



HAL
open science

L'étiage 2019 dans les Gardons amont (Cévennes) Projet pilote de suivi des débits d'étiage Rapport sur huit stations temporaires d'étiage et deux stations pérennes Novembre 2019

Philippe Martin, Jean-François Didon-Lescot, Pierre-Alain Ayrat, Jean-Marc Domergue, Nadine Gard, Mathieu Coulon, H. Di Costanzo, Loris Lapierre

► To cite this version:

Philippe Martin, Jean-François Didon-Lescot, Pierre-Alain Ayrat, Jean-Marc Domergue, Nadine Gard, et al.. L'étiage 2019 dans les Gardons amont (Cévennes) Projet pilote de suivi des débits d'étiage Rapport sur huit stations temporaires d'étiage et deux stations pérennes Novembre 2019. [Rapport de recherche] Avignon Université. 2019. hal-03016197

HAL Id: hal-03016197

<https://hal.science/hal-03016197v1>

Submitted on 20 Nov 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



L'étiage 2019 dans les Gardons amont (Cévennes)
Projet pilote de suivi des débits d'étiage
Rapport sur huit stations temporaires d'étiage
et deux stations pérennes

Novembre 2019

*Philippe Martin**, *Jean-François Didon-Lescot***, *Pierre-Alain Ayrat****,
*Jean-Marc Domergue***, *Nadine Gard***, *Mathieu Coulon***, *Hadrien Di Costanzo***,
*Loris Lapierre*****

* Avignon université, ESPACE UMR 7300

** CNRS, ESPACE UMR 7300

*** IMT Mines Alès Laboratoire GEI

**** stagiaire BTS A GEMEAU — E.P.L.E.P.A. Nîmes - Rodilhan

Convention et avenant en date du 4 juin 2018 entre le EPTB Gardons et Avignon université (UMR ESPACE^o) sur l'installation et le suivi de stations d'étiage dans les Gardons de 2018 à 2020.

ESPACE, UMR 7300, CNRS, Aix-Marseille Université, Université Côte d'Azur, Avignon université, 84029
Avignon cedex

Sommaire

1	Contexte	4
1.1	Ressources en eau	4
1.2	Partenariat	4
2	Les sites étudiés.....	5
2.1	Sur le Gardon de Saint-Jean.....	5
2.2	Sur le Gardon d'Alès.....	5
3	Équipement et types de données	6
4	Premiers résultats	10
4.1	Situation climato-hydrologique.....	10
4.2	Les jaugeages et les courbes de tarage	11
4.3	Première méthodologie de traitement des enregistrements.....	13
5	La Salindrenque	16
5.1	Station de Lasalle sur la Salindrenque	16
5.1.1	Présentation de la station.....	16
5.1.2	Tableau des jaugeages.....	17
5.1.3	Chronique de récupération des données.....	18
5.1.4	Courbe de tarage	18
5.1.5	Hydrogramme et éléments statistiques.....	19
5.2	Station de Thoiras sur la Salindrenque aval	19
5.2.1	Présentation de la station.....	20
5.2.2	Tableau des jaugeages.....	21
5.2.3	Chronique des récupérations de données	21
5.2.4	Courbe de tarage	22
5.2.5	Hydrogramme et éléments du fonctionnement	22
6	Gardon de Saint-Jean	23
6.1	La Borgne aval à Saumane (station de Rafinesque).....	23
6.1.1	Présentation de la station.....	23
6.1.2	Chroniques de récupération des données	24
6.1.3	Tableau des jaugeages.....	24
6.1.4	Courbe de tarage	24
6.1.5	Hydrogramme et éléments du fonctionnement	25
6.2	Le Gardon de Saint-André de Valborgne au pont de l'Elze.....	26
6.2.1	Présentation de la station.....	26
6.2.2	Chronique de récupération des données.....	27
6.2.3	Tableau des jaugeages.....	27
6.2.4	Courbe de tarage	28
6.2.5	Hydrogramme et éléments du fonctionnement	28

6.3	Le Gardon de Saint-Jean à Saint-Jean du Gard (pont de Cambonéral).....	29
6.3.1	Présentation de la station.....	29
6.3.2	Chronique de récupération des données.....	30
6.3.3	Tableau des jaugeages.....	30
6.3.4	Courbe de tarage.....	31
6.3.5	Hydrogramme et éléments de fonctionnement.....	31
7	Le Gardon de Mialet.....	32
7.1	Le Gardon de Sainte Croix Vallée française au Martinet.....	32
7.1.1	Présentation de la station.....	32
7.1.2	Chronique de récupération des données.....	33
7.1.3	Tableau des jaugeages.....	34
7.1.4	Courbe de tarage.....	34
7.1.5	Hydrogramme et éléments de fonctionnement.....	34
7.2	Le Gardon de Mialet à Saint Etienne Vallée française.....	35
7.2.1	Présentation de la station.....	35
7.2.2	Chronique de récupération des données.....	36
7.2.3	Tableau des jaugeages.....	36
7.2.4	Courbe de tarage.....	37
7.2.5	Hydrogramme et éléments de fonctionnement.....	37
7.3	Le Gardon de Mialet au Roucan à Corbès.....	38
7.3.1	Présentation de la station.....	38
7.3.2	Chronique de récupération des données.....	39
7.3.3	Tableau des jaugeages.....	39
7.3.4	Courbe de tarage.....	40
7.3.5	Hydrogramme et éléments de fonctionnement.....	40
8	Le Gardon d'Alès.....	41
8.1	Le Gardon d'Alès aux Cambous.....	41
8.1.1	Présentation de la station.....	41
8.1.2	Chronique de récupération des données.....	42
8.1.3	Tableau des jaugeages.....	42
8.1.4	Courbe de tarage.....	43
8.1.5	Hydrogramme et éléments de fonctionnement.....	43
8.2	Le Galeizon à l'Aube morte.....	43
8.2.1	Présentation de la station.....	43
8.2.2	Chronique de récupération des données.....	44
8.2.3	Tableau des jaugeages.....	45
8.2.4	Hydrogramme et éléments de fonctionnement.....	45
8.3	Comparaison des débits spécifiques en 2019.....	46

9	Conclusions générales.....	48
10	Tableaux en annexe.....	50

1 Contexte

L'EPTB Gardons a réalisé un Plan de Gestion Concerté de la Ressource en eau entre 2007 et 2011. Ce plan a mis en évidence un problème de ressources en eau à l'échelle du bassin versant des Gardons. Une étude sur les volumes prélevables commandée par l'EPTB Gardons confirme ce constat.

Le secteur cévenol est apparu comme une zone prioritaire pour réfléchir à des économies d'eau. Des plans locaux de gestion ont été lancés sur le Gardon de Saint-Jean, la Salindrenque et le Gardon de Mialet. Ils sont aujourd'hui achevés et font l'objet d'une mise en œuvre avec un travail d'optimisation des prélèvements par les *béals*.

Une problématique spécifique a ensuite été avancée sur le lien pouvant exister entre le Gardon d'Alès et le karst hettangien (perte du Gardon à l'aval de La-Grand-Combe, résurgences à l'amont d'Alès, efficacité du soutien d'étiage du barrage de Sainte-Cécile-d'Andorge).

De manière plus générale, ces démarches ont souligné le déficit important de connaissance sur les débits d'étiage, notamment dans les secteurs cévenols, et sur le tronçon en lien avec le karst hettangien.

1.1 Ressources en eau

Dans le cadre du SAGE des Gardons (adopté le 4 novembre 2015), la gestion quantitative est apparue comme une question prioritaire. Le déficit de connaissance sur les débits d'étiage était aussi un point important pour lequel des actions pouvaient être planifiées.

Disposition A2-2b : le réseau de stations hydrométriques de niveau 2 doit être complété, notamment sur les sous-bassins du Gardon d'Alès (Cambous, Galeizon) et du Gardon aval (Collias).

Disposition A2-2c : le SAGE préconise la mise en place d'un système de suivi des débits d'étiage aux points locaux nodaux (niveau 3).

Disposition A2-2d : au-delà du suivi par des stations hydrométriques et l'Observatoire national des étiages, le SAGE recommande la mise en place de campagnes de suivi permettant d'améliorer la connaissance du fonctionnement des cours d'eau. Elles pourraient se dérouler sur trois à cinq ans et concerner prioritairement les secteurs complexes et peu couverts par des stations de suivi du Gardon ainsi que ses principaux affluents.

Disposition A2-2f : le SAGE préconise la mise en place d'un observatoire participatif des débits d'étiage.

Enfin, le contrat de rivière des Gardons, ainsi que sa réactualisation à mi-parcours comportent plusieurs actions concernant le suivi des débits à l'étiage.

B1-I-4.1 : Installation de stations hydrométriques (État, CD30)

B1-I-4.2 : Mise en œuvre d'un suivi régulier (EPTB Gardons)

B1-I-4.4 : Carte de sensibilisation du public sur le site Internet de l'EPTB Gardons (ex SMAGE).

1.2 Partenariat

L'EPTB Gardons a travaillé durant de nombreuses années (2003-2012) avec le CNRS dans le cadre d'un projet pilote sur la ressource en eau à Peyrolles. Pour ce faire, le CNRS a mis en place différentes stations de suivi de débits d'étiage à des coûts raisonnables. Un échange avec le CNRS et l'Université d'Avignon a mis en évidence la possibilité de tester l'installation de différentes stations hydrométriques non pérennes en lien avec les besoins spécifiques de l'EPTB Gardons, pour la gestion des étiages. Ceci a conduit à la signature de deux conventions avec l'Université d'Avignon dès 2015, l'une de trois ans (2015-2017) avec un financement de l'Agence de l'eau RMC de manière à répondre à différents objectifs et l'autre de deux ans (2016-2017) portant plus particulièrement sur le Gardon d'Alès et ses affluents. Ces deux conventions ont été renouvelées, pour trois ans pour la première et pour un an (avenant à la convention 2016 – 2017) pour la seconde.

La convention 2018-2020 a pour but le suivi des débits d'étiage des cours d'eau cévenols en appui à l'optimisation de la gestion des *béals*.

L'objectif étant d'acquiescer de la donnée et de la mettre en perspective avec des actions de gestion, l'EPTB Gardons n'est donc pas identifié comme gestionnaire-fournisseur de données en continu, notamment durant les périodes estivales.

La gestion des stations hydrométriques nécessite de nombreux déplacements sur sites dans la mesure où les relevés des données ne sont pas automatisés et dans la mesure où, comme nous le verrons ci-dessous, de nombreux petits problèmes peuvent apparaître.

En 2019, les tournées hebdomadaires ont été réalisées sur deux jours généralement le lundi pour les stations de Cambous, Galeizon, Salindrenque au pont de Thoiras, la Salindrenque à Lasalle, le Gardon de Mialet à Roucan, et le mardi pour celles de Saint-Jean-du-Gardon, de Saumane, de Saint-André-de-Valborgne, de Saint-Etienne-Vallée-Française et pour le Gardon de Sainte-Croix.

Démarré dès la mise en place des sondes, au printemps 2019, en raison des conditions hydrologiques favorables, et jusqu'à leur retrait à la mi-octobre, ces tournées ont été assurées sans interruption et de façon continue entre le 26 juin et le 18 octobre, ce qui représente un total de dix-neuf tournées et près de 5 000 kilomètres parcourus. Au total, ces stations ont été suivies selon les sites sur une durée comprise entre 23 et 32 semaines.

La figure 3, tableau de fonctionnement des dispositifs de mesure en 2019, présente la période d'observation de chacun des sites.

2 Les sites étudiés

Dix stations ont été fonctionnelles pour le suivi de l'étiage 2019 (deux stations pérennes en amont du secteur du karst hettangien (Galeizon, et Gardon en sortie du barrage des Cambous) et huit stations temporaires d'étiage sur les sous-bassins versants de la Salindrenque, du Gardon de Saint-Jean, du Gardon de Mialet et du Gardon d'Alès).

2.1 Sur le Gardon de Saint-Jean

Le dispositif s'appuie sur huit stations temporaires (Fig.1).

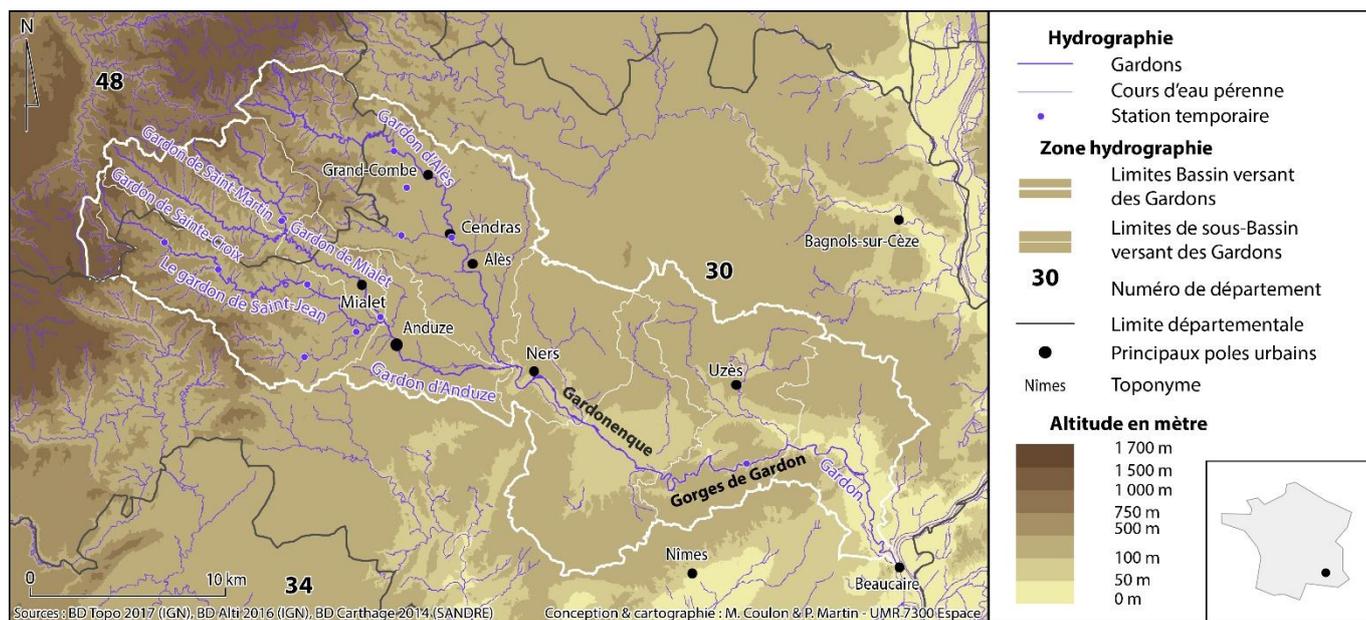
- 1 — Station de la Salindrenque, à Lasalle (38 km²) ; longitude 3°52' 10,30"E ; latitude 44°02' 39,80"N ; altitude 219 m. Cette station au lieu-dit « le moulin de la Roque » remplace la station du camping à Lasalle qui a été abandonnée à l'issue de la campagne 2017.
- 2 — Station de la Salindrenque au pont de Thoiras (68 km²) ; longitude 3° 56,00' 04,20"E ; latitude 44°03,00' 57,70"N ; altitude 155 m.
- 3 — Station de la Borgne à Rafinesque à Saumane (amont confluence ; 28 km²) ; longitude 3° 45,00' 42,20"E ; latitude 44°07' 33,00"N ; altitude 324 m.
- 4 — Station du Gardon de Saint-André au pont de l'Elze à St-André-de-Valborgne (29 km²) ; longitude 3° 41,00' 26,60"E ; latitude 44° 09,00' 02,60"N ; altitude 419 m.
- 5 — Station du Gardon de Saint-Jean au pont de Cambonéral (145 km²) ; longitude 3° 52,00' 22,10"E ; latitude 44° 06,00' 44,00"N ; altitude 186 m.
- 6 — Station du Gardon de Sainte-Croix au pont du Martinet (90 km²) ; longitude 3° 50,00' 22,00"E ; latitude 44° 10,00' 11,90"N ; altitude 239 m.
- 7 — Station du Gardon de Saint-Étienne à Solières à St-Étienne-Vallée-française (81 km²) ; longitude 3° 50,00' 35,31"E ; latitude 44° 10,00' 17,62"N ; altitude 242 m.
- 8 — Station du Gardon de Mialet au Roucan (Corbès) (224 km²) ; longitude 3° 58,0'04,30" E ; latitude 44°04' 46,50" N ; altitude 135 m.

2.2 Sur le Gardon d'Alès

Deux stations pérennes ont également fonctionné (Fig.1).

- 9 — Station du Gardon d'Alès en sortie du barrage des Cambous (113 km²) ; longitude 3° 59,00' 19,36" E ; latitude 44° 14,00' 0,65" N ; altitude 208 m.
- 10 — Station sur le Galeizon à l'Aube morte (Cendras) (61 km²) ; longitude 3° 58, 57, 76" E ; latitude 44° 09'00' 25,31" N ; altitude 181 m.

FIG.1 — CARTE DE LOCALISATION DES STATIONS PÉRENNES ET TEMPORAIRES D'ÉTIAGE SITUÉES EN CÉVENNES (RONS BLEUS)



3 Équipement et types de données

À l'exception du site de l'Aube morte sur le Galeizon, qui utilise un seuil en béton, calibré pour les moyennes et les hautes eaux, dans tous les autres cas, il ne s'agit que de sections naturelles, donc géométriquement conformes à la morphologie générée par les flux passants, mais parfois instables.

Dans plusieurs cas, la hauteur d'eau à la station est contrôlée par un seuil rocheux : Lasalle, Thoiras, Saint-Jean du Gard, Mialet, Cambous. Dans le cas des Gardons de Saint-Étienne et de Sainte-Croix, elle utilise un lit largement alluvial, ce qui pose des problèmes de détarage presque à chaque grande crue.

Cela étant, les stations ont été choisies pour suivre au mieux les étiages avec des sections étroites, sur socle autant que possible, et de façon à éviter, *a priori*, le plus souvent, la réalisation de petits barrages en été, par des usagers du lit des rivières. Dans la mesure du possible elles ont été positionnées de façon à être très discrètes, pour des raisons « esthétiques », mais surtout pour ne pas attirer l'attention des utilisateurs estivaux des lieux. Comme nous le verrons, ce but n'a pas toujours été atteint.

Chaque site est équipé au moins d'une sonde de mesure de pression de l'eau (Pe, charge hydraulique) positionnée près du fond de la rivière, associée à une sonde barométrique (Pa, pression atmosphérique). Le niveau d'eau, dans la rivière (C, charge), étant obtenu par différence entre Pe et Pa.

Les sondes hydrométriques (Fig.2) sont protégées mécaniquement par des tubes métalliques fermés. Les températures de l'eau sont également enregistrées par ces matériels. Pour chaque station, on a réalisé un ancrage (goujons) permettant de positionner une échelle limnimétrique, qui n'est mise en place qu'au moment du relevé (Hlu, hauteur lue), de façon à renforcer la discrétion des points de mesure. Cet ancrage permet de repositionner l'échelle au même niveau, assurant ainsi la continuité des mesures entre chaque campagne annuelle.

En 2019, toutes les stations ont été équipées avec deux sondes de niveau (sondes immergées ou centrale externe) et parfois trois comme à l'Aube morte. Une sonde est utilisée comme sonde de référence, l'autre comme matériel de secours. Le but de doubler les enregistrements permet dans une certaine mesure de pallier aux pannes, ou aux vols, toujours possibles. En 2019, on a eu recours sur six sites (Galeizon à l'Aube morte, Salindrenque à Lasalle et au pont de Thoiras, la Borgne amont à Saumane, Saint-André de Valborgne au pont de l'Elze, Saint-Étienne-Vallée-Française) à du matériel Sigma-Sud (sondes de pression Keller ou ATM.1ST connectée à une centrale Solophème. Dans la suite du texte, ce couple sonde/centrale sera appelé Solophème). À la station de l'Aube morte, on utilise les trois types de matériel disponible, ce qui permet de comparer les enregistrements.

FIG.2 — SONDES SOLINST : LEVELLOGGER (DANS SON SABOT DE TRANSFERT DE DONNÉES) ET BAROLOGGER (GAUCHE), MINIDIVER (CENTRE) ; SONDE DE PRESSION KELLER ET CENTRALE SOLOPHÈME (DROITE)



Sept sondes mini Diver 0-10m (mesure de la pression, transformée en hauteur d'eau, et de la température de l'eau) de la société SDEC ont été installées. La sonde (Fig.2), d'une longueur de 9 cm, est glissée dans un tube protecteur métallique totalement obturé d'un côté. La sonde repose sur ce bouchon fixe. Le tube est percé d'un petit trou, près de la sonde, à l'extrémité inférieure, afin que se réalise un équilibre hydrostatique sans toutefois permettre qu'une trop grande quantité d'alluvion n'entre dans le tube.

Neuf sondes Solinst 0-10m, de 2 à 5 ans d'âge, de la société Solinst dont le principe et l'architecture sont équivalents aux sondes mini Diver, ont été installées.

Dans certains cas, les matériels étaient les mêmes dans d'autres nous avons utilisé les deux types de sondes immergées et/ou un Solophème. Cela permet de travailler sur les qualités respectives de ces systèmes de mesure.

Notons que ces deux types de sondes mini Diver et Levellogger présentent une incertitude assez grande de mesure (de l'ordre de 0,5 mm), ce qui impose une cadence de mesure élevée (résolution temporelle à 5 mn) ; laquelle permet de rendre compte de phénomènes, par exemple, horaires (pompage, prélèvement de la végétation...).

Pour les Solophème, la sonde de pression est également immergée, et reliée avec un câble de 10 m à la centrale externe. La sonde utilisée a une amplitude comprise entre 0 et 10 m, avec une précision de 1 mm. La compensation de la pression atmosphérique est assurée directement via un capillaire intégré dans la connectique, assurant la liaison avec l'atmosphère aérienne. L'information est stockée dans un boîtier en plastique de 15 cm x 15cm x 12 cm, logé dans une cellule de protection en bois ou en métal placée hors d'eau.

Ces matériels, qui ont fonctionné durant tout l'été comme indiqué dans le tableau (Fig.3), ont été installés de façon plus ou moins précoce en fonction du niveau de l'eau. De même le démontage a été réalisé après la première crue significative de l'automne 2019.

FIG.3 — TABLEAU DE FONCTIONNEMENT DES DISPOSITIFS DE MESURE EN 2019

<i>Cours d'eau</i>	<i>Localisation</i>	<i>début</i>	<i>fin</i>	<i>durée du suivi (semaines)</i>
Salindrenque	Lasalle	06-mai	18-oct	23
Salindrenque	Thoiras	05-mars	18-oct	32
Borgne	Saumane	05-mars	21-oct	33
Gardon	St-André-de-V	06-mai	21-oct	24
Gardon	St-Jean-du-Gard	15-mai	18-oct	22
Gardon	Ste-Croix-VF	20-mars	18-oct	30
Gardon	St-Étienne — VF	20-mars	18-oct	30
Gardon	Mialet	22-mai	30-oct	23
Gardon Alès	Cambous	01-janv	perenne	perenne
Galezon	Aube morte	01-janv	perenne	perenne

À la station de l'Aube morte sur le Galeizon, la sonde est placée au fond du puits de l'ancien limnigraphe et la centrale de mesure dans le boîtier fermé (Fig.4).

FIG.4 — Puits du limnigraphe sur le Galeizon à l'Aube morte, abritant l'équipement de mesure Solophème (gauche) ; sonde dans le puits du limnigraphe, centrale Solophème et récupération du fichier de données (droite)



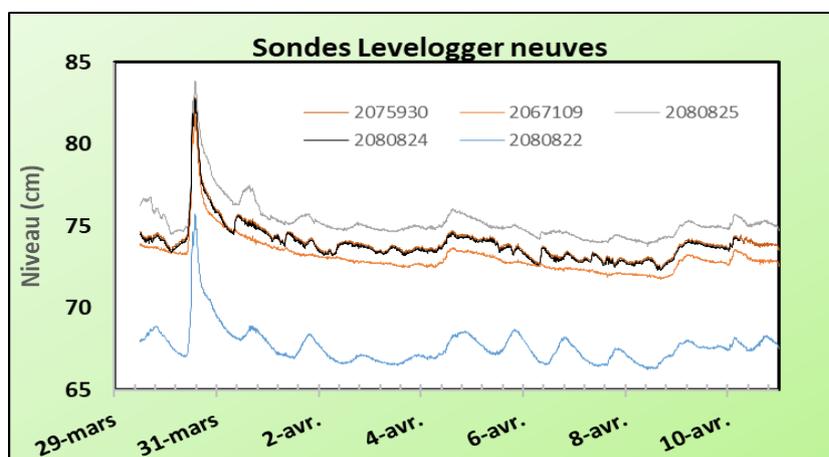
Les données sont transmises directement depuis la centrale, sur un ordinateur portable, au moyen d'une prise RS232. L'avantage de ce matériel est double. Outre d'avoir une bonne précision comme nous avons pu le constater durant les dernières campagnes, la sonde reste fixe durant toute la durée de la campagne. Ceci assure donc une grande stabilité de la mesure, à la différence des sondes extraites, pour lesquelles il y a une perte de données durant 10 à 30 minutes (délai entre la sortie de la sonde, sa lecture et la relance programmée) ; cette opération s'accompagne le plus souvent par une instabilité de la mesure durant 30 à 60 mn, avant de fournir des mesures « vraies ».

Il subsiste toutefois un défaut sur la version actuellement utilisée avec les centrales Solophème. Comme il n'existe pas à ce jour de programmation différée, une fois les données récupérées et effacées, il y a génération de 4 à 5 mesures supplémentaires dans l'heure qui suit cette récupération, ce qui peut être facilement corrigé avec un tableur.

Enfin, ce matériel est par ailleurs vulnérable aux infractions et nécessite un site particulièrement discret pour éviter tout risque de visite. Un boîtier métallique moins vulnérable est utilisé sur plusieurs sites.

Concernant les autres sondes, elles sont testées avant leur mise sur site. Il a été procédé à un test en vraie grandeur durant quelques jours sur la plupart des sondes mini Diver et Levelogger, avant leur mise en place sur les différents sites. Les sondes de pression hydraulique ont été immergées dans le ruisseau de l'Alzon au voisinage des bureaux de l'antenne cévenole à Saint-Christol-lès-Alès, et les sondes barométriques testées dans l'abri météo. La fiabilité de chacune d'entre elles a ainsi pu être déterminée (Fig.5). Celles mises en place sur les deux stations pérennes de Galeizon et des Cambous n'ont cependant pas été démontées pour être testées.

FIG.5 — TEST DES SONDES MINI DIVER AVANT LEUR INSTALLATION SUR SITE AU PRINTEMPS 2019

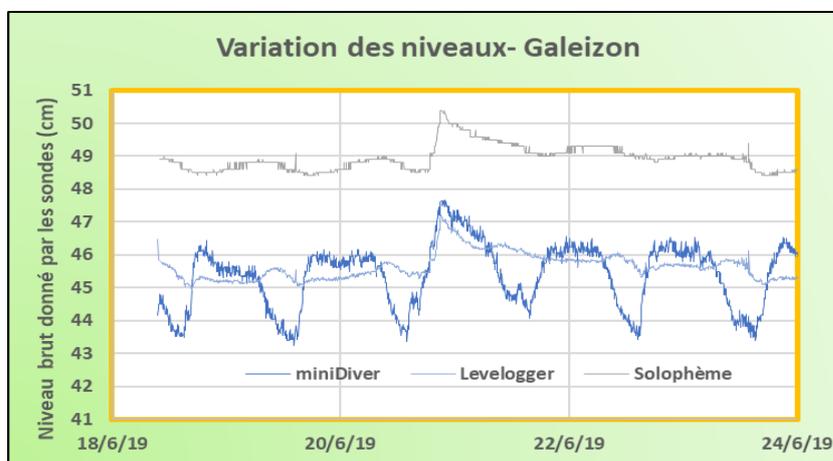


On notera que bien que mises à la même profondeur dans le cours d'eau, elles montrent une certaine disparité propre à leur caractéristique. Et que, tout en étant neuves, certaines apparaissent nettement plus fidèles que d'autres.

Dans la mesure du possible, ce sont les mêmes sondes qui ont été utilisées en 2019 et en 2018 (à l'exception du Gardon de Saint-Jean du Gard, la Borgne et l'Aube morte).

La comparaison des sondes mini Diver et Levelogger avec le Solophème montre, pour les niveaux enregistrés en basses eaux, une plus grande régularité du signal avec le Solophème (Fig.6). Les enregistrements tirés du mini Diver présentent à la fois un bruit plus important que sur les deux autres sondes, ainsi qu'un déphasage qui est difficilement explicable. Aussi, en 2019, quand cela a été possible, les Solophème ont été préférés, et sinon on a utilisé les Levelogger, qui donnent un signal un peu plus bruité. Les sondes mini Diver ont été reprises sur les deux sites où elles fonctionnaient correctement l'année passée (Roucan et Sainte-Croix Vallée française).

FIG.6 — COMPARAISON DES NIVEAUX D'EAU FOURNIS PAR LES SONDES MINI DIVER, LEVELOGGER ET SOLOPHÈME EN JUIN 2019 À L'AUBE MORTE (GALEIZON)



Dans la plupart des cas, les séries hauteur/temps obtenues sont directement exploitables, soit avec la sonde de référence soit avec l'autre sonde (sonde dite de secours). L'utilisation en 2019 des Solophème sur davantage de sites a nettement amélioré la gestion des données, tant pour la récupération sur le terrain que pour l'exploitation, puisqu'aucun problème n'a été observé durant cette campagne avec ce matériel.

En 2019, toutefois plusieurs stations ont été soumises à des perturbations plus ou moins temporaires. À Lasalle, et à Saint-Etienne Vallée française. À Lasalle, il s'agit de l'accumulation de branchages obstruant le seuil dû à l'activité d'un castor (à partir de la mi-août et en septembre), et à Saint Etienne, d'un barrage construit par les baigneurs (au tout début de l'été). Le dépôt des branches a été retiré à plusieurs reprises, mais ces dernières s'accumulaient pratiquement dans les heures qui suivaient le nettoyage. Quant au barrage à Saint Etienne, très vite ouvert dans sa partie centrale, il a été laissé en place durant toute la campagne.

Problème plus général en 2019, est celui de la difficulté, puis de l'impossibilité de récupérer les données des sondes Levelogger (ou Barologger). Sept sondes au total ont été concernées. Parfois il a fallu 25 tentatives avant de pouvoir se connecter (!) pour assurer le dialogue sonde-ordinateur, mais dans le pire des cas, la connexion a été impossible. Ce problème a nécessité de changer la sonde (jusqu'à deux fois), à Saint-Jean du Gard — à partir du 2 juillet — et à Lasalle — à partir du 20 août —. Dans ce dernier cas, la mise en place d'un Solophème a permis de poursuivre les observations.

Dans ce texte de synthèse, nous nous en tenons à la définition scientifique de l'étiage qui est le dernier jour d'un cycle hydrologique qui correspond au débit moyen journalier le plus bas de ce cycle avant les premières crues généralement d'automne.

Lorsque les débits sont très faibles, il n'est pas toujours aisé de déterminer ce jour. Si on considère les débits mesurés sur des périodes plus courtes (5mn), il apparaît qu'il existe souvent des débits plus faibles au pas de 5mn

que le débit moyen journalier choisi à d'autres moments (la veille, le lendemain...). Dans ces cas la moyenne journalière livre une valeur un peu supérieure au débit d'étiage à 5mn. Par ailleurs, sur quelques stations on observe des variations de débit qui peuvent être naturelles (pompage de la végétation) ou anthropiques (prélèvements d'eau). Suivant les cas il est plus ou moins possible de corriger ces fluctuations artificielles qui sont intempestives.

Cela étant, la moyenne sur vingt-quatre heures, permet de lisser la fluctuation généralement sinusoïdale du pompage de la végétation. Il n'en est parfois pas de même pour les prélèvements anthropiques qui relèvent de logiques différentes. C'est pourquoi il est utile de moyenniser sur trois jours les débits mesurés à la fin d'un cycle. On en arrive ainsi aux débits d'étiage moyen sur trois jours (Qe3j). L'étiage est donc une situation extrême de basses eaux (débit inférieur au module, soit annuel, soit mensuel, en théorie établi sur trente ans) qui généralement se place temporellement à la fin d'un tarissement qui est une décroissance souvent exponentielle du débit. Ce tarissement s'initie à l'issue d'une décrue (qui débute après la pointe de crue) et s'achève sur une montée de crue qui conduit à une nouvelle pointe de crue.

Il correspond en théorie à un régime hydrologique non influencé (sans apport par des précipitations) de vidange progressive de tous les aquifères présents en amont de la station considérée. La chronique des débits sera généralement donnée sous une forme semi-logarithmique ($\log(Q)$ vs t) soit graphique, soit numérique, les logarithmes utilisés étant en base dix.

4 Premiers résultats

Nous envisagerons successivement quelques caractéristiques climatiques pour la période allant de janvier à octobre 2019, puis quelques éléments relatifs aux écoulements de la même période.

4.1 Situation climato-hydrologique

Dans l'ensemble, les précipitations des six premiers mois de l'année 2019 ne représentent que les 2/3 des précipitations moyennes de la période 1950-2018 au poste de St-Christol-lès-Alès (298 mm contre 440 mm). Seul le mois d'avril est très arrosé, à la faveur des pluies du 6 avril (25 mm) et du 22 au 25 (94 mm), qui assurent 81 % des précipitations du mois (Fig.7). Les autres mois sont déficitaires, entre 23 % en mai, et jusqu'à 80 % en août.

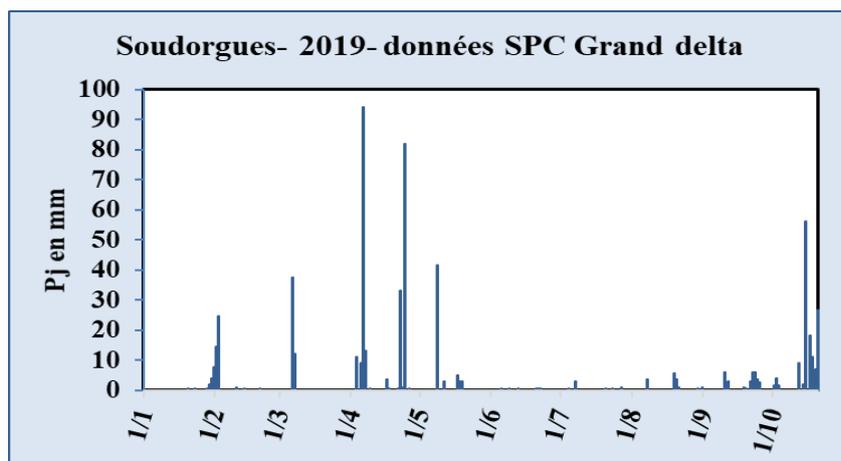
Dans ces conditions, on comprend aisément que le niveau des cours d'eau ait été assez bas pour pouvoir installer le matériel, dès le 20 mars sur certaines stations. À l'inverse, le déficit pluviométrique observé en septembre et en octobre explique largement la baisse des rivières au début de l'automne et jusqu'au 10 octobre.

FIG.7 — PRÉCIPITATIONS MENSUELLES DU 1^{ER} JANVIER AU 20 OCTOBRE 2019 À ST CHRISTOL-LEZ-ALÈS ET ÉCART À LA MOYENNE 1950-2018

<i>Mois</i>	<i>Jan</i>	<i>Fév</i>	<i>Mar</i>	<i>Avr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jui</i>	<i>Jui</i>	<i>Aoû</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>
P (mm) 2019	11	55	10	137	60	26	17	12	88	18
Moyenne P (mm) 1950-2018	81	72	77	75	77	57	36	56	122	150
2019/moyenne (%)	13	76	13	181	77	45	49	20	72	

En Cévennes, à Soudorgues, la situation est très comparable : 349 mm sont tombés d'avril au 20 octobre 2019, dont 70 % en avril, et on n'a relevé que 52 mm de juillet à septembre. La pluie max tombée en 24 h au cours de l'été y est de 18 mm le 22 septembre (Fig.8), mais elle a pu atteindre 50 mm en d'autres endroits (à Sainte Cécile et à Anduze).

La situation hydrologique du 1^{er} janvier au 1^{er} octobre 2019 sur les bassins étudiés peut être résumée au travers de l'hydrogramme de la station du Galeizon à l'Aube morte, ici au pas de temps de journalier (Fig.8). Sans entrer dans le détail, on observe qu'entre janvier et avril, il y a pratiquement une crue par mois, séparée chacune par une récession de presque un mois, la dernière crue, le 25 avril étant nettement supérieure aux autres. La crue du 10 mai marque la fin des hauts débits, les écoulements baissant alors régulièrement par vidange de la réserve en eau du bassin, tandis que les quelques pluies de fin de printemps et d'été n'assurent qu'une très courte durée de recharge. L'étiage se développe au cours du mois de septembre, et prend fin à la mi-octobre avec les pluies qui reprennent au 15 octobre.

FIG.8 — PRÉCIPITATIONS RECUEILLIES DU 1^{ER} JANVIER AU 20 OCTOBRE 2019 À SOUDORGUESFIG.9 — HYDROGRAMME DU GALEIZON À L'AUBE MORTE DU 1^{ER} JANVIER AU 1^{ER} OCTOBRE 2019 (DONNÉES JOURNALIÈRES)

En 2019, le débit de l'étiage *sensu stricto* est observé en général entre le 6 et le 8 septembre pour l'ensemble des bassins sauf celui de Cambous (en sortie du barrage de Cambous). L'allure des débits de ces cours d'eau peut présenter des disparités qui seront exposées dans la description de chaque station. Les caractéristiques de l'étiage sont par ailleurs reportées dans un tableau en annexe.

Les débits spécifiques d'étiage (étiage *sensu stricto* ou moyenne sur les trois derniers jours du cycle = $Qe3j$) sont donnés dans le tableau placé en annexe.

4.2 Les jaugeages et les courbes de tarage

Du 15 mars au 20 septembre 2019, sur l'ensemble des stations d'étiage, 62 jaugeages ont été réalisés, soit entre un et neuf selon les sites. On compte au total 437 jaugeages depuis 2015.

Les jaugeages sont réalisés par dilution d'une saumure (0,2 à 5 kg de chlorure de sodium), injectée très rapidement dans le cours d'eau dans un secteur présentant un bon brassage. Dans l'ensemble, les caractéristiques des eaux (naturellement peu minéralisées, et en général avec une conductivité de 50 à 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sont favorables à ce type de jaugeage. Les eaux de la Salindrenque à Thoiras tout en étant de conductivité plus élevée lors des traçages (238 à 485 $\mu\text{S}/\text{cm}$) n'ont pas posé de problème particulier (Fig.29).

En 2019, les stations fournissent des courbes de tarage beaucoup plus robustes que celles des années précédentes. Il faut cependant distinguer les situations de moyennes eaux et de début d'étiage, de celles de l'étiage franc, où les incertitudes peuvent subsister sur les jaugeages par dilution (jusqu'à 15 %) sur certaines stations.

Par ailleurs, la station de Saint-André-de-Valborgne (Fig.37) a fait l'objet d'une modification du lit, de même pour celle de Saint Etienne. Les modifications des conditions hydrauliques entre les deux dernières campagnes ont nécessité la construction de nouvelles courbes de tarage pour la campagne 2019.

À l'issue des campagnes 2015 à 2019, on peut raisonnablement conclure que les courbes de tarage de moyennes et basses eaux sont maintenant d'assez bonne qualité pour les deux stations pérennes, du Galeizon (Fig.10) et de Cambous, mais aussi pour les stations très stables comme celle de Thoiras (Fig.11).

Pour celle du Galeizon, la géométrie de la station, renforcée par l'existence d'un seuil bétonné, et en dépit du fait que ce dernier a pu être érodé, assure une excellente relation hauteur-débit. Les jaugeages de 2019 à l'Aube morte confirment la courbe et l'on trouve un débit de 35 l/s très près du point de l'étiage *sensu stricto*. La relation puissance est toutefois un peu complexe. Un facteur de correction (H-x) a été introduit pour tenir compte de la variation plus rapide des débits en basses eaux que ne le laisserait supposer un modèle puissance simple (une droite dans un graphique bilogarithmique).

L'amont du seuil en béton s'est engravé ce qui joue peut-être un rôle dans les transformations observées de la relation entre la hauteur lue et la charge mesurée. Par ailleurs un renard semble se développer en rive droite. Cela a peut-être un rapport avec la variation de la relation : hauteur lue/charge mesurée.

FIG.10 — COURBE DE TARAGE DE LA STATION DU GALEIZON À L'AUBE MORTE

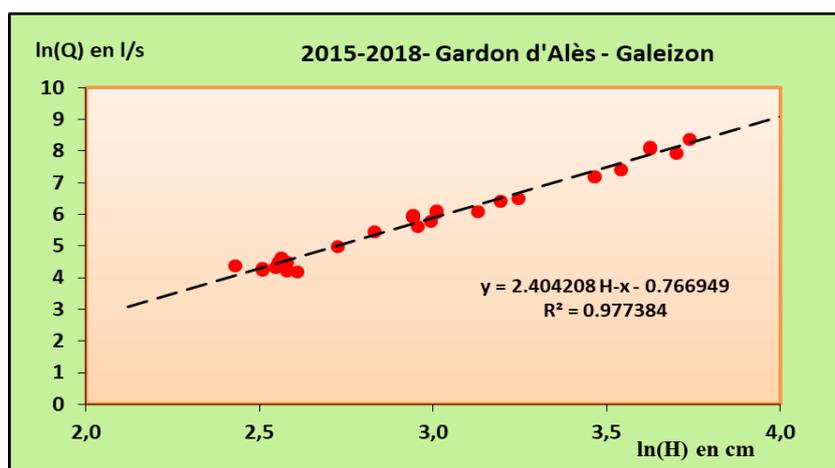
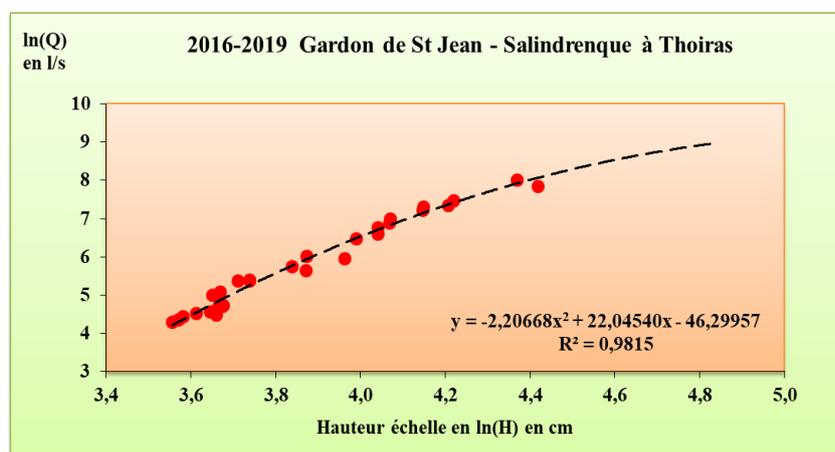


FIG.11 — COURBE DE TARAGE DE LA STATION DE LA SALINDRENQUE AU PONT DE THOIRAS



D'autre part, certaines stations apparaissent particulièrement bien adaptées à l'objectif de l'étude (mesure des basses eaux et de tarissements jusqu'à l'étiage) et fournissent dès à présent des courbes de tarage significatives (Fig.11 ; 35 ; 49 ; 70).

C'est le cas, comme déjà signalé, de la Salindrenque à Thoiras, mais aussi du Gardon à Saint-Jean, du Gardon de Mialet à Roucan. En dépit de la nécessité de refaire le tarage pour le Gardon à Saint-André-de-Valborgne, très peu de points ont été nécessaires pour aboutir chaque année à une bonne courbe.

On dispose maintenant de jaugeages qui s'étendent sur une gamme importante de débits. En prenant en compte les plus forts débits jaugés, les courbes de tarage sont souvent des polynômes d'ordre deux (Fig.11). La transformation des débits et des hauteurs en logarithme aboutit la plupart du temps à des ajustements linéaires (Fig. 35 ; Fig.56 ; Fig.74) ou polynomiaux (Fig.42).

Nous avons obtenu des débits particulièrement faibles en 2019, du fait de la modestie des précipitations, alors que le tarissement était bien avancé. La détermination de la cote correspondant au débit nul permet d'apporter des précisions sur les valeurs les plus faibles. Cette partie de courbe est parfois très spécifique (baisse importante des débits pour des variations de hauteur d'eau très faibles). Il s'agit de déterminer l'extrémité inférieure de la courbe de tarage et d'en rendre compte formellement, parfois en complexifiant la fonction.

La persistance de très faibles débits en 2019 au moment des tournées entre le 20 août et le 20 septembre a permis d'effectuer des jaugeages, proches des plus faibles hauteurs d'eau qui ont été enregistrées

L'analyse des coefficients de détermination lors du calcul de la courbe de tarage conduit à constater que la station du Thoiras est de bonne qualité et offre une précision importante. Il en est de même pour la plupart des stations où le coefficient de détermination est pratiquement toujours supérieur à 0,98.

Cela étant, la validité de ces courbes ne s'entend qu'entre les valeurs jaugées correspondant à des hauteurs particulières nonobstant toutes les incertitudes indiquées. C'est pourquoi nous avons indiqué en annexe la plage de valeurs à l'intérieur de laquelle une certaine précision dans les débits peut être assurée avec chaque station.

4.3 Première méthodologie de traitement des enregistrements

À chaque passage et particulièrement lors de chaque jaugeage, l'opérateur relève le niveau d'eau par une lecture de l'échelle limnimétrique (Hlu). Que la sonde soit sortie de l'eau pour la décharger ou non, celle-ci enregistre, à la même heure, la charge hydraulique qu'elle supporte (C).

Il devient alors possible de traiter statistiquement la relation entre la charge et la hauteur lue, d'en tirer un modèle, lequel sera utilisé pour recalculer les données enregistrées de façon à ce qu'elles correspondent aux niveaux lisibles sur l'échelle limnimétrique, c'est-à-dire aux niveaux observés au moment des jaugeages. Cette relation est donc essentielle. Comparées aux mesures effectuées les années précédentes, celles de 2019 améliorent la qualité des relations. Ces dernières sont la plupart du temps, de forme linéaire et hautement significative entre la hauteur enregistrée et la hauteur lue sur l'échelle (Fig.12, Fig.13). Elles permettent de moyenniser de petites erreurs résiduelles.

On s'attendait à cela dans la mesure où, par hypothèse, on peut penser qu'il y a une proportionnalité simple entre la variation de la hauteur d'eau lue sur l'échelle limnimétrique et la charge enregistrée, cette proportionnalité pouvant n'être qu'une constante (+ ou — x cm ; ainsi, à Thoiras, en 2019, la constante est de 0,13 cm). Ceci donne en fait empiriquement le nivellement de la station, la différence de hauteur entre le capteur de pression de la sonde et le zéro de l'échelle. Cette approche est plus simple que de réellement niveler (mettre exactement à la même hauteur) le capteur et le zéro de l'échelle, ce qui en milieu naturel pour des stations de petits cours d'eau serait très difficile à obtenir.

FIG.12 — RELATION ENTRE LA CHARGE HYDRAULIQUE ET LES VALEURS LUES SUR L'ÉCHELLE LIMNIMÉTRIQUE POUR LE GALEIZON À L'AUBE MORTE EN 2017, 2018, ET EN 2019

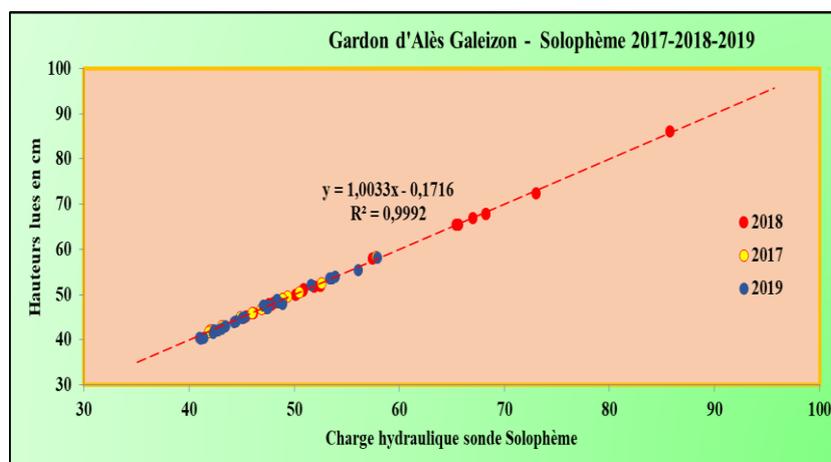


FIG.13 — RELATION ENTRE LA CHARGE HYDRAULIQUE DONNÉE PAR LA SONDE ET LA VALEUR LUE SUR L'ÉCHELLE LIMNIMÉTRIQUE EN 2019 POUR LES SITES ÉTUDIÉS (EN GRISÉ : SOLOPHEME)

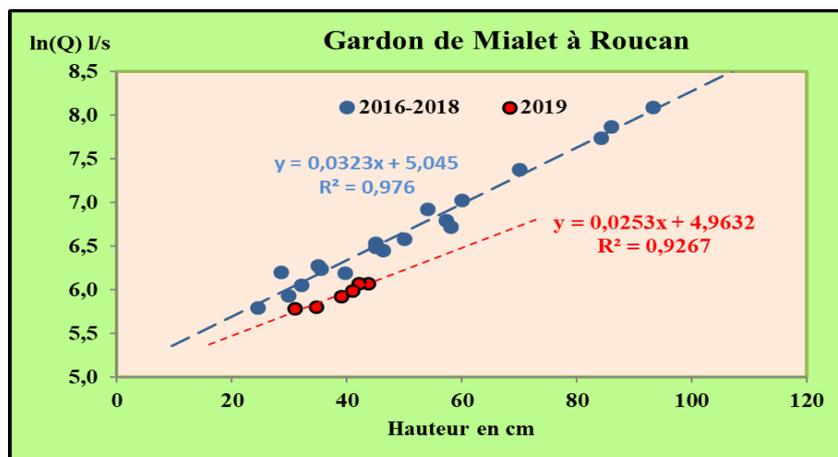
<i>Cours d'eau</i>	<i>Localisation</i>	<i>Relation</i>	<i>R2</i>
Salindrenque	Lasalle	$y = 1,036x + 2,6749$	0,999
Salindrenque	Thoiras	$y = 1,002x + 0,134$	0,999
Borgne	Saumane	$y = 1,0579x - 1,7283$	0,981
Gardon	St-André-de-V	$y = 1,0834x - 5,3423$	0,992
Gardon	St-Jean-du-Gard	$y = 0,9973x - 8,7554$	0,987
Gardon	Ste-Croix-VF	$y = 1,3262x - 11,556$	0,991
Gardon	St-Étienne — VF	$y = 1,0246x - 2,0052$	0,995
Gardon	Mialet	$y = 0,9773x - 3,1739$	0,998
Gardon Alès	Cambous	$y = 1,0579x + 3,729$	0,995
Galeizon	Aube morte	$y = 1,043x - 2,3071$	0,995

Par ailleurs, nous nous sommes efforcés de réinstaller les mêmes sondes que celles utilisées les années précédentes pour chaque station.

Il reste en outre parfois un problème avant de faire correspondre les hauteurs d'eau mesurées aux débits jaugés. C'est la question des interventions intempestives et le plus souvent inconscientes d'utilisateurs de la rivière (touristes, enfants...). Ceux-ci constituent, pour leurs besoins propres, de très petites retenues d'eau en construisant un petit barrage avec ce qui est disponible localement de façon à élever à l'arrière, de cinq à dix centimètres en général, le plan d'eau. Évidemment cette élévation du niveau de l'eau est enregistrée par la sonde.

Nos équipes, lorsqu'elles passent vérifier et récupérer les enregistrements, détruisent ces petits barrages produisant ainsi un abaissement tout aussi artificiel du niveau de l'eau qui est lui aussi enregistré. En conséquence au moment du dépouillement des données, il faut corriger ces variations et cela ne peut se faire qu'à la main après une lecture du limnigramme en soustrayant une hauteur de quelques centimètres à la mesure de hauteur d'eau entre le moment de la construction du barrage (souvent en milieu de journée) et l'heure de passage de nos équipes. Dans la mesure du possible on essaye de garder une certaine progressivité dans la soustraction lors de la montée du plan d'eau (celui-ci se remplit lentement) et au contraire d'introduire un abaissement assez rapide lors de la destruction du barrage, car la vidange se fait assez vite.

FIG.14 — RELATION ENTRE LES DÉBITS CALCULÉS ET LES HAUTEURS D'EAU EN SITUATION DE BASSES EAUX SUR LE GARDON DE MIALET AU ROUCAN EN 2016-2018 ET EN 2019



En croisant les hauteurs observées et les débits jaugés (Fig.14), grâce à la courbe de tarage, il devient alors possible de déterminer le débit pour chaque mesure de charge, quelle que soit la résolution temporelle. Il faut cependant veiller à la validité de la relation, comme c'est le cas pour le Gardon de Mialet à Roucan, où les conditions hydrauliques ont évolué entre 2016-2018 et 2019, ce qui se traduit par une nouvelle équation. La logique principale consiste à calculer les débits à la plus faible résolution (pour nous 5 mn) puis sur les valeurs de débit de faire d'autres calculs comme celui du débit moyen journalier. Ceci permet d'obtenir n débits par jour contre un si l'on calculait une moyenne des hauteurs enregistrée transformée ensuite en débit.

À partir de ces valeurs de hauteur calculées à cinq minutes, nous avons déterminé le débit moyen journalier, donc sur vingt-quatre heures, en moyennant deux cent quatre-vingt-huit valeurs de débits.

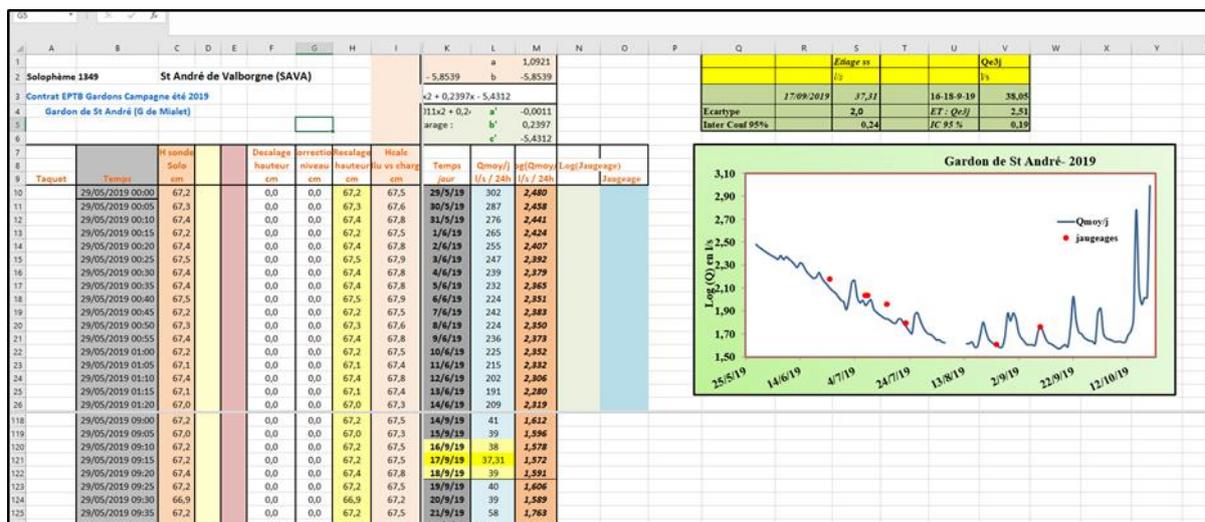
À l'issue de toutes ces corrections et validations, en croisant les hauteurs calculées et les valeurs jaugées, il devient possible de tester la relation entre les débits jaugés et les débits obtenus au bout de toute la chaîne de calculs. Ces éléments, tout comme la comparaison entre les débits calculés et jaugés, permettent d'avoir une meilleure idée de la véracité des débits obtenus.

Les relations précédentes (H calculée = f H sonde, courbe de tarage) étant établies, un calcul automatique du débit toutes les 5 minutes, et le débit moyen journalier calculé sur 288 valeurs, est fait sur un tableur, une fois les éventuels défauts de mesure compensés — essentiellement l'impact des petits barrages — (Fig.15).

Dans la partie analytique, les stations sont présentées d'amont en aval, du sud-ouest au nord-est, donc en débutant par la Salindrenque (Lasalle, Thoiras), affluent du Gardon d'Anduze, en continuant par le Gardon de Saint-André-de-Valborgne et le Gardon de St-Jean-du-Gard, et passant par la Borgne à Saumane, pour terminer par le Gardon de Mialet mesuré à Saint-Étienne-Vallée-Française, au Martinet sur le Gardon de Sainte-Croix-Vallée-Française et au Roucan près de Mialet. À cela s'ajoute le Gardon d'Alès avec une station au Cambous, et une station sur le Galeizon aval, à l'Aube morte.

Ces stations sont décrites dans le tableau de synthèse donné en annexe.

FIG.15 — EXEMPLE DE FEUILLE DE CALCUL EXCEL POUR LE TRAITEMENT DES DÉBITS À 5 MN, DES DÉBITS MOYENS JOURNALIERS — CAS DU GARDON DE SAINT-ANDRÉ À SAINT-ANDRÉ DE VALBORGNE EN 2019



5 La Salindrenque

5.1 Station de Lasalle sur la Salindrenque

La campagne 2019 utilise la station mise en place en 2018. Maintenant installée en bordure ouest du village de Lasalle, au lieu-dit le Moulin de la Roque, la superficie est de 38 km² pour la station amont de la Salindrenque. Longitude : 3° 51'25,55"E ; latitude : 44° 02'31 0,99"N ; altitude : 264 m.

FIG.16 — STATION DE LASALLE SUR LA SALINDRENQUE AMONT, DURANT L'ÉTÉ 2019 — À GAUCHE ÉCHELLES ET SONDES ; CENTRE : SEUIL VERS L'AVAL — À DROITE, SEUIL OBSTRUE PAR BRANCHAGES DÉPOSÉS PAR UN CASTOR



5.1.1 Présentation de la station

Le site retenu se trouve en rive gauche du cours d'eau, s'appuyant sur un rocher granitique, caché par la végétation et en bordure d'une propriété privée. Cet emplacement est très discret. On y accède en empruntant un passage à gué. La station est contrôlée hydrauliquement par un seuil granitique 10 mètres à l'aval, ouvert sur une largeur d'un mètre environ. Après une petite obstruction par des pierres, détectée le 18 août et vite dégagée, les conditions se sont dégradées au cours du mois de septembre, par arrivées successives de branchages résultant de l'activité d'un castor à une cinquantaine de mètres en amont. Les premiers blocages ont été observés le 5 septembre, rehaussant le niveau de quelques centimètres à chaque fois, et retirés les 9 et 19 septembre. Deux jaugages réalisés en amont ont permis de connaître le débit instantané correspondant à ces très basses eaux, mais à niveau influencé. Le problème a perduré ensuite, jusqu'à la première crue, le 15 octobre 2019, qui a ensuite nettoyé définitivement le cours d'eau et la section de mesure.

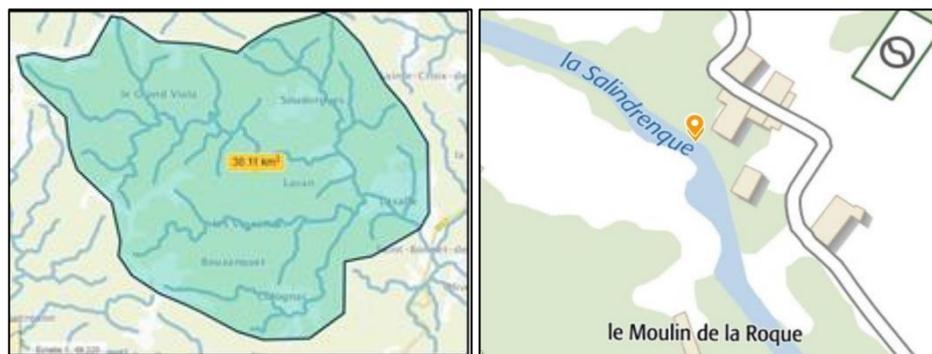
Au début de la campagne 2019, le système de mesure comprenait deux sondes Levelogger, positionnées contre le bord vertical d'un rocher (Fig.16), dans une zone calme. Le défaut de connexion de ces deux sondes déjà signalée a nécessité l'installation d'un Solophème à compter du 9 août. Ce dernier a donné toute satisfaction.

FIG.17 — CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA STATION DE LASALLE SUR LA SALINDRENQUE AMONT EN 2019

Sonde	Donnée produite	Mise en place (TU)	Fermeture (TU)	N° sonde	Fréquence de la mesure
Levelogger (référence)	T (C°) et niveau	06/05/2019 à 8 h 45	20/08/2019 à 18 h 15	2 080 824	5 mn
Baro Logger	Pression atmosphérique et T (C°)	06/05/2019 à 8 h 30	20/08/2019 à 18 h 30	1 081 218	5 mn
Levelogger (secours)	T (C°) et niveau	06/05/2019 à 9 h 30	20/08/2019 à 18 h 10	206 71 09	5 mn
Solophème	niveau	09/08/2019 à 9 h 50	18/10/2019 à 7 h 50	SS 2235	5 mn

Avec l'avancement des basses eaux, durant l'été, la vitesse très faible complique la réalisation des jaugeages par dilution (grande durée de traçage). Un site mieux adapté pour les faibles débits, à une centaine de mètres en amont, où tout l'écoulement se fait sur le socle, a été utilisé à compter du 9 août. Notons enfin que la possibilité de prélèvements d'eau importants en amont qui avaient été évoqués en 2018 n'a pas été observée au cours de cette campagne.

FIG.18 — BASSIN VERSANT DE LA SALINDRENQUE À LASALLE ET CARTE DE LOCALISATION



5.1.2 Tableau des jaugeages

FIG.19 — JAUGEAGES RÉALISÉS EN 2019 A LA STATION DE LASALLE SUR LA SALINDRENQUE AMONT (SEULES SONT NOTÉES PAR DES X, DE 1 À 3X LES QUALITÉS DES JAUGEAGES AU SEL)

Date	Heure	Technique	Qualité (Dilution)	H (cm)	Q (l/s)	Conductivité (µS/cm)	Équipe
05/03/2019	10 h 20	Dilution	X	44,5	256	119	JMD — JFD
15/05/2019	9 h	Dilution	XXX	52,3	878	92	JMD-PM
24/06/2019	10 h 30	Dilution	XX	36,6	124	154	JMD-JFD-PM
29/07/2019	10 h 55	Dilution	XXX	29,5	26,7	202	JMD-LL
05/08/2019	8 h 20	Dilution	XX	28,5	6,5	208	JFD-LL-HDC
09/08/2019	9 h	Dilution	XXX	28,5	19	210	JFD-LL-HDC
27/08/2019	10 h 32	Dilution	XXX	<u>34,3</u>	19,0	214	JMD-HDC
09/09/2019	12 h 3	Dilution	XXX	<u>33,0</u>	14,0	212	JMD-JFD
20/09/2019	13 h 30	Dilution	XXX	28,2	14,9	242	JFD

5.1.3 Chronique de récupération des données

FIG.20 — PÉRIODES DE FONCTIONNEMENT DE LA SONDE DE RÉFÉRENCE À LASALLE (SALINDRENQUE) EN 2019

Début	Fin	H début (TU)	H fin (TU)	Observations
06/05/2019	14/05/2019	9 h 30	13 h 20	5 mn
14/05/2019	18/06/2019	13 h 40	11 h 5	5 mn
18/06/2019	24/06/2019	11 h 20	10 h 35	5 mn
24/06/2019	01/07/2019	10 h 45	10 h	5 mn
01/07/2019	08/07/2019	10 h 5	10 h 20	5 mn
08/07/2019	15/07/2019	10 h 30	10 h 50	5 mn
15/07/2019	22/07/2019	11 h	10 h 35	5 mn
22/07/2019	29/07/2019	11 h	10 h 55	5 mn
29/07/2019	05/08/2019	11 h	8 h 5	5 mn
09/08/2019	19/08/2019	8 h 10	8 h 50	5 mn
19/08/2019	27/08/2019	8 h 55	8 h	5 mn
27/08/2019	09/09/2019	8 h 5	8 h	5 mn
09/09/2019	20/09/2019	8 h 5	8 h 25	5 mn
20/09/2019	10/10/2019	8 h 30	9 h	5 mn
10/10/2019	18/10/2019	9 h 5	7 h 50	5 mn — démontage

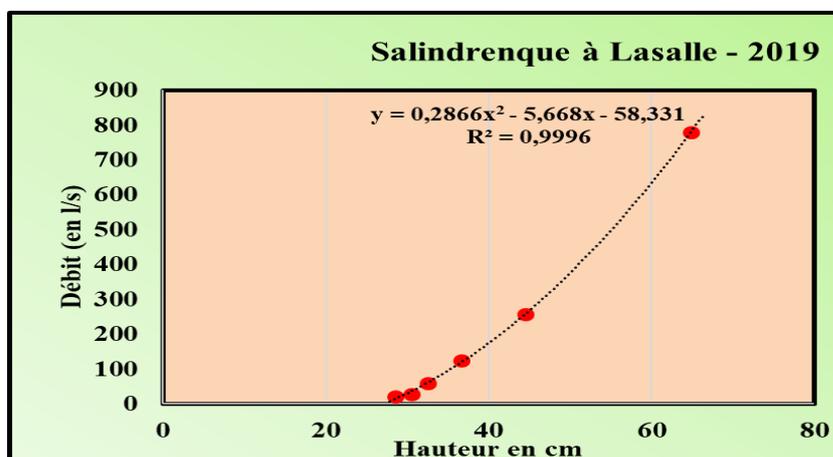
La chronique des quinze fichiers récupérés au cours des tournées s'étend du 05 mars au 18 octobre 2019.

L'ensemble des relevés a été unifié en une seule chronique avec un recalage des hauteurs d'eau à partir de la relation établie entre la charge hydraulique sur la sonde et la hauteur lue à l'échelle limnimétrique. Les perturbations occasionnées par les branches qui s'accumulaient sur le seuil aval par l'activité d'un castor rendent malaisée la connaissance précise des niveaux d'eau en fin d'étiage, qui restent relativement incertains au vu des reconstitutions.

5.1.4 Courbe de tarage

La courbe de tarage de la station de Lasalle utilise l'ensemble des jaugeages 2018 et 2019 qui intègre les huit jaugeages de cette année, avec des hauteurs d'eau comprises entre 28 et 68 cm, et pour des débits allant de 14 à 778 l/s. Comme on peut le voir sur la figure 21, elle permet de calculer les débits entre 10 et 4000 l/s, ce qui est largement suffisant pour la campagne 2019 (débit max de 1230 l/s pour 80 cm le 15 octobre à 2 h 50).

FIG.21 — COURBE DE TARAGE DE LA SALINDRENQUE (GARDON) À LASALLE ENTRE LA HAUTEUR LUE ET LE DÉBIT JAUGÉ



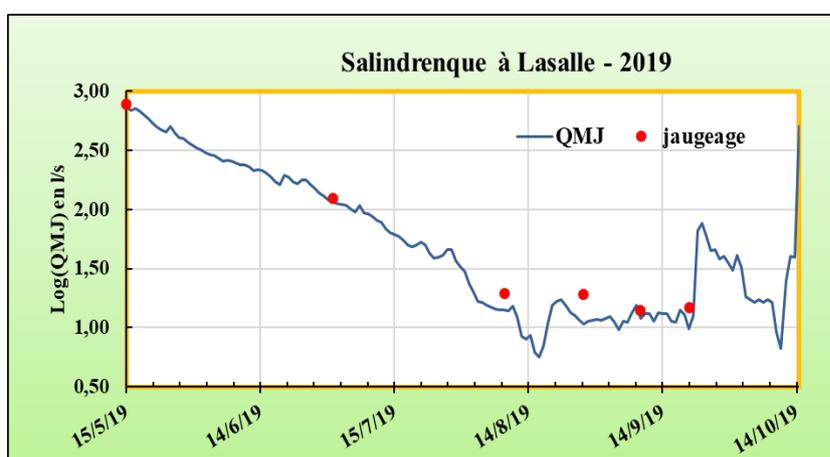
5.1.5 Hydrogramme et éléments statistiques

L'hydrogramme obtenu (Fig.22) présente la chronique des débits moyens journaliers avec une échelle log, depuis le 6 mai jusqu'au démontage de la station le 18 octobre 2019. Les jaugeages, représentés sur la figure, permettent de mieux apprécier l'écart entre le jaugeage (valeur instantanée mesurée) et le débit (moyen journalier, obtenu par le calcul).

Le mois de juillet présente deux modestes crues les 16 et 20 juillet, suivies d'une petite crue le 2 août. La crue du 9 août (227 l/s) retarde temporairement la baisse des débits, puis la pente s'aplatit nettement jusqu'à la reprise de faibles écoulements le 10 octobre. La chute des débits le 17 août (5,7 l/s) correspond à cette incertitude signalée précédemment.

Sur la base des débits moyens journaliers, l'étiage au sens strict s'est produit le 4 septembre 2019 avec un débit de $4,8 \pm 0,3$ l/s. Le débit d'étiage Qej3, observé du 3 au 5 septembre a été calculé avec une valeur moyenne de $5,8 \pm 0,1$ l/s. Ces valeurs correspondent à un débit spécifique à l'étiage de $0,13$ l/s/km² et sur la fin du cycle de $0,15$ l/s/km², ce qui est extrêmement faible et jamais encore observé depuis 2015. La veille du démontage, et juste avant la crue, le débit est de 129 l/s.

FIG.22 — HYDROGRAMME DE LA SALINDRENQUE À LASALLE DURANT L'ÉTIAGE 2019



5.2 Station de Thoiras sur la Salindrenque aval

Cette station est utilisée depuis 2016, et elle présente de bonnes conditions pour les mesures de faibles débits. Les coordonnées sont : longitude 3°56' 11,5"E ; latitude : 44°04' 10,6"N ; altitude : 155 m ; surface du bassin drainé 67 km². Elle est située cent vingt mètres à l'amont du pont de la D57 non loin de la confluence avec le Gardon de Saint-Jean. La station utilisée en 2015 était quelques centaines de mètres plus en amont.

FIG.23 — STATION DE THOIRAS SUR LA SALINDRENQUE AVAL PRÈS DU PONT DE LA D 57 EN HAUT À GAUCHE ; POINT DE JAUGEAGE EN HAUT À DROITE ; PLAN D'EAU AVEC LA SONDE MINI DIVER ; RÉCUPÉRATION DU FICHER DE LA SONDE EN BAS À DROITE.



5.2.1 Présentation de la station

Le point de mesure se trouve en rive droite du cours d'eau, sur un plan d'eau contrôlé vingt mètres à l'aval par un banc rocheux calcaire, coupé par deux saignées d'un mètre de large, qui apparaissent lors des moyennes eaux. Cet endroit a servi de point d'injection pour les jaugeages au sel lors des moyennes eaux, le point d'injection étant déplacé à l'aval pour les plus faibles débits. Le conductimètre est alors positionné, 40 mètres à l'aval, où l'eau court sur des dalles orientées dans le sens du cours d'eau, et où la pente assez forte favorise le bon brassage au moment de l'injection (Fig.24). En 2019, aucun obstacle susceptible de perturber l'écoulement à proximité de la sonde n'a été observé. Le matériel a été démonté le 18 octobre 2019.

FIG.24 — CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA STATION DE THOIRAS SUR LA SALINDRENQUE AVAL

<i>Sonde</i>	<i>Donnée produite</i>	<i>Mise en place</i>	<i>Fermeture</i>	<i>N° sonde</i>	<i>Fréquence de la mesure</i>
mini Diver 0-10 m secours	Niveau et T (°C)	05/03/2019 12 h TU	18/10/2019 8 h 30	U 0371	5 mn
Baro Diver	Pression atmosphérique et T (C°)	05/03/2019 12 h TU	18/10/2019 8 h 40	U 0141	5 mn
Solphème	Niveau d'eau (mm)	05/06/19 12 h TU	18/10/2019 8 h 40	SS 1348	5 mn

FIG.25 — BASSIN VERSANT ET CARTE DE LOCALISATION DE LA STATION DE THOIRAS SUR LA SALINDRENQUE AVAL



5.2.2 Tableau des jaugeages

En 2019, cinq jaugeages de contrôle ont été réalisés, pour des hauteurs d'eau comprises entre 34 et 63 cm, correspondant à des débits de 57 à 1377 l/s. Celui du 27 août est le plus faible obtenu depuis la mise en place de la station en 2016 (précédent mini mesuré : 78 l/s pour 35,5 cm le 4 septembre 2017).

FIG.26 — JAUZEAGES RÉALISÉS EN 2019 À LA STATION DE THOIRAS SUR LA SALINDRENQUE AVAL ; SEULES SONT NOTÉES PAR DES X, DE 1 À 3X, LES QUALITÉS DES JAUZEAGES AU SEL QUI CORRESPONDENT À LA QUALITÉ DE LA COURBE DE CONDUCTIVITÉ QUI TRADUIT LE PLUS OU MOINS BON BRASSAGE DE LA SAUMURE

Date	Heure	Technique	Qualité (Dilution)	H (cm)	Q (l/s)	Conductivité (μS/cm)	Équipe
05/03/2019	12 h	Dilution	XXX	52,6	393	320	JMD-JFD
14/05/2019	12 h 40	Dilution	XX	63,2	1377	196	JMD
15/07/2019	10 h 10	Dilution	XXX	39,5	115	426	JMD-LL
27/08/2019	14 h	Dilution	XX	35,0	74,5	472	JMD-HDC
09/09/2019	11 h 30	Dilution	XXX	34,1	56,8	489	JMD-JFD

5.2.3 Chronique des récupérations de données

FIG.27 — PÉRIODES DES RELEVÉS EN 2019 DE LA SONDE SOLOPHÈME À LA STATION DE THOIRAS SUR LA SALINDRENQUE AVAL

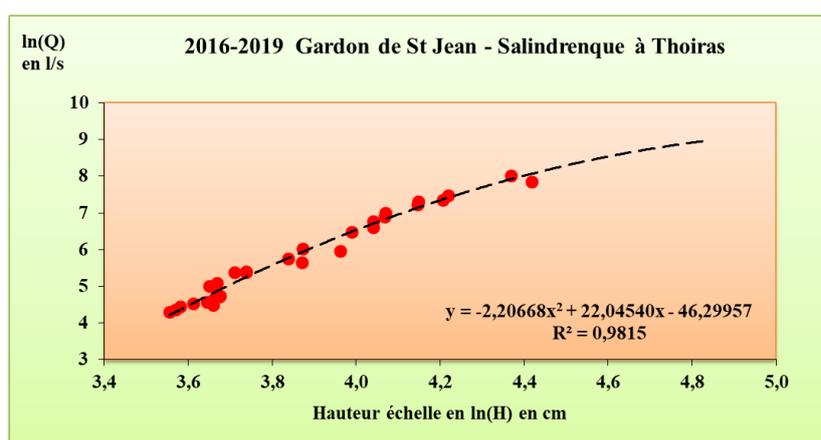
Début	Fin	H début (TU)	H fin (TU)	Observations
28/05/2019	18/06/2019	12 h	10 h	5 mn
18/06/2019	24/06/2019	10 h 5	8 h 55	5 mn
24/06/2019	01/07/2019	9 h	9 h 30	5 mn
01/07/2019	08/07/2019	9 h 35	10 h	5 mn
08/07/2019	15/07/2019	10 h 5	10 h	5 mn
15/07/2019	22/07/2019	10 h 5	10 h	5 mn
22/07/2019	29/07/2019	10 h 5	10 h	5 mn
29/07/2019	05/08/2019	10 h 5	9 h 10	5 mn
05/08/2019	12/08/2019	9 h 15	8 h	5 mn
12/08/2019	19/08/2019	8 h 5	8 h 25	5 mn
19/08/2019	27/08/2019	8 h 30	8 h	5 mn
27/08/2019	09/09/2019	8 h 5	8 h	5 mn
09/09/2019	20/09/2019	8 h 5	9 h	5 mn
20/09/2019	10/10/2019	9 h 5	9 h	5 mn
10/10/2019	18/10/2019	9 h 5	10 h 15	5 mn et démontage

Le Solophème a bien fonctionné et servi de référence, la sonde miniDiver, en tant que sonde de secours, a été relevée moins souvent.

5.2.4 Courbe de tarage

La courbe de tarage à Thoiras (Fig.28) s'appuie sur les 32 jaugeages effectués depuis avril 2016. Sans être d'une qualité exceptionnelle, elle permet de rendre compte des débits de la période étudiée en 2019, et en particulier de celle des basses eaux. La stabilité hydraulique de la station permet de construire une courbe de bonne qualité pour des débits variant de 50 à 3000 l/s ce qui est une bonne sécurité pour les débits de basses à moyennes eaux.

FIG.28 — COURBE DE TARAGE POUR LA STATION DE LA SALINDRENQUE AU PONT DE THOIRAS

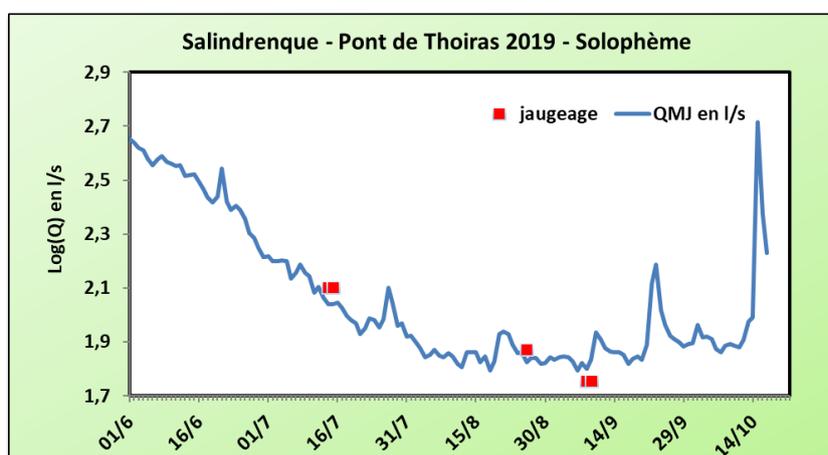


5.2.5 Hydrogramme et éléments du fonctionnement

L'hydrogramme calculé montre une longue phase de récession, entrecoupée par de modestes crues, qui se développe de juin à mi-septembre, et se prolonge ensuite jusqu'à la mi-octobre (Fig.29).

Le débit est de 450 l/s le 1^{er} juin, de 165 l/s le 1^{er} juillet, de 84 l/s le 1^{er} août, de 68 l/s le 1^{er} septembre, et de 79 l/s le 1^{er} octobre. La récession apparaît relativement hachée, ce qui pourrait résulter de prélèvements tout au long de l'été. C'est probablement ce qui explique les baisses observées le 6-7 juillet (-20 l/s sur 24 h), le 21 juillet (-10 l/s) et le 18 août (-8 l/s). Pour ce jour, même si on a enregistré la valeur la plus faible de cette campagne (68 l/s écoulés en 24 h), il ne s'agit probablement pas du jour de l'étiage, qui est comme sur beaucoup d'autres stations le 6 septembre, avec un débit de 62,3 +/- 0,2 l/s. Le Qe_{j3}, entre le 6 et le 8 septembre est de 63,9 +/- 0,2 l/s. Les faibles débits continuent en septembre, puisqu'on ne relève que 76 l/s à la fin des basses eaux le 12 octobre, juste après les pluies du 11. Une crue significative se produit le 15 octobre (débit moyen en 24 heures de 520 l/s, débit maxi instantané étant de 1725 l/s à 6 h 35 TU).

FIG.29 — ÉVOLUTION DES DÉBITS DURANT L'ÉTIAGE ESTIVAL 2019 POUR LA SALINDRENQUE À THOIRAS



6 Gardon de Saint-Jean

Le Gardon de Saint-Jean est suivi en trois points sur son axe principal (en amont avec le Gardon de Saint-André, puis Gardon de Saint-Jean), et sur un affluent, la Borgne.

6.1 La Borgne aval à Saumane (station de Rafinesque)

Surface drainée : 28 km² ; longitude 3°45' 42,2"E ; latitude 44°07' 33,0"N ; altitude 324 m.

6.1.1 Présentation de la station

En 2019, l'observation s'est concentrée sur la station amont qui était déjà suivie les années précédentes, et qui avait donné bonne satisfaction, et qui, en particulier, n'a pas été l'objet de petits barrages cette année. Il n'y a rien de particulier à signaler dans son mode de fonctionnement.

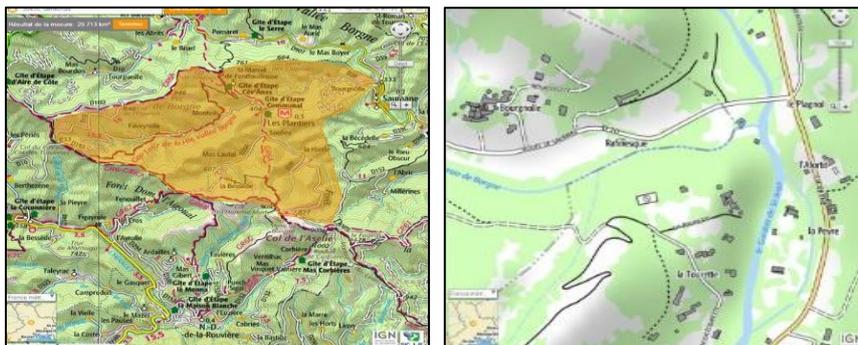
FIG.30 — STATION DE RAFINESQUE SUR LA BORGNE AVAL À SAUMANE — SITE AMONT (À GAUCHE), STATION AMONT (À DROITE).



FIG.31 — CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA STATION DE RAFINESQUE SUR LA BORGNE AVAL À SAUMANE

Sonde	Donnée produite	Mise en place (TU)	Fermeture (TU)	N° sonde ou Solophème	Fréquence de la mesure
Barologger	Pression atmosphérique	28/05/2019 10 h	09/10/2019 8 h	2 075 884	5 mn
Levelogger	Niveau et T (°C)	28/05/2019 10 h	09/10/2019 8 h	2 080 825	5 mn
Solophème	Niveau (cm)	09/07/2019 8 h 45	21/10/2019 8 h 30	SS 2236	5 mn

FIG.32 — CARTES DU BASSIN VERSANT ET DE LA LOCALISATION DE LA STATION DE RAFINESQUE SUR LA BORGNE AVAL À SAUMANE



6.1.2 Chroniques de récupération des données

FIG.33 — SÉQUENCES ENREGISTRÉES À LA STATION DE RAFINESQUE SUR LA BORGNE AVAL À SAUMANE À COMPTER DU 30 AVRIL 2019 — DONNÉES DU SOLOPHEME À PARTIR DU 09 JUILLET

<i>Début</i>	<i>Fin</i>	<i>H début (TU)</i>	<i>H fin (TU)</i>	<i>Observations</i>
30/04/2019	15/05/2019	8 h 40	13 h 45	5 mn
15/05/2019	05/06/2019	13 h 55	8 h 30	5 mn
05/06/2019	25/06/2019	8 h 40	8 h 15	5 mn
25/06/2019	02/07/2019	8 h 20	8 h 15	5 mn
02/07/2019	09/07/2019	18 h 25	8 h 55	5 mn
09/07/2019	16/07/2019	9 h 10	8 h 45	5 mn
16/07/2019	24/07/2019	8 h 50	8 h 55	5 mn
24/07/2019	30/07/2019	9 h	8 h 25	5 mn
30/07/2019	07/08/2019	8 h 30	8 h 15	5 mn
07/08/2019	13/08/2019	8 h 20	14 h 40	5 mn
13/08/2019	26/08/2019	14 h 45	8 h	5 mn
26/08/2019	11/09/2019	8 h 5	7 h 45	5 mn
11/09/2019	19/09/2019	7 h 50	8 h	5 mn
19/09/2019	09/10/2019	8 h 5	7 h 45	5 mn
09/10/2019	21/10/2019	7 h 50	8 h 30	5 mn et démontage

Le site a été repéré le 5 mars 2019, puis le début du matériel a été mis en place le 15 mai, avec une sonde Levelogger puis un Solophème le 9 juillet. Cette dernière a donné toute satisfaction et a servi de sonde de référence. La sonde Levelogger a été démontée le 9 octobre, le Solophème le 21 octobre.

6.1.3 Tableau des jaugeages

Huit jaugeages ont été réalisés en 2019 à la station de Rafinesque, le premier au début du mois de mars, avant l'installation du matériel proprement dit. Les jaugeages couvrent une gamme de hauteurs comprise entre 28 et 52 cm (30 à 622 l/s), et on note une petite distorsion par rapport à l'année précédente, les niveaux les plus bas observés en 2018 étant sans doute un peu influencés (feuilles ?). Une nouvelle courbe de tarage a été construite pour 2019.

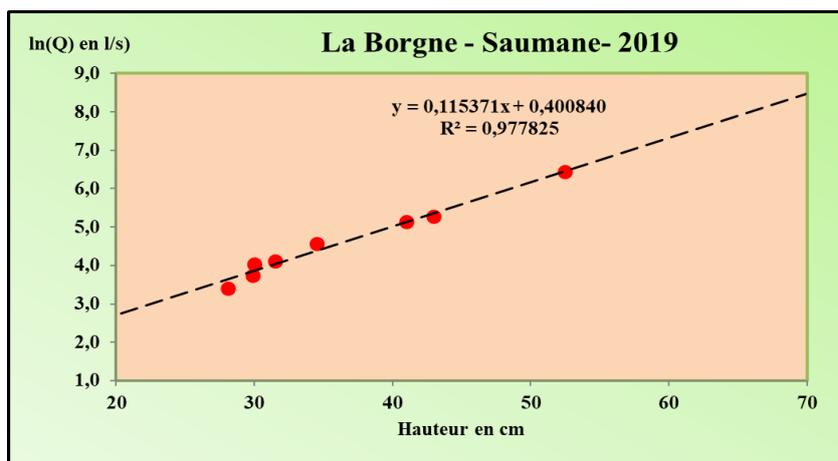
FIG.34 — JAUGEAGES RÉALISÉS À LA STATION DE RAFINESQUE SUR LA BORGNE AVAL À SAUMANE. SEULES SONT NOTÉES PAR DES X, DE 1 À 3X, LES QUALITÉS DES JAUGEAGES AU SEL CORRESPONDANT À LA QUALITÉ DE LA COURBE DE CONDUCTIVITÉ QUI TRADUIT LE PLUS OU MOINS BON BRASSAGE DE LA SAUMURE

<i>Date</i>	<i>Heure</i>	<i>Technique</i>	<i>Qualité (Dilution)</i>	<i>H (cm)</i>	<i>Q (l/s)</i>	<i>Conductivité (µS/cm)</i>	<i>Équipe</i>
05/03/2019	10 h	Dilution	XXX	68,0	171	80	JFDL-JMD
15/05/2019	9 h 30	Dilution	XXX	52,5	622	60	JFDL-JMD
05/06/2019	8 h 40	Dilution	XXX	43,0	198	81	JMD-LL
09/07/2019	8 h 45	Dilution	XXX	34,5	96	100	JMD-LL
24/07/2019	9 h 15	Dilution	XXX	30,0	57	105	JMD-LL
07/08/2019	8 h 15	Dilution	XXX	29,9	42	116	JMD-LL
26/08/2019	8 h 15	Dilution	XXX	28,1	30	121	JMD-HDC
11/09/2019	7 h 30	Dilution	XXX	31,5	62	114	JMD

6.1.4 Courbe de tarage

La courbe de tarage 2019 est obtenue avec tous les jaugeages de cette campagne. C'est une fonction linéique, une fois transformés les débits en logarithmes (Fig. 35).

FIG.35 — COURBE DE TARAGE POUR LA BORGNE À SAUMANE (STATION DE RAFINESQUE) EN 2019



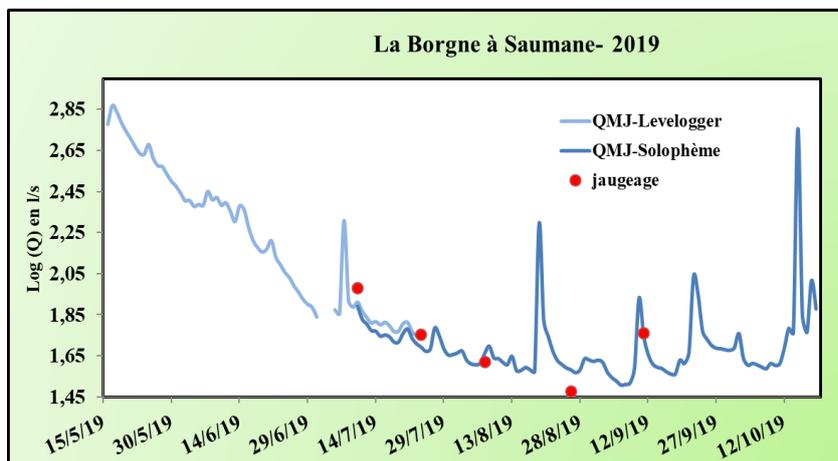
Cette courbe de tarage permet de calculer les débits entre 20 et plus de 1500 l/s, ce qui couvre largement les valeurs rencontrées durant la campagne 2019. (Fig.36).

6.1.5 Hydrogramme et éléments du fonctionnement

L'hydrogramme de la figure 36 est une combinaison des résultats fournis par la sonde Levelogger jusqu'au 9 juillet, date de l'installation du Solophème qui fournit les données jusqu'au démontage. Un défaut de fonctionnement de la Levelogger a entraîné une petite lacune de mesure entre le 2 juillet à 8 h 15 TU et le 4 juillet à 9 h 55 TU. Le raccord entre les deux sondes, le 23 juillet montre un écart de 10 % entre les débits calculés, correspondant aux incertitudes liées à la précision des mesures entre les deux sondes, ce qui se répercute sur la chaîne de calcul. Il faut noter par ailleurs que l'échelle logarithmique accentue visuellement l'écart entre le jaugeage du 26 août (30 l/s) et le débit calculé pour le même jour (38 l/s). Pour la campagne 2019, et comme pour les autres stations, la récession qui commence dès le milieu de mai est ponctuée par des petites crues mineures, les 17 et 25 mai (735 l/s et 476 l/s), et les 7 et 15 juin (281 et 229 l/s). On observe ensuite une crue plus rapide le 7 juillet (207 l/s) liée à un orage localisé, consécutif à une pluie de 7 mm à Saumane), une autre petite crue le 19 août (198 l/s). Enfin, deux faibles crues ont lieu en septembre le 10 (89 l/s) et le 22 septembre (109 l/s), alors que les débits restent bas jusqu'au 11 octobre (45 l/s), avant la crue du 15 octobre qui marque définitivement la fin de l'étiage. Le 20 octobre enfin, le niveau passe de 54 cm à 11 h 15, et atteint 178 cm à 12 h. Au moment du démontage le 21 octobre à 8 h, le débit est de 770 l/s.

Le 6 septembre, date qui correspond à l'étiage *sensu stricto*, le débit est de 32,1 +/- 0,04 l/s et le Q_{e3j} de 32,4 +/- 0,04 l/s entre le 6 et le 8 septembre.

FIG.36 — HYDROGRAMME DE LA BORGNE À SAUMANE (STATION DE RAFINESQUE) DU 15 MAI AU 21 OCTOBRE 2019



6.2 Le Gardon de Saint-André de Valborgne au pont de l'Elze

Surface drainée 29 km². Longitude 3°41' 26,6"E. Latitude 44°09' 02,6"N. Altitude 419 m.

6.2.1 Présentation de la station

Cette station est encaissée. Depuis 2018, l'accès se fait en rive gauche, par un petit chemin surplombant la rivière, en face de l'ancienne entreprise Bourrely. Cette configuration, plutôt discrète et sans visiteur est propice à la protection du site et du matériel (Fig.37).

FIG.37 — STATION DE SAINT-ANDRÉ DE VALBORGNE ; GARDON DE SAINT-ANDRÉ AU PONT DE L'ELZE ; À GAUCHE LE SITE VU DE L'AVAL ; À DROITE, ÉCHELLE ET TUBE ABRITANT LA SONDE LEVELLOGGER



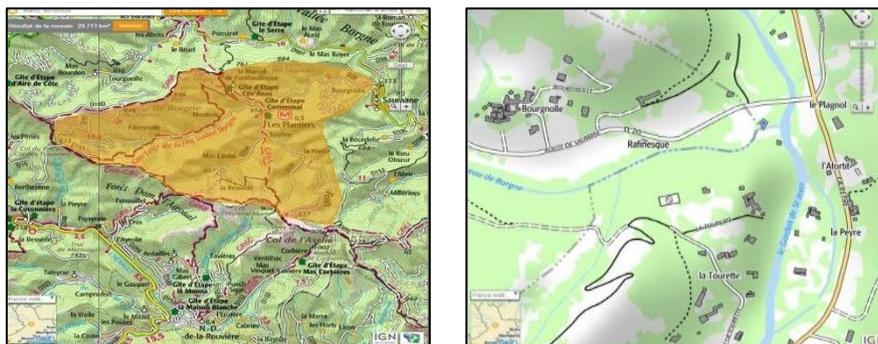
Le point de mesure se trouve dans un corridor de dalles de schiste avec une paroi d'une dizaine de mètres en rive gauche, sur laquelle sont appuyés tant l'échelle que le tube des sondes. La pente est importante, ce qui assure un bon mélange lors des jaugeages. La section est assez étroite, ce qui conduit à une élévation notable du niveau quand le débit augmente, ce qui favorise une relation de qualité entre les débits jaugés et les hauteurs lues sur l'échelle limnimétrique. Malheureusement, le site est remanié chaque année par les crues d'automne, et on observe, soit des dépôts, soit des creusements au niveau de la station, qui modifient la section. De ce fait, la courbe de tarage doit être refaite chaque année, mais un nombre limité de points suffit pour obtenir une bonne courbe.

Compte tenu des bas niveaux d'eau au début du printemps 2019, l'installation a pu se faire tôt en saison, avec la pose d'une sonde Levellogger le 6 mai, puis le 28 mai, avec le dispositif Sygma-Sud (sonde de pression Keller et centrale Solophème), qui a servi de sonde de référence. Le site a été déséquipé le 18 octobre pour la sonde Levellogger, et le 21 octobre pour le Solophème. À l'exception du début de la campagne quand il n'existait que la sonde Levellogger, le traitement des données utilise les mesures du Solophème. La sonde Levellogger a par ailleurs présenté un défaut de mesure ensuite au cours de l'été. Enfin, quelques données ont été perdues par effacement prématuré des enregistrements du Solophème entre le 7 et le 13 août, par ailleurs période sans pluie.

FIG.38 — CARACTÉRISTIQUES DE LA STATION DE ST-ANDRÉ-DE-VALBORGNE AU PONT DE L'ELZE

<i>Sonde</i>	<i>Donnée produite</i>	<i>Mise en place (TU)</i>	<i>Fermeture (TU)</i>	<i>N° sonde</i>	<i>Fréquence de la mesure</i>
Levellogger 0-10 m (secours)	Pression de l'eau, débit et T (°C)	06/05/2019 12 h	18/10/2018 9 h	1 071 044	5 mn
Barologger	Pression atmosphérique et T air	06/05/2019 12 h	18/10/2018 9 h	1 206 806	5 mn
Solophème (référence)	Niveau d'eau	28/05/2019 9 h 40	21/10/2019 9 h	SS 1349	5 mn

FIG.39 — CARTE DU BASSIN ET LOCALISATION DE LA STATION DE SAINT-ANDRÉ DE VALBORGNE AU PONT DE L'ELZE



6.2.2 Chronique de récupération des données

FIG.40 — SÉQUENCES D'ENREGISTREMENT DES DONNÉES DES SONDÉS À LA STATION DE ST-ANDRÉ-DE-VALBORGNE AU PONT DE L'ELZE (EN GRISÉ : SOLOPHEME)

Début	Fin	H début (TU)	H fin (TU)	Observations
13/03/2019	06/05/2019	12 h	8 h 15	5 mn
06/05/2019	15/05/2019	8 h 35	12 h 55	5 mn
15/05/2019	28/05/2019	13 h 5	9 h 50	5 mn
28/05/2019	25/06/2019	10 h	8 h 55	5 mn
25/06/2019	02/07/2019	10 h	9 h 35	5 mn
02/07/2019	09/07/2019	9 h 40	8 h 55	5 mn
09/07/2019	16/07/2019	9 h	8 h 55	5 mn
16/07/2019	24/07/2019	9 h	8 h 5 5	5 mn
24/07/2019	30/07/2019	9 h	8 h 50	5 mn
30/07/2019	07/08/2019	8 h 55	9 h 5	5 mn
07/08/2019	13/08/2019	9 h 10	15 h	Lacune d'enregistrement
13/08/2019	20/08/2019	15 h 5	9 h	5 mn
20/08/2019	26/08/2019	9 h 5	7 h 55	5 mn
26/08/2019	11/09/2019	8 h	8 h	5 mn
11/09/2019	19/09/2019	8 h 5	8 h 45	5 mn
19/09/2019	09/10/2019	8 h 50	9 h 10	5 mn
09/10/2019	21/10/2019	9 h 15	9 h	5 mn — enlèvement du matériel

6.2.3 Tableau des jaugeages

Une série de neuf jaugeages a été réalisée au niveau de cette station (Fig.41).

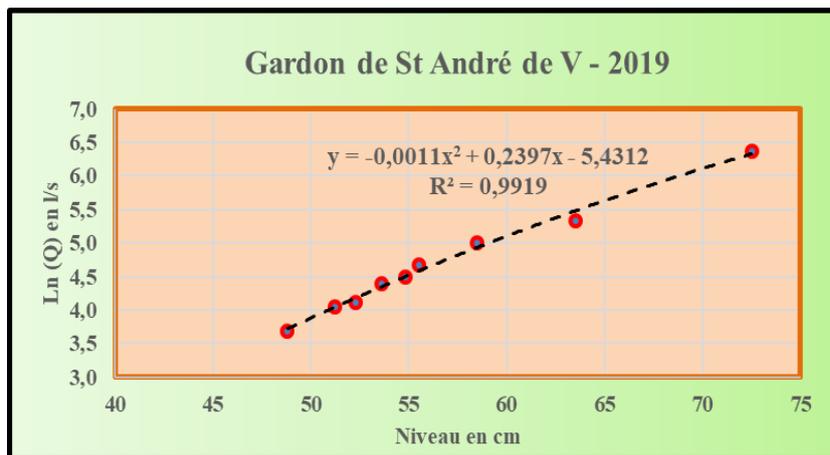
FIG.41 — JAUGEAGES RÉALISÉS À LA STATION DE ST-ANDRÉ-DE-VALBORGNE AU PONT DE L'ELZE EN 2019 SEULES SONT NOTÉES PAR DES X, DE 1 À 3X, LES QUALITÉS DES JAUGEAGES AU SEL CORRESPONDANT À LA QUALITÉ DE LA COURBE DE CONDUCTIVITÉ F (T) QUI TRADUIT LE PLUS OU MOINS BON BRASSAGE DE LA SAUMURE

Date	Heure	Technique	Qualité	H (cm)	Q (l/s)	Conductivité (µS/cm)	Équipe
5/3/2019	12 h 15	Dilution	XXX	63,5	208	80	JMD-NG
15/5/2019	13 h	Dilution	XX	72,5	583	66	JMD-JFD-PM
25/6/2019	8 h 40	Dilution	XXX	58,5	148	100	JMD-LL
9/7/2019	9 h 30	Dilution	XXX	55,5	107	87	JMD-LL
16/7/2019	9 h 10	Dilution	XXX	54,8	89,4	105	JMD-LL
24/7/2019	10 h	Dilution	XXX	52,3	61,7	98	JMD-LL-HDC
7/8/2019	9 h 10	Dilution	XXX	53,6	80,4	93	HDC-LL
26/8/2019	8 h 30	Dilution	XXX	48,8	39,9	97	JMD-HDC
11/9/2019	8 h 30	Dilution	XX	51,2	57,1	96	JMD

6.2.4 Courbe de tarage

En 2019, la courbe de tarage pour le Gardon de Saint-André prend en compte les débits mesurés entre 40 et 583 l/s (Fig.42), et elle s'ajuste sur une fonction polynomiale entre les hauteurs lues et des débits convertis en logarithme. Elle est suffisante pour calculer les débits de la campagne 2019, seule est imprécise la pointe de crue du 21/10 (137 cm à 12 h 45), date de fin de la période d'observation.

FIG.42 — COURBE DE TARAGE DU GARDON DE SAINT-ANDRÉ À SAINT-ANDRÉ DE VALBORGNE EN 2019



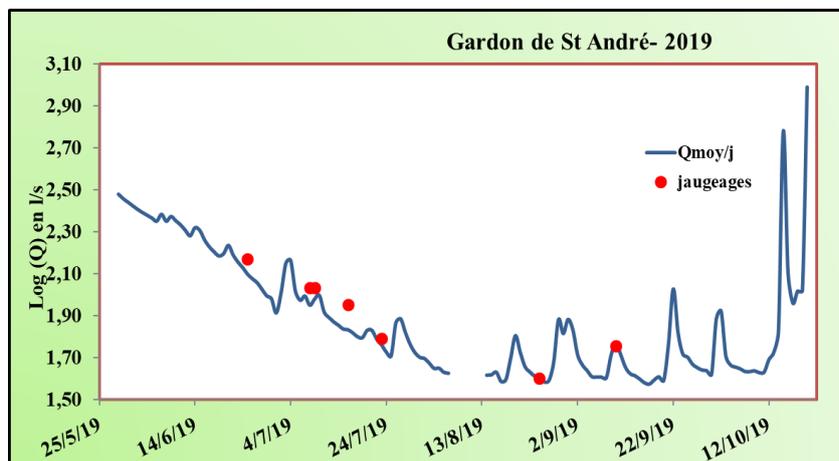
6.2.5 Hydrogramme et éléments du fonctionnement

Les enregistrements couvrent la période du 15 mai au 21 octobre 2019, avec une petite lacune entre le 7 et le 13 août, période sans pluie (Fig.43). La diminution des débits est assez forte entre la fin mai et le 10 août. Les deux petites crues du 4 (146 l/s) et du 27 juillet (73 l/s) sont sans effet sur la recharge, et la récession se poursuit jusqu'au 3 août. Ensuite, les débits se maintiennent à un niveau plancher jusqu'au 19 septembre, entrecoupé de petites recharges (passage de 40 à 60-70 l/s) à la faveur des petites pluies des 20 et 29 août, puis du mois de septembre. Le débit reste toujours très bas : 41 l/s le 30 septembre, 42 l/s le 10 octobre. Avec les premières crues, il passe à 980 l/s pour la journée du 20 octobre, et il atteint 1230 l/s au moment du démontage le 21 octobre à 9 h.

L'étiage 2019 se produit le 17 septembre avec un débit moyen journalier de 37,3 +/- 0,2 l/s et le débit moyen minimum en 3 jours est de 38,1 +/- 0,2 l/s entre le 16 et le 18 septembre. Rapporté à la surface du bassin drainé le débit spécifique de l'étiage 2019 est de 1,29 l/s/km² (Tableau en annexe).

Il faut retenir que ce site présente une évolution quasi naturelle des débits, sans prélèvement d'eau décelable.

FIG.43 — DÉBITS MOYENS JOURNALIERS DU GARDON À SAINT-ANDRÉ DE VALBORGNE AU PONT DE L'ELZE EN 2019



6.3 Le Gardon de Saint-Jean à Saint-Jean du Gard (pont de Cambonéral)

Surface drainée 145 km². Longitude 3°52' 22,1" E. Latitude 44°06' 44,0"N. Altitude 186 m.

6.3.1 Présentation de la station

La station se trouve en rive droite du Gardon, sous le pont de Cambonéral, à environ un kilomètre en amont du centre-ville de Saint-Jean du Gard. Elle est contrôlée vers l'aval par un seuil rocheux créant une petite chute d'environ 0,80 m et elle est plutôt propice pour de bonnes mesures de basses eaux (Fig. 44). Sa proximité avec la route en fait cependant un point de baignade.

FIG.44 — STATION DE SAINT-JEAN DU GARD - À GAUCHE, GARDON DE SAINT-JEAN AU PONT DE CAMBONÉRAL, VU DE L'AMONT — À DROITE, ÉCHELLE AU PLUS BAS DE L'ÉTIAGE, LE 9 SEPTEMBRE 2019



Le matériel se trouve à la base de la troisième pile du pont en partant de la rive droite. Du fait de la relative baisse des eaux à la fin du printemps 2019, l'installation a été réalisée le 15 mai, avec une hauteur d'eau cependant limite de 83 cm (2600 l/s).

Les calculs sont faits avec la sonde dite de secours jusqu'au 5 août, puis avec la quatrième sonde, à compter du 12 août.

FIG.45 — CARACTÉRISTIQUES DE LA STATION DE SAINT-JEAN À SAINT-JEAN DU GARD (PONT DE CAMBONÉRAL)

<i>Sonde</i>	<i>Donnée produite</i>	<i>Mise en place (TU)</i>	<i>Fermeture (TU)</i>	<i>N° sonde</i>	<i>Fréquence de la mesure</i>
Levelogger1 - référence	Pression de l'eau Débit et T (°C)	15/05/2019 15 h 50	02/07/2019 7 h 35	2 067 108	5 mn
Levelogger2 - secours	Pression de l'eau Débit et T (°C)	15/05/2019 15 h 50	05/08/2019 10 h	2 075 930	5 mn
Levelogger -3	Pression de l'eau Débit et T (°C)	06/08/2019 13 h 15	12/08/2019 12 h	2 075 933	5 mn
Levelogger — 4	Pression de l'eau Débit et T (°C)	12/08/2019 8 h 35	18/10/2019 9 h 40	2 091 967	5 mn
Barologger	Pression atmosphérique	15/05/2019 15 h 30	18/10/2019 9 h 40	204 3832	5 mn

FIG.46 — CARTE DU BASSIN VERSANT ET LOCALISATION DE LA STATION DE SAINT-JEAN-DU-GARD (PONT DE CAMBONÉRAL)



6.3.2 Chronique de récupération des données

FIG.47 — SÉQUENCES DE FONCTIONNEMENT DE LA STATION DE SAINT-JEAN À SAINT-JEAN-DU-GARD (PONT DE CAMBONÉRAL)

<i>Début</i>	<i>Fin</i>	<i>H début (TU)</i>	<i>H fin (TU)</i>	<i>Observations</i>
15/05/2019	05/06/2019	14 h 50	9 h 20	5 mn
05/06/2019	25/06/2019	9 h 30	7 h 35	5 mn
25/06/2019	02/07/2019	7 h 45	7 h 35	5 mn
02/07/2019	09/07/2019	7 h 45	8 h 10	5 mn
09/07/2019	16/07/2019	8 h 20	8 h 5	5 mn
16/07/2019	24/07/2019	8 h 10	8 h 35	5 mn
24/07/2019	30/07/2019	8 h 45	8 h 5	5 mn
30/07/2019	05/08/2019	8 h 15	10 h	5 mn
06/08/2019	12/08/2019	10 h 15	12 h	lacune
12/08/2019	19/08/2019	8 h 35	9 h 40	5 mn
19/08/2019	26/08/2019	9 h 50	7 h 40	5 mn
26/08/2019	09/09/2019	7 h 45	10 h 30	5 mn
09/09/2019	19/09/2019	10 h 40	7 h 45	5 mn
19/09/2019	09/10/2019	7 h 55	8 h	5 mn
09/10/2019	18/10/2019	8 h 10	9 h 40	5 mn et démontage

Comme sur les autres sites, deux sondes ont été mises en place. Les sondes utilisées, des Levelogger 0-10m, ont fonctionné correctement jusqu'au 1^{er} juillet pour la sonde dite de référence et jusqu'au 3 août pour la sonde dite de secours. Ensuite, l'impossibilité de connecter ces sondes a nécessité de les remplacer. La 1^{re} mise le 6 août, a cessé de fonctionner le 12/8, le fichier de cette semaine est médiocre. Finalement une quatrième sonde a été positionnée à partir du 12 août, et a donné de bons résultats jusqu'à la fin de la campagne.

6.3.3 Tableau des jaugeages

Cinq jaugeages ont été réalisés depuis le 2 juillet et viennent s'ajouter aux 34 obtenus depuis 2015 sur ce site. Celui du 9 septembre, de 113 l/s pour 39,1 cm est le plus faible débit mesuré depuis les premières observations en 2015.

FIG.48 — JAUGEAGES RÉALISÉS LA STATION DE SAINT-JEAN À SAINT-JEAN-DU-GARD (PONT DE CAMBONÉRAL)
SEULES SONT NOTÉES PAR DES X. DE 1 À 3X. LES QUALITÉS DES JAUGEAGES AU SEL
CORRESPONDANT À LA QUALITÉ DE LA COURBE DE CONDUCTIVITÉ QUI TRADUIT LE PLUS OU MOINS BON BRASSAGE
DE LA SAUMURE

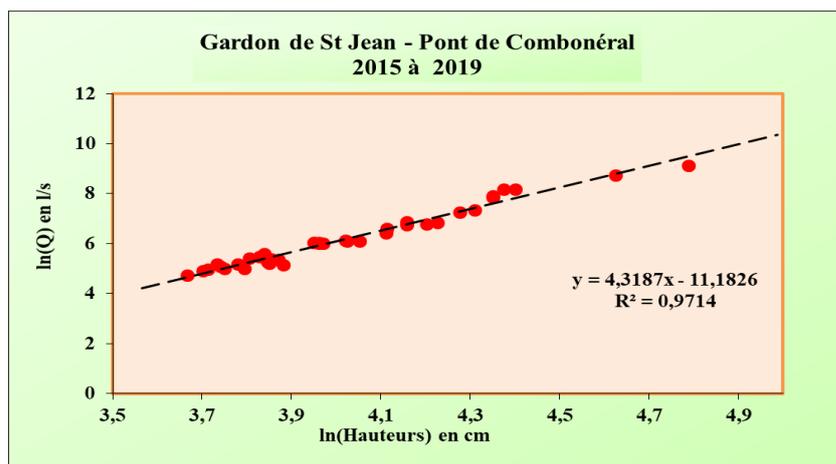
Date	Heure TU	Technique	Qualité	H (cm)	Q (l/s)	Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	Équipe
02/07/2019	7 h 30	Dilution	XXX	53,0	407	104	JMD-LL
16/07/2019	8 h	Dilution	XXX	48,0	216	116	JMD-LL
31/07/2019	9 h	Dilution	XX	47,0	193	120	JMD-LL
26/08/2019	7 h 40	Dilution	XXX	42,5	149	132	JMD-HDC
09/09/2019	10 h 30	Dilution	XXX	39,1	113	134	JMD-JFD

6.3.4 Courbe de tarage

La station apparaissant comme stable, elle possède maintenant une courbe de tarage de bonne qualité, en prenant l'ensemble des jaugeages réalisés depuis 2015 et pour des débits compris entre 113 et 9 130 litres par seconde (Fig.49).

Le meilleur ajustement possible est une fonction puissance, linéarisée en bilog.

FIG.49 — COURBE DE TARAGE DE LA STATION DE SAINT-JEAN À SAINT-JEAN DU GARD (PONT DE CAMBONÉRAL)



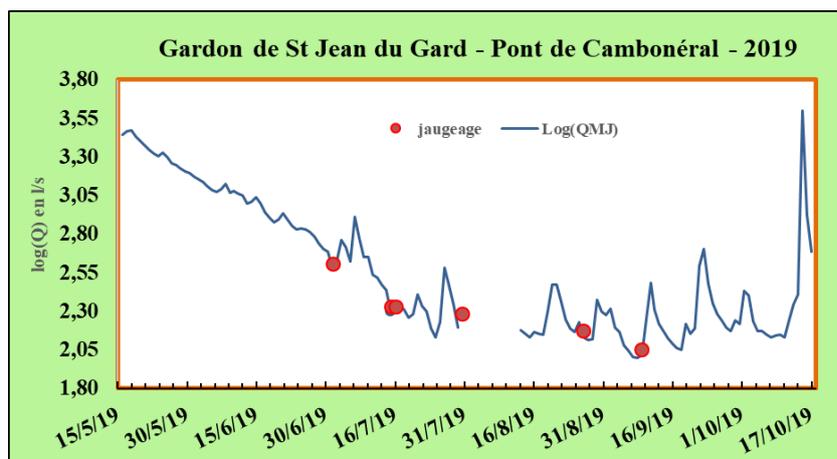
6.3.5 Hydrogramme et éléments de fonctionnement

Les mesures ont démarré le 15 mai 2019, et la station a été démontée le 18 octobre. Au cours de cette période (Fig.50), les débits (présentés sous forme logarithmique) décroissent régulièrement jusqu'au 1^{er} juillet, puis la pente est à la fois plus forte, et entrecoupée de petites crues les 4 (578 l/s), 8 (515 l/s), 21 (255 l/s) et 27 juillet (383 l/s). La lacune entre le 31/7 et le 12/8 est une période sans pluie.

Les mois d'août et de septembre connaissent quatre petites crues les 20/8 (296 l/s), 30/8 (235 l/s), le 11/9 (305 l/s) et le 23/9 (503 l/s), ce dernier renforçant un peu le débit de base. La petite crue du 2 octobre (272 l/s) précède celle du 15 (3960 l/s), qui marque la fin de l'étiage 2019 pour ce site.

L'étiage se produit le 7 septembre (99,8 +/- 0,15 l/s), et le débit moyen sur trois jours du 7 au 9 septembre est de 101 +/- 0,22 l/s, soit un débit spécifique de 0,69 l/s/km².

FIG.50 — HYDROGRAMME DU GARDON DE SAINT-JEAN À SAINT-JEAN DU GARD (PONT DE CAMBONÉRAL) EN 2019



7 Le Gardon de Mialet

Sur le Gardon de Mialet nous disposons de trois stations, l'une sur le Gardon de Sainte-Croix, la deuxième sur le Gardon de Saint-Étienne et enfin une troisième plus à l'aval des deux précédentes à Roucan.

7.1 Le Gardon de Sainte Croix Vallée française au Martinet

Surface drainée 97 km². Longitude 3°50' 27,4 'E. Latitude 44° 10' 11,9''N. Altitude 231 m.

7.1.1 Présentation de la station

Cette station s'appuie sur un substratum schisteux bien induré, localisé en rive droite du Gardon, et sous le pont de la départementale D983, au lieu-dit le Martinet. L'endroit est sensible aux atterrissements, juste en sortie du pont.

Il s'agit du site initial utilisé pour la campagne 2015, mais qui avait subi des interventions dans le lit du cours d'eau, lors de la réfection de la pile gauche du pont. En 2016, un nouveau site *a priori* plus favorable, celui de la Clède, deux kilomètres en amont, s'était finalement révélé durant l'été être tout aussi perturbé par des petits barrages à répétition. Le site du Martinet a donc été repris en 2017, mais il n'est pas idéal. Il peut être affecté de petits mouvements des sédiments qui se déposent souvent au printemps juste en aval du pont, et qui peuvent être remobilisés par les crues estivales. Les crues du printemps 2019 ayant été relativement modestes, le problème n'est pas très sensible sur la dernière campagne.

Par ailleurs cet endroit est proche d'un point de baignade assez fréquenté. Il arrive que des familles avec de jeunes enfants s'installent sous le pont ou à proximité. Cette occupation temporaire peut générer des aménagements temporaires et variés (petits barrages, dérivations...) susceptibles d'entacher la relation hauteur/débit. Cela étant, nous n'avons jamais eu à déplorer d'actes de malveillance à l'encontre des matériels. Il semble qu'en 2019, à l'exception d'un petit barrage temporaire, repéré le 20 août et détruit le jour même, il n'y a pas eu d'autre modification du lit.

Cette station ne s'avère donc pas optimale, mais il n'a pas été trouvé de meilleurs sites à proximité.

FIG.51 — STATION DU GARDON DE SAINT CROIX AU MARTINET (À GAUCHE, STATION SOUS LE PONT ; AU CENTRE, VUE VERS L'AVAL EN JUIN 2018 ; À DROITE, VUE VERS L'AVAL LE 30 JUILLET 2019)

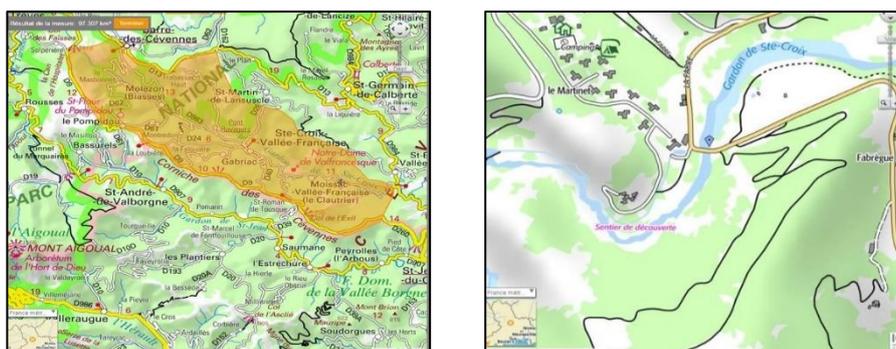


FIG.52 — CARACTÉRISTIQUES DE LA STATION DE SAINTE CROIX VALLÉE FRANÇAISE EN 2019

Sonde	Donnée produite	Emplacement	Mise en place (TU)	Fermeture (TU)	N° sonde	Fréquence de la mesure
Mini Diver (référence)	Pression de l'eau et T (°C)	Sous le pont	20/03/2019 14 h	18/10/2019 9 h 45	S3191	5 mn
Mini Diver (secours)	Pression de l'eau et T (°C)	Sous le pont	20/03/2019 14 h	18/10/2019 9 h 30	BE323	5 mn
Baro Diver	T (°C) et Pression atmosphérique	Mairie St-Etienne — VF	20/03/2019 12 h	18/10/2019 9 h 10	U0121	5 mn

Comme sur les autres sites, deux sondes ont été utilisées. Il s'agit des mêmes sondes utilisées l'année précédente, deux mini Diver, qui ont fourni des résultats très proches. La sonde barométrique est la même que pour le Gardon de Saint Etienne (placée dans la cour de la mairie de Saint-Étienne Vallée française). On a utilisé les données de la sonde de référence pour les calculs.

FIG.53 — CARTE DU BASSIN VERSANT ET SITUATION DE LA STATION DU MARTINET SUR LE GARDON DE SAINTE-CROIX



7.1.2 Chronique de récupération des données

FIG.54 — SÉQUENCES ENREGISTRÉES À LA STATION DU MARTINET SUR LE GARDON DE SAINTE-CROIX

Début	Fin	H début (TU)	H fin (TU)	Observations
20/03/2019	15/05/2019	14 h	10 h 5	5 mn
15/05/2019	17/06/2019	10 h 15	12 h 5	5 mn
17/06/2019	25/06/2019	12 h 15	11 h	5 mn
25/06/2019	02/07/2019	11 h 10	10 h 40	5 mn
02/07/2019	09/07/2019	10 h 50	11 h 40	5 mn
09/07/2019	16/07/2019	12 h 45	12 h 5	5 mn
16/07/2019	24/07/2019	12 h 10	12 h 25	5 mn
24/07/2019	30/07/2019	12 h 35	10 h 25	5 mn
30/07/2019	07/08/2019	10 h 30	11 h 40	5 mn

07/08/2019	13/08/2019	12 h	13 h	5 mn
13/08/2019	20/08/2019	13 h 5	11 h 25	5 mn
20/08/2019	26/08/2019	12 h	11 h 40	5 mn
26/08/2019	12/09/2019	11 h 45	8 h 25	5 mn
12/09/2019	19/09/2019	9 h	10 h 40	5 mn
19/09/2019	9/10/2019	11 h 10	11 h	5mn
9/10/2019	18/10/2019	11 h 10	9 h 15	5 mn et démontage

7.1.3 Tableau des jaugeages

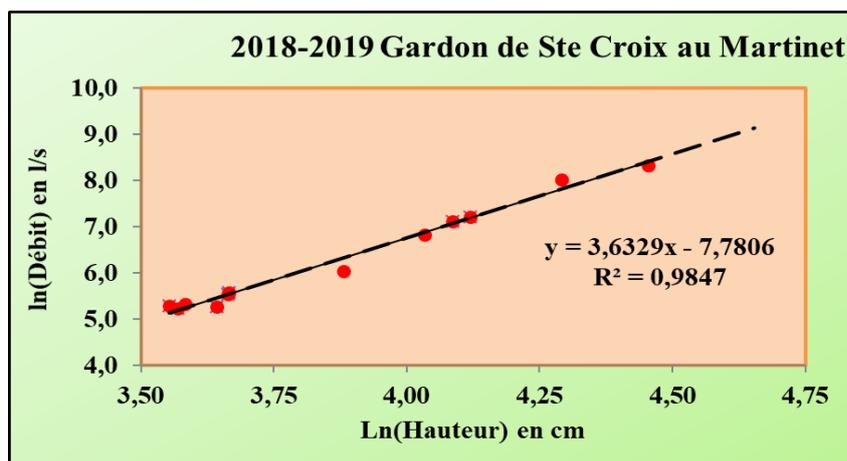
FIG.55 — JAUGEAGES EFFECTUÉS SUR LE SITE DU MARTINET SUR LE GARDON DE SAINTE-CROIX SEULES SONT NOTÉES PAR DES X. DE 1 À 3X. LES QUALITÉS DES JAUGEAGES AU SEL CORRESPONDANT À LA QUALITÉ DE LA COURBE DE CONDUCTIVITÉ QUI TRADUIT LE PLUS OU MOINS BON BRASSAGE DE LA SAUMURE

Date	Heure	Technique	Qualité	H cm	Q l/s	Conductivité $\mu\text{S/cm}$	Remarque
20/03/2019	11 h 45	Dilution	XX	59,5	1227	97	
15/05/2019	10 h	Dilution	XXX	61,5	1358	81	
16/07/2019	10 h 45	Dilution	XXX	39,1	270	102	
24/07/2019	12 h 30	Dilution	XXX	38,2	191	101	
20/08/2019	11 h 20	Dilution	XXX	39,0	255	103	Petit barrage
26/08/2019	11 h 40	Dilution	XXX	34,9	198	108	
12/09/2019	8 h 30	Dilution	XXX	35,5	187	110	

7.1.4 Courbe de tarage

À partir des sept jaugeages réalisés entre le 20 mars et le 12 septembre (Fig.56), qui couvrent la gamme des débits entre 187 et 1358 l/s, la courbe de tarage construite avec les jaugeages 2018 et 2019, qui est de type linéaire dans un diagramme bi log, permet d'estimer correctement les basses et moyennes eaux (Fig.56), jusqu'à un débit de 4 m³/s.

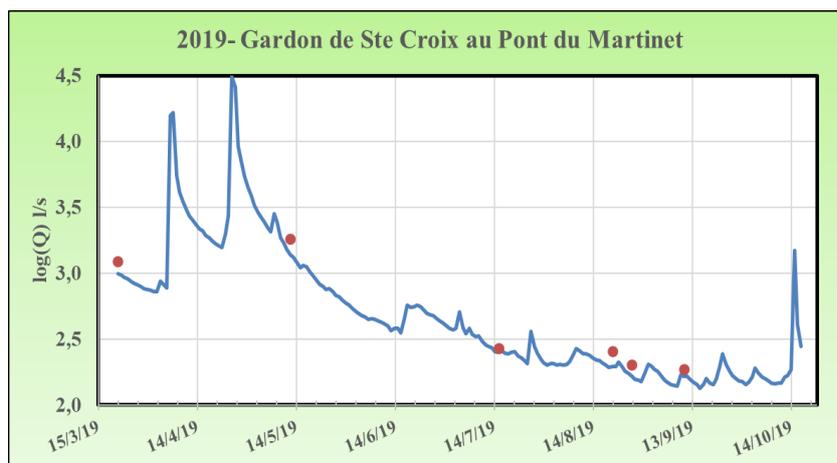
FIG.56 — COURBE DE TARAGE DE LA STATION DU GARDON DE SAINTE-CROIX AU MARTINET EN 2019



7.1.5 Hydrogramme et éléments de fonctionnement

Après le 15 mars 2019 (Fig.57), une fois passées les deux crues des 7 et 27 avril, les débits décroissent rapidement, seulement ralentis par l'épisode de crue du 18 juin (il n'est pas exclu qu'un petit barrage affecte l'écoulement entre cette date et le 25 juin). Ensuite, la récession est ponctuée par les petites crues des 4 (508 l/s) et 27 juillet (359 l/s), puis du 9 août (256 l/s). Après le 15 août (221 l/s), la baisse se poursuit pour atteindre l'étiage proprement dit le 16 septembre (139 +/- 1,2 l/s) et le Qe3 s'observe entre le 15 et le 17 septembre (140 +/- 0,9 l/s). Ensuite, le débit reste faible et il est seulement de 146 l/s le 10 octobre. La crue du 15 octobre (1480 l/s) marque la fin de l'étiage 2019 pour ce Gardon.

FIG.57 — VARIATION DES DÉBITS MOYENS JOURNALIERS DU GARDON DE SAINTE-CROIX AU MARTINET EN 2019



7.2 Le Gardon de Mialet à Saint Etienne Vallée française

Surface drainée 80 km². Longitude 3°50' 22,0"E. Latitude 44°10' 11,9"N. Altitude 239 m.

7.2.1 Présentation de la station

FIG.58 — STATION DU GARDON DE SAINT-ÉTIENNE VALLÉE FRANÇAISE — À GAUCHE, LE SITE LE 10 OCTOBRE 2019 : AU PREMIER PLAN, BARRAGE ET SUR LE ROCHER : BOÎTIER DU SOLOPHEME ; DANS L'EAU, ÉCHELLE ET SONDES — À DROITE, BARRAGE JUSTE EN AVAL DE LA STATION EN JUILLET



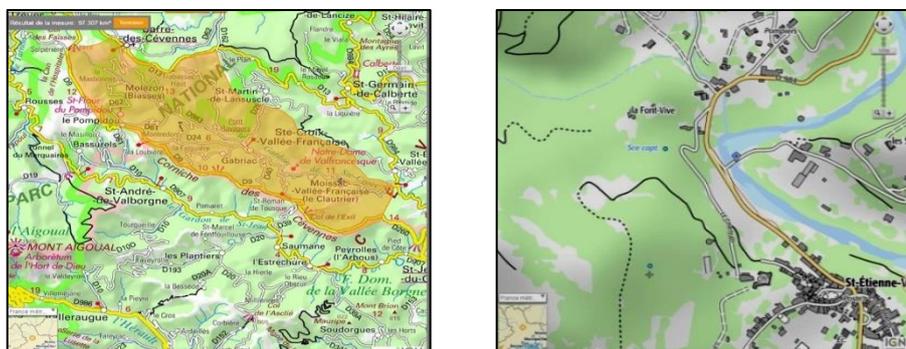
Le site de 2018, en rive droite du Gardon de Saint-Étienne, une soixantaine de mètres en amont du pont qui dessert le hameau de Solières, a été repris pour la campagne 2019. Deux obstacles sont apparus en début de saison : un peuplier, tombé en travers du cours d'eau, à une quarantaine de mètres à l'aval du site de mesures, mais qui semble avoir été trop éloigné pour freiner les écoulements au niveau de la station, et qui a été débité au printemps, soit avant la campagne d'étiage ; puis un barrage de pierres à une vingtaine de mètres du site de mesure, construit le 30 mai à 11 h TU, remontant alors le plan d'eau de 7 cm en 35 minutes. Il a été très vite ouvert dans sa partie centrale, et il est resté ainsi durant toute la campagne. Des reconstructions-déconstructions sur ce barrage sont observables du 13/8 15 h 25 au 14/08 à 9 h 35, puis du 21/08 au 25/08 15 h 40 entraînant une remontée temporaire du plan d'eau de 6 à 7 cm. On a reconstitué les niveaux pour ces deux périodes. Enfin, un léger dépôt de feuilles est apparu le 10 octobre, entraînant une toute petite remontée du plan d'eau, de l'ordre d'un centimètre.

Les deux sondes installées, une mini Diver et une sonde Keller associée à un Solophème ont bien fonctionné. Le calcul a été fait en utilisant les données du Solophème.

FIG.59 — CARACTÉRISTIQUES DE LA STATION DU GARDON DE SAINT-ÉTIENNE VALLÉE FRANÇAISE EN 2019

Sonde	Donnée produite	Emplacement	Mise en place (TU)	Fermeture (TU)	N° sonde	Fréquence de la mesure
miniDiver secours	T (°C) Pression atmosphérique	Contre un gros rocher	20/03/2019 à 10 h	18/10/2019 à 9 h	U 0552	5 mn
Solophème	Niveau d'eau. T	Sur le même rocher	01/06/2019 à 12 h	18/10/2019 à 9 h	SS 090901	5 mn
Baro Diver	Pression atmosphérique	Mairie St-Etienne — VF	20/03/2019 à 10 h	18/10/2019 à 9 h 30	U 0121	5 mn

FIG.60 — CARTE DU BASSIN VERSANT ET SITUATION DE LA STATION DU GARDON DE MIALET À SAINT ÉTIENNE VALLÉE FRANÇAISE



7.2.2 Chronique de récupération des données

FIG.61 — SÉQUENCES ENREGISTRÉES À LA STATION DU GARDON DE MIALET À SAINT-ÉTIENNE VALLÉE FRANÇAISE

Début	Fin	H début (TU)	H Fin (TU)	Observations
20/03/2019	15/05/2019	14 h	9 h 5	5 mn
15/05/2019	17/06/2019	9 h 15	10 h 50	5 mn
17/06/2019	25/06/2019	11 h	9 h 55	5 mn
25/06/2019	02/07/2019	10 h	9 h 35	5 mn
02/07/2019	09/07/2019	9 h 40	10 h 35	5 mn
09/07/2019	24/07/2019	10 h 40	11 h 20	5 mn
24/07/2019	07/08/2019	11 h 25	10 h 25	5 mn
07/08/2019	13/08/2019	10 h 30	13 h 10	5 mn
13/08/2019	26/08/2019	13 h 15	10 h 35	5 mn
26/08/2019	12/09/2019	10 h 40	8 h 5	5 mn
12/09/2019	09/10/2019	8 h 10	10 h 10	5 mn
09/10/2019	18/10/2019	10 h 15	9 h	5 mn et démontage

7.2.3 Tableau des jaugeages

FIG.62 — JAUGEAGES EFFECTUÉS SUR LE SITE DU GARDON DE ST-ÉTIENNE-VALLÉE-FRANÇAISE. SEULES SONT NOTÉES PAR DES X. DE 1 À 3X. LES QUALITÉS DES JAUGEAGES AU SEL CORRESPONDANT À LA QUALITÉ DE LA COURBE DE CONDUCTIVITÉ QUI TRADUIT LE PLUS OU MOINS BON BRASSAGE DE LA SAUMURE

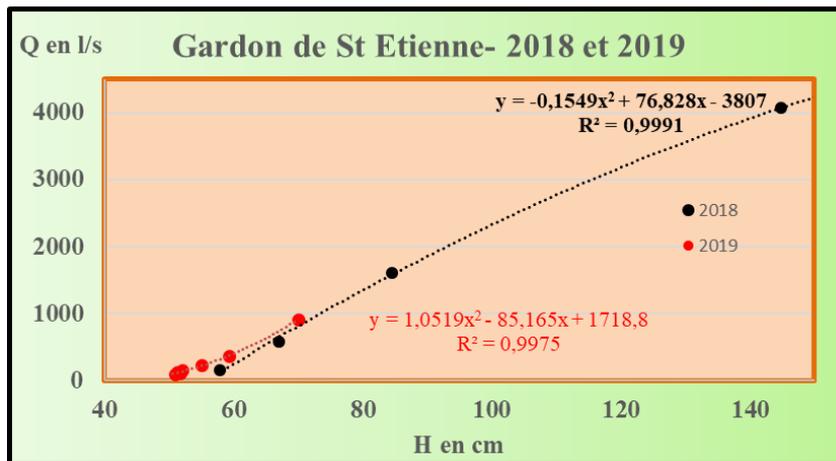
Date	Heure	Technique	Qualité	H (cm) Échelle 1	Q (l/s)	Conductivité (µS/cm)	Équipe
21/03/2019	11 h 22	Dilution	XXX	70,0	913	71,2	JMD-JFD
02/07/2019	9 h 30	Dilution	XXX	55,0	228	82,0	JMD-JFD
16/07/2019	10 h 15	Dilution	XXX	52,0	152	88,0	JMD-LL
24/07/2019	11 h 20	Dilution	XXX	51,2	129	81,0	JMD-LL

07/08/2019	10 h 25	Dilution	XXX	51,7	107	86,0	JMD-LL
20/08/2019	10 h 15	Dilution	XXX	51,0	98	95,0	PM-LL
12/09/2019	8 h 50	Dilution	XXX	51,0	93	99,0	JMD-JFD

7.2.4 Courbe de tarage

La station de Saint-Étienne n'étant pas stable d'un point de vue hydraulique, il a fallu construire à nouveau une courbe de tarage pour la campagne 2019 (Fig.63).

FIG.63 — COURBES DE TARAGE DU GARDON DE SAINT-ÉTIENNE VALLÉE FRANÇAISE EN 2018 ET 2019

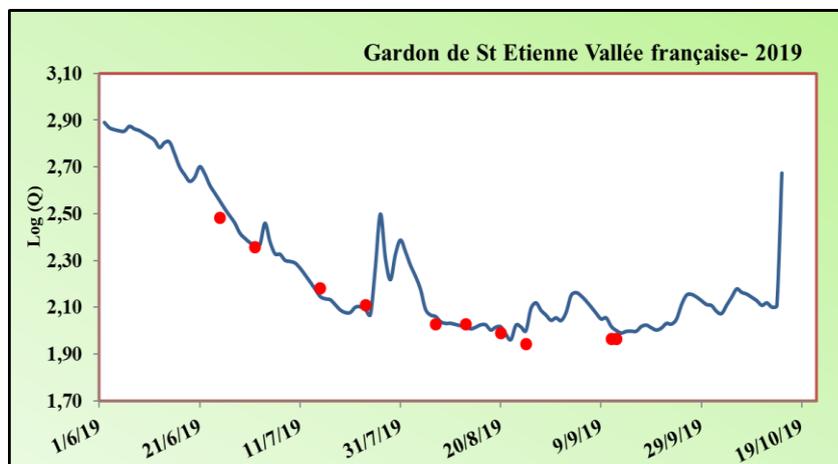


En 2019, Les jaugeages n'ont pas dépassé 1000 l/s (913 l/s le 13 mai). La figure 63 montre le décalage avec la courbe de tarage de l'année précédente. Au-dessus de 1000 l/s, les deux courbes doivent être très proches, alors que l'écart est significatif pour les débits de moyennes et de basses eaux.

7.2.5 Hydrogramme et éléments de fonctionnement

L'hydrogramme de l'année 2019 du Gardon de Saint-Étienne entre le 1^{er} juin et le 18 octobre (Fig. 64) montre une décroissance rapide jusqu'au 24 juillet. Les pluies orageuses des 27 et 31 juillet (crues de 315 et 244 l/s) rechargent un peu le bassin versant jusqu'au 7 août, date à laquelle le débit atteint un palier très bas (115 l/s). Ces faibles débits se maintiennent jusqu'au 25 août (100 l/s). Un minimum est même atteint à cette date (91 l/s le 22/08), sans que l'on puisse dire s'il s'agit de l'étiage vrai. Ensuite les débits varient peu, avec de très faibles recharges les 2 août et 4 septembre.

FIG.64 — VARIATION DES DÉBITS MOYENS JOURNALIERS DU GARDON À SAINT-ÉTIENNE VALLÉE FRANÇAISE



L'étiage est observé le 13 septembre avec un débit moyen en 24 heures de 97,6 +/- 0,4 l/s et le débit moyen le plus faible en 3 jours, entre le 13 et le 15 septembre avec 98,8 +/- 0,1 l/s. Le débit remonte modérément ensuite, il est de 130 l/s le 1^{er} octobre, et seulement de 128 l/s le 14 octobre. Enfin, à l'issue de la première crue, le 15 qui scelle la fin de l'étiage 2019, il atteint 472 l/s en 24 h (débit de pointe de 1732 l/s à 4 h TU).

7.3 Le Gardon de Mialet au Roucan à Corbès

Surface drainée 224 km². Longitude : 3° 58,0' 04,3" E. Latitude : 44°04' 46,5" N. Altitude : 135 m.

7.3.1 Présentation de la station

La station de Roucan en rive droite du Gardon de Mialet s'appuie sur un socle rocheux (granite) qui se trouve cinquante mètres à l'aval de la levade alimentant la prise d'eau de la Bambouseraie, par l'intermédiaire d'un long *béal*, en rive gauche du Gardon. Grâce à l'amabilité des propriétaires du camping Cévennes-Provence, la station est accessible en rive droite en passant par le camping (Fig.65). Du fait de son encaissement, le niveau est en moyennes eaux plus élevé que sur les autres stations, ce qui retarde la mise en place en début de campagne, et il peut monter fortement lors des crues.

Une partie de l'eau qui sert à alimenter le *béal* est restituée avant le point de mesure (et donc comptabilisée dans le jaugeage effectué à l'aval). Quant au débit acheminé dans le *béal* jusqu'à la Bambouseraie, il est contrôlé par le gestionnaire de la Bambouseraie au moyen d'une échelle de niveau, dans un canal Venturi. Le prélèvement est variable au cours du temps. Il n'est pas mesuré en continu.

FIG.65 — STATION DU GARDON DE MIALET A ROUCAN. À GAUCHE : LE SITE AVEC TRONC D'ARBRE ET SÉDIMENTATION AU VOISINAGE DE LA STATION EN SEPTEMBRE — CENTRE : ÉCHELLE ET SONDÉS — DROITE : DÉMONTAGE LE 31 OCTOBRE 2019



La courbe de tarage de la figure 70 est la combinaison du débit de la rivière au point de mesure augmenté du débit acheminé dans le *béal* connu ou estimé au moment du jaugeage. Depuis 2017, nous avons noté quelques niveaux lors des passages hebdomadaires, jaugeé le *béal* à plusieurs reprises, et pu ainsi construire une courbe d'étalonnage qui demanderait à être consolidée. Ainsi les débits fournis en 2017-2018 dans le cadre de ce travail sont-ils plus sûrs que les années précédentes.

Notons au sujet du prélèvement d'eau occasionné par la Bambouseraie, qu'il est limité dans le temps, sans doute à la période d'exploitation horticole, mais sans que l'on puisse pour notre part en connaître l'étendue et l'ampleur du prélèvement journalier. En 2017, nous avons observé qu'il variait entre 30 et 60 l/s, alors qu'en 2015 il était compris entre 100 et 180 l/s. En 2018, il était passé de 170 l/s fin juin à une valeur médiane de 100 l/s jusqu'au 1^{er} octobre, enfin, le 18 octobre, alors que l'étiage était terminé, il était de 200 l/s. Pour 2019, il n'a pas été réalisé de sondage de débit du *béal*, et la comparaison avec les valeurs des années est délicate, dans la mesure où la hauteur d'eau dans le canal a été modifiée par la pose d'une planche, relevant de 17 cm le niveau. Tout au plus pouvons-nous constater que le niveau était de 60,5 cm en juin, 57,5 cm en juillet, et entre 51 et 53 cm entre le 12 août et le 23 septembre, alors que le Gardon était classé en vigilance de niveau 2. Une valeur moyenne de 50 l/s a été prise pour les calculs.

La station hydrométrique d'ESPACE pour les débits d'étiage reste inchangée depuis 2015, dans la mesure où il n'a pas été trouvé un site plus favorable à des mesures non influencées. Il faut noter qu'un peu en amont, la station voisine gérée par le Service de Prévision des Crues Grand delta, et qui subit de la même façon des influences diverses (barrages suivis de rupture, prélèvements d'eau) n'est plus vraiment exploitée depuis 2016.

L'équipement remis en place dans le canyon granitique à compter du 22 mai 2019 par l'UMR ESPACE comprenait cette année encore, deux sondes de pression mini Diver 0-10 m immergées (une de référence et une de secours) et une sonde barométrique placée dans le camping. La sonde hydrométrique comptabilise les flux passant dans la rivière et une évaluation de ceux qui sont dérivés, comme indiqué au-dessus, au niveau du barrage, vers l'aqueduc de la Bambouseraie. La mesure effectuée par notre équipe concerne aussi bien les débits qui passent par-dessus le barrage que ceux qui filtrent à travers la maçonnerie.

FIG.66 — CARACTÉRISTIQUES DE LA STATION DU GARDON DE MIALET A ROUCAN

<i>Matériel</i>	<i>Donnée produite</i>	<i>Mise en place (TU)</i>	<i>Fermeture (TU)</i>	<i>N° sonde</i>	<i>Fréquence de mesure</i>
Mini Diver (référence)	Pression de l'eau Débit et T (°C)	22/05/2019 9 h	30/10/2019 8 h 45	S4493	5 mn
Mini Diver (secours)	Pression de l'eau Débit et T (°C)	22/05/2019 9 h	30/10/2019 8 h 45	R7198	5 mn
Baro Diver	Pression atmosphérique	22/05/2019 9 h	30/10/2019 9 h	R7168	5 mn

FIG.67 — CARTE DU BASSIN VERSANT ET SITUATION DE LA STATION DU GARDON DE MIALET À ROUCAN



7.3.2 Chronique de récupération des données

FIG.68 — SÉQUENCES ENREGISTRÉES À LA STATION DU GARDON DE MIALET A ROUCAN

<i>Début</i>	<i>Fin</i>	<i>H début (TU)</i>	<i>H fin (TU)</i>	<i>Observations</i>
22/05/2019	18/06/2019	9 h	12 h 15	5 mn
18/06/2019	24/06/2019	12 h 30	11 h 45	5 mn
24/06/2019	01/07/2019	12 h	10 h 50	5 mn
01/07/2019	08/07/2019	11 h	11 h 25	5 mn
08/07/2019	15/07/2019	12 h	11 h 45	5 mn
15/07/2019	22/07/2019	11 h 55	11 h 50	5 mn
22/07/2019	29/07/2019	12 h	12 h	5 mn
29/07/2019	05/08/2019	12 h 10	7 h	5 mn
05/08/2019	12/08/2019	7 h 10	7 h 30	5 mn
12/08/2019	19/08/2019	7 h 35	7 h 5	5 mn
19/08/2019	27/08/2019	7 h 10	11 h 40	5 mn
27/08/2019	09/09/2019	11 h 45	13 h 10	5 mn
09/09/2019	23/09/2019	13 h 20	10 h 45	5 mn
23/09/2019	10/10/2019	11 h	11 h 30	5 mn
10/10/2019	30/10/2019	11 h 40	8 h 50	5 mn et démontage

Les deux sondes ont donné des résultats semblables, les résultats sont tirés de la sonde de référence.

7.3.3 Tableau des jaugeages

Les 7 jaugeages de 2019 couvrent une faible gamme de débits, comprise entre 275 et 691 l/s. La comparaison avec la courbe de tarage 2016-2018 (Fig. 70) montre un décalage, qui s'explique par la modification hydraulique à la station après une crue de l'automne 2018. Il faut noter aussi l'arrivée d'un gros tronc d'arbre, tout

près des sondes, et un dépôt sédimentaire dans le voisinage. Le dépôt de sédiment de l'an dernier a été purgé lors des deux crues rapprochées du 20/10 (hauteur maxi de 3,20 m) et du 23/10 (4,27 m) !

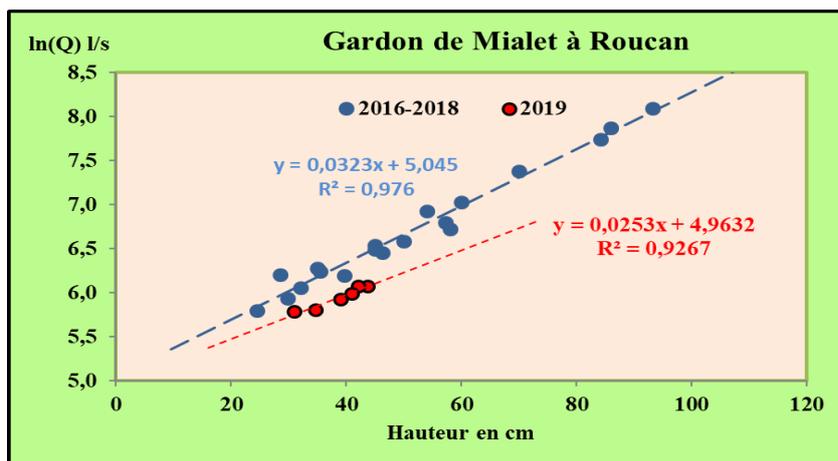
FIG.69 — JAUGEAGES EFFECTUÉS SUR LE SITE DU GARDON DE MIALET AU ROUCAN EN 2019

Date	Heure	Technique	H cm	Qualité	Q l/s	Conductivité $\mu\text{S/cm}$	Équipe
15/07/2019	11 h 45	Dilution	43,7	XXX	395	156	JMD-LL
19/07/2019	8 h 30	Dilution	42,2	XXX	394	161	JMD-LL
22/07/2019	11 h 50	Dilution	41,0	XXX	358	170	JMD-LL
05/08/2019	12 h	Dilution	39,1	XXX	334	170	JFD-LL
19/08/2019	7 h	Dilution	34,8	XX	281	195	PM-LL
27/08/2019	11 h 30	Dilution	31,0	XX	275	202	JMD-HDC
09/09/2019	13 h 10	Dilution	46,0	XX	691	186	JMD-JFD

7.3.4 Courbe de tarage

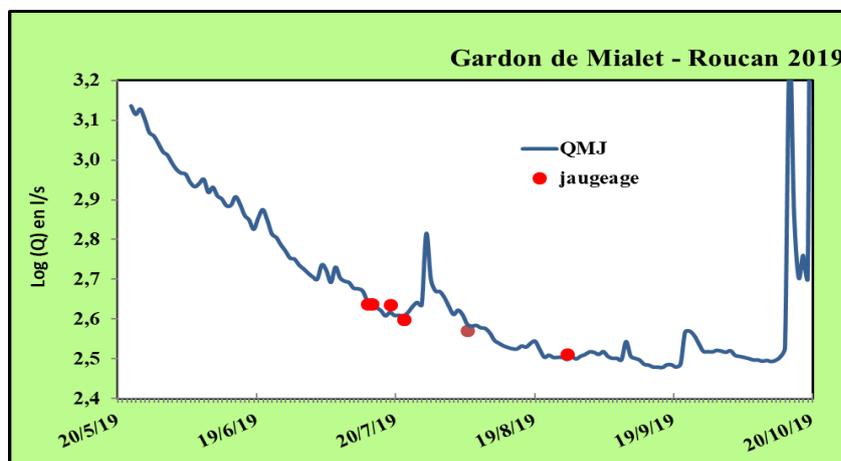
L'ensemble des points décrit assez bien une fonction linéarisée, après transformation en log des débits et des hauteurs d'eau (Fig.70).

FIG.70 — COURBES DE TARAGE DU GARDON DE MIALET À ROUCAN EN 2016-2018 ET EN 2019



7.3.5 Hydrogramme et éléments de fonctionnement

FIG.71 — DÉBITS MOYENS JOURNALIERS DU GARDON DE MIALET À ROUCAN (TOUS FLUX PASSANTS) EN 2019



L'hydrogramme (Fig.71) montre qu'au cours de l'été 2019, la récession est forte jusqu'au 22 juillet. Le débit moyen journalier est de 982 l/s le 1^{er} juin, 518 l/s le 1^{er} juillet et 426 l/s le 15 juillet. Les deux orages des 26 et 27 juillet (40 mm de pluie) rechargent temporairement le bassin qui fournit un débit de 427 l/s le 1^{er} août, et freine la récession jusqu'au 25 août.

Les débits continuent de baisser pour atteindre l'étiage le 17 septembre (300 +/-0,5 l/s), soit 1,36 l/s/km² et le Qe_{j3}, les 17 au 19 septembre (318 +/- 0,4 l/s). Ensuite, les débits restent faibles jusqu'au 12 octobre (312 l/s). Le débit au moment du démontage le 31 octobre était de 1150 l/s.

8 Le Gardon d'Alès

Sur le Gardon d'Alès, deux stations ont vocation à fonctionner pendant six ans en continu et à enregistrer en particulier les étiages depuis 2015.

La première de ces stations est située à l'aval immédiat du barrage des Cambous sur le Gardon d'Alès (commune de Branoux-les-Taillades). La seconde a été installée sur un affluent de rive droite, le Galeizon, au lieu-dit l'Aube morte (commune de Saint-Paul la Coste).

8.1 Le Gardon d'Alès aux Cambous

Surface drainée : 113 km². Longitude : 3°59' 19,8" E. Latitude : 44°14' 02,0" N. Altitude : 205 m.

8.1.1 Présentation de la station

La station de mesure de l'UMR ESPACE aux Cambous dispose d'un système d'enregistrement à l'année, en place sur une section naturelle rocheuse (schistes), en rive gauche du Gardon, cinquante mètres à l'aval du barrage des Cambous (Fig.72). Elle a été mise en place en avril 2015 pour une durée de trois ans (2015 – 2017), puis la reconduction du projet par l'EPTB Gardons permet de poursuivre les mesures sur ce site jusqu'en 2020. Elle peut être toutefois difficile d'accès lors des plus hautes eaux.

FIG.72 — STATION DES CAMBOUS SUR LE GARDON D'ALÈS À GAUCHE LE SITE D'INJECTION POUR LES JAUGEAGES, À DROITE LA STATION



FIG.73 — CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA STATION DES CAMBOUS SUR LE GARDON D'ALÈS

Matériel	Donnée produite	Mise en place (TU)	Fermeture (TU)	N° sonde	Fréquence de mesure
Mini Diver	Pression de l'eau et T (°C)	13/04/2015 11 h 10	Pérenne Hors d'usage depuis le 08 octobre	U 0530	5 mn
Levelogger 0-10 m	Pression. T (°C) et Conductivité (µS/cm)	13/04/2015 11 h 20	Pérenne Hors d'usage et remplacée le 10 septembre	1 071 115	5 mn
Levelogger 0-10 m	Pression. T (°C) et Conductivité (µS/cm)	10/09/2019 8 h 30	pérenne	2 091 389	5 mn
Baro Diver	Pression atmosphérique	24/10/2016 10 h	Pérenne	S 8521	5 mn
Baro Logger	Pression atmosphérique	24/10/2016 10 h	Pérenne	2 043 823	5 mn

Le matériel a été doublé (une sonde de pression mini Diver et une sonde Solinst associées à leur sonde barométrique respective). Il s'agit d'éviter qu'une panne sur l'un ou l'autre des systèmes n'affecte, lors d'une période qui peut être non négligeable, du fait de l'inaccessibilité du site en hautes eaux, la mesure du débit. Cette solution nous permet en outre de comparer *in situ* les résultats des deux systèmes. Malheureusement, en 2019, les deux sondes sont successivement tombées en panne. La Levelogger était inexploitable et a été remplacée par une nouvelle sonde le 10 octobre. Quant à la mini Diver, elle a fourni des données inexploitable à compter du 23 septembre. Installées en 2015, elles ne sont plus réparables et elles ont été démontées.

FIG.74 — BASSIN VERSANT ET CARTE DE LOCALISATION DE LA STATION DES CAMBOUS SUR LE GARDON D'ALÈS



8.1.2 Chronique de récupération des données

Le tableau ci-dessous présente les relevés des sondes depuis le début de l'année 2019. Les données qui sont traitées pour la période estivale correspondent à la sonde miniDiver.

FIG.75 — PÉRIODES DE FONCTIONNEMENT CONTINU DE LA SONDE MINIDIVER DE LA STATION DES CAMBOUS SUR LE GARDON D'ALÈS

Début	Fin	H début (TU)	H fin (TU)	Observations
07/01/2019	01/03/2019	14 h	8 h 55	5 mn
01/03/2019	19/04/2019	9 h 5	8 h	5 mn
19/04/2019	18/06/2019	8 h 10	8 h 25	5 mn
18/06/2019	24/06/2019	8 h 40	7 h 55	5 mn
24/06/2019	01/07/2019	8 h	7 h 50	5 mn
01/07/2019	08/07/2019	8 h	7 h 10	5 mn
08/07/2019	15/07/2019	7 h 20	8 h 10	5 mn
15/07/2019	22/07/2019	8 h 20	8 h 5	5 mn
22/07/2019	29/07/2019	8 h 10	8 h	5 mn
29/07/2019	05/08/2019	8 h 30	11 h 55	5 mn
05/08/2019	12/08/2019	12 h	10 h 40	5 mn
12/08/2019	20/08/2019	10 h 45	13 h 50	5 mn
20/08/2019	27/08/2019	14 h	7 h 50	5 mn
27/08/2019	09/09/2019	8 h	8 h 5	5 mn
09/09/2019	23/09/2019	8 h 15	8 h 40	5 mn — démontée

D'une manière générale, les données des deux sondes sont relevées lors de chaque tournée. La comparaison des résultats fournis par les deux matériels, les années précédentes, avait conduit à préférer les résultats issus de la sonde Levelogger, la sonde miniDiver étant utilisée en dépannage. En 2019, la sonde Levelogger étant définitivement inutilisable à compter du 20 août, le résultat présenté correspond à la sonde mini Diver (jusqu'au 23 septembre). Les données de la nouvelle sonde Levelogger pourront être utilisées dès lors que l'on disposera de plusieurs valeurs pour calculer la relation charge hydraulique vs Hlue.

8.1.3 Tableau des jaugeages

Il n'a pas été fait de jaugeage en 2019.

Du fait de sa position à l'aval du barrage, la station enregistre les variations de niveaux associées à la gestion de l'ouvrage. Par ailleurs le débit semble « choisi » et maintenu à certains niveaux (débits réservés) à certaines périodes. Dans ces conditions l'idée même d'un débit d'étiage pose problème, car rien ne dit que le débit minimal mesuré de fin de cycle soit le débit de l'étiage du bassin versant ni le jour de l'étiage.

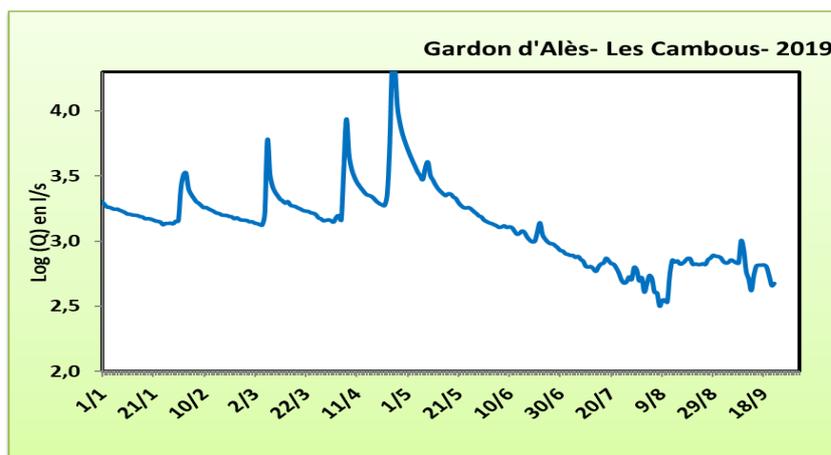
8.1.4 Courbe de tarage

La courbe de tarage de la station des Cambous est maintenant bien calée dans la gamme 70 - 140 cm (260 et 8060 l/s). Moyennant une transformation logarithmique des hauteurs et des débits, on obtient une relation linéique. Il devient ensuite difficile de jauger au-dessus de 150 cm avec la méthode par dilution, car il faudrait injecter beaucoup de sel et la lecture du niveau par l'intermédiaire d'une échelle mobile devenant impossible.

8.1.5 Hydrogramme et éléments de fonctionnement

On s'intéressera dans ce rapport à la chronique allant du 1^{er} janvier au 22 septembre (Fig.76). Après les 4 crues majeures de l'hiver et du printemps 2019, la figure 78 présente les débits qui décroissent fortement jusqu'au 8 août, date à laquelle est enregistré le plus faible débit de l'année 2019 (317 l/s). Suit une période de variations assez fortes liées à des tests dans la gestion du barrage (712 l/s le 13 août), puis une relative stabilisation entre le 8 août et le 9 septembre (débit compris entre 670 et 780 l/s), suivie de nouvelles interventions jusqu'au 22 septembre.

FIG.76 — HYDROGRAMME DU GARDON D'ALÈS À LA STATION DES CAMBOUS DE JANVIER À SEPTEMBRE 2019



8.2 Le Galeizon à l'Aube morte

Surface drainée 61 km². Longitude 3°58' 57,9"E. Latitude 44°10' 11,9"N. Altitude 189 m.

8.2.1 Présentation de la station

La station sur le Galeizon à l'Aube morte, sur terrain schisteux, est la reprise d'une ancienne station hydrométrique du Conseil départemental du Gard dont nous avons réutilisé tant le système de puits et de caisson de l'ancien limnigraphe à flotteur que le seuil qui est en béton, mais érodé par endroits.

Le dispositif de mesures se trouve en rive gauche. Contrairement à ce que nous avons pu espérer, ce seuil maçonné n'est pas étanche à sa base. Il faut donc tenir compte de sous écoulements. Le seuil pour les débits d'étiages ou de basses eaux, de section rectangulaire, a été détérioré au fil du temps. Cependant, et après les nombreux échanges que nous avons eus avec le Syndicat Mixte des Hautes Vallées Cévenoles et l'EPTB des Gardons, il a été décidé de ne pas modifier la forme du seuil en béton, même s'il est un peu dégradé. Un site à l'aval présente une section resserrée et canalisée dans un goulet de schistes, qui a servi pour réaliser les jaugeages durant l'étiage 2015, et qui se prête bien aux mesures fines. Nous l'avons reprise en 2019 pour estimer les très faibles débits de cette année.

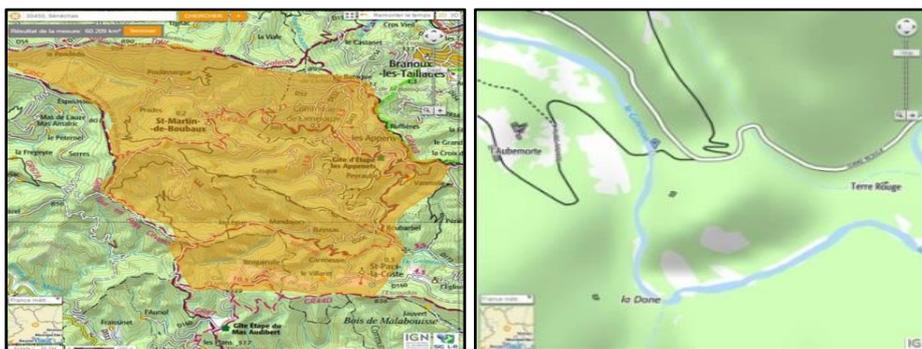
FIG.77 — STATION DU GALEIZON À L' AUBE MORTE — À GAUCHE, SEUIL ; AU CENTRE, ÉCHELLE LIMNIMÉTRIQUE ET TUBES ABRITANT LES SONDES MINI DIVER ET LEVELOGGER ; À DROITE, STATION VUE DEPUIS LE SEUIL VERS L' AVAL



FIG.78 — CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU MATÉRIEL À LA STATION DU GALEIZON À L' AUBE MORTE

<i>Sonde</i>	<i>Donnée produite</i>	<i>Mise en place (TU)</i>	<i>Récupération (TU)</i>	<i>N° sonde</i>	<i>Fréquence de la mesure</i>
Mini Diver 0-10 m	Pression de l'eau Débit et T (°C)	08/04/2015 11 h	08/10/2019 10 h 30	V 0872	5 mn
Baro Diver	Pression atmosphérique	08/04/2015 11 h	08/10/2019 10 h 30	U 0166	5 mn
Levelogger 0-10 m	Pression de l'eau Débit et T (°C)	08/04/2015 11 h TU	08/10/19	071 047	5 mn
Baro Logger	Pression atmosphérique	08/04/2015	Pérenne	204 3833	5 mn
Solphème	Niveau d'eau T	25/04/2017	Pérenne	SS 2234	5 mn

FIG.79 — BASSIN VERSANT ET CARTE DE LOCALISATION DE LA STATION DE L' AUBE MORTE SUR LE GALEIZON



8.2.2 Chronique de récupération des données

Les données sont relevées périodiquement au cours de l'année, sauf quand le niveau de l'eau est trop élevé pour atteindre les sondes. La figure 80 indique également les relevés qui précèdent la campagne d'étiage (avant le 02 juillet). Après cette date les suivis sont hebdomadaires. La chronique est complète pour les enregistrements obtenus avec le Solophème, alors qu'on enregistre quelques lacunes pour les deux autres sondes (inaccessibles en très hautes eaux), la sonde Levelogger ayant par ailleurs une capacité de stockage plus faible, à cause de ses trois voies d'enregistrement. Pour la sonde mini Diver, la chronique est complète jusqu'au dernier relevé le 8 octobre, avec un dysfonctionnement (niveaux décalés) entre le 24/06 et le 29/07.

FIG.80 — PÉRIODES DE FONCTIONNEMENT CONTINU DES SONDÉS DE LA STATION DE L'AUBE MORTE SUR LE GALEIZON DU 7 JANVIER AU 28 OCTOBRE 2019 — DONNÉES DU SOLOPHEME

<i>Début</i>	<i>Fin</i>	<i>H début (TU)</i>	<i>H fin (TU)</i>	<i>Observations</i>
07/01/2019	18/01/2019	15 h 50	9 h 35	5 mn
18/01/2019	01/03/2019	9 h 40	10 h 25	5 mn
01/03/2019	13/05/2019	10 h 30	10 h	5 mn
13/05/2019	28/05/2019	10 h 5	11 h 55	5 mn
28/05/2019	18/06/2019	12 h	9 h 55	5 mn
18/06/2019	24/06/2019	10 h	9 h	5 mn
24/06/2019	01/07/2019	9 h 5	9 h 55	5 mn
01/07/2019	08/07/2019	10 h	9 h 5	5 mn
08/07/2019	15/07/2019	9 h 10	9 h 10	5 mn
15/07/2019	22/07/2019	9 h 15	9 h 10	5 mn
22/07/2019	02/08/2019	9 h 15	9 h 30	5 mn
02/08/2019	29/07/2019	9 h 35	9 h 30	5 mn
29/07/2019	05/08/2019	9 h 35	10 h 50	5 mn
05/08/2019	12/08/2019	10 h 55	9 h 25	5 mn
12/08/2019	19/08/2019	9 h 30	10 h 50	5 mn
19/08/2019	27/08/2019	10 h 55	8 h 50	5 mn
27/08/2019	06/09/2019	8 h 55	6 h 25	5 mn
06/09/2019	17/09/2019	6 h 30	8 h 30	5 mn
17/09/2019	23/09/2019	8 h 35	9 h 35	5 mn
23/09/2019	08/10/2019	9 h 40	10 h 45	5 mn
08/10/2019	28/10/2019	9 h 45	9 h	5 mn

8.2.3 Tableau des jaugeages

En 2019, cinq jaugeages ont été réalisés (Fig.81) dans une gamme allant de 45 à 1258 l/s. Le 13 mai, les jaugeages, réalisés lors d'un stage destiné aux agents de l'EPTB, ont permis de vérifier la qualité des jaugeages par dilution (respectivement 1242 l/s en rive gauche et 1239 l/s en rive droite, enfin 1298 l/s en étendant la distance de récupération).

Des jaugeages de basses eaux, par dilution ou par micromoulinet, ont permis de contrôler des niveaux très faibles, et qui n'avaient pas été atteints jusqu'à présent, et ceci aussi tardivement. C'est en particulier le cas du jaugeage du 8 octobre, qui donne un débit de 45 l/s (0,74 l/s/km²).

FIG.81 — JAUGEAGES RÉALISÉS À LA STATION DE L'AUBE MORTE SUR LE GALEIZON. SEULES SONT NOTÉES PAR DES X. DE 1 À 3X. LES QUALITÉS DES JAUGEAGES AU SEL CORRESPONDANT À LA QUALITÉ DE LA COURBE DE CONDUCTIVITÉ QUI TRADUIT LE PLUS OU MOINS BON BRASSAGE DE LA SAUMURE

<i>Date</i>	<i>Heure</i>	<i>Technique</i>	<i>Qualité</i>	<i>H (cm)</i>	<i>Q (l/s)</i>	<i>Conductivité (µS/cm)</i>	<i>Équipe</i>
13/05/2019	9 h 30	Dilution	XXX	58,2	1258	63	JMD-JFD
29/07/2019	11 h 10	Micromoulinet		45,0	133		PAA
31/07/2019	09 h 30	Micromoulinet		44,1	103	114	LL-HDC
09/09/2019	9 h	Dilution	XXX	40,5	61	124	JMD-JFD
08/10/2019	10 h 45	Micromoulinet		41,5	45		PAA

8.2.4 Hydrogramme et éléments de fonctionnement

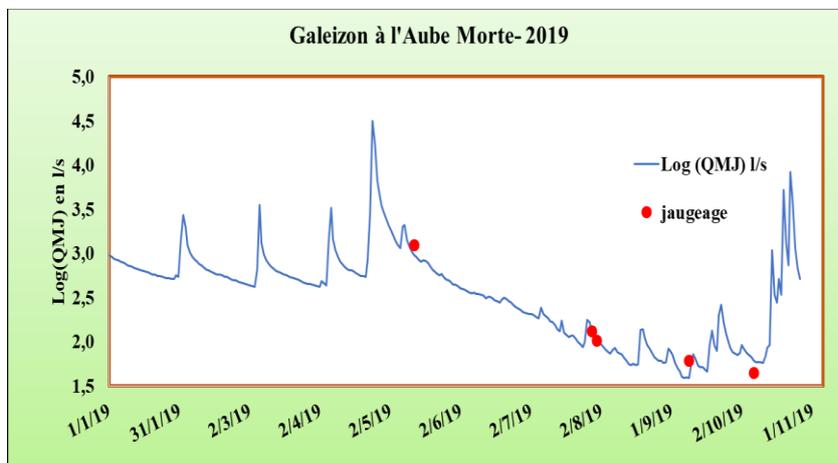
Les données présentées dans ce rapport concernent le dispositif SYGMA-SUD (centrale Solophème, et capteur de pression Keller 0-4 m) où sur ce site, le capteur suit très fidèlement le niveau de l'eau (Fig.4).

Pour la période de suivi de l'étiage, l'hydrogramme semi-logarithmique des débits (Fig.82) montre une allure similaire à celle des autres bassins, avec une récession continue entre le 20 mai (721 l/s) et le 9 septembre (40,2 l/s). Ensuite, il reste la plupart du temps inférieur à 100 l/s (débit moyen en 24 h de 63 l/s le 8 octobre).

L'étiage *sensu stricto* se produit le 7 septembre, avec un débit moyen en 24 heures de 40,2 +/- 0,4 l/s et en trois jours du 7 au 9 septembre, de 40,3 +/- 0,5 l/s, ce qui correspond à des débits spécifiques de 0,66 l/s/km². La

recharge s'effectue très lentement : le 11 octobre, le débit moyen journalier n'est que de 57 l/s. Il faut attendre les crues du 15 octobre (1100 l/s), et surtout du 23/10 (8300 l/s), pour retrouver des débits conséquents. Le 28 octobre, il est de 440 l/s.

Fig.82 — DÉBITS MOYENS JOURNALIERS DU GALEIZON (GARDON D'ALÈS) À LA STATION DE L'AUBE MORTE DU 1^{ER} JANVIER AU 28 OCTOBRE 2019 — CALCUL À PARTIR DES DONNÉES DU SOLOPHÈME

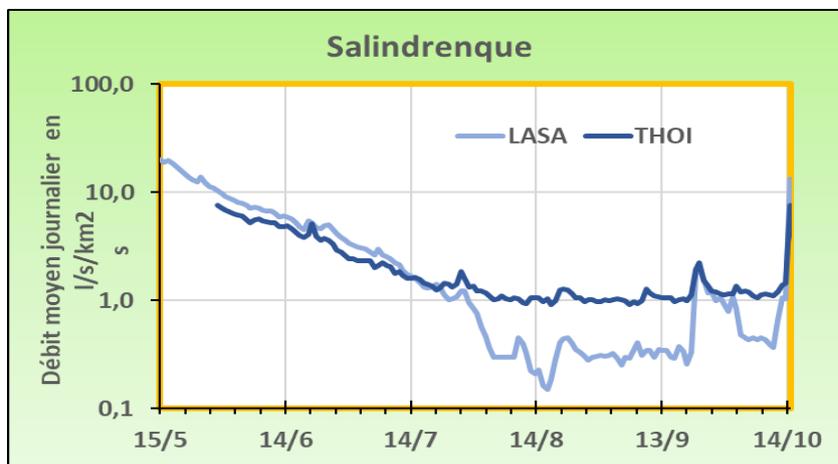


8.3 Comparaison des débits spécifiques en 2019

Les figures 83 à 86 présentent les variations des débits spécifiques moyens journaliers représentés pour les différentes stations. Elles ont été regroupées par stations d'un même bassin.

La figure 83 qui regroupe les débits des deux stations de la Salindrenque montre qu'en amont à Lasalle la récession est bien plus prononcée que sur la partie aval. Le débit s'effondre à partir du 31 juillet, et même si les résultats restent en partie imprécis à Lasalle (barrage temporaire, apport régulier de branches par un castor), les jaugeages réalisés entre le 9 août et le 20 septembre confirment la grande faiblesse des écoulements. Le débit à Lasalle reste inférieur à 1,0 l/s/km² durant 69 jours entre le 31 juillet et le 12 octobre, alors qu'il reste toujours supérieur à cette valeur repère à Thoiras. Le débit à l'étiage *sensu stricto* le 6 septembre est respectivement de 0,29 à l'amont et 0,92 l/s/km² à l'aval. La crue du 15 octobre marque la fin de cette longue période de basses eaux.

FIG.83 — DÉBITS SPÉCIFIQUES JOURNALIERS AUX STATIONS DE LASALLE (LASA) ET DE THOIRAS (THOI) SUR LA SALINDRENQUE DU 15 MAI AU 15 OCTOBRE 2019

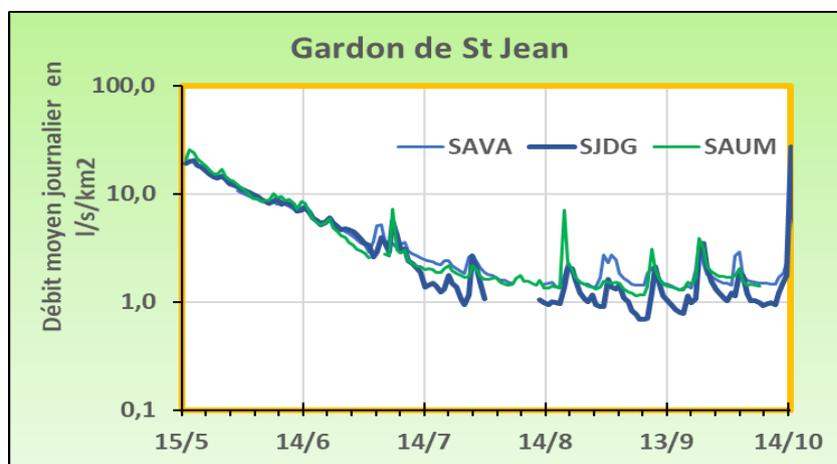


Sur la figure 84, on a représenté les stations amont du Gardon de Saint-Jean du Gard, à savoir, celles du Gardon de Saint-André de Valborgne, de la Borgne à Saumane, enfin du Gardon de Saint-Jean au pont de Cambonéral.

Le débit spécifique apparaît plus soutenu sur le petit bassin de la Borgne à Saumane (28 km²) au début de l'étiage, puis il baisse après le 20 juin et jusqu'au 15 septembre par rapport à celui du Gardon de Saint-André (29 km²), et s'apparente à celui de ce dernier, avec une crue plus prononcée sur la Borgne le 19 août. Enfin, le débit à Saint-Jean-du-Gard reste toujours plus faible, par combinaison d'une évapotranspiration plus intense, mais sans doute aussi à cause de prélèvements anthropiques plus importants en aval.

Le débit spécifique des trois bassins au moment de l'étiage, qui se produit entre le 6 et le 9 septembre est à Saumane de 1,15 l/s/km², de 1,43 l/s/km² à Saint-André de Valborgne, et seulement de 0,7 l/s/km² à Saint-Jean du Gard.

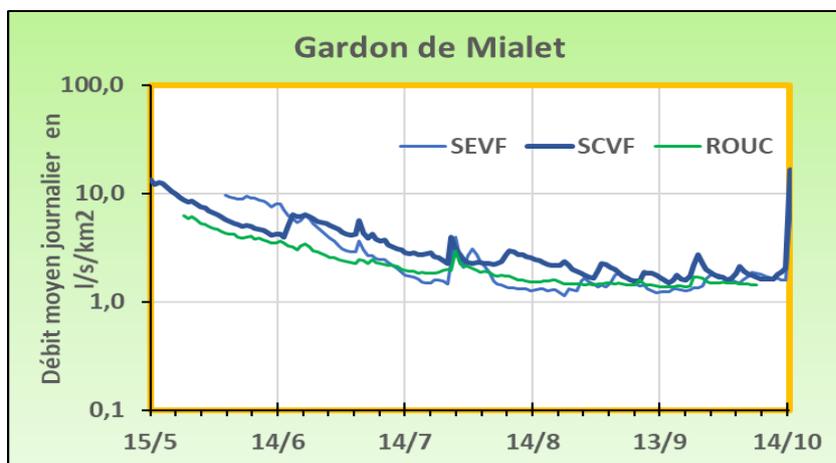
FIG.84 — DÉBITS SPÉCIFIQUES JOURNALIERS AUX STATIONS DE ST ANDRE DE VALBORGNE (SAVA), DE SAUMANE (SAUM), ET DE SAINT-JEAN DU GARD (SJDG), DU 15 MAI AU 15 OCTOBRE 2019



Pour le Gardon de Mialet et ses deux affluents amont (Fig.85), les débits spécifiques restent toujours plus forts pour le Gardon de Sainte-Croix. Ils sont plus élevés pour les moyennes eaux entre 4 et le 20 juin, mais cela est peut-être dû à une imprécision de la courbe de tarage. Ensuite, entre les deux Gardons amont, le débit spécifique à Saint Etienne est nettement inférieur, entre 30 et 100 % jusqu'au 20 août. L'écart a tendance à diminuer ensuite. Le débit à Roucan est inférieur aux deux autres jusqu'au 10 juillet, puis il devient supérieur à celui de Saint Etienne jusqu'au 1^{er} octobre.

Le débit de l'étiage est atteint le 13 septembre pour le Gardon de Saint Etienne (1,22 l/s/km²), le 16 pour celui de Sainte-Croix (1,50 l/s/km²) et le 17 (1,32 l/s/km²) pour celui de Mialet à Roucan.

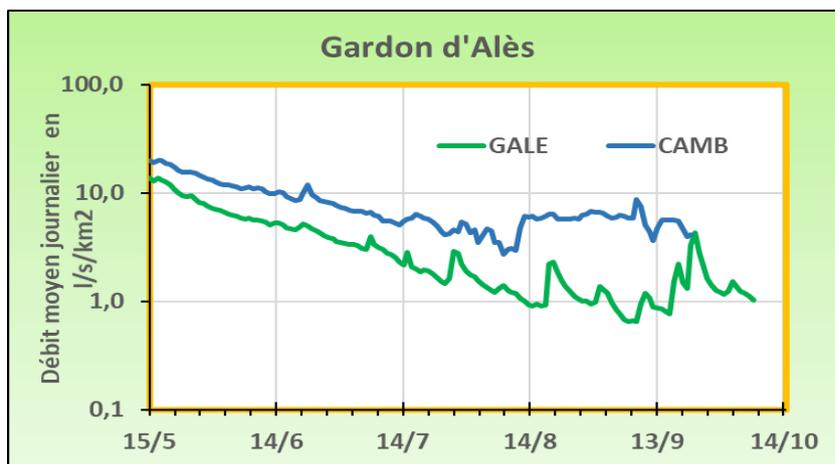
FIG.85 — DÉBITS SPÉCIFIQUES JOURNALIERS AUX STATIONS DE SAINT ETIENNE VALLÉE FRANÇAISE (SEVF) DE SAINTE CROIX VALLÉE FRANÇAISE (SCVF) ET DU GARDON DE MIALET À ROUCAN DU 15 MAI AU 15 OCTOBRE 2019



Enfin, la figure 86 concerne la station du Gardon d'Alès en sortie du barrage des Cambous, ainsi que celle du Galeizon à l'Aube morte.

Le débit du Galeizon est toujours inférieur à celui du Gardon d'Alès en sortie de barrage. Les deux courbes sont parallèles jusqu'au 25 juillet. Ensuite, la gestion du barrage, qui semble s'amorcer vers le 11 août, oblitère complètement le débit, qui est alors complètement régulé. À Cambous, le débit le plus faible est mesuré le 13 septembre (417 l/s), soit un débit spécifique de 3,4 l/s/km², ce qui, bien entendu, ne correspond pas à un débit naturel d'étiage.

FIG.86 — DÉBITS SPÉCIFIQUES JOURNALIERS AUX STATIONS DU GALEIZON, ET DU GARDON D'ALÈS À CAMBOUS, DU 15 MAI AU 15 OCTOBRE 2019



9 Conclusions générales

La cinquième campagne, en 2019, a apporté des informations intéressantes, tant du point de vue météorologique, que sur le fonctionnement des différents bassins.

Concernant le matériel, les sondes ont été testées avant leur mise sur le terrain, tant les mini Diver de SDEC que les Levelogger, à l'exception de celles, toujours, sur site du Galeizon et de Cambous.

Les 6 sondes Levelogger de Solinst dont 3 sondes 0-5 m acquises en 2018 ont été utilisées, ainsi que la nouvelle mini Diver. À la différence des années précédentes où il était préférable de travailler avec des Levelogger,

des défaillances successives de ce matériel, indépendant de son âge, ont mis en difficulté deux sites (Cambonéal à Saint-Jean du Gard et la Salindrenque à Lasalle). Si les sondes mini Diver, qui constituent l'équipement (référence et secours) à Roucan et au Martinet, ont correctement fonctionné, des défaillances ont été notées, sur le site de l'Aube morte, avec des valeurs aberrantes durant un mois.

Concernant les pannes observées sur les Levelogger, il s'agit de difficultés liées à la grande difficulté, voire l'impossibilité de réveiller ces sondes, empêchant alors tout dialogue et récupération des données. Le cas s'est produit aussi avec deux sondes Barologger.

Six sites ont été équipés du couple sonde de pression Keller ou ATM et centrale Solophème de Sygma-Sud. Déjà sur ces sites en 2018 pour le Galeizon à l'Aube morte, la Salindrenque à Thoiras, la Borgne à Saumane, le Gardon de Saint-André et le Gardon de Saint Etienne, un dernier appareil a été mis en place début août sur la Salindrenque à Lasalle pour pallier les pannes des autres sondes.

D'un point de vue technique, la sonde Keller ou ATM.ST reste en permanence dans l'eau et de ce fait, n'est pas perturbée lors de son extraction pour récupérer les données, puis sa remise dans l'eau. Pour les mini Diver ou les Levelogger, même en faisant vite l'opération de récupération, il faut compter une heure pour que la membrane se rééquilibre, et fournisse des valeurs en rapport avec l'évolution du niveau d'eau. D'autre part le dispositif Solophème fournit directement une mesure de niveau, à la différence des deux autres types de sondes, qui requièrent une compensation via une sonde barométrique, placée à l'air libre dans le voisinage. Le niveau obtenu dans ces conditions est entaché d'une incertitude sur la mesure des deux pressions, celle de l'eau, et celle de l'air.

En 2019, il faut aussi déplorer les deux pannes successives sur le matériel équipant la station de Cambous en septembre, nécessitant une mise en place partiellement de nouveau matériel, pour limiter la perte d'information sur cette station pérenne. Il faut cependant noter que ces deux sondes étaient en service depuis 5 ans, ce qui est une durée de vie normale pour du matériel de terrain.

Sans tenir compte des visites de repérage, les installations et le démontage, les tournées hebdomadaires pour suivre les basses eaux ont été effectuées durant 23 semaines, au moins du 15 mai à la mi-octobre, et optimisées de façon à assurer le recueil des données en deux jours de terrain. Soixante-deux jaugeages correspondant à la fois à de moyennes eaux (entre 600 et 1500 l/s) réalisées au printemps, puis durant les basses eaux de l'étiage 2019, ont été effectués. À cette occasion, les conditions sèches qui ont prévalu en septembre ont permis de mesurer des débits encore jamais observés depuis 2015. Le calcul des jaugeages est effectué chaque jour à l'issue du retour au bureau, et le traitement des données, à partir d'une chaîne automatisée (feuille de calcul) le jour même ou le lendemain. Il exige cependant une observation minutieuse des enregistrements, de façon à éliminer les données parasites — le plus souvent associées à des interventions humaines du type petit barrage — et certaines corrections restent nécessaires jusqu'à la fin de la campagne.

Pour l'ensemble du réseau d'étiage, six sites sur dix donnent maintenant satisfaction. Il s'agit des stations du Galeizon à l'Aube morte, du Gardon d'Alès en aval du barrage de Cambous, du Gardon de Saint-Jean du Gard à Cambonéal, du Gardon de Saint-André au pont de l'Elze (moyennant de refaire la courbe de tarage chaque année), de la Salindrenque au pont de Thoiras, ainsi que le site de la Borgne à Saumane. Le site du Gardon de Mialet à Roucan est plus délicat : son accès est assez périlleux, la station peut être soumise à des détarages, et le prélèvement d'eau par le *béal* de la Bambouseraie complique la connaissance précise du débit du cours d'eau. La station de Lasalle sur la Salindrenque est bien meilleure que celle des années passées pour les moyennes et basses eaux, tant qu'un castor ne vient pas perturber les écoulements... La station de Ste-Croix-Vallée-française a été opérante durant toute la campagne, à l'exception d'une courte période (petit barrage). Enfin, celle du Gardon de Saint-Etienne reste problématique du fait d'un arbre en travers du cours d'eau puis d'un petit barrage à proximité de la station.

Les stations à morphologie stable fournissent des courbes de tarage pour les moyennes et basses eaux qui sont robustes, à l'exception de St-André-de-Valborgne. Cependant pour ce site, la réalisation d'une nouvelle courbe, chaque année à cause des modifications du lit, peut être rapidement obtenue, à partir de 4 à 5 niveaux bien choisis.

Techniquement le dispositif a été bien amélioré. L'utilisation du matériel fourni par la société Sigma-Sud a donné entière satisfaction cette année, et l'arrivée de la nouvelle centrale EDA151 dont la commercialisation est annoncée, plus compacte et à 4 voies, mériterait d'être testée, et pourrait satisfaire aux conditions de la plupart des sites, à l'exception du Gardon de Mialet à Roucan, pour lequel il n'existe pas d'emplacement favorable. Le matériel type sonde de pression implantée en berge et extraite pour récupération des données devra être reconduit.

10 Tableaux en annexe

<i>Code station</i>	<i>Rivière</i>	<i>Station lieu-dit</i>	<i>Surface drainée k m²</i>	<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>	<i>Altitude</i>	<i>Mesure Limnimètre</i>	<i>Mesure conductivité</i>	<i>Mesure température</i>	<i>Résolution maxi de travail</i>	<i>Mesure perte</i>
LASS	Salindrenque	Lasalle — le moulin de La Roque	38	3° 52'10.3"E	44° 02'39.8"N	219	2 Levelogger 0-10 m puis 1 Solophème	oui	oui	5 mn	Défaut sondes Levelogger
THOI	Salindrenque	Thoiras	68	3° 56'04.2" E	44° 03'57.7" N	155	1 mini Diver 0-10 m Solophème	oui	oui	5 mn	non
SAVA	Gardon Saint-Jean	Saint-André de V	29	3° 41'26.6" E	44° 09'02.6" N	419	1 Levelogger 0-10 m Solophème	oui	oui	5 mn	Défaut Levelogger
SAUM	La Borgne	Saumane	28	3° 45'42.2" E	44° 07'33.0" N	324	1 Levelogger 0-10 m Solophème	oui	oui	5 mn	non
SJDG	Gardon Saint-Jean	Saint-Jean du Gard	145	3° 52'22.1" E	44° 06'44.0" N	186	2 Levelogger 0-10 m	oui	oui	5 mn	Défaut sondes Levelogger
SCVF	Gardon Sainte-Croix	Le Martinet	97	3° 50'27.4 "E	44° 10'11.9" N	231	2 miniDiver 0-10 m	oui	oui	5 mn	non
SEVF	Gardon Mialet	Saint Etienne VF	80	3° 50'22.0" E	44° 10'11.9" N	239	1 miniDiver 0-10 m Solophème	oui	oui	5 mn	non
ROUC	Gardon Mialet	Roucan	224	3° 58'04.3" E	44° 04'46.5" N	235	2 mini Diver 0-10 m	oui	oui	5 mn	non
GALE	Galeizon	Aube morte	61	3° 58'57.9" E	44° 10'11.9" N	189	1 mini Diver 0-10 m 1 Levelogger 0-10 m Solophème	oui	oui	5 mn	Défaut miniDiver
CAM	Gardon d'Alès	Cambous	113	3° 59'19.8" E	44° 14'02.0" N	203	1 mini Diver 0-10 m 1 Levelogger 0-10 m	oui	oui	5 mn	Défaut sondes

Les débits sont donnés à 0 h TU

Ce sont les débits moyens journaliers calculés sur la base de mesures à 5 mn

	<i>Débit minimal sur la CT l/s</i>	<i>Débit maximal sur la CT l/s</i>	<i>2019 Date début</i>	<i>2019 Date Fin</i>	<i>Q moy/jour minimorum l/s</i>	<i>Intervalle confiance l/s</i>	<i>Q moy/jour minimorum l/s/km²</i>	<i>Q moy/étiage sur 3 jours l/s</i>	<i>Intervalle confiance l/s</i>	<i>Q moy étiage sur 3 jours l/s/km²</i>	<i>Station Lieu-dit</i>
HGLasalle	14	3876	06/05/2019	18/10/2019	14	0,2	0,37	14	0,1	0,37	Lasalle
HGTThoiras	57	3053	05/03/2019	18/10/2019	62	0,2	0,91	64	0,2	0,94	Thoiras
HGStAV	40	531	05/03/2019	21/10/2019	37	0,2	1,28	38	0,2	1,31	Saint-André de Valborgne
HGSaumane	30	3123	15/05/2019	21/10/2019	32	0,1	1,14	32	0,1	1,14	Saumane
HGSt Jean	113	9131	15/05/2019	18/10/2019	100	0,1	0,69	102	0,1	0,70	Saint-Jean du Gard
HGMartinet	187	4103	21/03/2019	18/10/2019	139	1,2	1,43	139	1,1	1,43	Le Martinet
HGStEVF	93	4070	02/05/2019	18/10/2019	98	0,4	1,23	99	0,1	1,24	Saint Etienne VF
HGRoucan	275	3278	22/05/2019	31/10/2019	300	0,5	1,34	317	0,4	1,42	Roucan
HGGaleizon	45	4395	2015	Pérenne	40	0,4	0,66	40	0,5	0,66	Aube morte
HGCambous	570	8060	2015	Pérenne	457	1,7	4,04	491	4	4,35	Cambous