



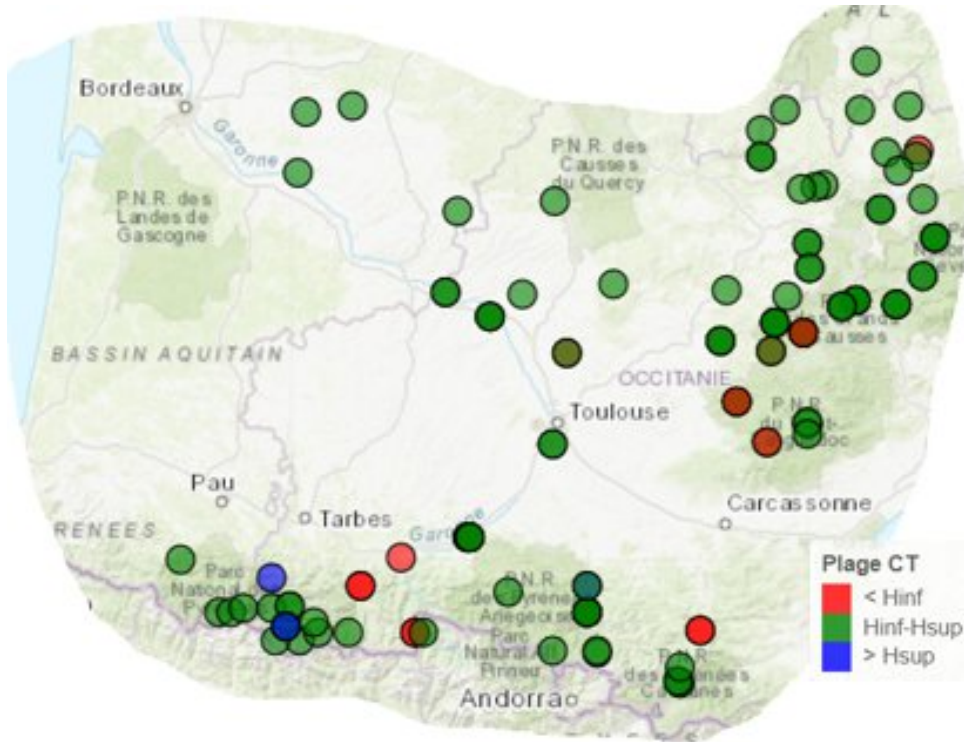
L'hydrométrie au service du suivi des étiages

Retour d'expérience 2022 d'EDF sur le Sud-Ouest et perspectives

Didier SCOPEL, **Arnaud BELLEVILLE**, François LEVENES, Thomas MORLOT, Anaïs POLLET
EDF – Division Technique Générale

Portet/Garonne (9980 km²), 20/10/22
Q mesuré 40,9 m³/s (+/- 2 m³/s)

Réseau de mesure hydroclimatologique EDF-DTG sur le Sud-Ouest



Réseau hydrométrique

Et aussi:

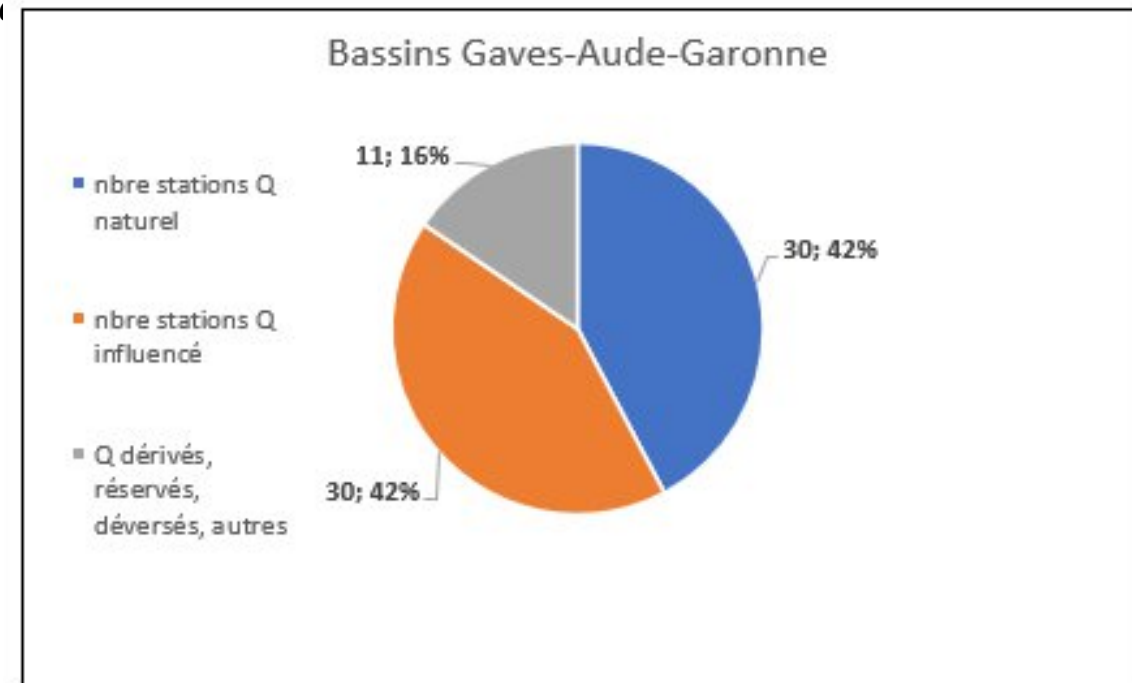
- 102 pluviomètres automatiques dont 91 mesures avec une mesure de la T°c air
- 26 points de mesure de neige dont 12 nivomètres automatiques

71 stations d'hydrométrie sur les bassins :

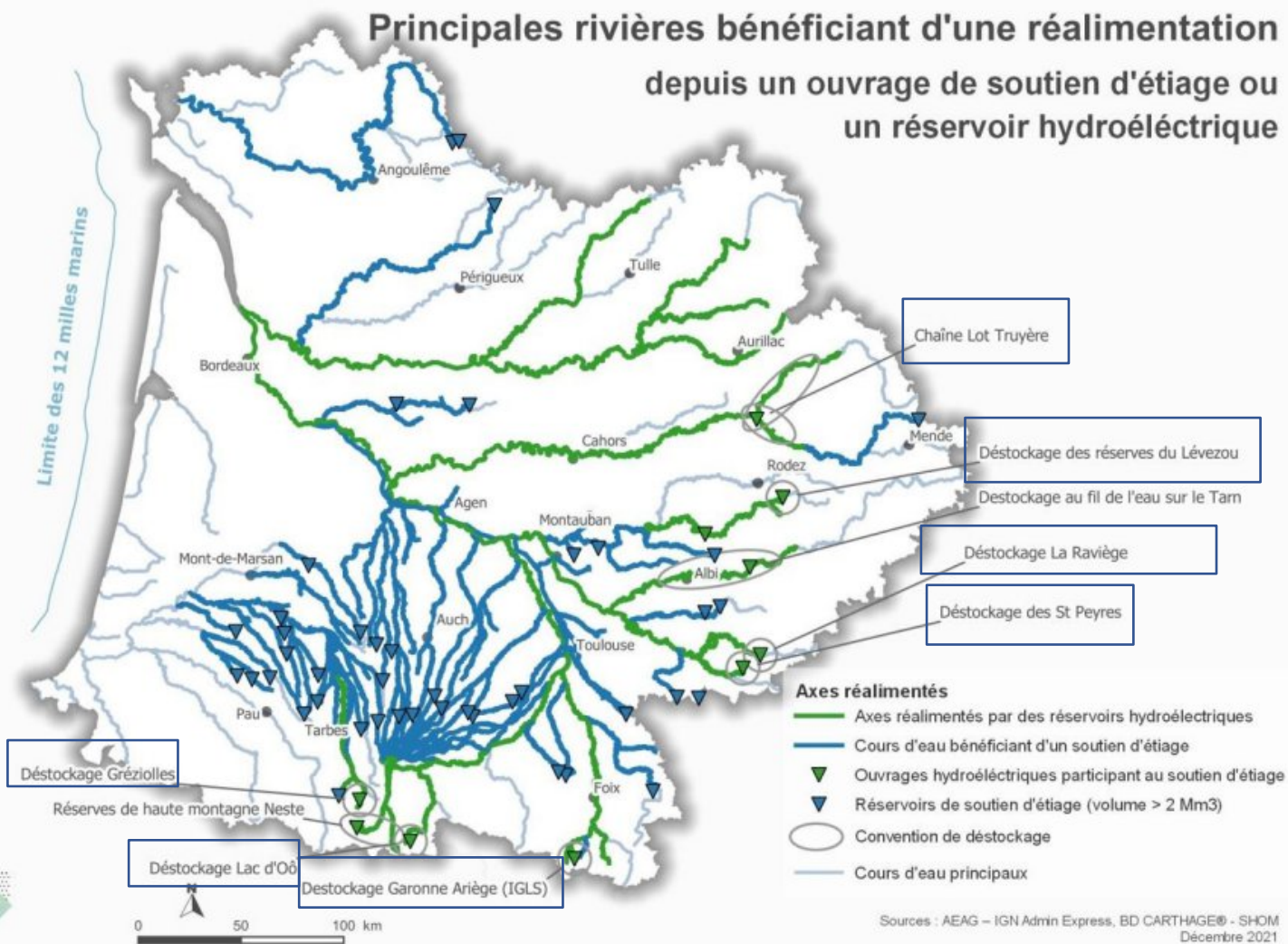
- Des Gaves (10),
- Des Nestes, du Salat, de l'Ariège et de la Garonne (20)
- Du Tarn, du Viaur et de l'Aveyron (19)
- Du Lot et de la Truyère (18)
- De l'Aude (4)

30 stations à débit naturel,

20 courbes de tarage « importantes pour la sûreté hydrométrique »



L'étiage : une problématique sur tout le bassin Adour-Garonne



Bassin	Volume (Hm ³) mis à disposition par EDF
Garonne via l'Ariège	53
Garonne via la Pique	8,4
Tarn via l'Arn	22,5
Tarn via l'Agout	6
Tarn via le Viaur	2
Lot	33

Soit un volume total équivalent à **un débit de soutien de + 23 m³/s** à la confluence du Lot et de la Garonne du 1^{er} juillet au 31 août

Les points nodaux Garonne (extrait)

Bassin	Cours d'eau	Station (DOE)	BV (km²)	Code station Hydro2	Code station Hydro3	Valeur DOE	Valeur DCR
						(m3/s)	(m3/s)
GARONNE							
GARONNE	Neste	Sarrancolin	606	O0174040	O0174025	4	3
	Garonne	Valentine	2 230	O0200020	O0200020	18	14
	Garonne	Marquefave	5 232	O0800010	O0800010	25	18
	Garonne	Portet	9 980	O1900010	O2000010	48/52 Modulation à 52 m³/s du 15 juillet au 15 septembre	27
	Garonne	Verdun	13 730	O2620010	O2620020	45	22
	Garonne	Lamagistère	32 350	O6140010	O6140010	85	31
	Garonne	Tonneins	51 538	O9000010	O9000010	110	60
	Garonne	Bec d'Ambès	Station fictive ⁽¹⁾ soumise à l'influence des marées. La valeur de DOE est égale au DOE de Tonneins + 1 m³/s			111	44
	Ariège	Auterive	3 450	O1712510	O1712510	17/13 Modulation à 13 m³/s du 15 septembre au 31 octobre	8
	Ariège	Foix	1 340	O1252510	O1252510	11	8

Portet/Garonne et Lamagistère :

Stations cogérées entre la DREAL Occitanie et EDF-DTG :
Échange de jaugeages, courbe de tarage identique avec tracé validé par chaque organisme

Foix : station DREAL

Contrôle annuel de la CT à 10 et 20 m³/s chaque année en préalable à la saison de soutien d'étiage lors d'une intercomparaison DREAL / EDF-DTG

Si EDF n'a pas la responsabilité du contrôle des seuils d'étiage (DOE, DCR), d'autres seuils en étiage sont suivis.

Exemples :

- Lamagistère : possibilité par le préfet de limiter la fraction évaporée du CNPE si le débit est < à 49 m³/s...
- Ils peuvent aussi être identiques :
- Lamagistère : arrêt des rejets du CNPE à 31 m³/s, ce qui correspond au Débit de Crise (DCR).

[SDAGE 2022-2027 ADOUR GARONNE.pdf \(eau-grandsudouest.fr\)](#)

Les points nodaux Tarn et Lot (extrait)

Bassin	Cours d'eau	Station (DOE)	BV (km²)	Code station Hydro2	Code station Hydro3	Valeur DOE	Valeur DCR
						(m3/s)	(m3/s)
TARN	Agout	St Lieux les Lavar	3470	O4802520	O4802520	5,8	3,9
	Tarn	Pécotte	4 500	O3841020	O3840002	13	7,3
	Tarn	Villemur sur Tarn	9 100	O4931010	O4931010	21/25 Modulation à 25 m³/s du 1er juillet au 31 août	12
LOT	Lot	Entraygues	5 460	O7701540	O7701540	9	6
	Lot	Cahors	9 170	O8231530	O8231530	12	8
	Lot	Aiguillon Ville	11 770	O8661520	O8661510	10	8
	Colagne	Monastier	456	O7094010	O7094010	0,665	0,6

Pécotte, Villemur/Tarn et Entraygues

Stations cogérées entre la DREAL Occitanie et EDF-DTG :

Échange de jaugeages, courbe de tarage identique avec tracé validé par chaque organisme



Lot@Entraygues

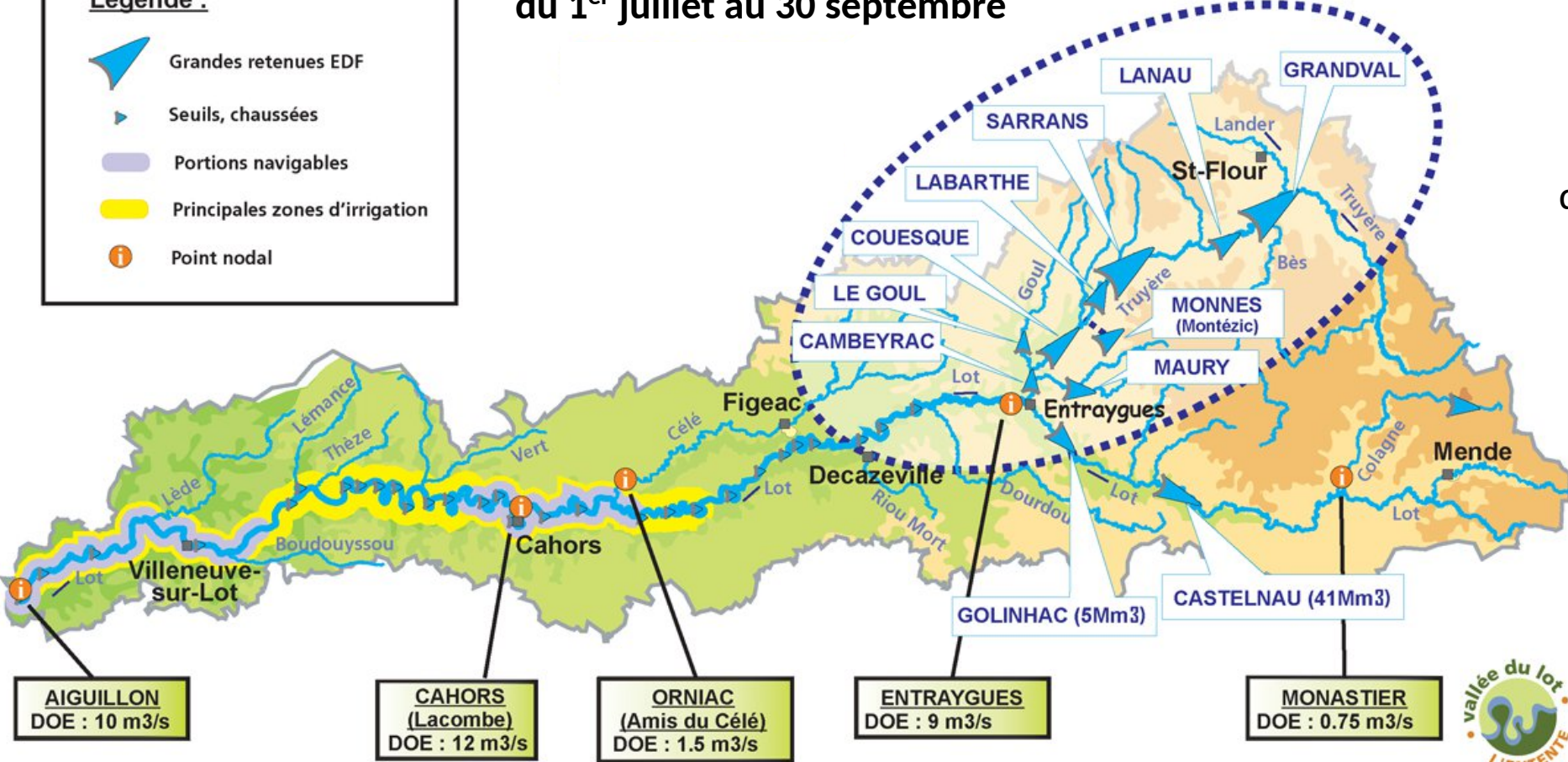
[SDAGE 2022-2027 ADOUR GARONNE.pdf \(eau-grandsudouest.fr\)](#)

L'enjeu soutien d'étiage sur le Lot

33 Hm³ mis à disposition par EDF,
du 1^{er} juillet au 30 septembre

Légende :

- Grandes retenues EDF
- Seuils, chaussées
- Portions navigables
- Principales zones d'irrigation
- Point nodal



De part la présence de nombreux ouvrages hydro-électriques, la connaissance du débit naturel reconstitué à Entraygues est difficile à calculer.

Un indicateur tendanciel d'évolution a été mis en place :

L'Index Lot,
calculé à partir de 3 stations
limnimétriques

La Mothe
St Juery
Brommat

Entraygues

Avec:

$$Q_{\text{Entraygues}} = 2,9 * \text{La Mothe} + 5,5 * \text{Brommat} + 4,5 * \text{St Juery}$$

Le Lot : « L'Index Lot »



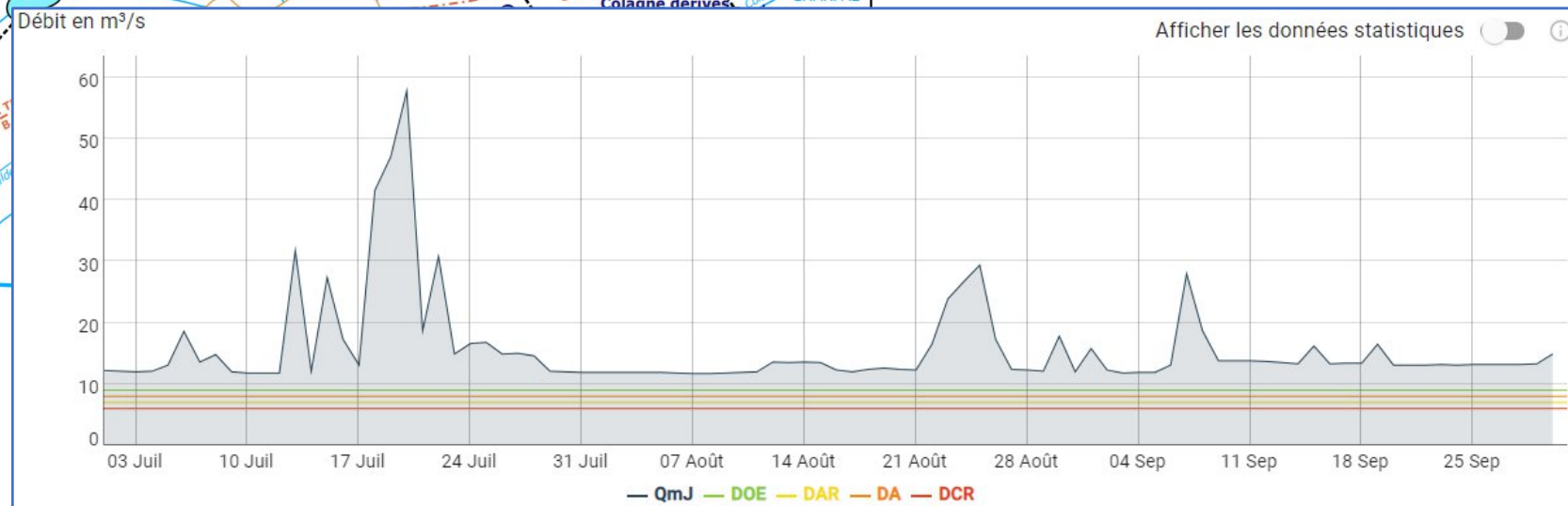
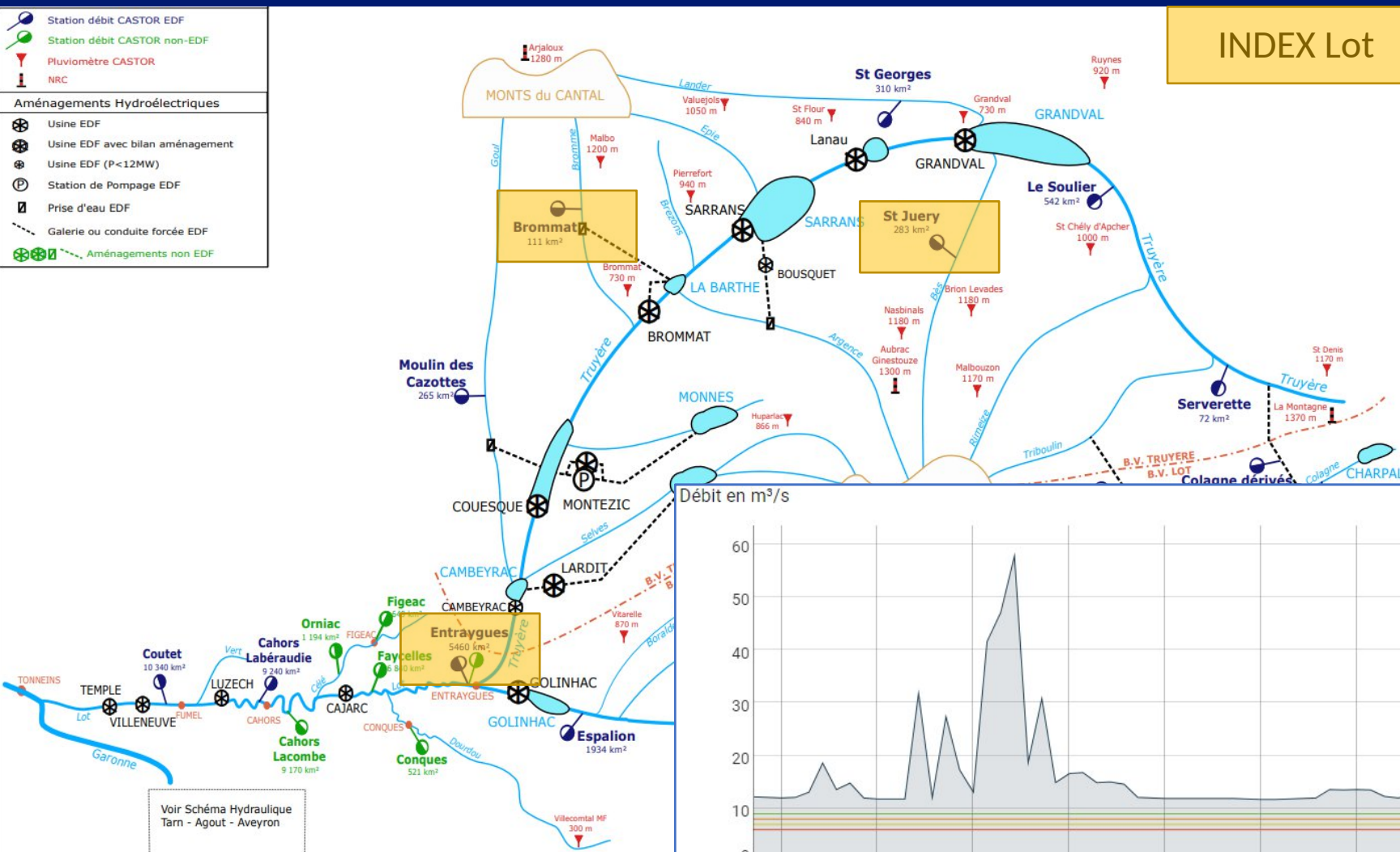
INDEX Lot

Le calcul de l'Index Lot permet de déterminer le palier de débit à Entraygues :

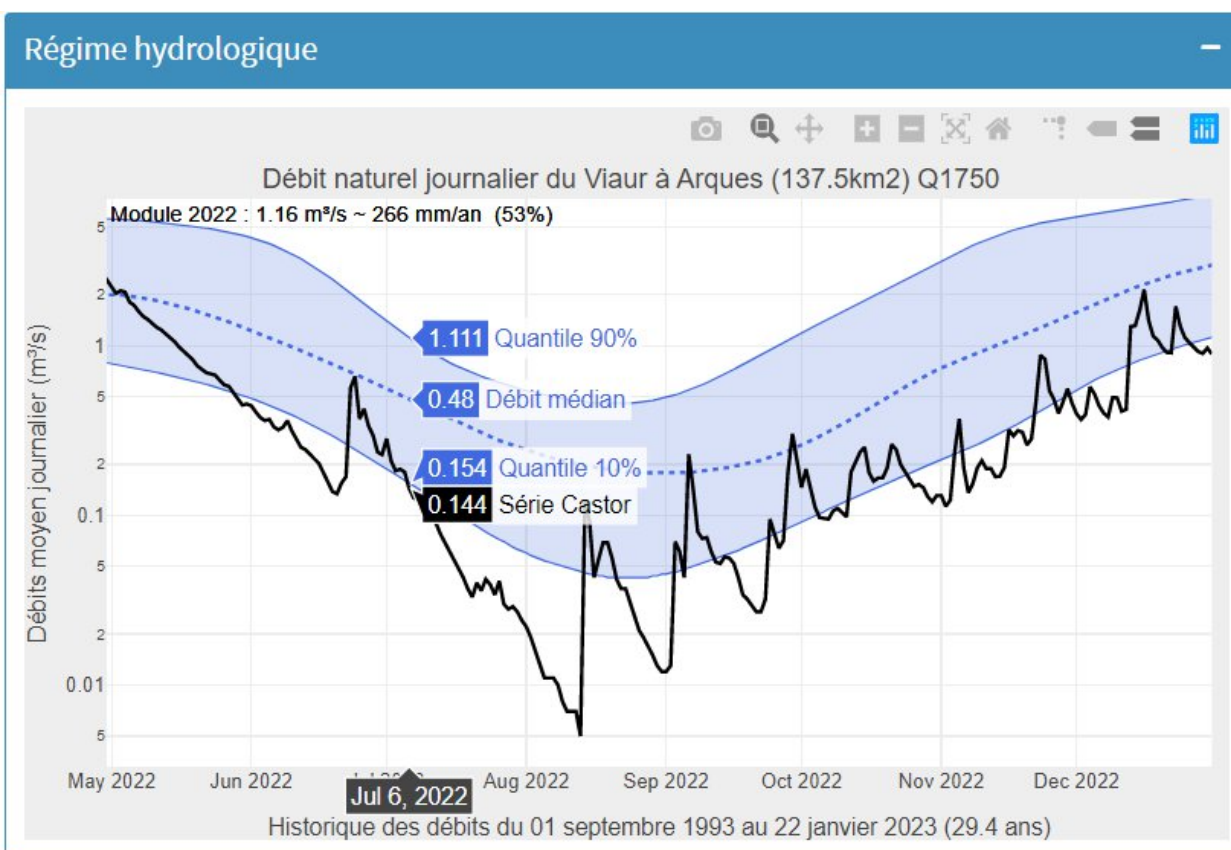
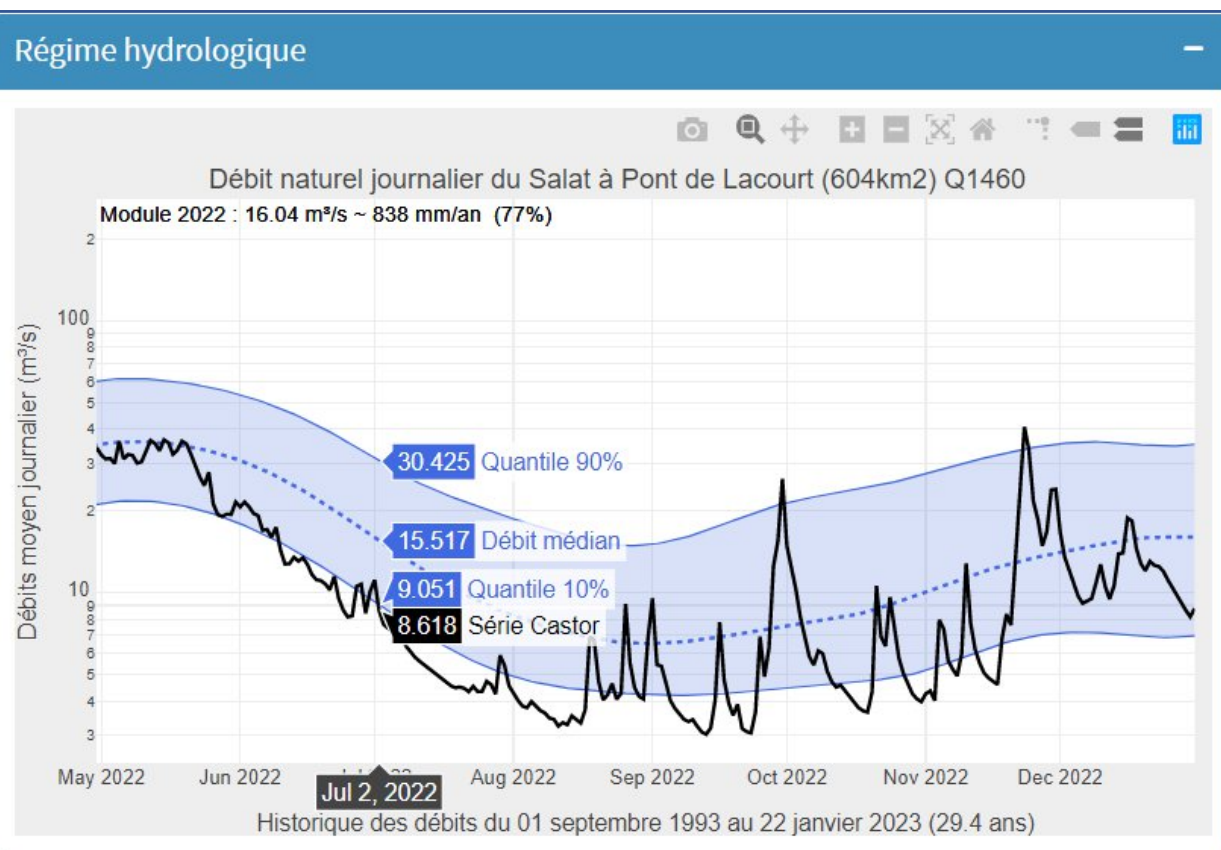
9 (DOE), 12, 14, 16 ou 18 m³/s.



Etiage 2022 :
Q Index < DOE
Q Entraygues > DOE



Début juillet : le Q10 est franchi sur de nombreux bassins



Dès la première décade de juillet, de nombreuses stations passent sous le quantile 10% (calculé sur 30 ans), en particulier sur les bassins du Tarn, de l'Aveyron, de la Truyère et du Lot (16/21)

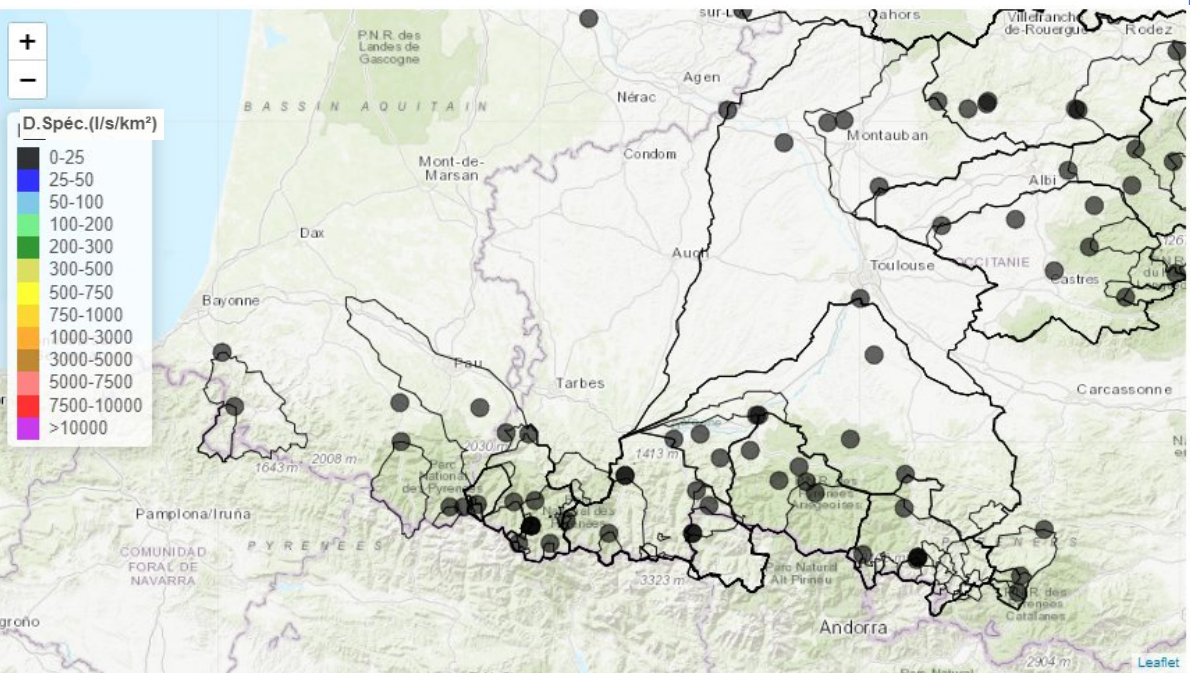
Plan d'action classique et complément pour 2022

- En préalable au soutien d'étiage, réaliser des mesures contradictoires DREAL/DTG à :
 - Foix (Ariège)
 - Entraygues (Lot à l'aval de la confluence avec la Truyère)
- Mesurer et retracer si besoin les courbes de tarages contractuelles de l'Index Lot (priorité 1) et des stations cogérées avec la DREAL
- Mesurer les gammes non explorées des courbes de tarage en vigueur et retracer si besoin, vérifier et modifier les zones douteuses des courbes de tarages dans le superviseur
- Contrôler en temps réel les cohérences amont/aval
- Et pour 2022 :
 - Identifier les min. jaugés historiques (gammes d'écoulements jamais mesurés)
 - Contrôler les récessions et programmer des mesures en lien avec les prévisions météo
 - Communiquer avec les prévisionnistes EDF-DTG sur les sensibilités des courbes de tarage à bas débit



Superviseur Débit spécifique

Notre superviseur de données permet le suivi des débits spécifiques sur les stations. La gamme la plus faible couvre la plage 0-25 l/s mais les débits spécifiques 2022 étaient nettement plus faibles :



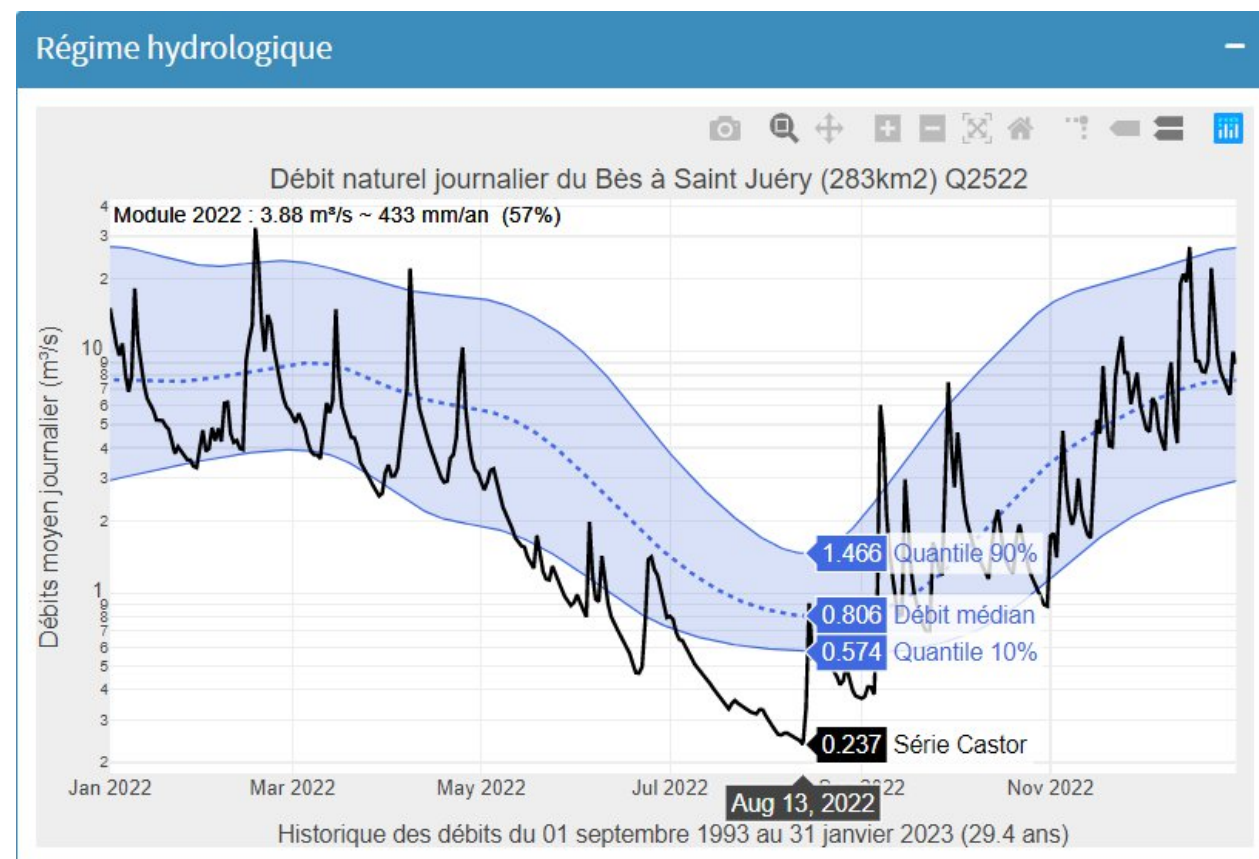
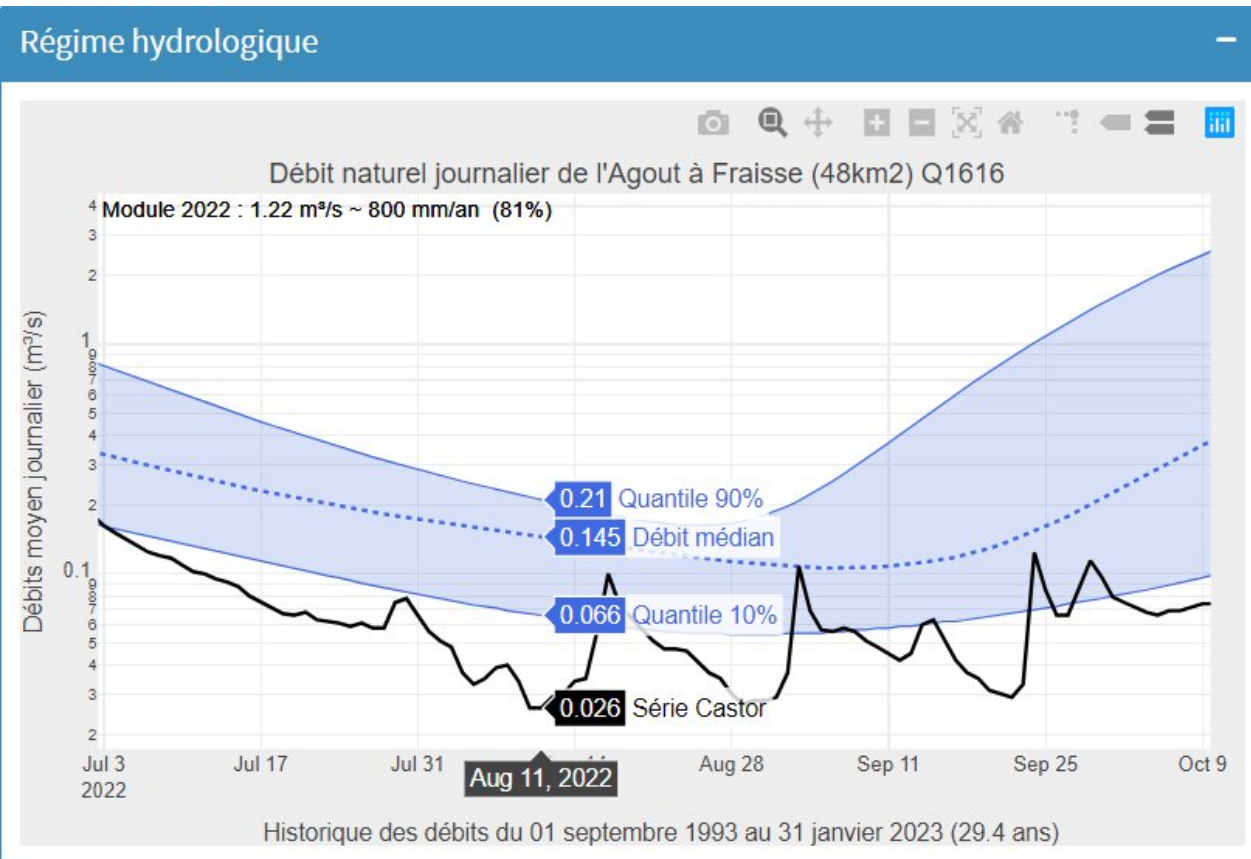
Situation au 30/08/2022 (stations EDF-DTG et DREAL)



Bassin versant	Station Q naturel	BV km ²	Q spécifique mesuré l/s/km ²
Lot (Truyère)	Bromme@Brommat*	111	0,26
Lot (Truyère)	Lander@St Georges	310	0,3
Tarn (Aveyron)	Viaur@Arques	138	0,31
Tarn (Agout)	Agout@Fraïsse*	48	0,81
Lot	Lot@Bramonas*	465	0,85
Tarn (Agout)	Arn@Taillades*	81	0,86
Tarn	Jonte@Meyrueis*	88	0,93
Lot (Truyère)	Bès@St Juéry	283	0,95
Lot	Boralde@Castelnau de M*	53	1,38

* Min jaugé historique

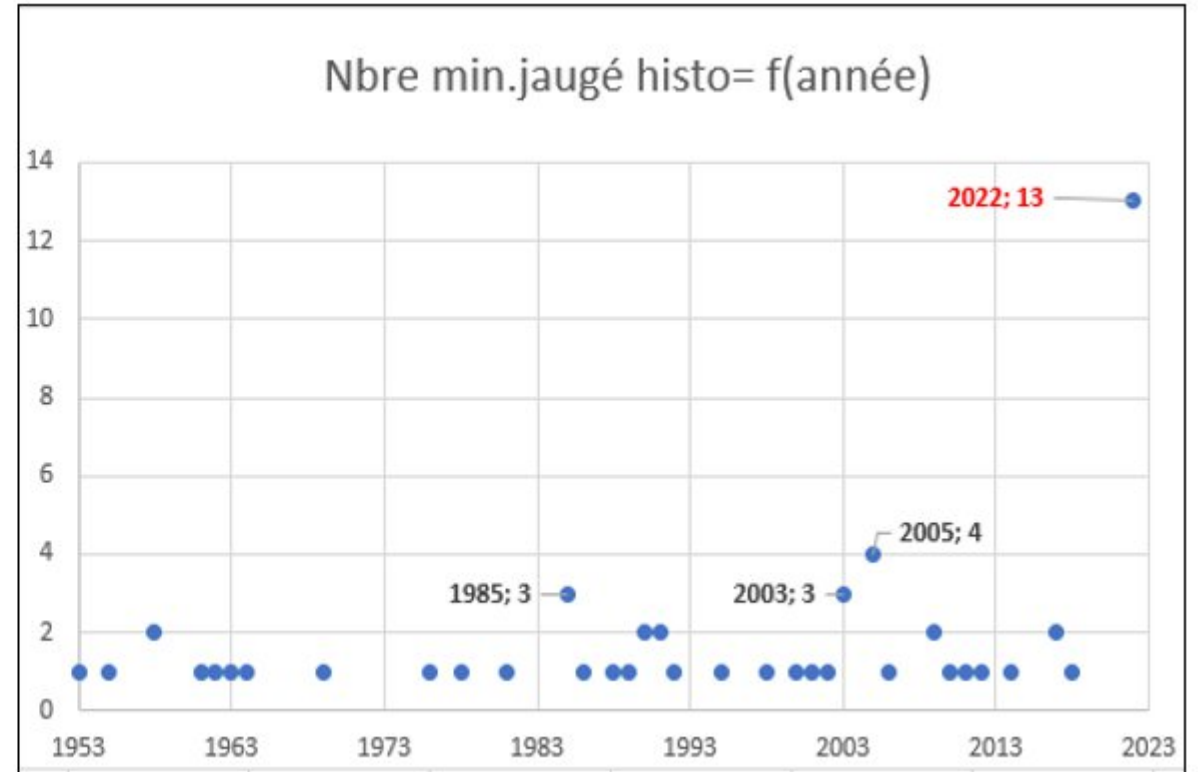
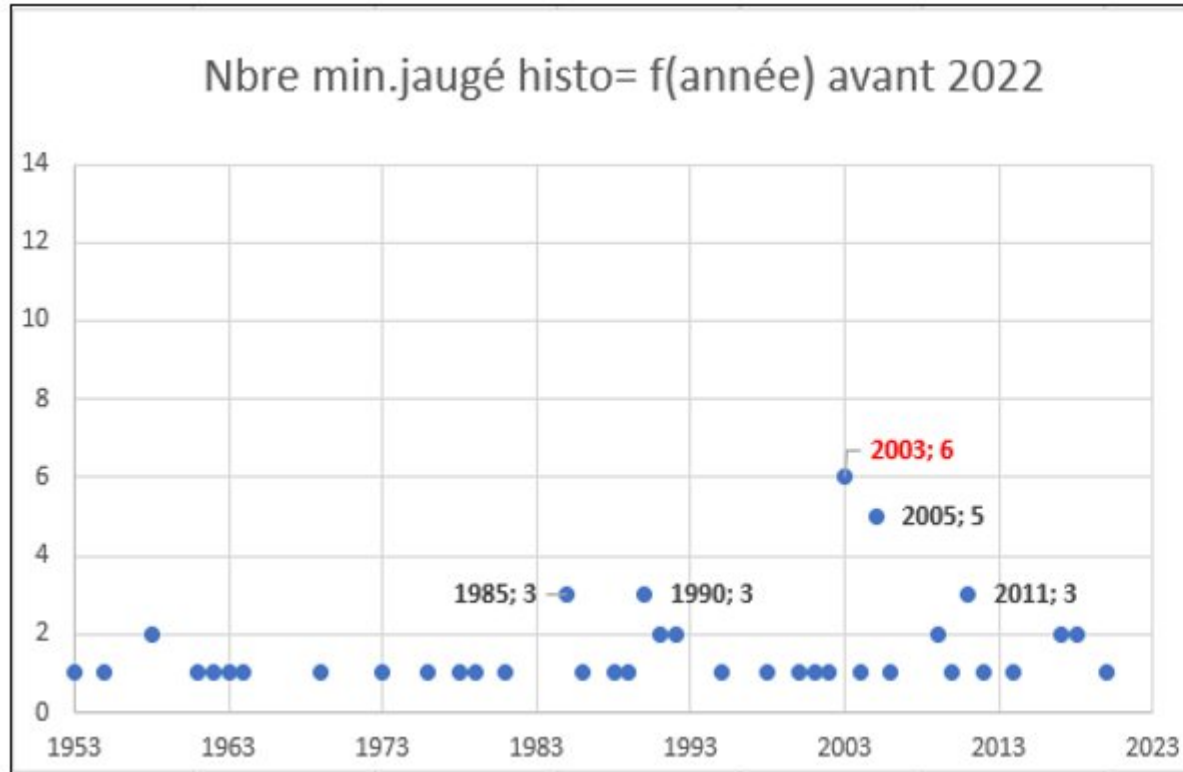
Mi août 2022 : le Q min. sur de nombreux bassins



Sur la plupart des bassins, les étiages les plus faibles ont été observés mi-août, période où les effectifs de jaugeurs étaient limités.

L'équipe réduite sera également sollicitée sur la Loire et réalisera le min. jaugé historique sur la Loire à Belleville, le 17/08/2022.

Répartition des min. jaugés selon les années



Si on retrouve certaines années d'étiage sévère (2003, 2005) dans la répartition des min. jaugés, l'organisation mise en place en 2022 a permis d'augmenter significativement les mesures dans des gammes jamais jaugées à ce jour.

Des min. jaugés réalisés significatifs

Des min. jaugés historiques ont été réalisés sur certaines stations gérées depuis longtemps par EDF :

- Fraïsse depuis 1950
- Brommat, depuis 1961
- Bramonas, depuis 1965



Brommat (111 km²) 9 août 2022, 29 l/s (± 2 l/s)

Sur les 13 min. jaugés réalisés, 8 permettront de préciser des courbes de tarage.

Min. jaugé réalisé	Précédent m ³ /s	2022 m ³ /s	Écart 2022 / ancien min. jaugé %
Rance@St Sernin	0,010	0,005	-50
Mossau@Peyrifabre	0,072	0,037	-49
Jonte@Meyrueis	0,120	0,082	-32
Aveyron@St Antonin	2,96	2,03	-31
Boralde@Castelnau de M.	0,100	0,073	-27
Tarn@Lafrançaise	21,1	15,9	-25
Salat@Roquefort	5,35	4,04	-24
Agout@Fraïsse	0,050	0,039	-22
Bromme@Brommat	0,037	0,029	-22
Lot@Bramonas	0,502	0,396	-21
Garonne@Trescasses	42,7	36,0	-16
Arn@Taillades	0,078	0,070	-10
Tarn@Brousse	9,28	9,11	-2

Des min. jaugés manqués, ou qui auraient pu être plus faibles...

Nous n'avons pas pu être partout...

Station	Min. jaugé histo. m³/s	date	Min enregistré en 2022 selon la courbe de tarage	Ecart %
Viaur@Arques	0,029	30/08/2017	0,01	-66
Goul@Cazottes	0,248	04/10/2011	0,15	-40
Garonne@La Réole	81,7	22/07/2003	60	-27
Lot@Cahors	13,4	04/08/2009	11	-18

Et sur les 13 min. jaugés réalisés, près de la moitié auraient pu être encore plus faibles

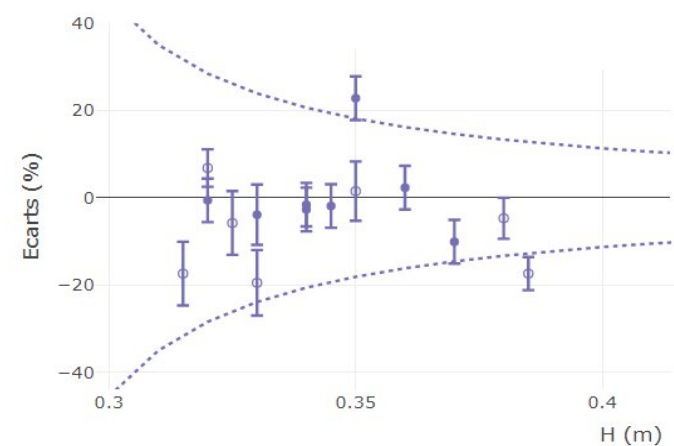
Min. jaugé réalisé	2022 m³/s	Incertitude min jaugé l/s (Oursin / Flaure)	Min enregistré selon la courbe de tarage	Ecart %
Arn@Taillades	0,070	± 4	<0,04	-43
Aveyron@St Antonin	2,03	± 140	1,5	-26
Agout@Fraïsse	0,039	± 3	<0,03	-23
Jonte@Meyrueis	0,082	± 5	<0,07	-15
Lot@Bramonas	0,396	± 20	0,35	-12
Rance@St Sernin	0,005	13	assec	-



Remarque : sur les Pyrénées (Gaves et Aude), les débits min. enregistrés sont restés > aux min. historiques mesurés

Des incertitudes de mesures plus faibles que les sensibilités des CT

La **sensibilité** représente l'écart que l'on peut avoir sur la valeur du débit donnée par la courbe de tarage lorsqu'on fait varier la hauteur d'eau de $\pm 1\text{cm}$. **En étiage, cet écart peut être très important, selon la station.**

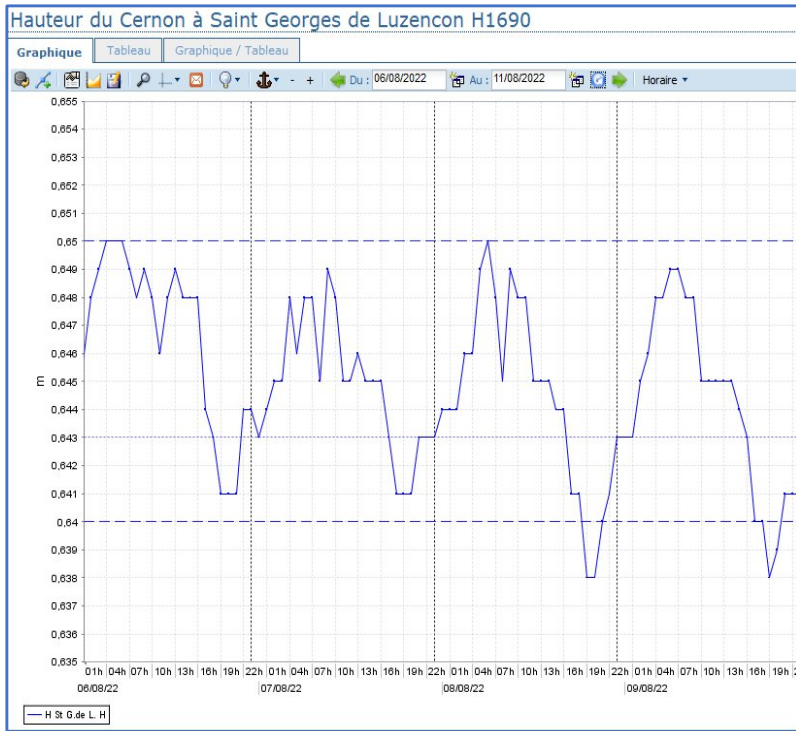


En étiage sévère, le jaugeage, même avec son incertitude, reste le meilleur indicateur de l'écoulement.

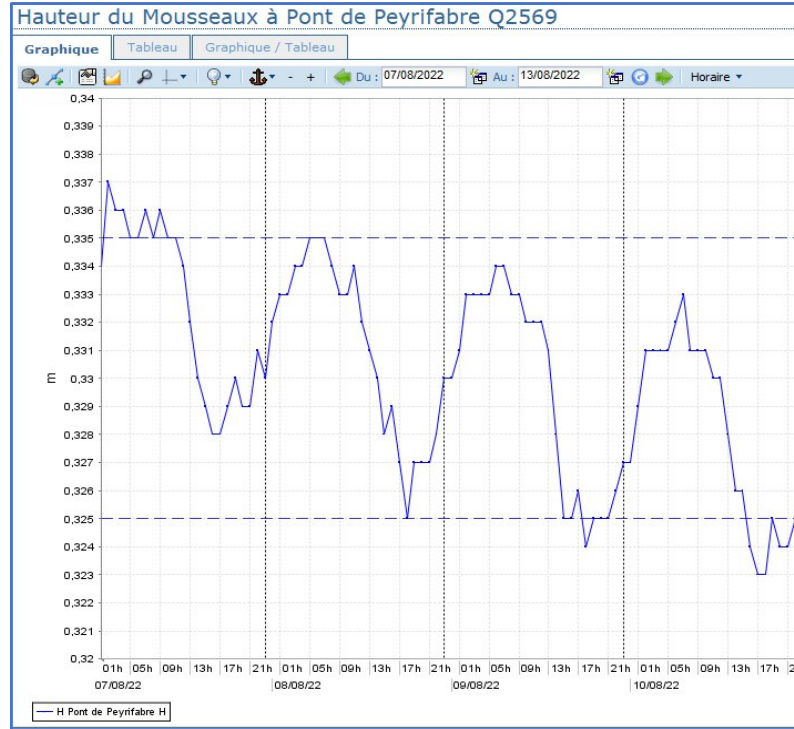


Min. jaugé réalisé	Incertitude min jaugé % (Oursin / Flaure)	Sensibilité de la CT en vigueur lors du jaugeage %
Jonte@Meyrueis	± 6	± 60
Rance@St Sernin	± 13	± 33
Aveyron@St Antonin	± 7	± 32
Salat@Roquefort	± 9	± 20
Agout@Fraïsse	± 8	± 19
Bromme@Brommat	± 5	± 18
Mossau@Peyrifabre	± 11	± 18
Arn@Taillades	± 6	± 15
Lot@Bramonas	± 5	± 12
Boralde@Castelnau de M.	± 6	± 12
Tarn@Lafrançaise	± 5	± 6
Tarn@Brousse	± 6	± 4
Garonne@Trescasses	± 4	± 3

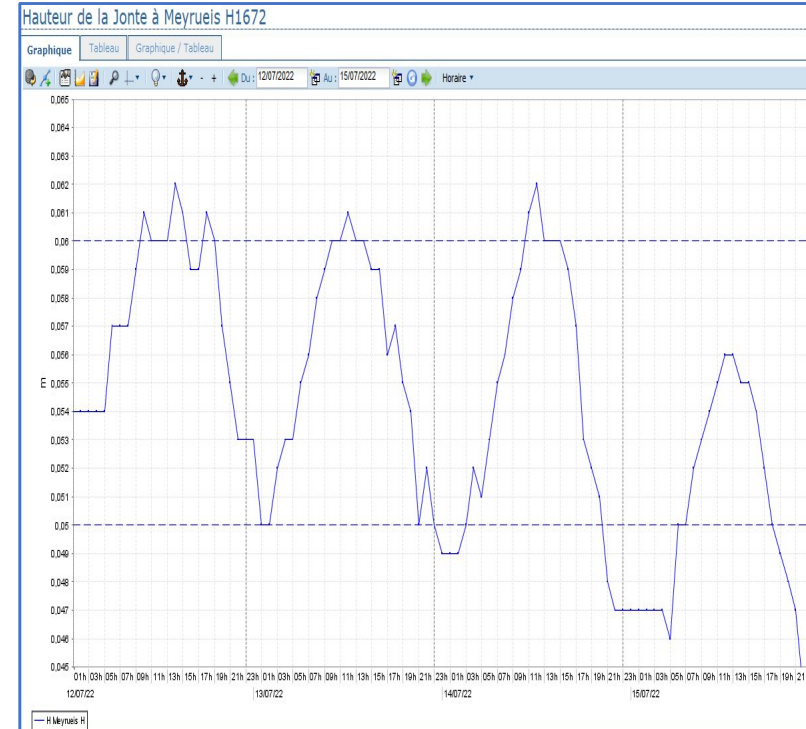
Problème des fortes températures influençant la mesure de hauteur



Capteur : bulle à bulle



Capteur : radar



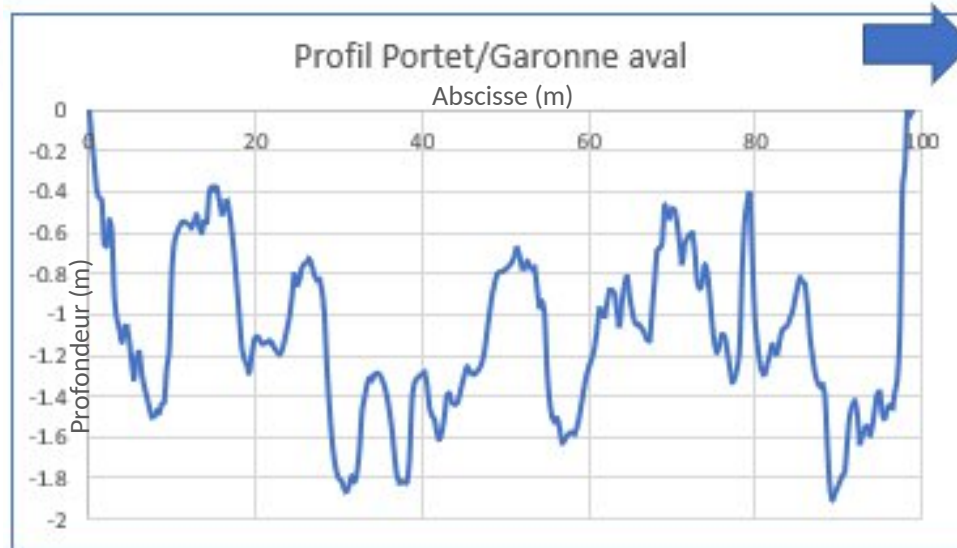
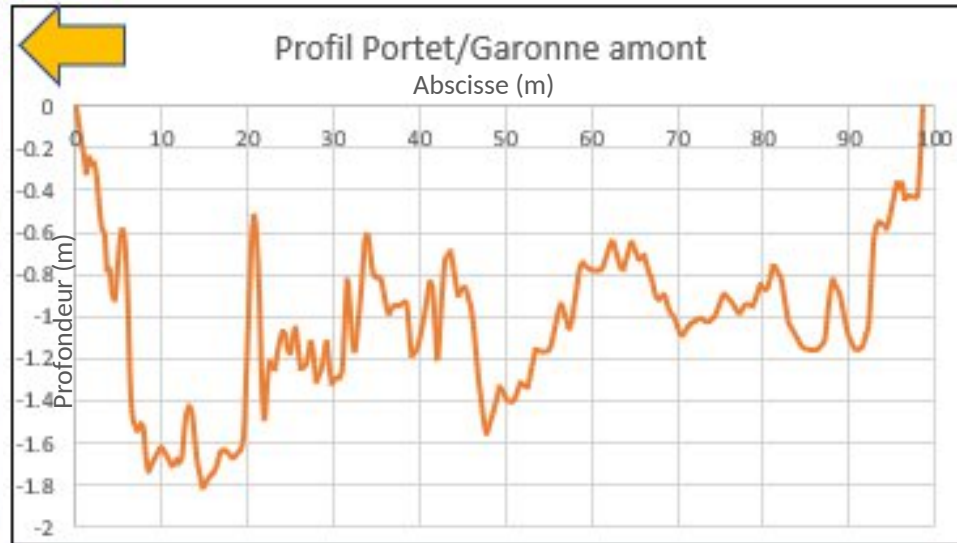
Capteur : piézomètre

Des oscillations sur les valeurs de hauteur d'eau ont été observées sur plusieurs stations (amplitude de l'ordre de 1 cm) :
Problème de compensation en température des capteurs, dilation thermique des structures supportant les radars,
influence infra-journalière de la ripisylve..?

Problème des sections de mesure en étiage : Portet/Garonne (DOE)



Mesure à $42,6 \text{ m}^3/\text{s}$ (incertitude à 95% : 5%)



Mesure à $40,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (incertitude à 95% : 4%)

Problème des sections de mesure en étiage : Villemur/Tarn (DOE)



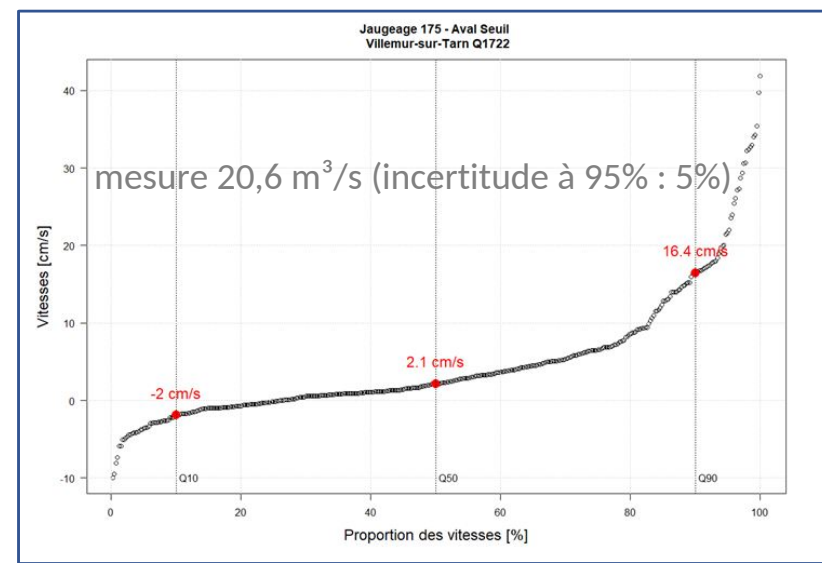
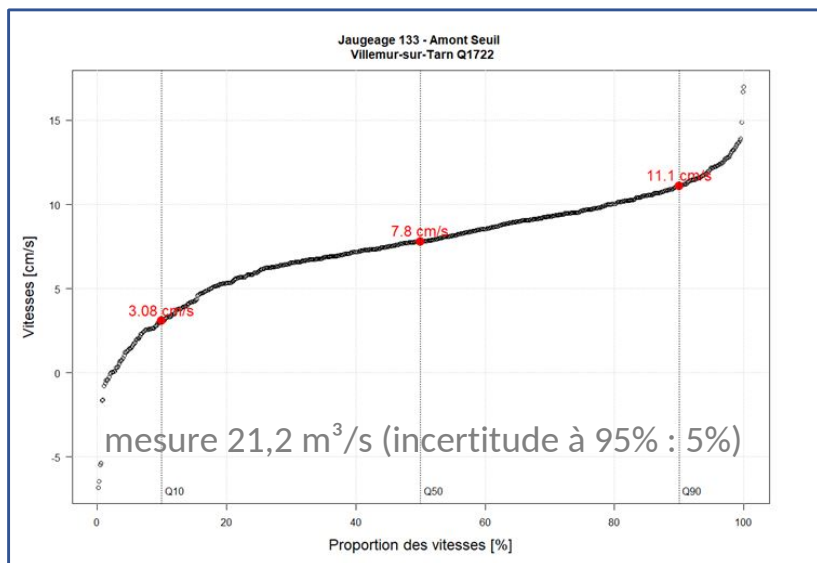
Vitesses minimum préconisées par les constructeurs ADCP :

- 5 cm/s pour le Streampro RDI
- 4 cm/s pour le M9 Sontek



Section de mesure à l'aval du seuil non adaptée à la mesure en étiage
(+ de 60 % des vitesses mesurées < 5 cm/s)

Une mesure en étiage sévère nécessite de chercher la meilleure (ou moins mauvaise) section de mesure et cela peut prendre du temps



Problème de cohérence amont-aval : Lamagistère (DOE)

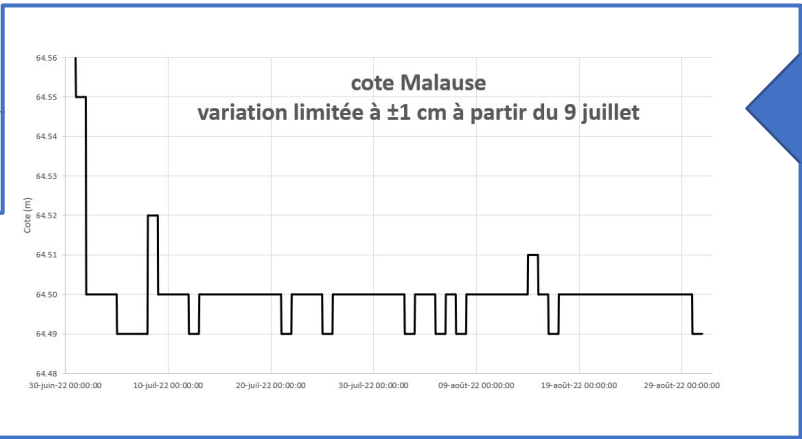


Garonne@ Lamagistère 32350 km²

date	debit	ecart	incertitude
08/09/2022	61,00 m³/s	4%	5%
04/08/2022	51,71 m³/s	4%	6%
20/07/2022	66,60 m³/s	-2%	6%
11/07/2022	63,65 m³/s	0%	

Canal alimentant l'usine hydraulique de Golfech, les prises d'eau pour les tours de réfrigération du CNPE (0,8 m³/s évaporé/tranche) et la réalimentation du canal latéral à la Garonne (2 m³/s)

2,8 m³/s cet été



Tronçon court-circuité de la Garonne, de 16 km de long et équipé de plusieurs seuils favorisant la réalimentation de la nappe phréatique

Tarn@Lafrançaise 15100 km²

date	debit	ecart	incertitude
04/08/2022	15,89 m³/s	0%	5%
12/07/2022	19,75 m³/s	-9%	6%
14/06/2022	35,20 m³/s	8%	7%

Barrage de Malaussé

Garonne@Trescasses 15200 km²

date	debit	ecart	incertitude
24/08/2022	36,05 m³/s	-3%	4%
12/07/2022	47,35 m³/s	-1%	5%

Cohérence amont-aval : un bilan pas évident !

En temps réel, on observe une incohérence amont-aval pour des débits $< 90 \text{ m}^3/\text{s}$

La prise en compte des débits sortant ($2,8 \text{ m}^3/\text{s}$) ne permet pas de boucler le bilan : $\Delta : -4 \text{ m}^3/\text{s}$

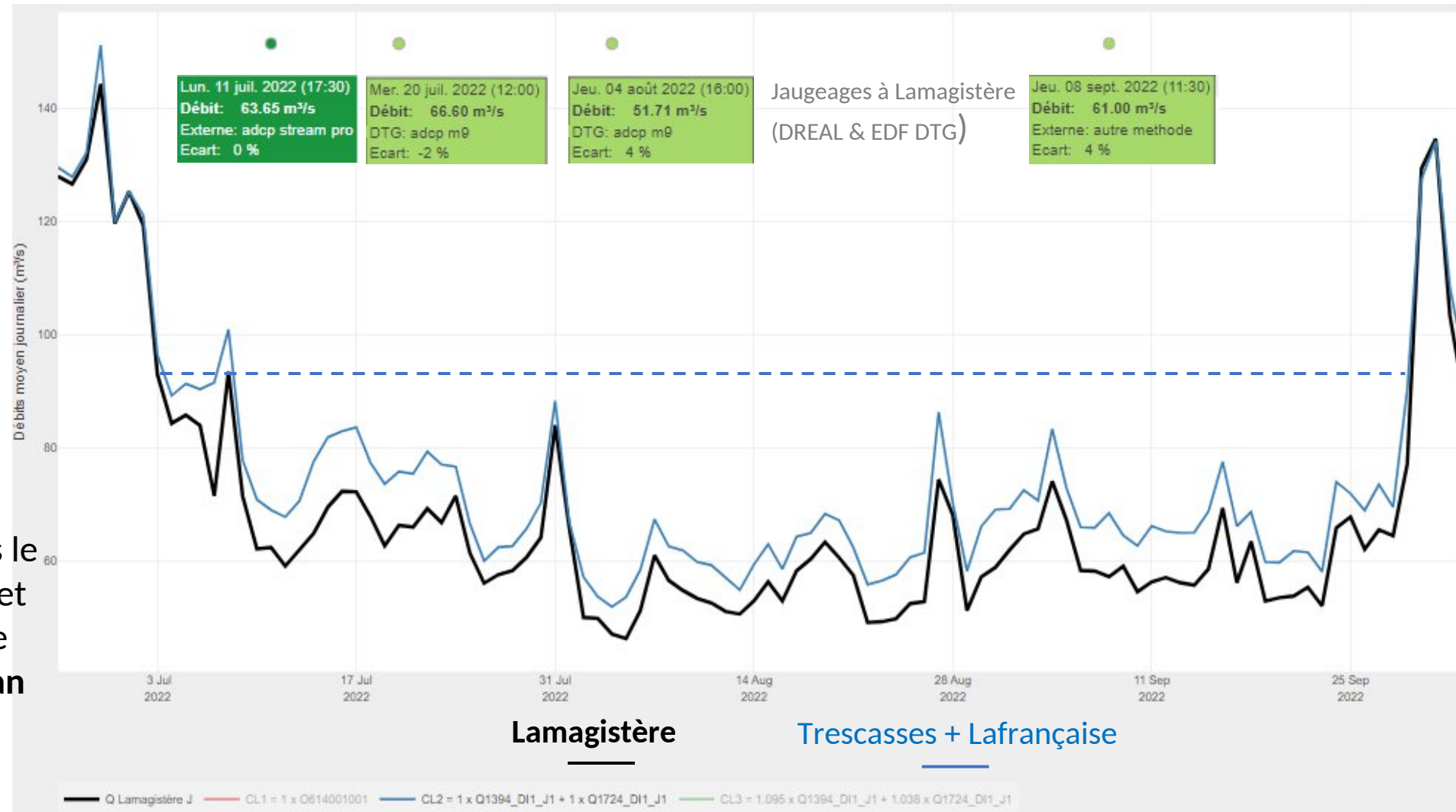
La cohérence serait retrouvée avec :

QMJ stations amont : -3%

QMJ Lamagistère : $+3 \%$

Incertitude sur les CT, évaporation à Malause et dans le tronçon court-circuité (16 km) et volumes infiltrés dans la nappe permettraient d'affiner un bilan difficile à faire en temps réel.

QMJ Lamagistère (32350 km^2) vs QMJ stations amont (30300 km^2)*



* Le graphique ne tient pas compte du débit sortant ($2,8 \text{ m}^3/\text{s}$)

Conclusions et perspectives

La période d'étiage sévère 2022 a permis de replacer la mesure (le jaugeage) au cœur des enjeux
à La mesure ponctuelle est bien souvent plus précise que la valeur donnée par la courbe de tarage

La réalisation des min. jaugés contribue à améliorer les modèles hydrologiques (utilisés pour la critique des données, la prévision opérationnelle, les études –notamment sous hypothèse de changement climatique) en diminuant les incertitudes des chroniques de débits dans les gammes des très faibles débits

A l'image de ce qui est déjà opérationnel avec la DREAL Occitanie pour les crues, **une étroite coopération** – notamment pour la planification des jaugeages - **est à renforcer pour les mesures lors des étiages sévères**

Les sections de mesures des stations d'hydrométrie ne sont pas toutes adaptées à la mesure d'un étiage sévère ☾ **nécessité de communiquer sur les incertitudes associées aux données**

Les enjeux de l'hydrométrie, initialement positionnés sur les crues, se recentrent sur les étiages
à Nécessité de repenser nos organisations et les méthodes de mesure

Conclusions et perspectives

Les techniques de jaugeage actuelles peuvent s'avérer inopérantes dans des conditions d'étiage sévère
Les techniques de mesure de niveau d'eau peuvent également présenter des limites

☾ **Veille technique nécessaire pour améliorer la « boîte à outils » de l'hydromètre** et être en mesure de répondre aux enjeux



Valorisation de l'imagerie **pour contrôler le bon fonctionnement des capteurs** limnimétriques et la **surveillance des contrôles hydrauliques**

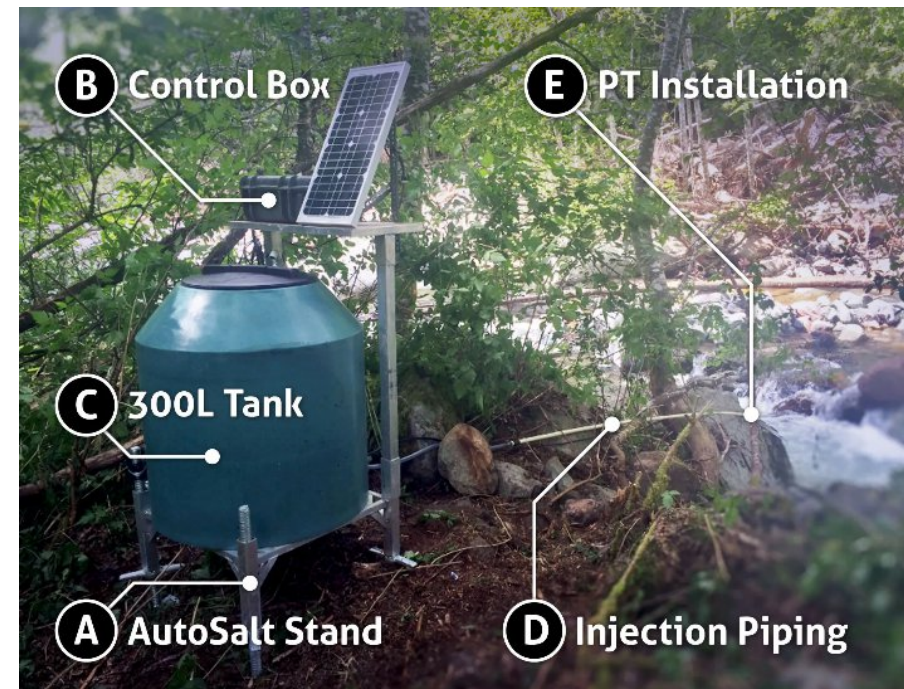


Photo : Fathom Scientific

Qualification de techniques de **mesure de débit par dilution automatique** ☾ suivi renforcé des débits d'étiage

MERCI DE VOTRE ATTENTION !



St Juéry (283 km²) - 9 août 2022 : Q mesuré 269 l/s (+/- 13 l/s) - min jaugé : : 258 l/s le 3 août 1962