présente le coefficient de compacité le plus proche de 1. Il présente en effet une forme plus arrondie quand on considère son exutoire à la station de Mantallot. A l'inverse le Guindy présente le coefficient de compacité le plus élevé, on constate sur la carte ci-dessus sa forme nettement plus allongée par rapport aux autres bassins.

3.2/ IMPORTANCE DES ZONES HUMIDES

La présence et la localisation des zones humides sur le bassin versant peuvent jouer un rôle dans le temps de concentration, qui peut être variable selon leur saturation en eau. Ici, la part des zones humides est assez similaire sur chaque bassin versant, autour de 12% de la surface, comme le montre le tableau ci-dessous.

bassin versant	surface totale (km ²)	surface des zones humides inventoriées (km ²)	part des zones humides
Le Leff jusqu'à la station de Quemper-Guézennec	122,23	14,85	12,15%
Le Trieux jusqu'à la station de Saint-Clet	164,77	18,89	11,46%
Le Guindy jusqu'à la station de Plouguiel	340,68	43,55	12,78%
Le Jaudy jusqu'à la station de Mantallot	414,89	50,06	12,07%

Part des zones humides inventoriées sur chaque bassin versant étudié



Inventaire des zones humides sur les bassins versants étudiés

3.3/ SURFACES IMPERMEABILISEES

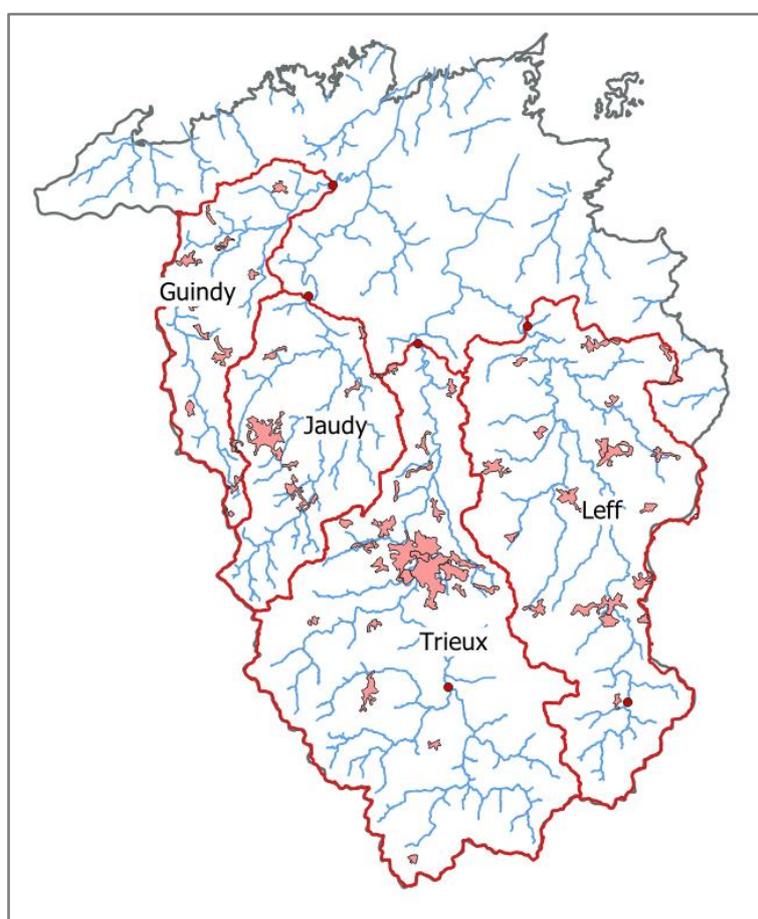
Les surfaces imperméabilisées perturbent les écoulements et l'infiltration des précipitations sur le bassin versant. En proportion importante, elles peuvent intensifier les épisodes de crue.

Les données utilisées pour approcher les surfaces artificialisées sont issues de la base de données Corine Land Cover, inventaire 2012. 6 classes d'occupation du sol sont retenues comme surfaces artificialisées ; sur le secteur d'étude, 3 classes sont présentes : « tissu urbain continu », « tissu urbain discontinu » et « zones industrielles ou commerciales et installations publiques ». L'échelle de ces données est cependant grossière (maille de 25 ha).

Le tableau ci-dessous montre que la part des surfaces artificialisées est similaire sur les 4 bassins versants étudiés.

bassin versant	aire (km ²)	total surfaces artificialisées (km ²)	part des surfaces artificialisées
Le Leff jusqu'à la station de Quemper-Guézenec	340,68	16,67	4,89%
Le Trieux jusqu'à la station de Saint-Clet	414,89	20,12	4,85%
Le Guindy jusqu'à la station de Plouguiel	122,23	5,93	4,85%
Le Jaudy jusqu'à la station de Mantallot	164,77	7,62	4,62%

*Part des surfaces artificialisées sur chaque bassin versant étudié
(source : Corine Land Cover 2012, MTEs, échelle 1/100000)*



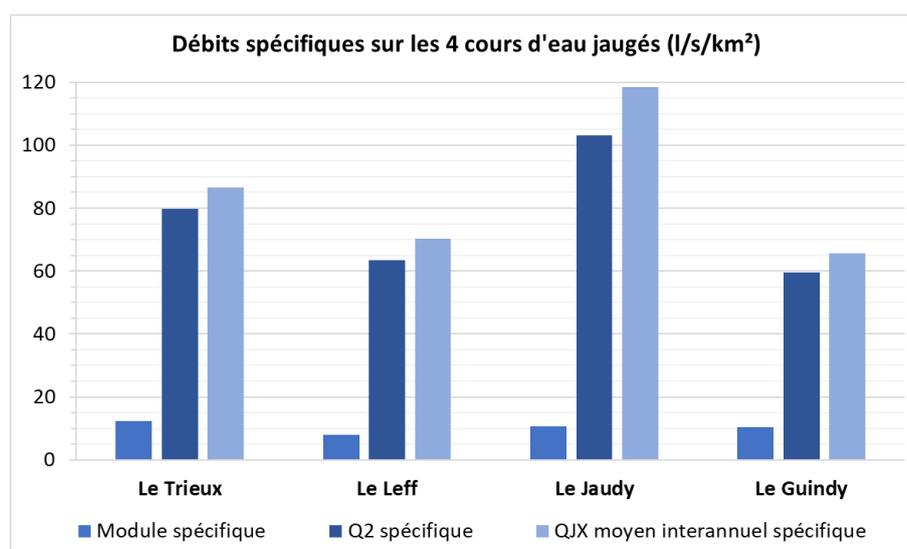
Surfaces artificialisées (en rose) sur les bassins versants étudiés

4/ Conclusion : comparaison des variables de crue sur les quatre bassins versants jaugés

En guise de conclusion, il paraît important de comparer l'analyse des chroniques et les variables de crues des 4 cours d'eau jaugés du territoire du SAGE, en présentant les grandes tendances, similarités et les particularités de certains cours d'eau. Cette comparaison portera sur la **période 1990-2019 (années hydrologiques)**, période commune aux 4 cours d'eau jaugés et pour laquelle ils disposent tous de chroniques continues.

du 01/09/1990 au 31/08/2019 Débits en m ³ /s et débits spécifiques en l/s/km ²	Le Trieux à Saint-Clet (J1721720)	Le Leff à Quemper-Guézennec (J1813010)	Le Jaudy à Mantallot (J2023010)	Le Guindy à Plouguiel (J2034010)
<i>Surface du BV (km²)</i>	416	339	164	125
Module interannuel	5,166	2,667	1,736	1,298
Module spécifique	12,418	7,867	10,585	10,384
Q2	33,20	21,50	16,90	7,44
Q2 spécifique	79,81	63,42	103,05	59,52
Q2 / Module	6,43	8,06	9,74	5,73
QJX moyen interannuel	36,03	23,84	19,43	8,21
QJX moyen interannuel / Module	6,97	8,94	11,19	6,33
VCX30 de fréquence biennale	14,90	7,96	5,38	3,39

Tableau de synthèse des principales variables et des rapports de débits pour les 4 cours d'eau jaugés, sur la période septembre 1990 – août 2019



Représentation graphique de quelques grandeurs caractéristiques, exprimées par rapport à la surface du bassin versant, pour les 4 cours d'eau jaugés

VCX30 et débits de pointe :

L'étude des débits maximaux moyens sur 30 jours (VCX30) montre une **stabilité des débits de crue** sur la période 1990-2019 pour l'ensemble des cours d'eau, **sauf le Trieux** qui se démarque avec une légère tendance à la baisse de ces débits (moyennes mobiles). En revanche, **les niveaux des débits de pointe sont relativement stables sur les 4 cours d'eau** (moyennes mobiles des QJX), même si les variations interannuelles des débits de pointe peuvent être importantes.

Calendrier des crues :

En termes de calendrier, la tendance d'évolution de la date des débits de pointe est **similaire pour le Guindy, le Jaudy et le Leff**, avec une **tendance à la précocité de la survenue du débit de pointe**

(décalage d'environ 15 jours sur le Leff à 1 mois sur le Jaudy et le Guindy entre 1990 et 2019, en moyenne mobile). Là encore, **le Trieux se démarque** puisqu'on constate plutôt un léger retard du débit de pointe en fin de période. On observe a contrario une **tendance au retard du 1^{er} jour du VCX30 sur le début de la période considérée, puis dans une deuxième temps une tendance à une plus grande précocité plus ou moins marquée sur le Leff, le Jaudy et le Guindy, et une stabilité sur le Trieux**. Les calendriers des débits de crue moyens sur 7 jours suivent la même tendance générale que pour les VCX30, avec des variations plus importantes sur le Guindy.

Module, débit de pointe et crue biennale :

Comme vu dans l'analyse des périodes d'étiage, le **module spécifique sur le Leff est plus faible** que sur les 3 autres cours d'eau. Le Trieux présente le module spécifique le plus élevé. Le Jaudy et le Guindy présentent des valeurs proches.

Le Jaudy présente le débit de pointe moyen spécifique le plus élevé, alors que le Guindy présente la valeur la plus faible. C'est la **même chose pour les valeurs de la crue biennale**.

Rapports de débit :

Les rapports de débit (Q2/Module et QJX/Module notamment) permettent d'illustrer la « réponse » du cours d'eau en période de crue. Ainsi, **le Jaudy présente les rapports de débits les plus élevés** ce qui signifie que l'amplitude des débits est importante avec des maxima très élevés. Au contraire le Guindy présente les rapports de débits les plus faibles : les variations de débits en période de crue, par rapport au module, sont moins marquées. Le comportement du Leff se rapproche davantage de celui du Jaudy, tandis que le comportement du Trieux se rapproche davantage de celui du Guindy.

Les rapports de débit calculés avec les valeurs de crue les plus élevées (VCX7, QJX) montrent les plus grandes différences entre cours d'eau. Quand on considère les débits de pointe, on voit clairement les différences d'amplitude, alors que quand on considère des débits de crue plus « moyennés » (ex : VCX30, donc des épisodes plus lissés), les différences d'amplitude sont moins marquées.

Pour autant, ce n'est pas parce que l'amplitude est importante entre le module et le débit de crue que les débits de crue sont plus souvent atteints, comme le montre l'analyse du Q2 et de son dépassement sur les 4 cours d'eau : **Q2 est plus fréquemment atteint ou dépassé sur le Trieux que sur les 3 autres cours d'eau, et il est dépassé sur une durée annuelle cumulée plus importante sur le Trieux et le Leff** (et le Guindy dans une moindre mesure).

Caractéristiques des bassins versants :

On peut mettre en relation les débits de points et les rapports de débits avec l'analyse faite plus haut de la forme des bassins versants, via le coefficient de compacité de Gravelius. On a vu que le bassin versant du Guindy présente une forme allongée, avec un coefficient de compacité plus élevé. Cette forme allongée favorise les plus faibles débits de pointe du fait d'un temps de concentration plus long. Au contraire pour le Jaudy, de forme plus arrondie, on observe les débits de pointe les plus importants comparés au module (Q2 / module ou QJX / module).

Concernant l'importance des zones humides, comme montré plus haut la part des zones humides sur les 4 bassins versants est sensiblement identique : la surface en zone humide ne constitue pas a priori un paramètre explicatif des différences de fonctionnement hydrologique sur nos cours d'eau.

De même, la part des surfaces artificialisées sur les 4 bassins versants est sensiblement identique, et ne semble pas constituer a priori un paramètre explicatif (données d'occupation du sol très grossières cependant).