



Formation Eau, Climat, Milieux aquatiques

Notions d'hydrologie

Hélène ANQUETIL – OFB Bretagne - service Appui aux acteurs et mobilisation des territoires
Clément ROGER – DREAL Bretagne – Chargé de mission Gestion quantitative de l'eau

9 juin 2023 à Vitré

16 juin 2023 à Quimperlé

23 juin 2023 à Lamballe

30 juin 2023 à Morlaix

DREAL Bretagne

Direction régionale de l'environnement,
de l'aménagement et du logement



Notions d'hydrologie

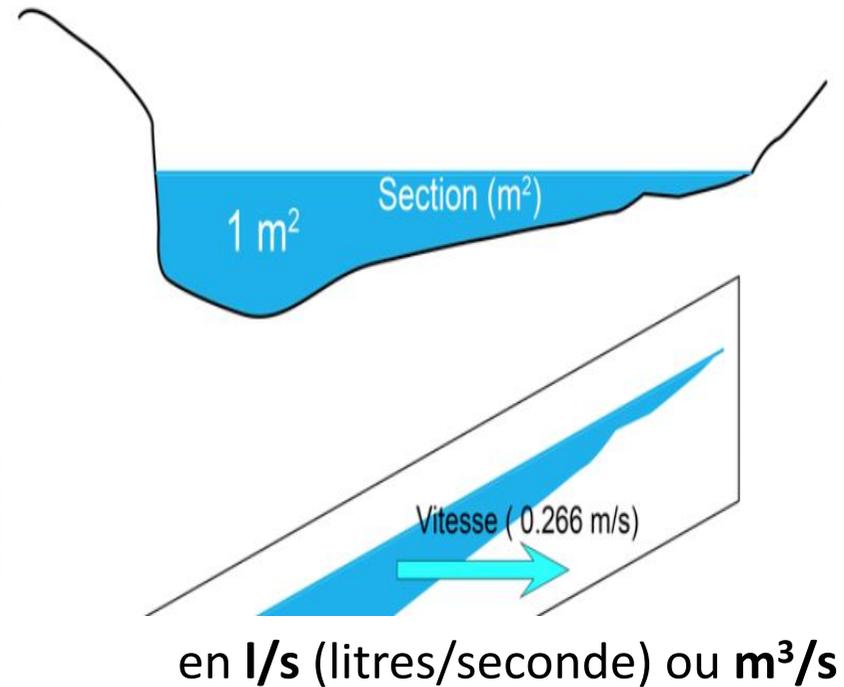
- Comment mesurer un débit ?
- Où trouver les données de débits ?
- Comment caractériser une station ?
- Comment étudier les assecs des cours d'eau ?

Les débits des cours d'eau

= volume d'eau traversant une section transversale à l'écoulement par unité de temps



D'après Fabrice Mourau et Bruno Arfib



La mesure du débit – le jaugeage



Exploration des vitesses



Méthodes par capacité



Dilution de traceur



Mesures sans contact (Radar, Image)

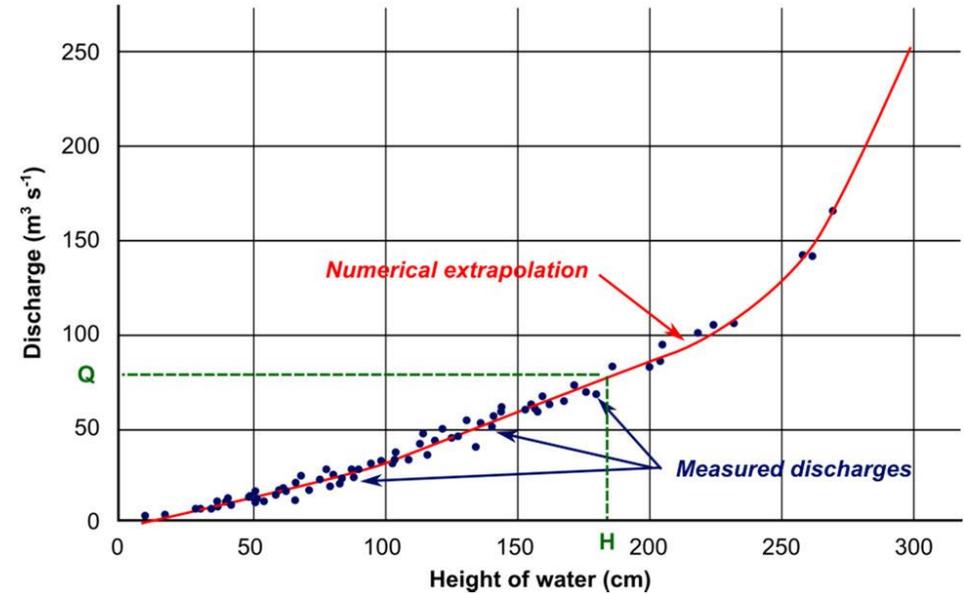


Méthodes hydrauliques

Les données de débits en continu

Relation entre débit et hauteur d'eau : la **courbe de tarage**

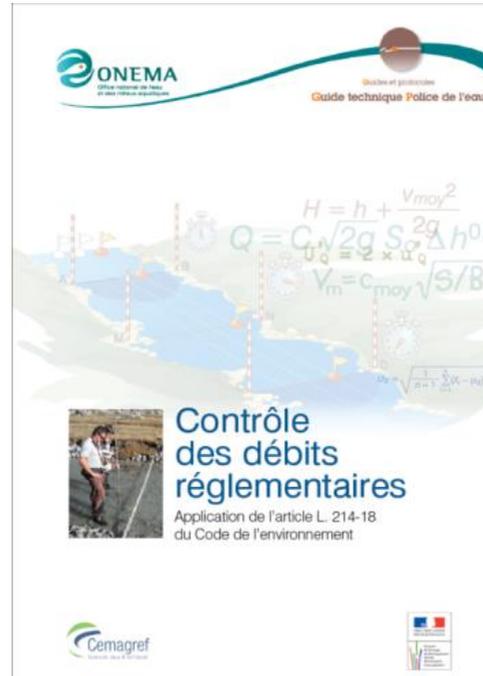
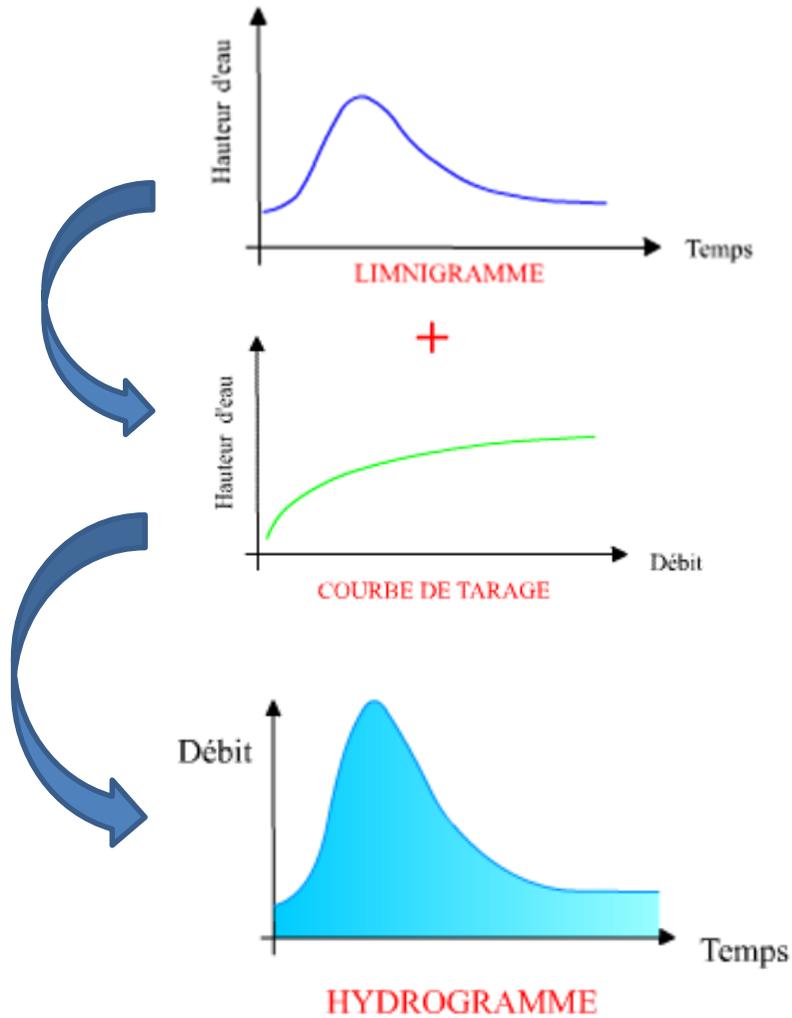
$$Q=f(h)$$



Aménagement de seuils/section pour l'utilisation des lois hydrauliques, limiter la perturbation des mesures de hauteur par la végétation

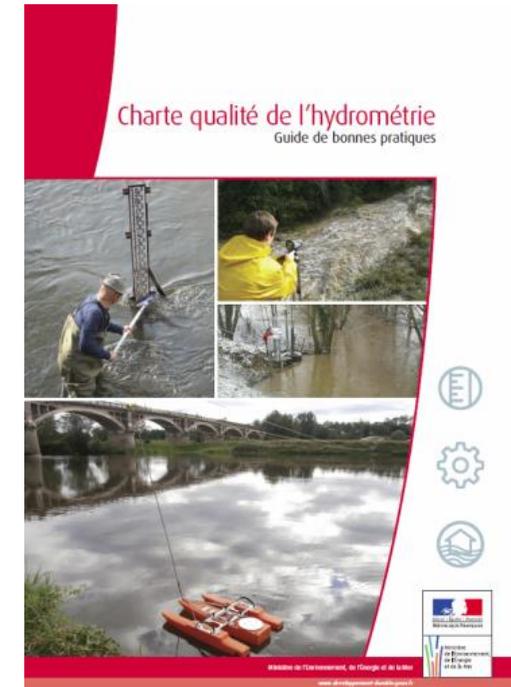


Les données de débits en continu



Des guides pratiques récapitulant l'ensemble des techniques et dans quels contextes les utiliser

<https://professionnels.afbiodiversite.fr/node/38>



Pour suivre le débit des rivières

Données : hauteurs d'eau

- brutes (ex. débits) et
- élaborées (ex. hydrogrammes, calculs de volumes d'écoulement, statistiques, etc)

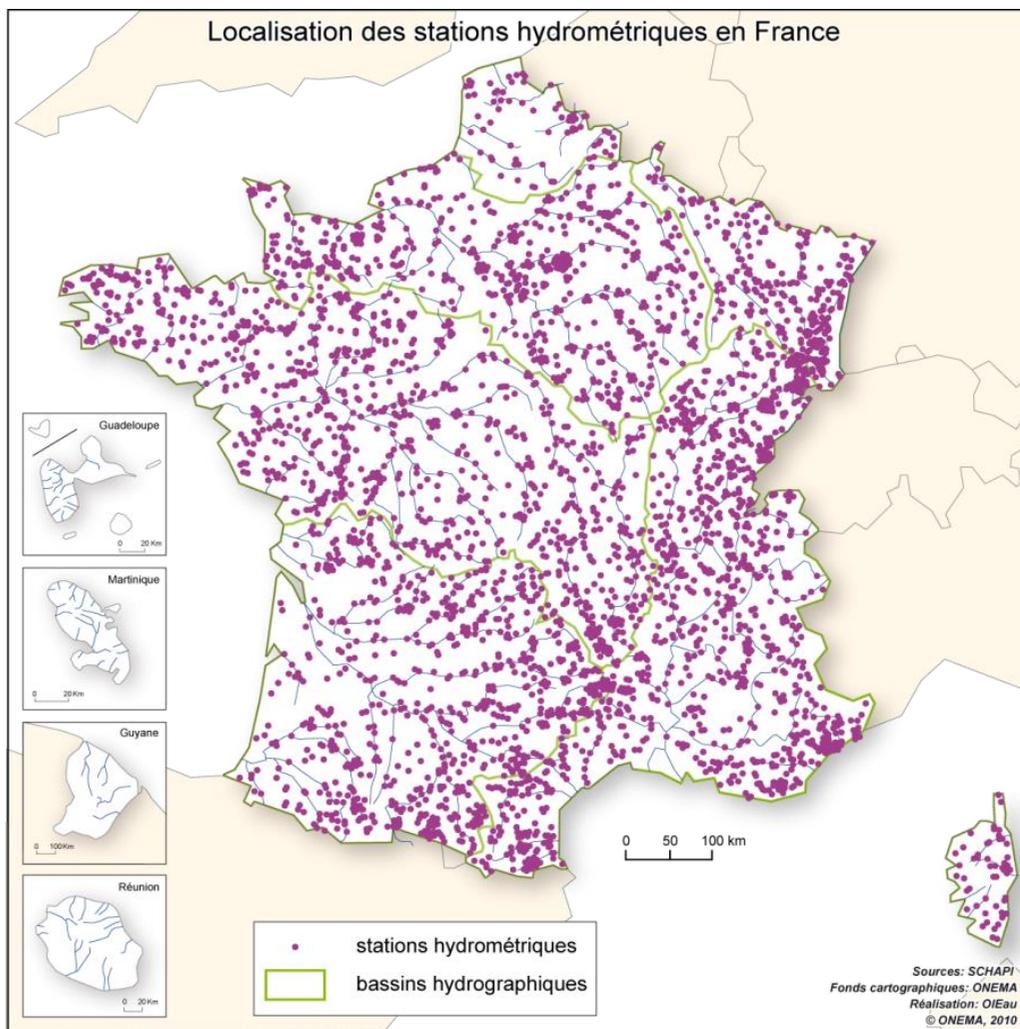
Administrateur : SCHAPI

Producteurs :

- DREAL, DDT
- Services Prévision des Crues (SPC)
- Agences de l'eau
- EDF
- Certains organismes de recherche (ex. Irstea, universités)
- Compagnies d'aménagement (ex. Compagnie Nationale du Rhône - CNR)

Chiffres clés !

Env. 3 150 actives stations
avec parfois + de 40 ans de
données

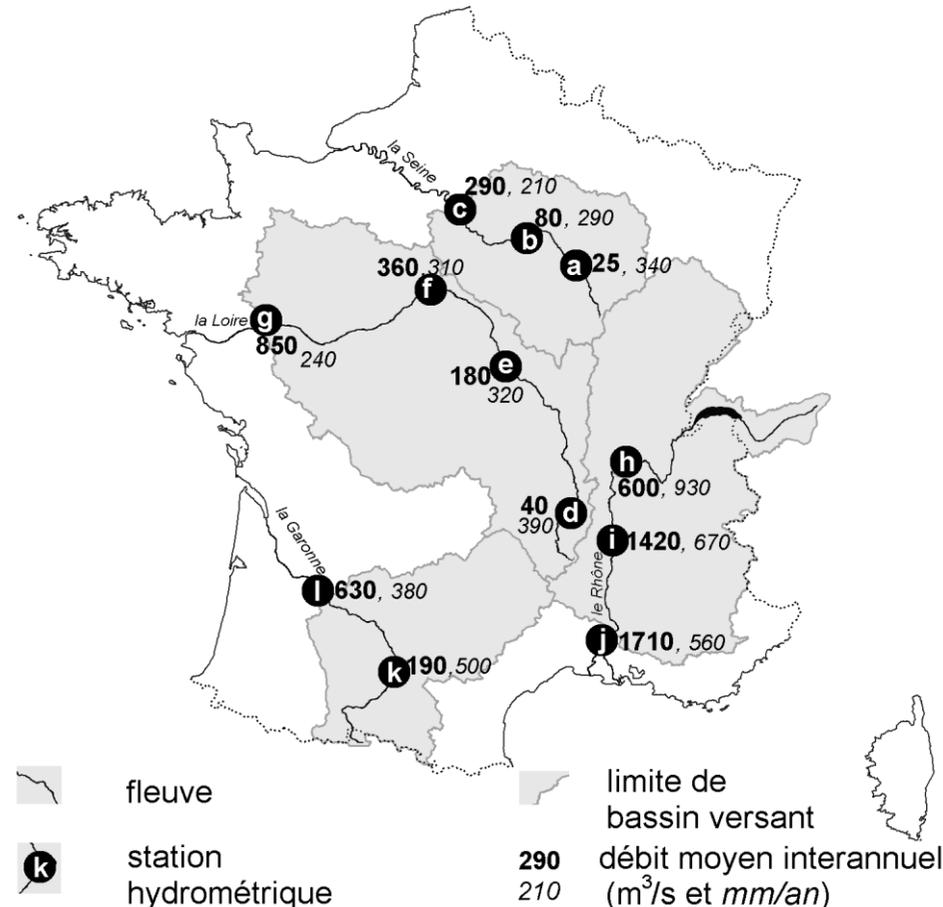


Le module

Le module est le débit moyen interannuel en m^3/s sur une période d'observations suffisamment longue pour être représentative des débits mesurés ou reconstitués.

Le débit spécifique est le module rapporté à la surface de son bassin versant (souvent en mm/an)

rivière	n°	exutoire	superficie (km ²)
La Seine	a	Bar sur Seine	2 300
	b	Pont sur Seine	8 800
	c	Paris	43 800
La Loire	d	Bas-en-Basset	3 200
	e	Nevers	17 600
	f	Orléans	37 000
	g	Montjean	109 900
Le Rhône	h	Lyon	20 300
	i	Valence	66 500
	j	Beaucaire	96 500
La Garonne	k	Toulouse	10 000
	l	Mas-d'Agenais	52 000

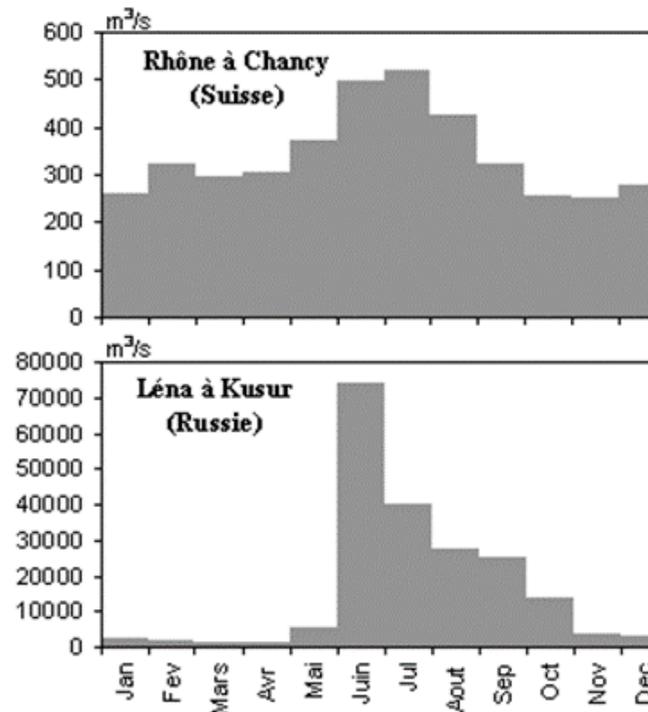
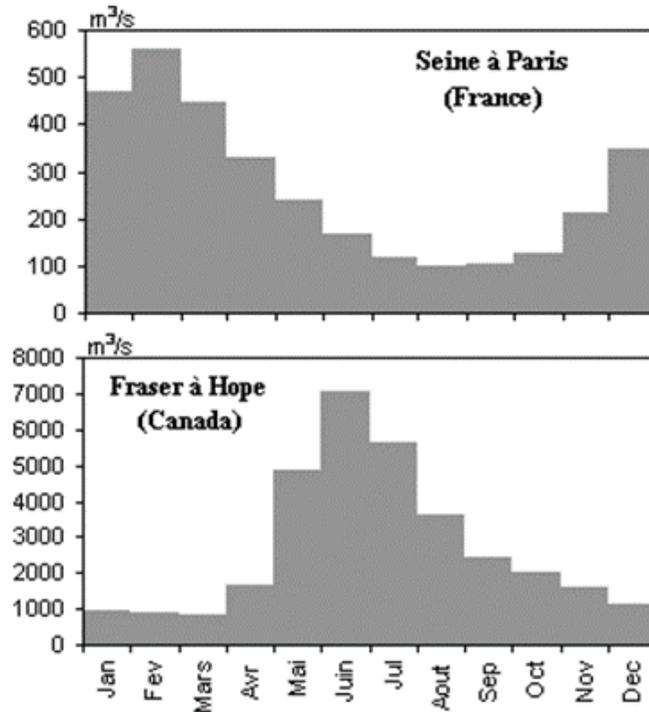


Vilaine à Pont de Cran = 10 150 km²
Module = 75,8 m^3/s

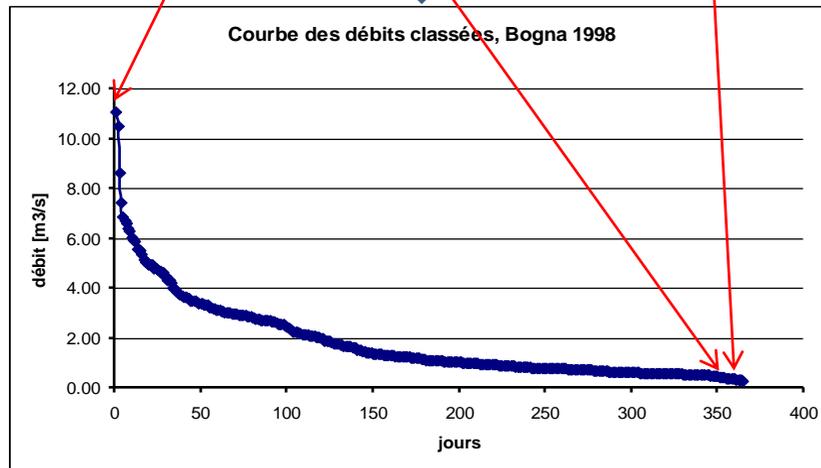
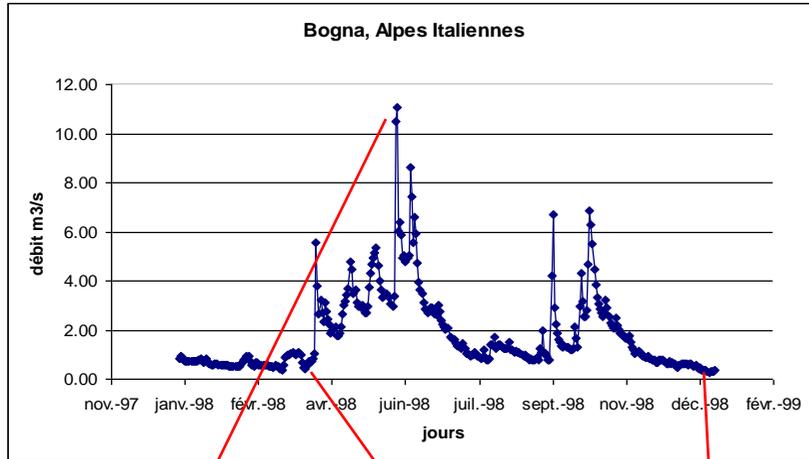
Les régimes hydrologiques

Le régime hydrologique d'un cours d'eau

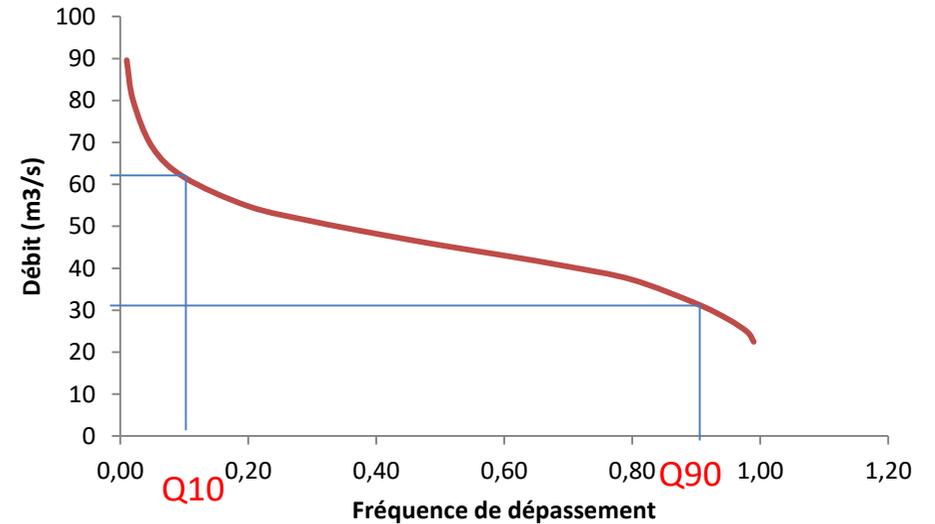
- = l'ensemble de ses caractéristiques hydrologiques et son mode de variation
- = se définit par les **variations de son débit** habituellement représentées par le graphique de l'écoulement mensuel moyen (calculé sur un certain nombre d'années et aussi appelé **débit "inter-mensuel" ou module mensuel**)



La courbes des débits classés



Sur des longues périodes on raisonne en fréquence de dépassement

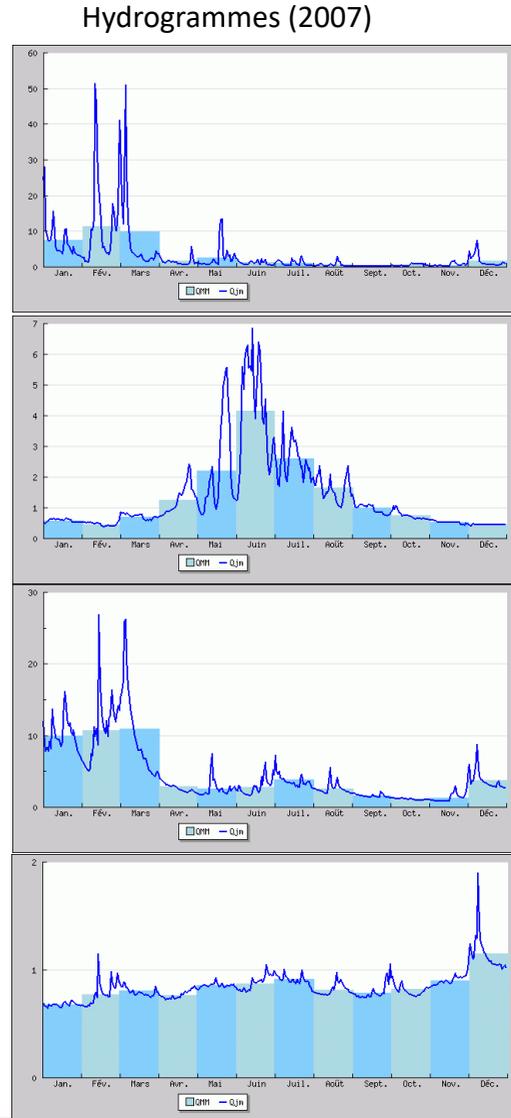
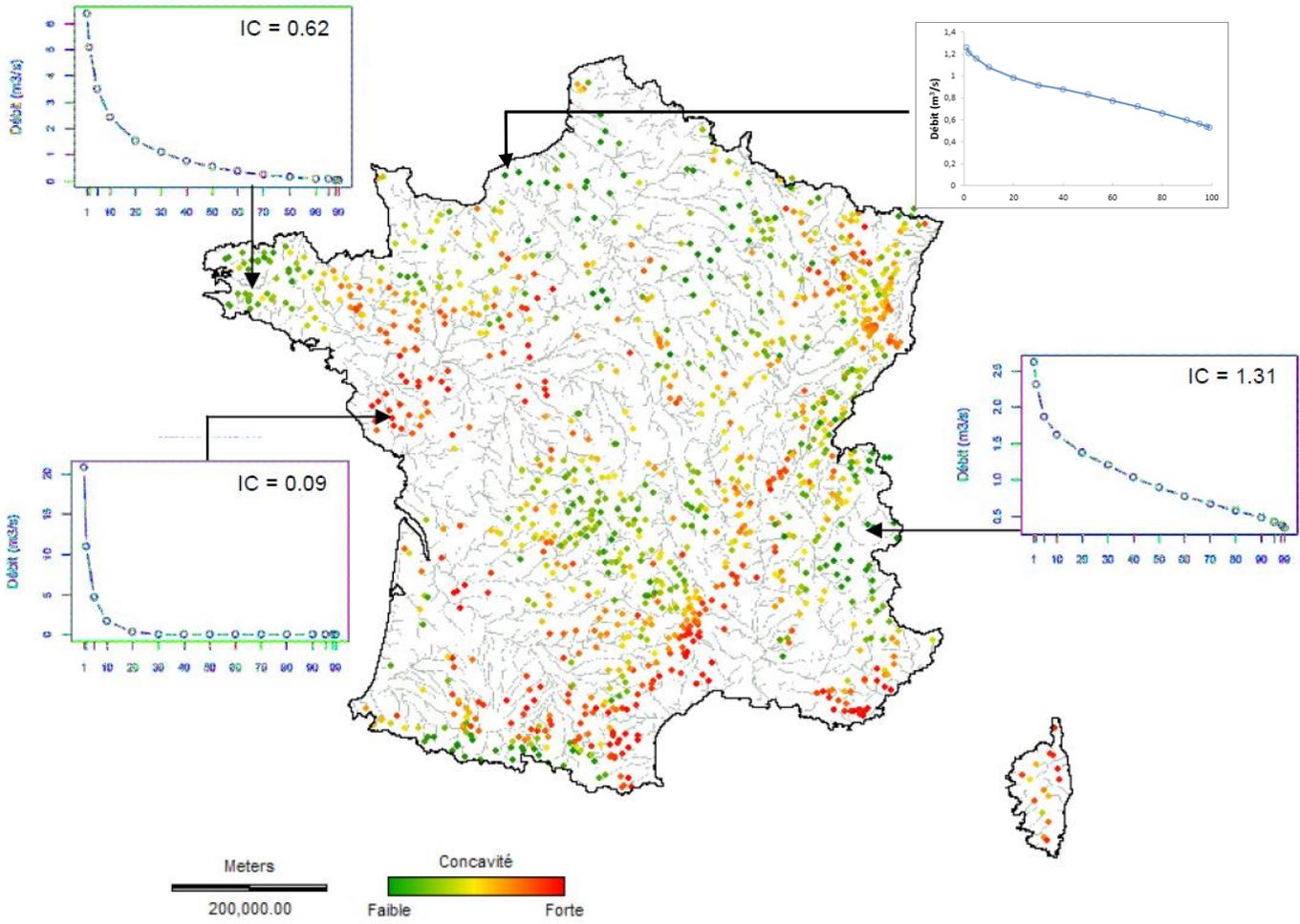


Q10 : débit dépassé 10% du temps
-> débit de crue !

Q90 : débit dépassé 90% du temps
-> débit d'étiage !

Courbe des débits classés journaliers sur une année
(source P. Bernardara)

Lien entre régime hydrologique et courbes des débits classés



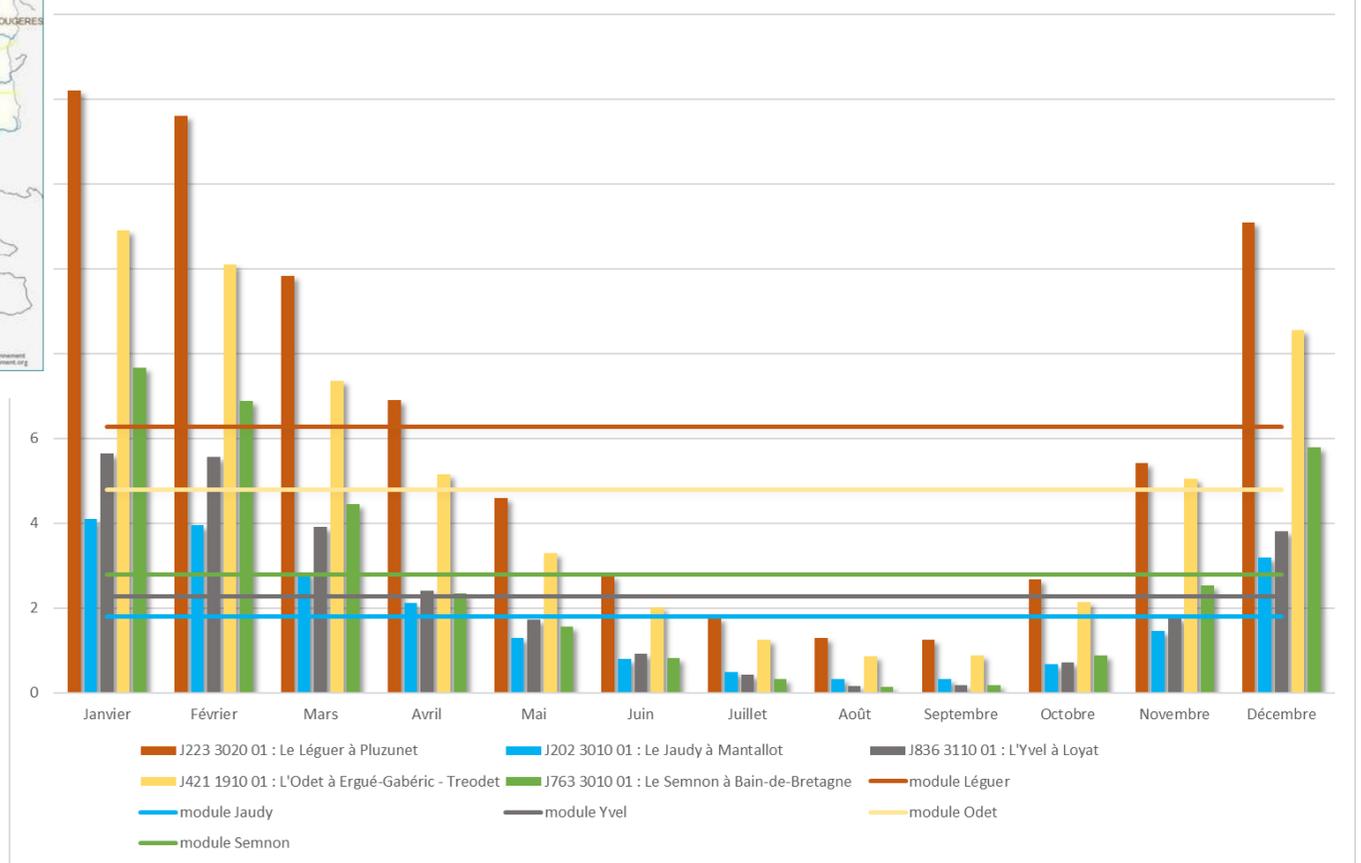
A
B
C
D

Figure 11 : Indice de concavité des courbes de débits classés des stations de l'échantillon de référence (Les points sont tracés aux coordonnées des centres de gravité des bassins versants) © Clotilde Catalogne - Source des données : Irstea, Catalogne (2009), Banque Hydro

Quelques exemples de cours d'eau bretons



Figure 26 : Régime des débits des cours d'eau bretons (ONEMA par Bretagne Environnement)

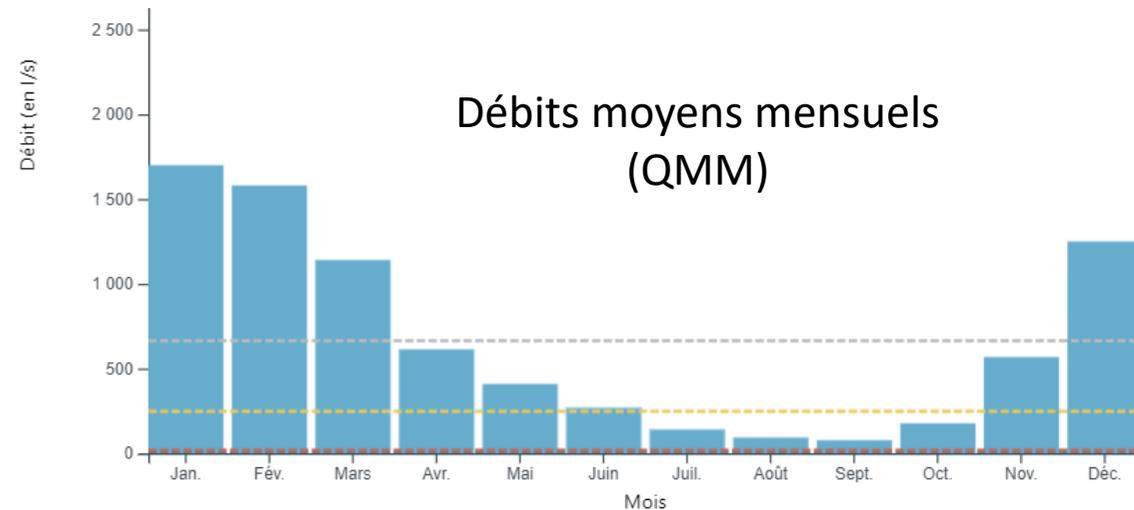


Les variables statistiques (liste non exhaustive !)

	Variables	Acronyme
Crues / hautes eaux	débit Journalier maX Annuel	QJXA
	débit Instantané maX Annuel	QIXA
	débit Moyen Mensuel d'un mois donné	QMM
Etiages / basses eaux	débit Mensuel miN Annuel	QMNA
	Min annuel des moyennes du débit sur n jours consécutifs, n = 3, 10, 30... (Volume Consécutif miNimal sur n jours)	VCNn

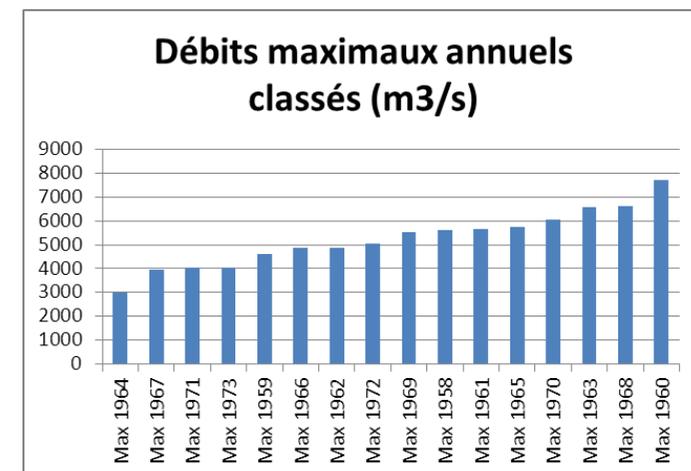
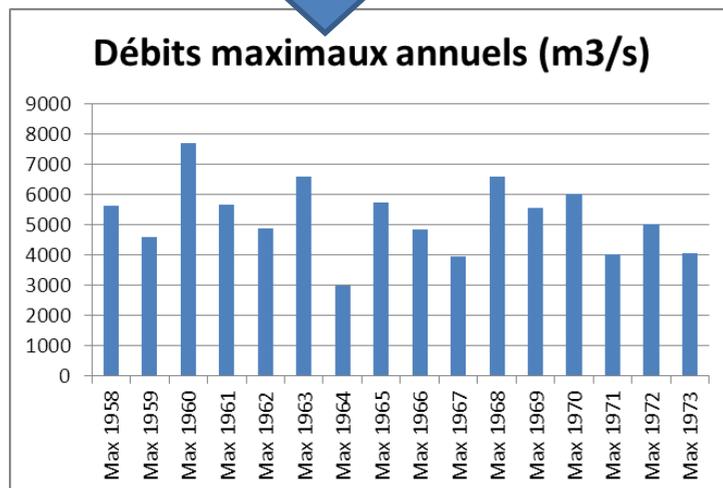
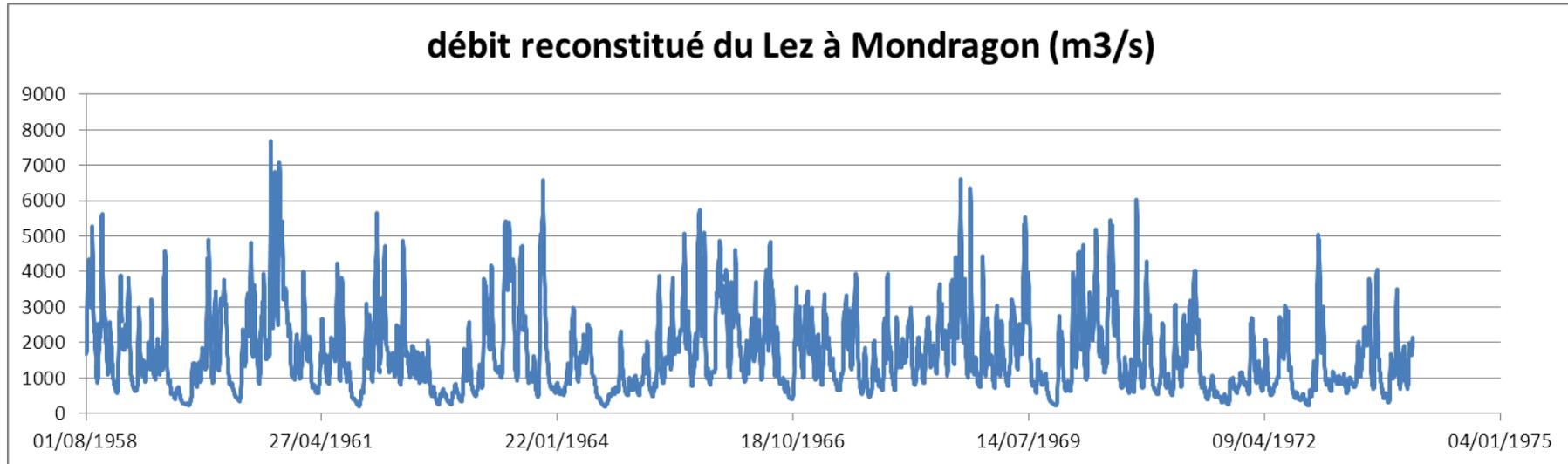
- Exemple : L'Ille à Montreuil-sur-Ille (J7103010)
1989 – 2021 : 32 ans de données

Module = 680 l/s
 QMM avril = 613 l/s
 QMNA 2022 = 17 l/s (septembre)
 VCN3 2022 = 6 l/s (fin août)
 QJXA 2022 = 4 450 l/s (10 janvier)



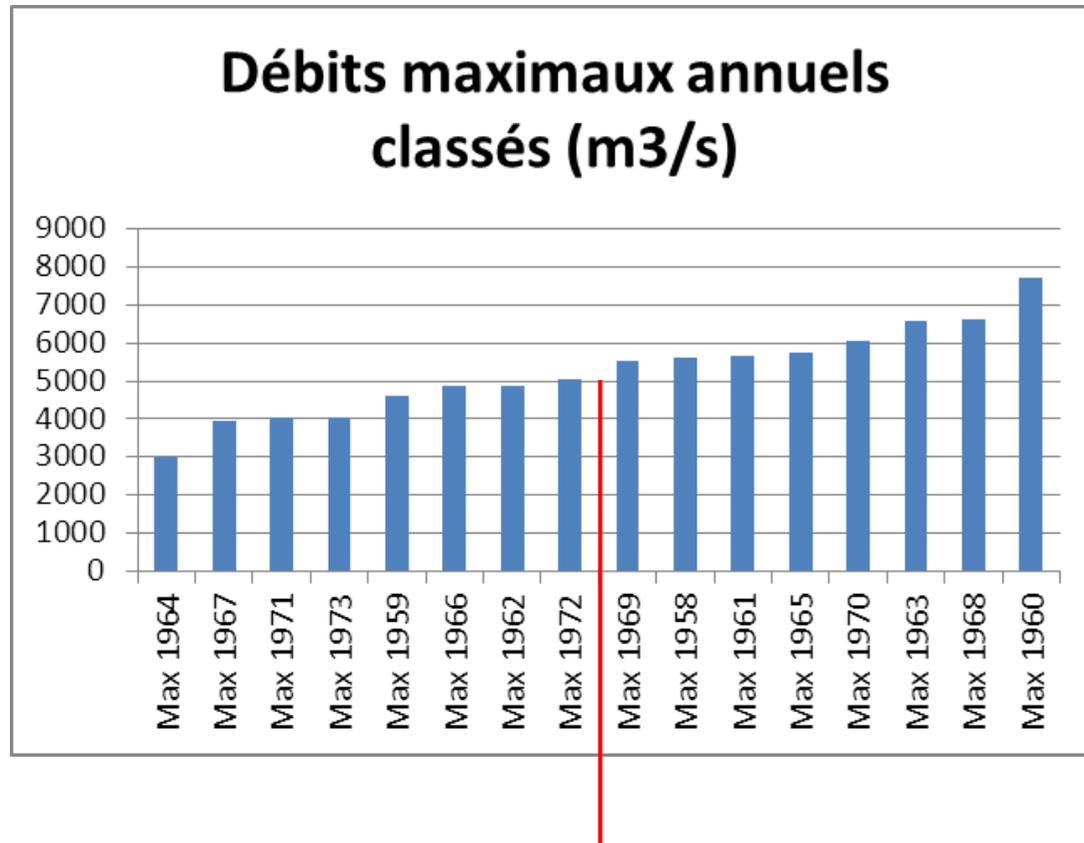
La notion de période de retour

- destinée à caractériser la fréquence d'apparition d'un phénomène
- n'implique **aucune régularité de la survenue des événements**



La notion de période de retour

- destinée à caractériser la fréquence d'apparition d'un phénomène
- n'implique **aucune régularité de la survenue des événements**



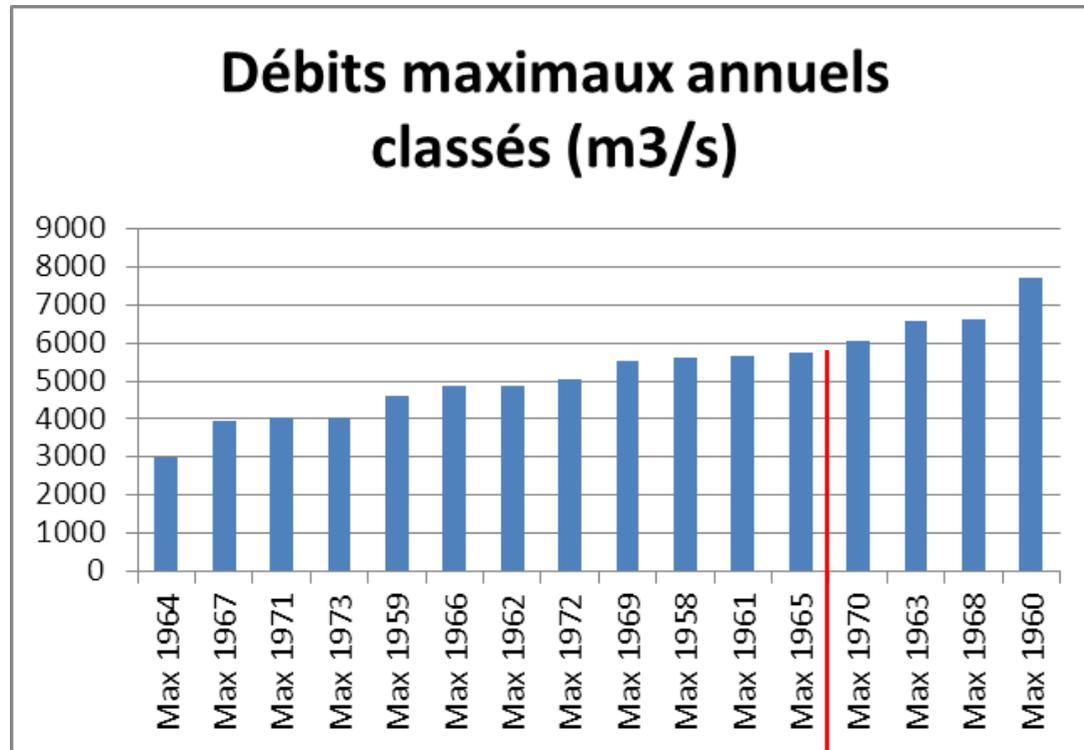
on a dépassé 5000 m³/s 8 années sur 16

→ ordre de grandeur de la crue de période de retour 2 ans

→ proba d'avoir cette crue une année donnée ~ 1/2

La notion de période de retour

- destinée à caractériser la fréquence d'apparition d'un phénomène
- n'implique **aucune régularité de la survenue des événements**



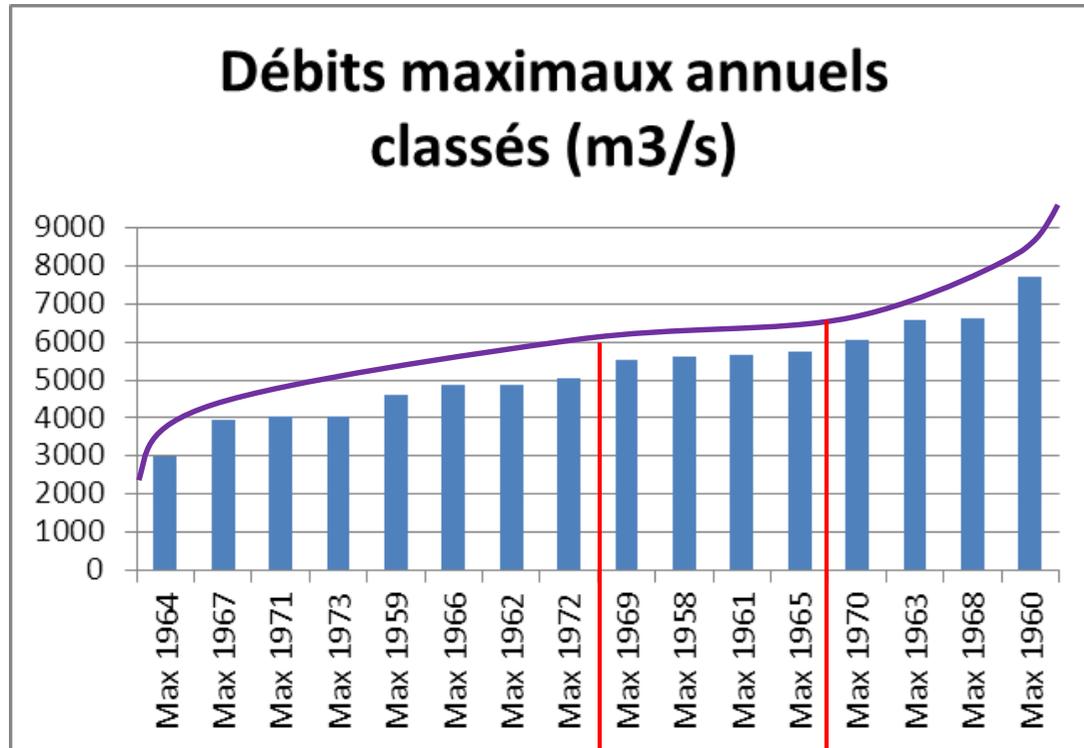
on a dépassé 5800 m³/s 4 années sur 16
(1 année sur 4)

→ ordre de grandeur de la crue de
période de retour 4 ans

→ proba d'avoir cette crue une année
donnée $\sim 1/4$

La notion de période de retour

- destinée à caractériser la fréquence d'apparition d'un phénomène
- n'implique **aucune régularité de la survenue des événements**



Crue période de retour
2 ans : 5300 m³/s

Crue période de retour
4 ans : 5900 m³/s

On ajuste une loi de probabilité connue (pour les crues, souvent loi de Gumbel) et on calcule plus précisément toutes les périodes de retour.

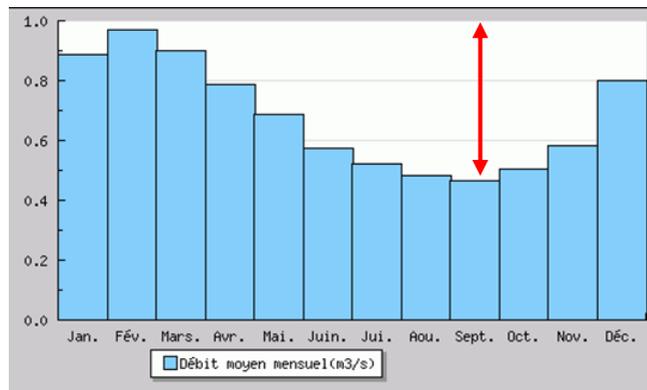
Les variables statistiques (liste non exhaustive !)

	Variables	Acronyme	Acronyme avec la période de retour
Crues / hautes eaux	débit Journalier maX Annuel	QJXA	QJXA2
	débit Instantané maX Annuel	QIXA	QIXA10
	débit Moyen Mensuel d'un mois donné	QMM	QMM5 humide
Etiages / basses eaux	débit Moyen Mensuel d'un mois donné	QMM	QMM5 sec
	débit Mensuel miN Annuel	QMNA	QMNA5
	Min annuel des moyennes du débit sur n jours consécutifs, n = 3, 10, 30... (Volume Consécutif miNimal sur n jours)	VCNn	VCN3_5

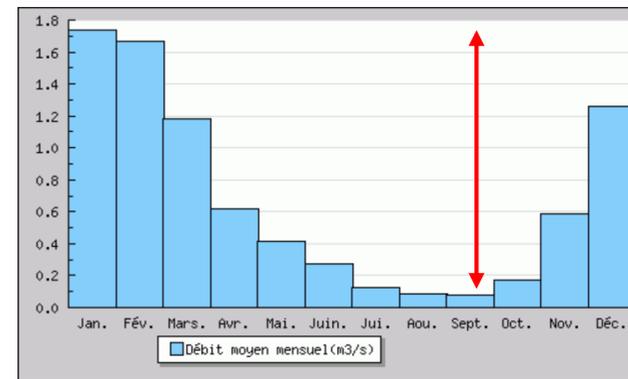
Comment caractériser l'étiage?

L'**étiage** = parfois assimilé aux basses eaux saisonnières, mais il est plus juste de définir l'étiage comme le **débit exceptionnellement faible d'un cours d'eau**, c'est-à-dire l'exacerbation de ces basses eaux.

L'**étiage** = période limitée dans l'année où les débits passent en dessous d'une valeur **seuil**, propre à chaque cours d'eau et **calculée statistiquement**.



Le Guiel à Montreuil-l'Argillé (27)
Module = 0,67 m³/s



L'Ille à Montreuil sur Ille (35)
Module = 0,68 m³/s

Pour en savoir plus : <https://journals.openedition.org/cybergeogeo/24827?lang=pt>

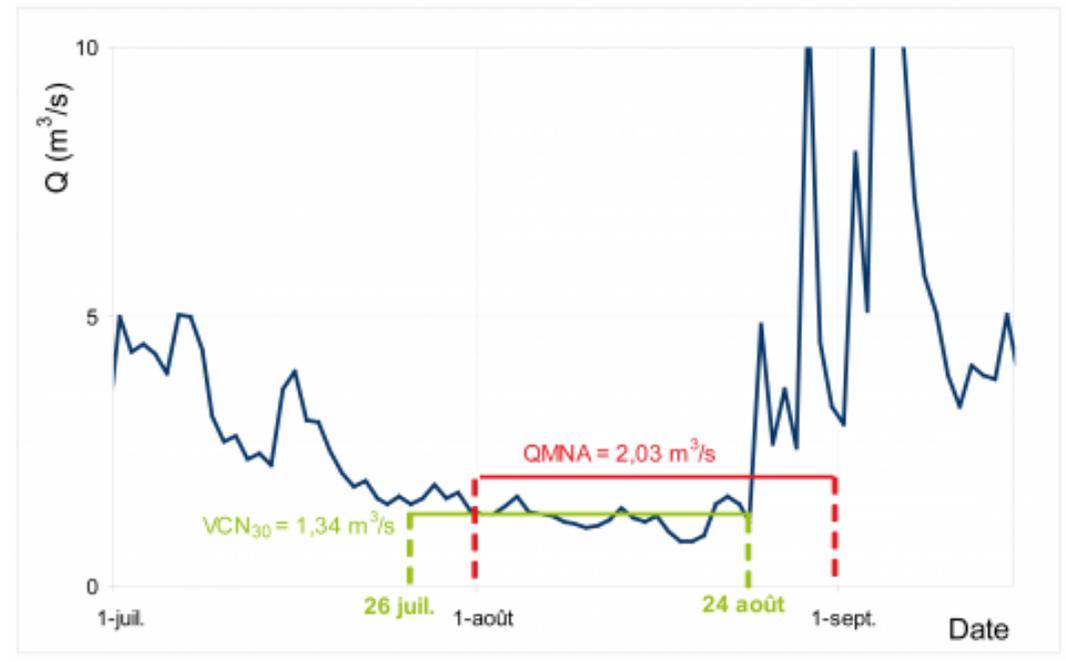
Comment caractériser l'étiage?

Statistiques descriptives

Le QMNA
est le débit MOYEN mensuel minimum sur
l'année (souvent août ou sept.) : sa valeur est
régulièrement sous-passée pendant le mois en
question.

Le QMNA5
est le QMNA de **période de retour** 5 ans ; si
l'étiage est sévère il sera sous-passé sur une
longue période

Le VCNn
est le MIN annuel des moyennes du débit sur n
jours consécutifs, n = 3, 10, 30... (Volume
Consécutif minimal sur n jours)



* **Notion de période de retour** = caractériser la fréquence d'apparition d'un événement selon 1 méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus aléatoire (ici : l'hydrologique), afin d'en définir les probabilités d'apparition future.

Vilaine à Pont de Cran

Module = 75,8 m³/s

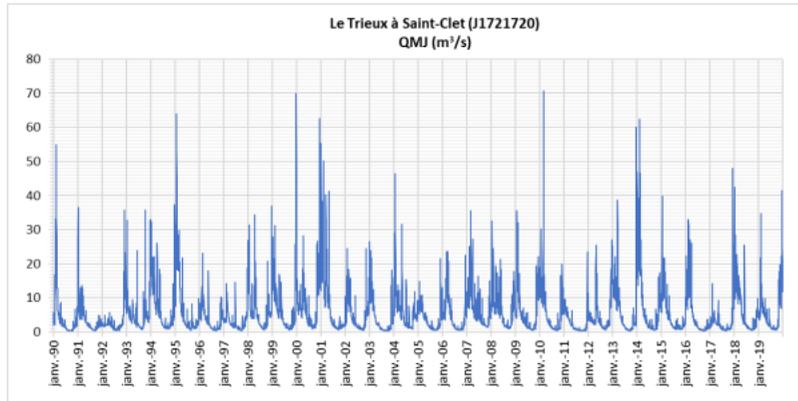
QMNA5 = 5,4 m³/s

VCN3-5 = 2,7 m³/s

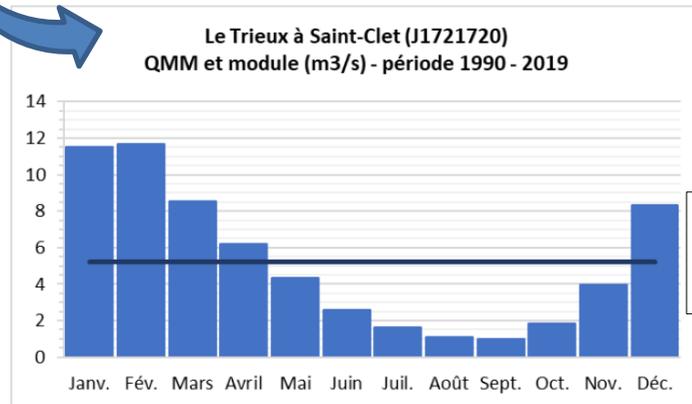
Comment caractériser l'étiage?



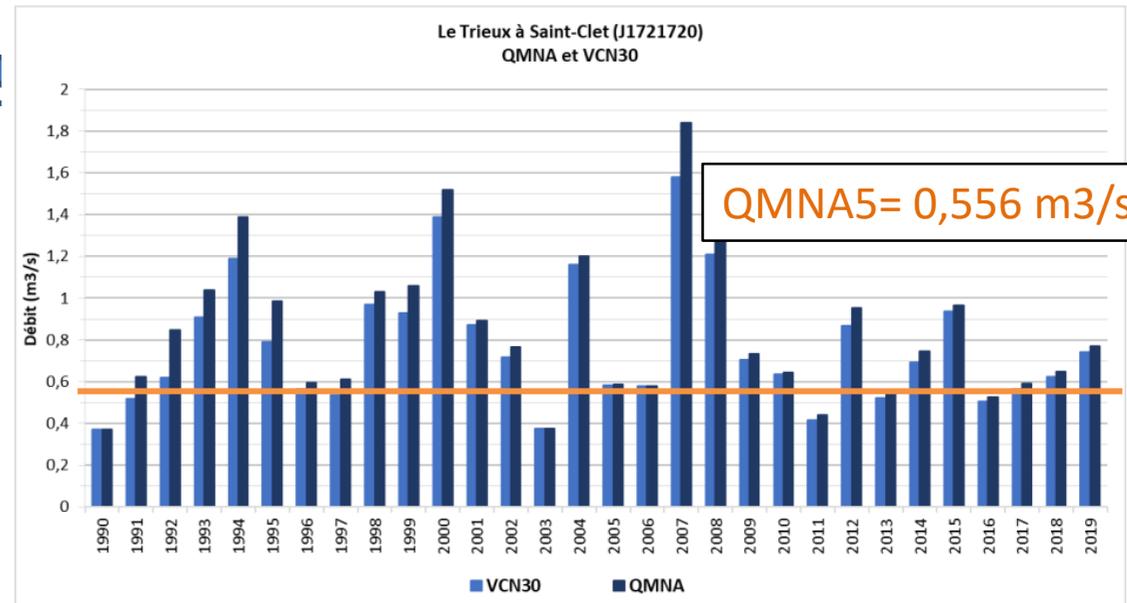
Le Trieux (22)



Débit journalier du Trieux aval sur la période 1990 – 2019



**MODULE =
5,198 m³/s**

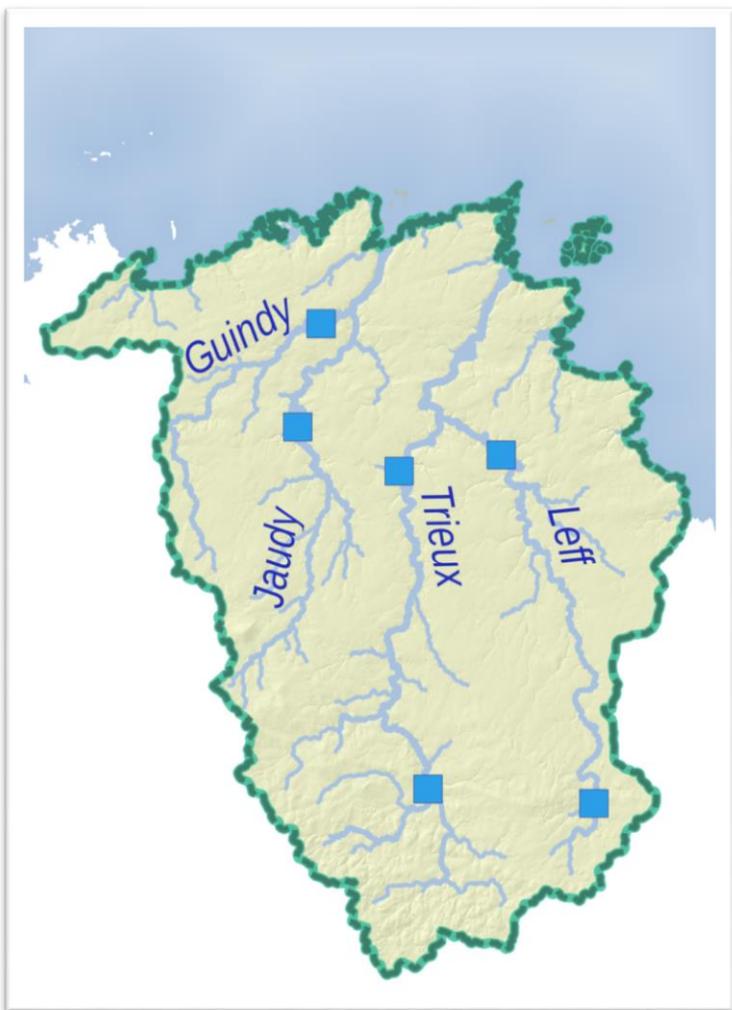


QMNA5= 0,556 m³/s

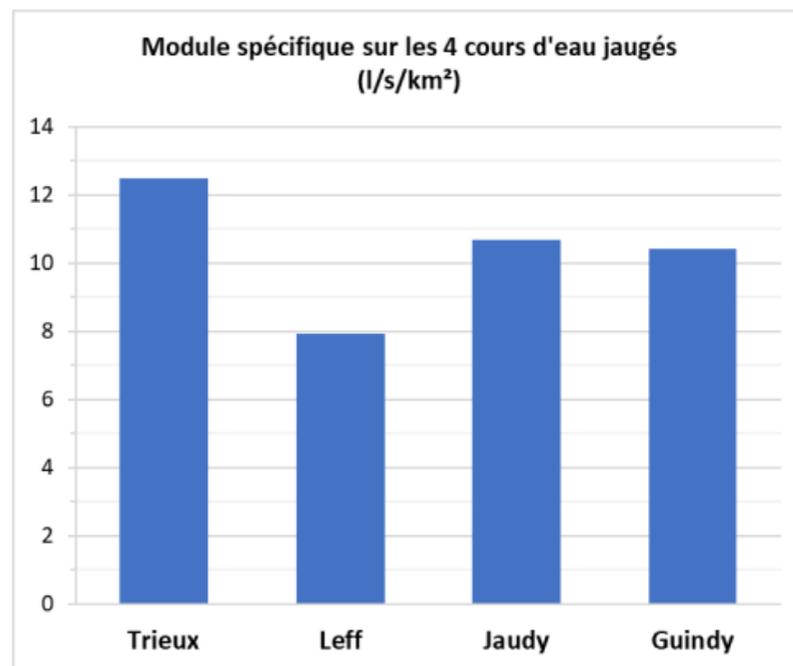
Analyse des débits mensuels minimaux annuels (QMNA) et des débits minimaux sur 30 jours consécutifs (VCN30) sur le Trieux sur la période 1990 – 2019

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

Comparaison de plusieurs cours d'eau entre eux : les débits spécifiques



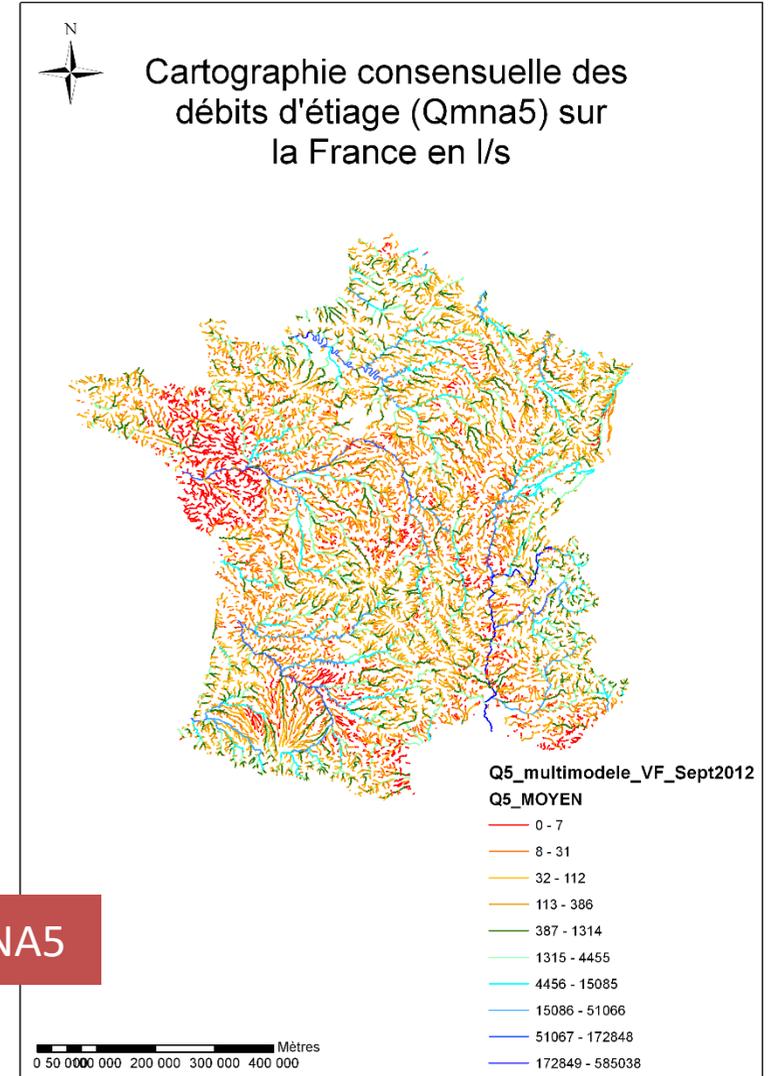
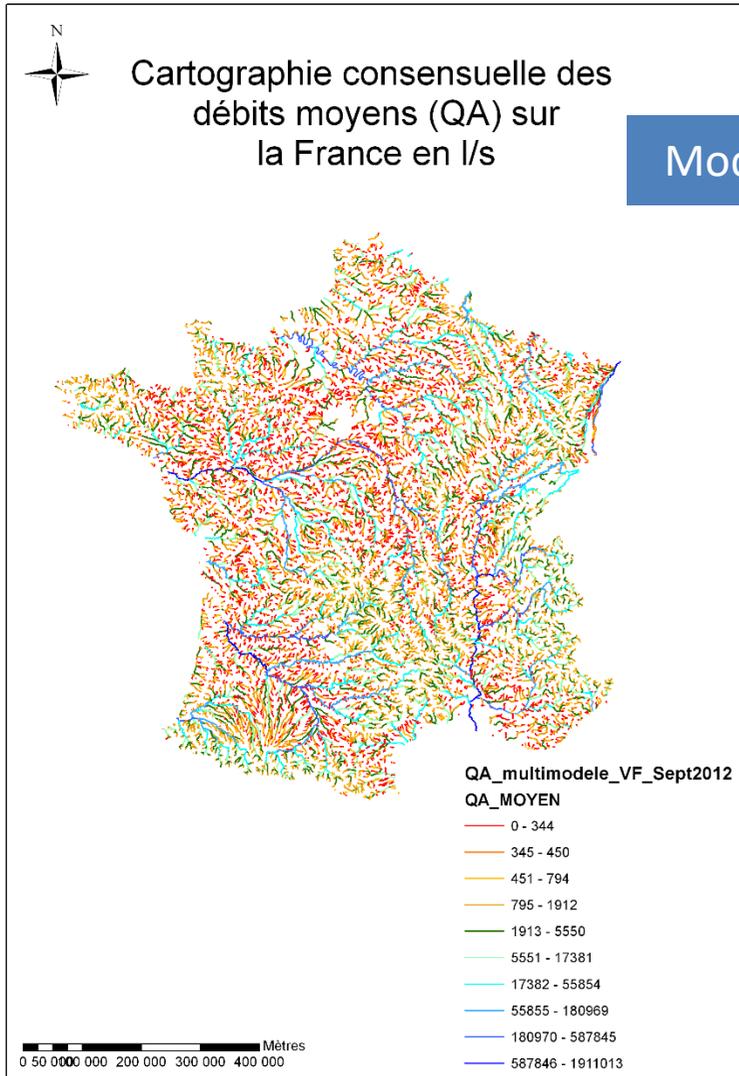
Débit spécifique = débit / surface du bassin versant



Ramené à sa surface, le Guindy (123 km²) « génère » davantage de débit au km² que le Leff (345 km²).

Base de données simulées – carte consensus

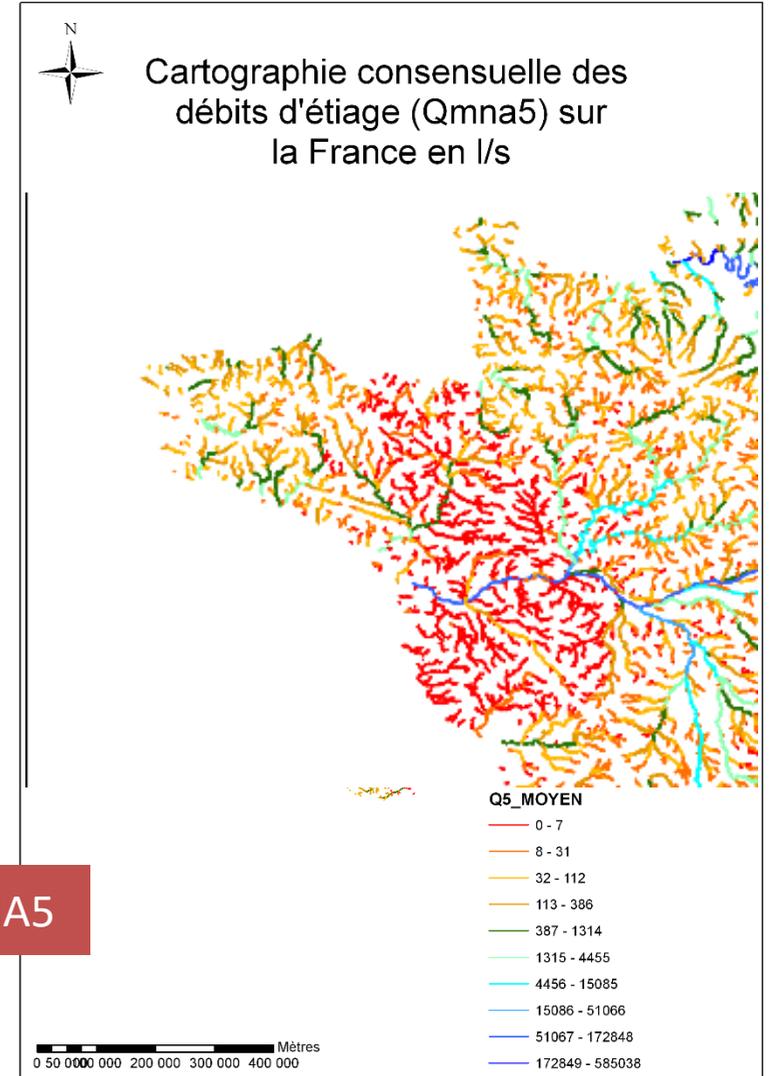
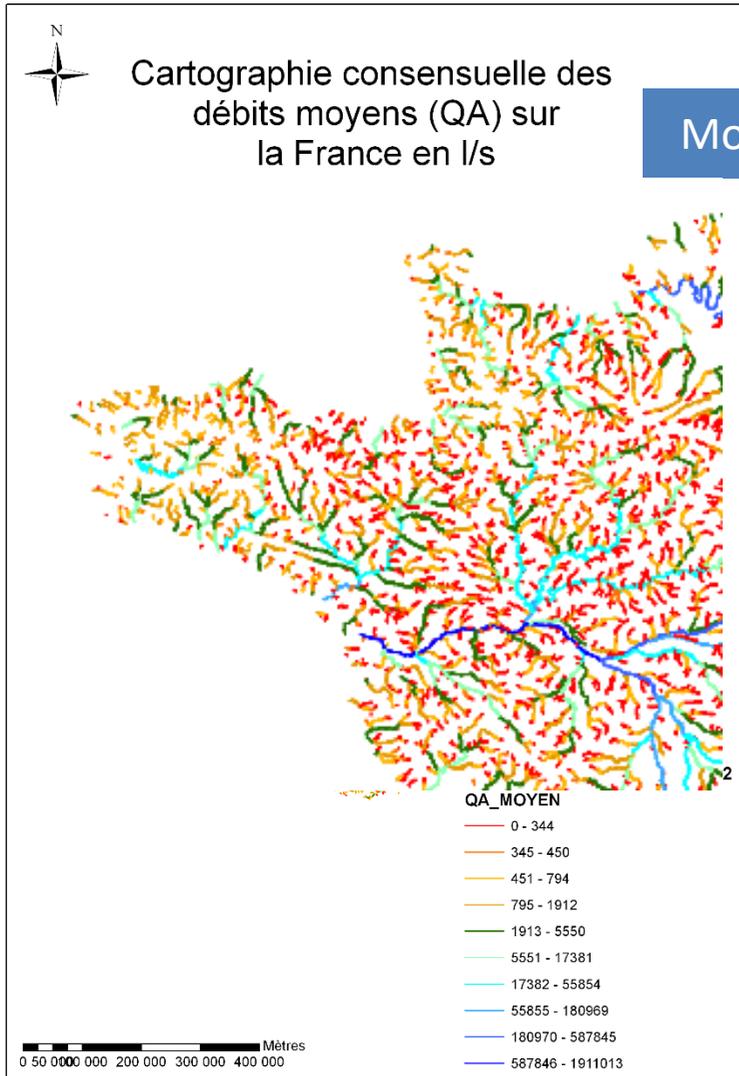
<https://webgr.inrae.fr/recherche/cartographie-de-debits/>



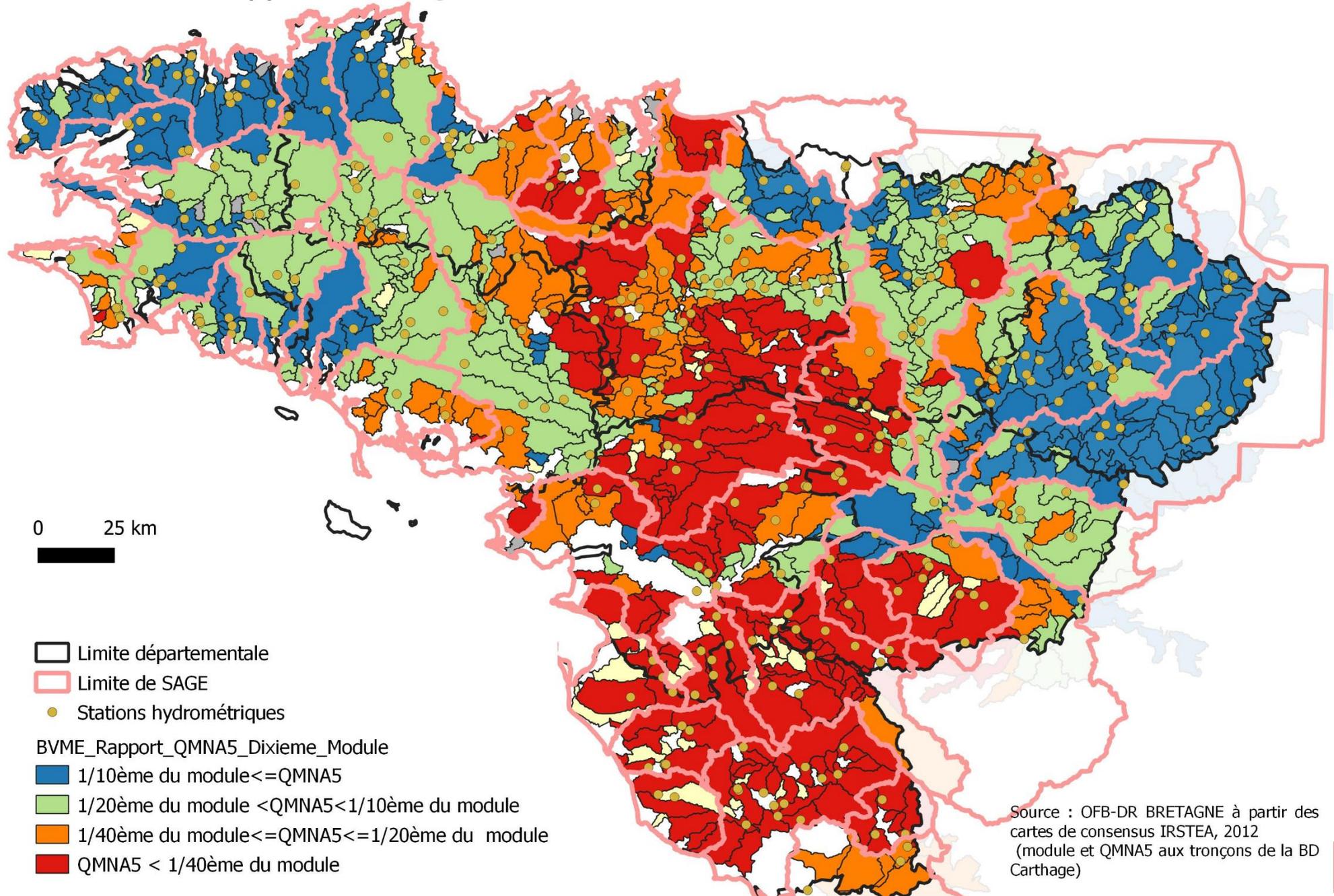
QMNA5

Base de données simulées – carte consensus

<https://webgr.inrae.fr/recherche/cartographie-de-debits/>



Rapport entre QMNA5 et module à l'exutoire des masses d'eau



ONDE

<https://www.onde.eaufrance.fr>

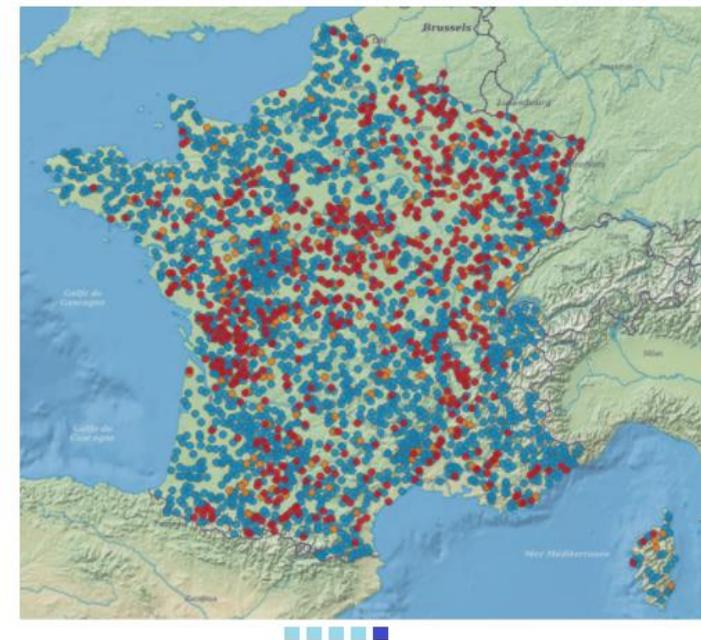
Pour suivre les étiages estivaux des petits cours d'eau depuis 2012

- ~30 stations par département
- Principalement sur les cours d'eau d'ordre 1 et 2
- Prise en compte dans les niveaux de gravité pour le déclenchement de mesures de restriction (anticipation)
- Dispositif « sentinel » pour détecter des tendances à l'assèchement



Le Rouloir (27) - OFB

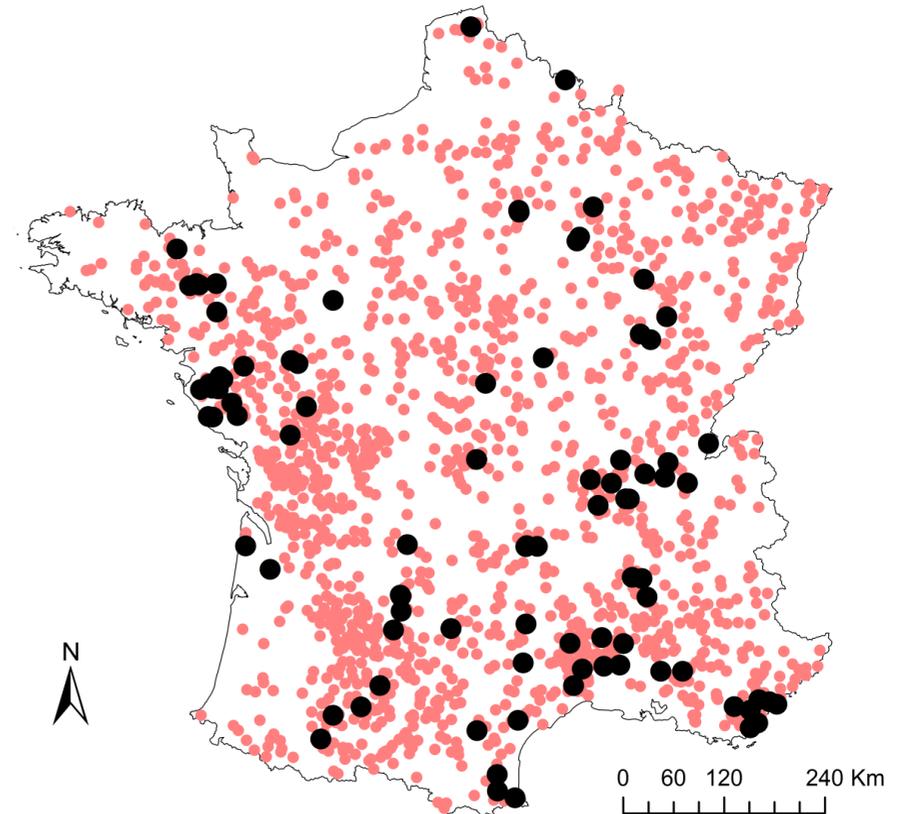
Campagne usuelle - Septembre 2020



ONDE

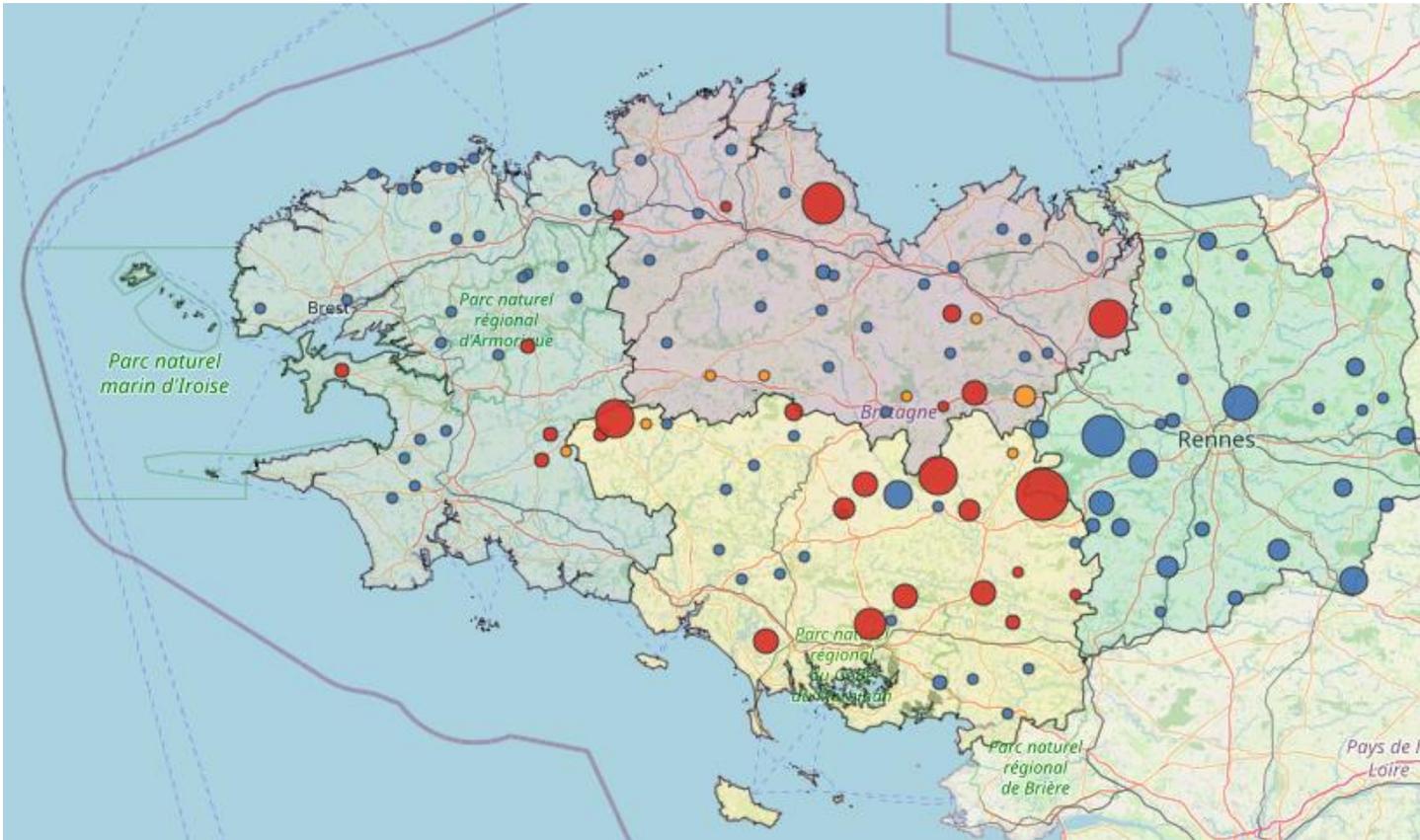
<https://www.onde.eaufrance.fr>

- 1100 (35%) stations ONDE montrent des assecs contre 90 (8%) stations hydrométriques (HYDRO) entre 2012 et 2016.
- Permet de représenter de manière plus homogène sur la France les assecs



- Continuous hydrometric stations showing located in intermittent rivers
- ONDE stations showing dry phases

Observatoire national des étiages en Bretagne : les assèchements de cours d'eau



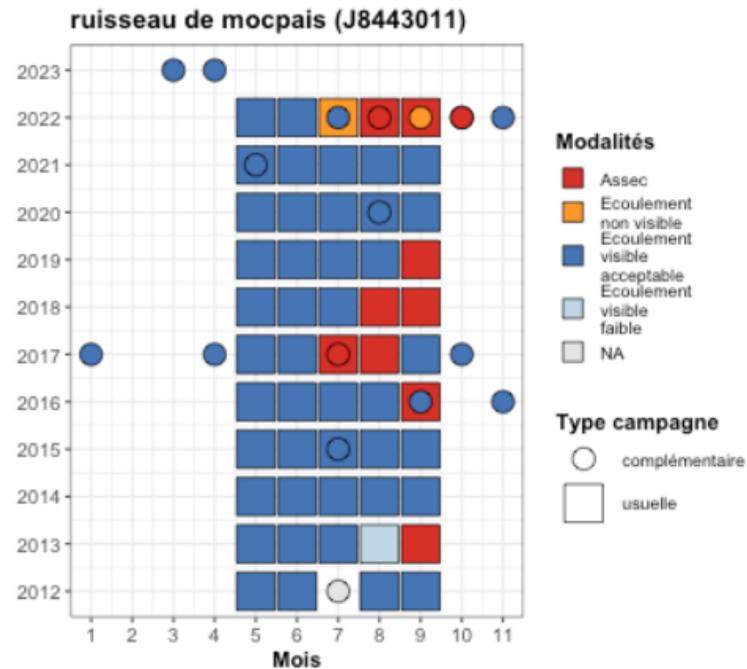
<https://www.onde.eaufrance.fr>

Taille du point : nombre d'assecs entre mai 2012 - avril 2023
Couleur du point : dernière modalité d'écoulement observée

En Bretagne :

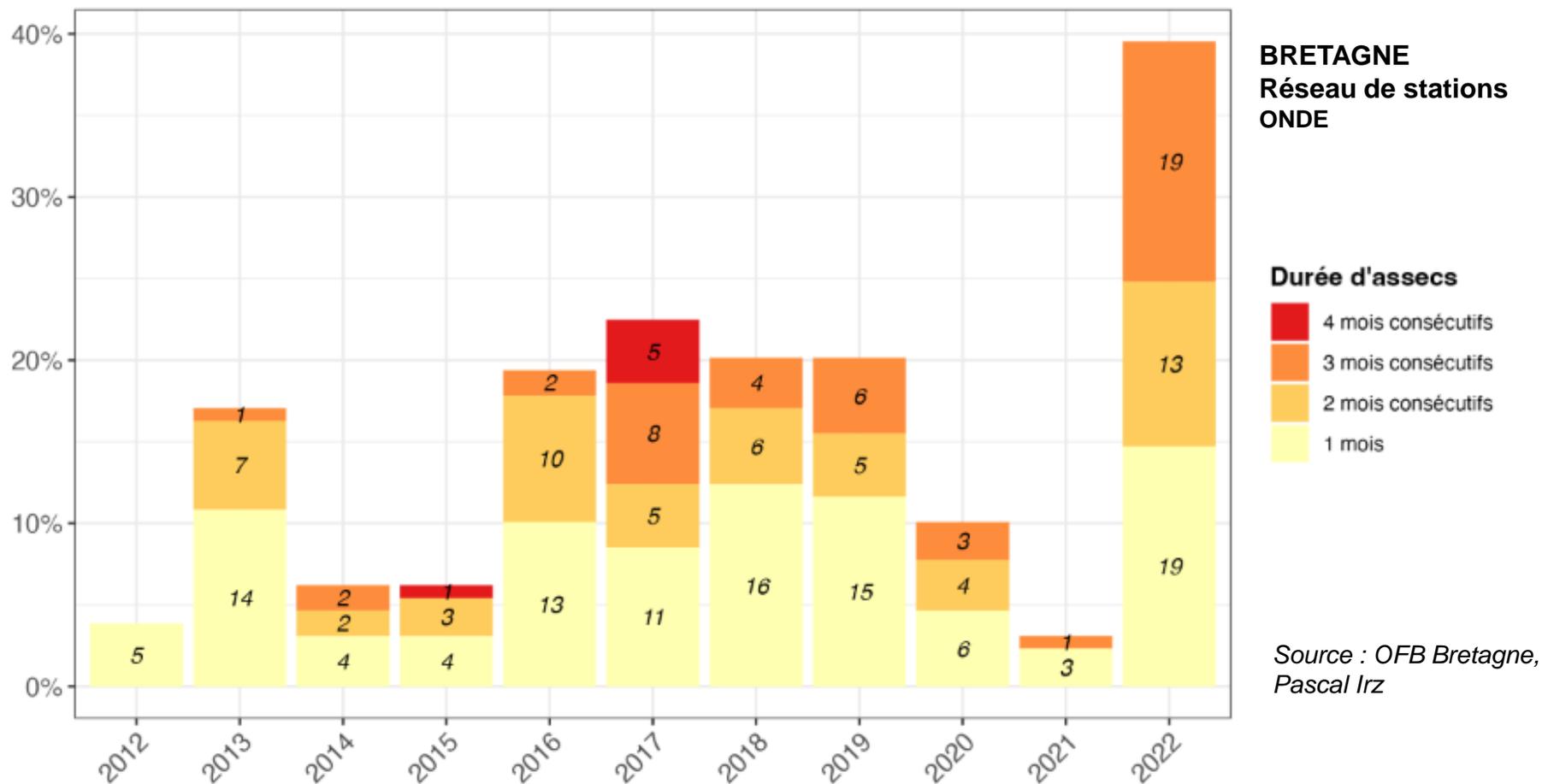
129 stations d'observations des écoulements
des cours d'eau depuis 2012

Campagnes usuelles de Mai à Septembre



Des assèchements records des cours d'eau en 2022 en Bretagne

Proportions et nombre de stations selon les durées d'assecs observés à l'échelle de la région



En quête d'eau

<https://enquetedeau.eaufrance.fr/>



EN QUÊTE D'EAU

PROGRAMME OBSERVATIONS ACTUALITÉS BESOIN D'AIDE ?

Se connecter

DEVENEZ OBSERVATEUR !

PARCE QUE LE NIVEAU D'ÉCOULEMENT DES COURS D'EAU VARIE CONSTAMMENT, IL EST IMPORTANT DE GARDER L'ŒIL. NOS COURS D'EAU MÉRITENT TOUTE NOTRE ATTENTION.

JE PARTICIPE !

DÉCOUVREZ LE PROGRAMME

VOIR ET CRÉER DES OBSERVATIONS

ACTUALITÉS



Merci de votre attention

Hélène ANQUETIL – OFB Bretagne - service Appui aux acteurs et mobilisation des territoires
helene.anquetil@ofb.gouv.fr

Clément ROGER – DREAL Bretagne – Chargé de mission Gestion quantitative de l'eau
clement.roger@developpement-durable.gouv.fr