

Bilan hydrologique du bassin versant de la Durance

Été 2022



En résumé

Le bassin de la Durance a connu une sécheresse exceptionnelle cet été. Une sécheresse d'une telle intensité n'avait pas été observée sur le bassin depuis la construction des grands aménagements multi-usages en 1960. Elle peut s'expliquer par la conjonction de trois facteurs principaux :

- **Un déficit pluviométrique** marqué à partir du mois de janvier, se traduisant en un enneigement faible, le plus faible depuis 1960 ;
- **Une période printemps-été la plus chaude depuis 1960** (seulement comparable à 2003) ayant accéléré le processus de fonte nivale et l'assèchement des sols ;
- **Une pluviométrie faible au printemps et en été** qui n'est pas venu pas compenser la diminution précoce des débits des cours d'eau.

Les mesures de débits effectués en Durance cet été montrent sur certains secteurs des apports réduits de moitié en comparaison aux années précédentes.

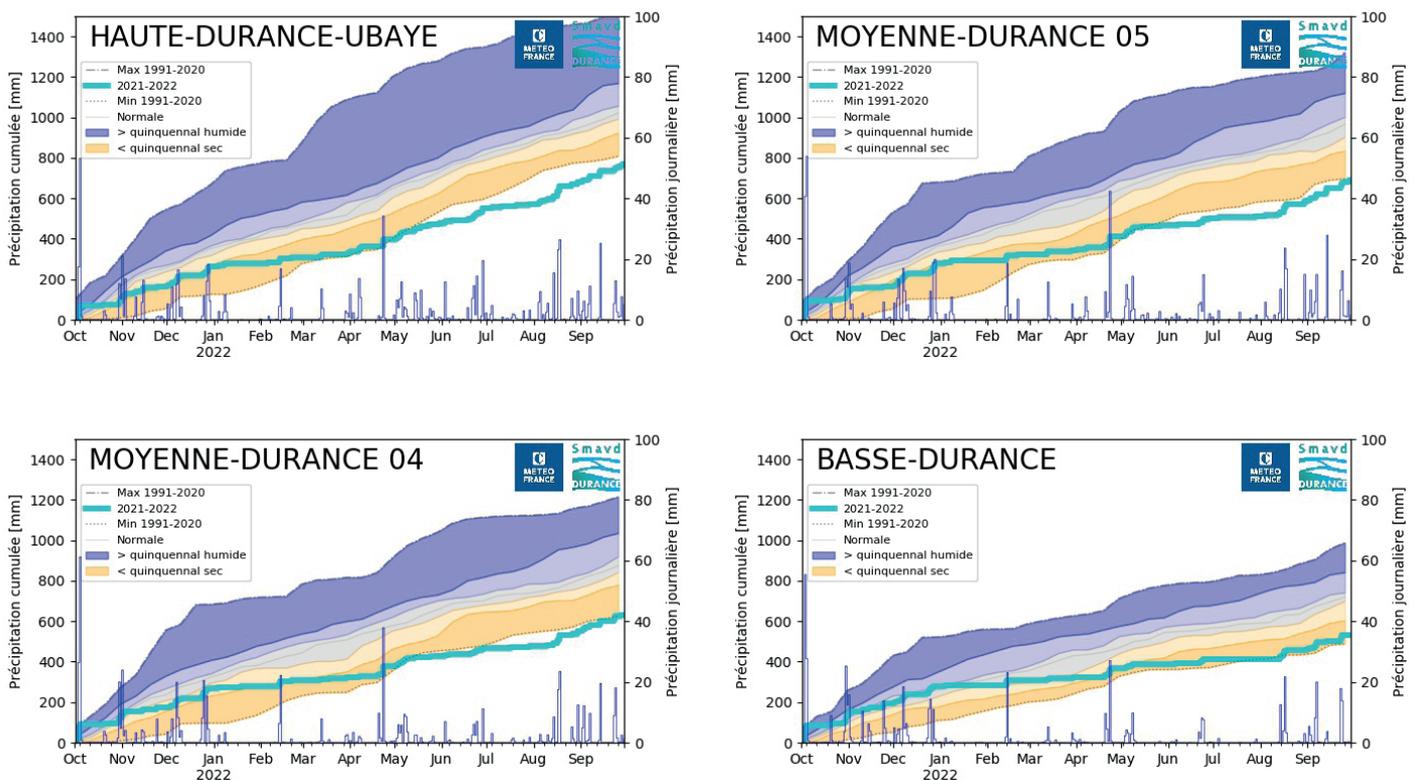
Une quasi-absence de précipitations depuis le mois de janvier

En considérant le début de l'année hydrologique en octobre, on observe sur les graphiques de la Figure 1 que le cumul de précipitations observées au début du mois d'avril était déjà très déficitaire sur tout le bassin de la Durance, du fait notamment de l'absence

de précipitations significatives dès le mois de janvier. Les cumuls début avril correspondaient globalement au minimum des 30 dernières années.

Figure 1 :

Précipitations observées en 2022 et enveloppes statistiques. Elaboration : SMAVD à partir de données Météo-France



Une quasi-absence de précipitations depuis le mois de janvier

La sécheresse déjà installée au début du printemps

s'est ensuite aggravée du fait du peu de précipitations observées dans les mois qui ont suivi, jusqu'à la deuxième quinzaine d'août. En conséquence, le déficit pluviométrique s'est creusé pour atteindre des niveaux largement inférieurs aux minimum des 30 dernières années, notamment sur la haute et la moyenne Durance.

Si l'on considère la période de janvier à septembre, le déficit pluviométrique sur le bassin est de l'ordre de -40%, relativement moins important sur la haute Durance (-29%) du fait des orages intervenus à partir de la mi-août ; et plus important en basse Durance (-48%) comme présenté dans le Tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 :

Précipitations observées en 2022 et rapport à la normale. Elaboration : SMAVD à partir de données Météo-France

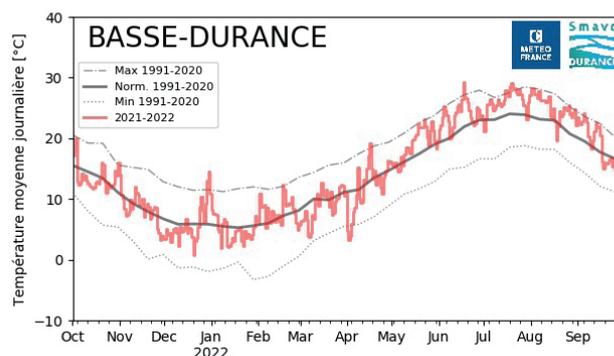
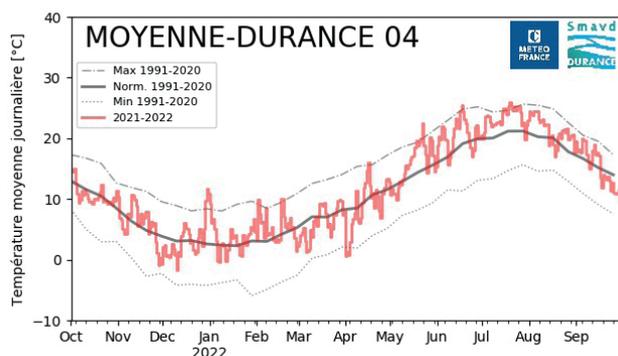
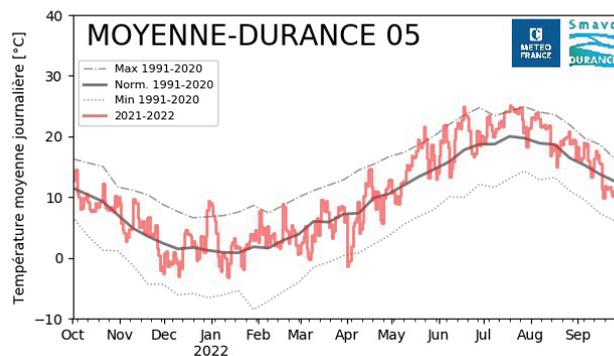
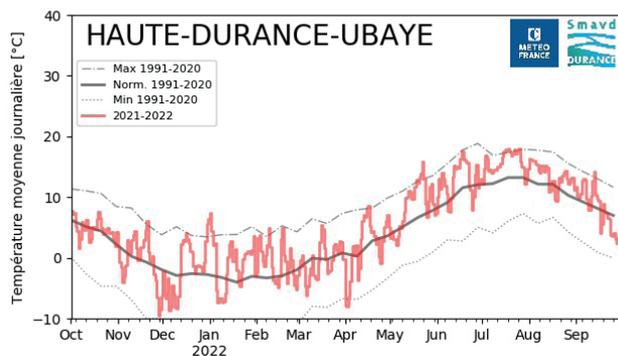
2022	Cumul 01jan-30sept [mm]	Normale 1991-2020 [mm]	Ecart à la normale précipitations [%]
Bassin Durance	390	630	-38%
Haute Durance Ubaye	510	720	-29%
Moyenne Durance 05	410	640	-36%
Moyenne Durance 04	360	590	-39%
Basse Durance	250	480	-48%

Une succession de vagues de chaleur depuis le mois d'avril

Comme on l'observe sur les graphiques de la Figure 2, la fin du printemps et l'été ont été marqués par une succession de vagues de chaleur avec des températures de 3 à 5 °C supérieures aux normales saisonnières, et flirtant avec les températures maximales observées ces 30 dernières années. Quelques orages sont venus interrompre très ponctuellement ces vagues de chaleur en permettant un rafraîchissement relatif, sans toutefois descendre en-dessous des normales de saison.

Figure 2 :

Températures observées en 2022. Elaboration : SMAVD à partir de données Météo-France



Une succession de vagues de chaleur depuis le mois d'avril

Sur la période d'avril à septembre les températures sont environ 2°C supérieures aux normales saisonnières estimées sur la période 1991-2020, comme illustré dans le Tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 :

Températures observées en 2022 et rapport à la normale. Elaboration : SMAVD à partir de données Météo-France

2022	Moy. 01avr-30sept [°C]	Normale 1991-2020 [°C]	Ecart à la normale précipitations [°C]
Bassin Durance	15.6	13.6	1.9
Haute Durance Ubaye	10.2	8.2	2.0
Moyenne Durance 05	16.6	14.8	1.8
Moyenne Durance 04	17.6	16.0	1.6
Basse Durance	20.6	19.0	1.9

Un indice d'humidité du sol au plus bas à partir de juin

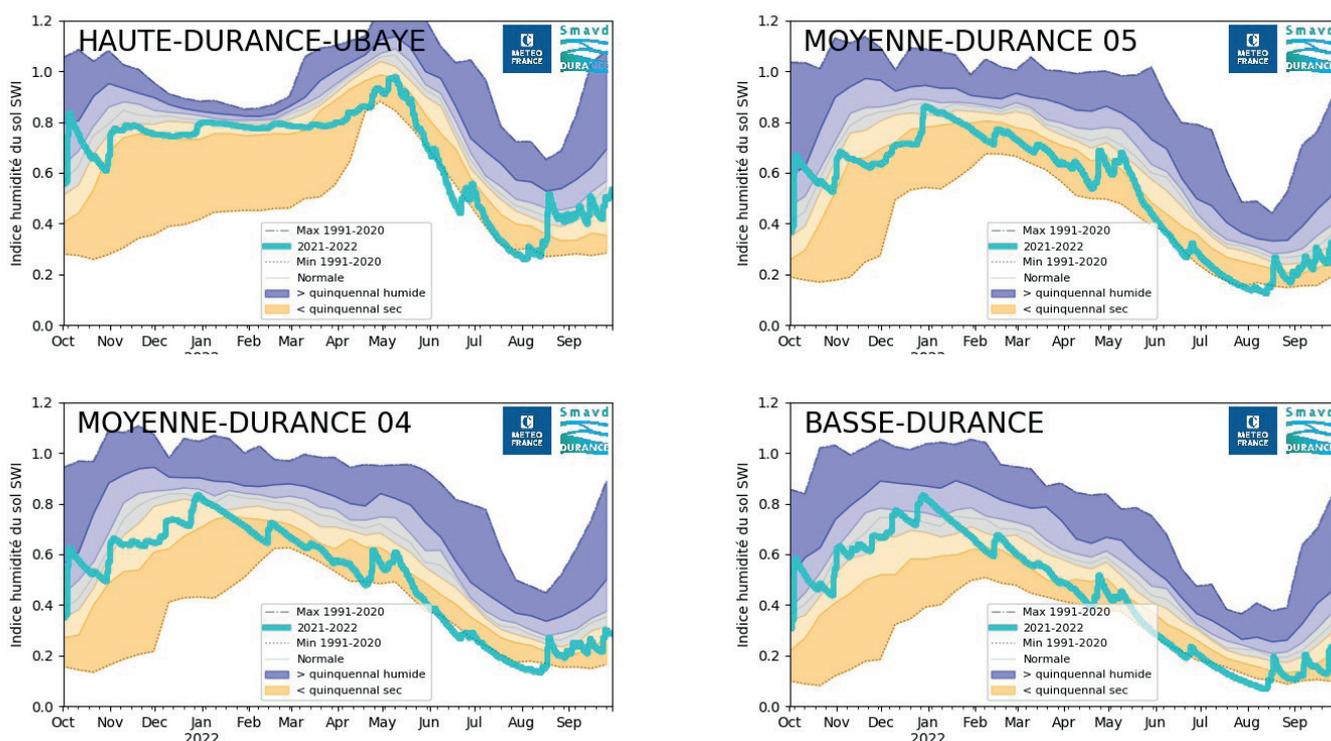
L'absence de précipitations et les températures élevées observées tout au long de l'été ont amené à un assèchement précoce et très marqué des sols, avec pour conséquence des besoins en eau accrus pour l'irrigation. Comme illustré sur la Figure 3 ci-dessous, les niveaux de l'indice d'humidité des sols sont proches voire en-dessous des niveaux minimaux de la période 1991-2020. A la mi-août, l'indice d'humidité du sol atteint sa valeur minimale, inférieure au minimum de la période 1991-2020. Après la mi-août, on observe une augmentation de l'indice d'humidité du sol du fait des orages observés, notamment sur la haute Durance.

L'indice d'humidité des sols

L'indice d'humidité des sols ou SWI (de l'anglais Soil Wetness Index) est un indicateur qui représente, sur une profondeur d'environ deux mètres, l'état de la réserve en eau du sol par rapport à la réserve utile (eau disponible pour l'alimentation des plantes). Plus il est bas, plus les cultures ont besoin d'un apport d'eau complémentaire (irrigation) pour satisfaire leurs besoins d'évapotranspiration.

Figure 3 :

Indices d'humidité du sol modélisés en 2022. Elaboration : SMAVD à partir de données Météo-France



Mesures de débits en Durance : des apports réduits de plus de la moitié

Depuis 2017, le SMAVD effectue deux campagnes de mesures de débits par an sur la Durance, entre Serre-Ponçon et Avignon, à l'aide d'un profileur Doppler (ADCP) pendant les périodes d'étiage d'hiver (janvier-février) et d'été (juillet-août). Ces campagnes apportent des éléments permettant de mieux comprendre les interactions entre la rivière, ses affluents, sa nappe d'accompagnement, les nappes latérales et l'irrigation. On observe notamment que sur l'ensemble des tronçons, le débit augmente de l'amont vers l'aval, ce qui confirme le fait que les flux se font majoritairement de la nappe vers la rivière.

La campagne de l'été 2022 s'est déroulée entre le 8 et le 12 août. Une synthèse des résultats des campagnes d'été 2017-2022 est présentée dans le Tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3 :

Débits mesurés en Durance et apports cumulés en m³/s, campagnes d'été 2017 à 2022 (source SMAVD).

Apports cumulés (Buëch et Verdon exclus)										
Point	Commune	Débit réservé réglementaire	2017	2018	2019	2020	2021	Été 2022	Inc. 95% (m ³ /s)	Apports (m ³ /s)
Barrage d'Espinasse										
Amont	Rousset	4.1	6.1	5.4	4.9	4.6	4.9	4.5	± 0.4	
Aval	Tallard		7.6	5.8	5.7	6.7	8.4	5.3	± 0.3	0.8
Barrage de La Saulce										
Amont	La Saulce	4.4	6.1	5.7	5.1	5.5	5.5	4.9	± 0.3	
Aval	Sisteron		7.1	7.1	6.1	6.4	7.7	6.0	± 0.4	1.1
Barrage de St-Lazare										
Barrage de l'Escale										
Amont	Escale							8.6	± 0.6	
Amont	Les Mées	8.7	11.2	10.8	10.6	9.0	9.5	9.8	± 0.6	
Aval	Gréoux-les-Bains		Non jaugé	18.2	13.8	11.2	11.3	11.7	± 1.1	3.1
Barrage de Cadarache										
Amont	St-Paul-lès-Durance	9.0	11.5	10.6	9.2	9.1	9.4	9.2	± 1.0	
Aval	Charleval		14.8	14.8	13.5	14.2	14.1	11.0	± 0.7	1.8
Barrage de Mallemort										
Amont	Mérindol		7.7	9.4	9.0	9.0	9.1	9.2	± 0.6	
	Mallemort (restit.)	9.2	11.1	15.2	10.6	9.0	10.2			
Aval	Cabannes		17.9	22.1	13.0	11.9	16.8	10.4	± 0.6	1.2
Barrage de Bonpas										
Amont	Avignon	4.7	8.5	17.0	8.1	3.8	11.5	5.2	± 0.6	
APPORTS CUMULES en m³/s			>13	20	12	13	19			8

Les débits sont exprimés en m³/s.

A partir de l'année 2022, estimation de l'incertitude obtenue avec le logiciel QRevInt.

La vraie valeur de débit a une probabilité de 95% d'être dans la fourchette affichée.

Mesures de débits en Durance : des apports réduits de plus de la moitié

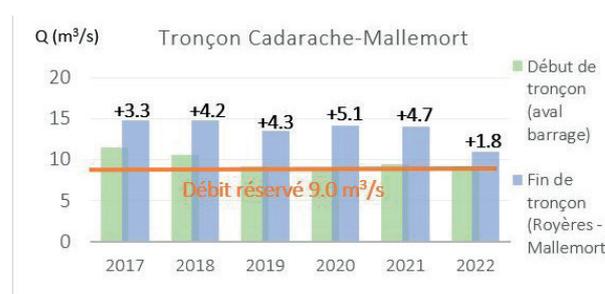
L'analyse des débits par tronçon (entre 2 barrages consécutifs) permet d'observer des apports cumulés (nappes, affluents et retours d'irrigation) réduits d'un tiers voire de moitié par rapport aux observations des années précédentes, notamment à l'aval de Cadarache (basse Durance). Cette baisse notable peut s'expliquer par plusieurs facteurs : l'hydrologie déficitaire du bassin qui a conduit à des apports réduits des affluents de la Durance (eaux de surface et eaux souterraines) ; les restrictions appliquées aux prélèvements des canaux qui a probablement conduit à une baisse des apports d'eau aux parcelles. Plus spécifiquement on observe :

- **Entre Espinasses et Sisteron** : des apports inférieurs à 1 m³/s, inférieurs aux apports des années précédentes (de 2 à 3 m³/s) ;
- **Entre l'Escale et Cadarache** : des apports de l'ordre de 2.5 m³/s similaires aux années 2019 et 2020 ;
- **Entre Cadarache et Mallemort** : des apports de l'ordre de 2 m³/s soit la moitié des apports observés les années précédentes (4-5 m³/s) (Figure 4a) ;
- **Entre Mallemort et Bonpas** : des apports de l'ordre de 1 m³/s soit une réduction particulièrement marquée par rapport aux années précédentes (entre 3 et 7 m³/s) (Figure 4b).

Sur ces deux derniers tronçons, où l'irrigation gravitaire tient encore une place importante, la forte baisse des apports latéraux est probablement attribuable en partie aux moindres volumes desservis aux parcelles du fait des restrictions mises en place sur les canaux.

figure 4a et 4b :

Débits mesurés et apports



Des satellites pour mieux connaître les terres irriguées par la Durance

Le SMAVD étudie les cultures et les surfaces irriguées par l'eau de la Durance grâce aux images satellite, afin de mieux connaître la consommation en eau des plantes et les quantités d'eau provenant de l'irrigation qui retournent aux milieux naturels environnants.

Ces travaux financés par le programme LIFE – Eau & Climat de la commission européenne et l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse ont démarré fin 2021 et viennent de s'achever. Ils ont donné lieu à un travail partenarial avec : d'une part, les scientifiques des laboratoires CESBIO (Toulouse) et TETIS (Montpellier) qui ont mis au point les méthodes permettant de suivre l'irrigation depuis les satellites ; d'autre part, les Chambres d'Agriculture départementales également intéressées par les résultats et disposant d'une bonne connaissance du terrain.

Les résultats de ce travail fournissent d'ores et déjà une donnée actualisée et spatialisée des cultures et des surfaces irriguées par l'eau de la Durance et de ses affluents. Et constituent une information essentielle pour caractériser les besoins en eau d'irrigation dans la maquette du partage de l'eau de



la Durance : C3PO. Ce travail offre ainsi des perspectives intéressantes pour la mise en place d'un suivi des cultures et de l'irrigation à l'échelle du bassin de la Durance. Les résultats seront prochainement disponibles sur le site du SMAVD.



ZOOM : Le principe du calcul du destockage de la réserve agricole de Serre-ponçon

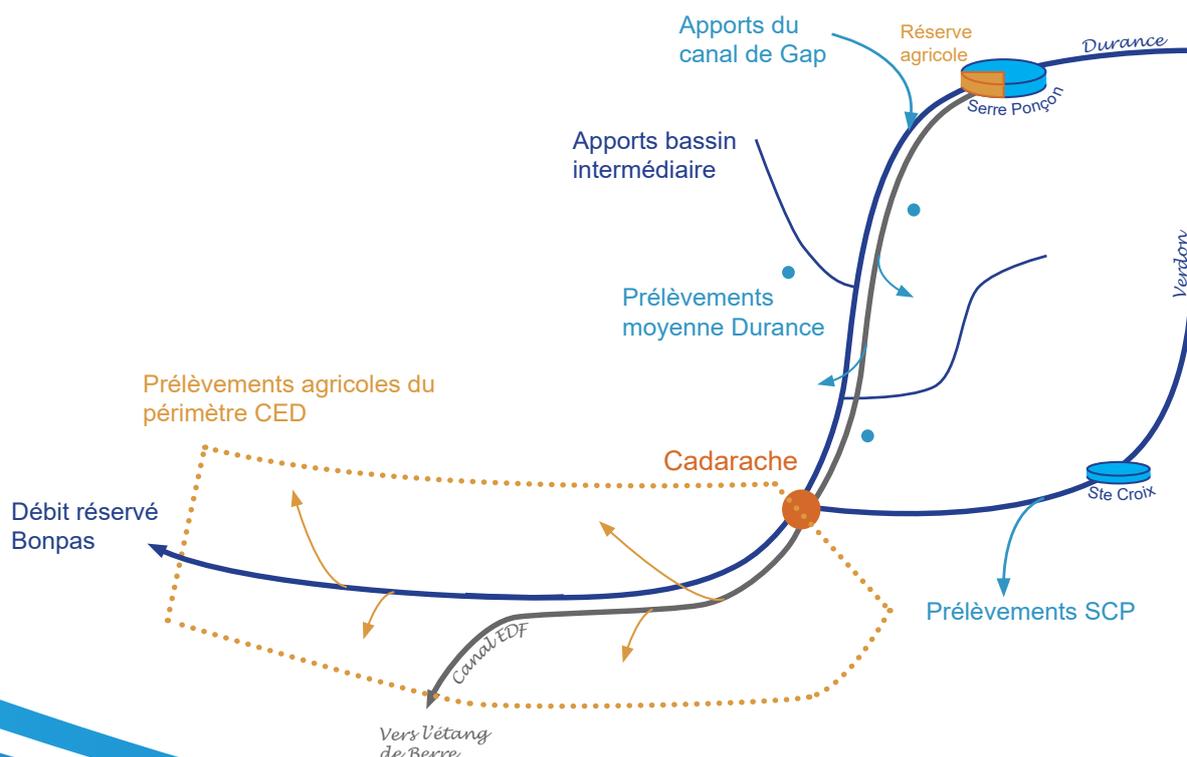
L'irrigation en basse Durance et la réserve agricole de Serre-Ponçon

Avant la construction de l'aménagement hydro-électrique multi-usages Durance-Verdon concédé à EDF, les canaux prélevaient l'eau directement dans la Durance. La ressource naturelle en été était souvent inférieure à la demande, ce qui a donné lieu à des conflits importants entre les canaux de basse Durance. La construction des grandes réserves de Serre-Ponçon et de Sainte-Croix a

permis de stocker l'eau de la fonte des neiges au printemps pour soutenir les usages aval en été ainsi que pour l'usage hydroélectrique. La convention EDF/Ministère de l'Agriculture de 1953 (annexée à la loi du 5 janvier 1955 relative à l'aménagement de la Durance) prévoit une réserve agricole de 200 millions de m³ dans le réservoir de Serre-Ponçon, mobilisable pour les canaux de la Basse Durance du 1^{er} juillet au 30 septembre.

Figure 5 :

Principe de calcul du destockage de la réserve agricole de Serre-Ponçon. Elaboration : SMAVD



ZOOM : Le principe du calcul du destockage de la réserve agricole de Serre-ponçon

Le calcul du destockage

L'utilisation (ou déstockage) de cette réserve agricole sur Serre-Ponçon permet de compléter la ressource naturelle à hauteur des besoins des canaux pendant la période estivale.

La Commission Exécutive de la Durance est chargée de la gestion de la réserve agricole et de la répartition des eaux entre les canaux de la Basse Durance. Si les prélèvements des canaux de la CED sont inférieurs à la ressource naturelle, il n'y a pas de déstockage de la réserve agricole de Serre-Ponçon. En revanche, si ces prélèvements sont supérieurs à la ressource naturelle, on considère que Serre-Ponçon apporte de l'eau et la réserve est déstockée de la différence.

Le calcul du déstockage implique de suivre plusieurs variables pendant toute la saison d'irrigation et notamment :

- les prélèvements des canaux de la CED ;
- la ressource naturelle reconstituée à Cadarache disponible pour la CED.

Les prélèvements des canaux de la CED sont mesurés par EDF et par la CED. En revanche, la ressource naturelle n'est pas mesurable aujourd'hui : en effet, le débit observé à Cadarache est influencé, du fait de l'existence des grandes retenues et de prélèvements en amont.

La ressource naturelle reconstituée à Cadarache reflète la Durance d'avant les aménagements. Elle est déterminée par un algorithme de calcul,



Barrage de Serre Ponçon

dont les principes sont ici schématisés :

- À partir des entrants de Serre-Ponçon et Sainte-Croix auxquels s'ajoutent les affluents de moyenne Durance et du Verdon ;
- Les prélèvements antérieurs à l'aménagement (1955) sont pris en compte : ils influent sur la ressource à Cadarache ;
- En revanche, l'influence des prélèvements postérieurs à l'aménagement (Article 50) est effacée. C'est une valeur forfaitaire issue du bilan réalisé dans le cadre de l'étude DREAL Article 50 Durance.

ZOOM : Le principe du calcul du déstockage de la réserve agricole de Serre-ponçon

La mise en œuvre du calcul de déstockage

Les missions respectives de la CED et EDF les conduisent à des échanges d'information réguliers pour suivre l'évolution des paramètres qui interviennent sur la gestion de la réserve agricole. Les modalités de calcul du déstockage de la réserve agricole sont fixées par la convention EDF/Ministère de l'Agriculture de 1953 et ont été traduites dans un algorithme. L'acquisition, la centralisation des données et la mise en œuvre de l'algorithme de calcul sont confiés à EDF.

Ce calcul est effectué par EDF et transmis sous la forme d'un tableur Excel à la CED tous les 15 jours habituellement. Lors de la mise à jour du fichier, il est aussi fait des projections estimant le risque de déstockage anticipé ainsi que les risques de dépassement des 156 millions de m³ au 31 août et 200 millions de m³ au 30 septembre. En effet, ces taux de risque sont utilisés par la CED pour la mise en œuvre de son protocole de gestion de crise.

A noter que la CED est informée du déstockage à posteriori de quelques jours, car les calculs ne sont pas instantanés. Entre deux mises à jour, EDF diffuse des prévisions du débit naturel reconstitué à Cadarache. Selon la situation et en lien avec le protocole de gestion de crise CED, la fréquence de diffusion du fichier du déstockage devient hebdomadaire.

La mise en œuvre du calcul de déstockage

On peut observer un déstockage physique de la retenue de Serre-Ponçon quand bien même le calcul du déstockage de la réserve agricole résulte en un déstockage théorique nul. Et ce pour deux raisons principales :

- les prélèvements de moyenne Durance contribuent au déstockage physique de Serre-Ponçon. Or ils n'influent pas dans le calcul ;
- de la même manière, le débit réservé à Bonpas contribue également au déstockage physique de Serre-Ponçon or il n'est pris en compte que partiellement dans le calcul du déstockage.

Note au lecteur

La sécheresse historique qu'a connu le bassin de la Durance cet été a justifié la production de 6 bulletins spécifiques diffusés toutes les deux semaines par le SMAVD entre juin et septembre 2022. Une première version d'un document de Retour d'Expérience décrivant de manière factuelle le déroulé de l'été, les impacts de la sécheresse sur les différents usages et les milieux ainsi les principales décisions de gestion prises a également été diffusé largement le 7 octobre 2022.

Le lecteur intéressé pourra se référer à ces documents disponibles aux liens indiqués ci-dessous.

Elaboration SMAVD-EPTB Durance à partir de :

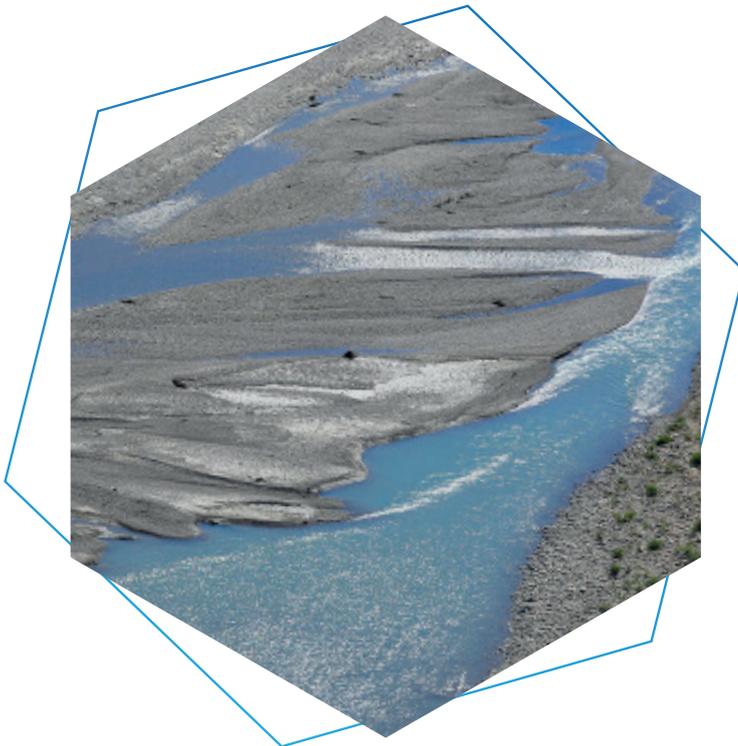
Sources

- Bulletins sécheresse diffusés par le SMAVD et première version du document du REX de l'été 2022 diffusée le 7 octobre <https://www.snavd.org/information-secheresse/>
- Bulletins hydrologiques de la DREAL PACA ;
- Bulletins climatologiques mensuels régionaux de Météo-France ;

Remerciements :

Catherine Le Normant (EDF Hydro-Méditerranée)

Vos idées, commentaires & suggestions sont les bienvenus ! N'hésitez pas à les poster ici, dans notre boîte à idée : observatoire@snavd.org



Réalisation

Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance (SMAVD) EPTB DURANCE

Direction Ressource en eau et Environnement

190, rue Frédéric Mistral | 13370 Mallemort

Tél | +33 (0)4 90 59 48 58 - E-mail | contact@snavd.org - www.snavd.org