



CABINET
ECTARE
ÉTUDE ET
CONSEIL TECHNIQUE
POUR L'AMÉNAGEMENT
DES RESSOURCES ET
L'ENVIRONNEMENT

Étude pour l'amélioration de la connaissance du fonctionnement hydrologique du bassin versant de l'étang de Goule

PHASE B : Caractérisation du fonctionnement hydrologique du bassin versant

2 ALLEE VICTOR HUGO
BP 8 • 31240 SAINT-JEAN
TÉL. 05 62 89 06 10 • FAX 05 62 89 06 11
e-mail : contact@ectare.fr
<http://www.ectare.fr>

SARL AU CAPITAL DE 54 300 €
RCS TOULOUSE B 389 797 010
SIRET 389 797 010 000 29 • NAF 7490B

AGENCE DE BRIVE
5 bis place Charles de Gaulle
19100 BRIVE-LA-GAILLARDE
TEL. 05 55 18 91 60 . FAX 05 55 18 93 04
e-mail : limousin@ectare.fr



Réf. 93389

Décembre 2010



L'objectif de la phase B de cette étude est de déterminer les conditions permettant une gestion optimale de la retenue et donc de l'ouvrage de régulation. Elle tient compte des niveaux moyens, minimum et maximum à observer sur l'étang pour satisfaire les usages. Elle débouche sur un projet de règlement d'eau.

SOMMAIRE

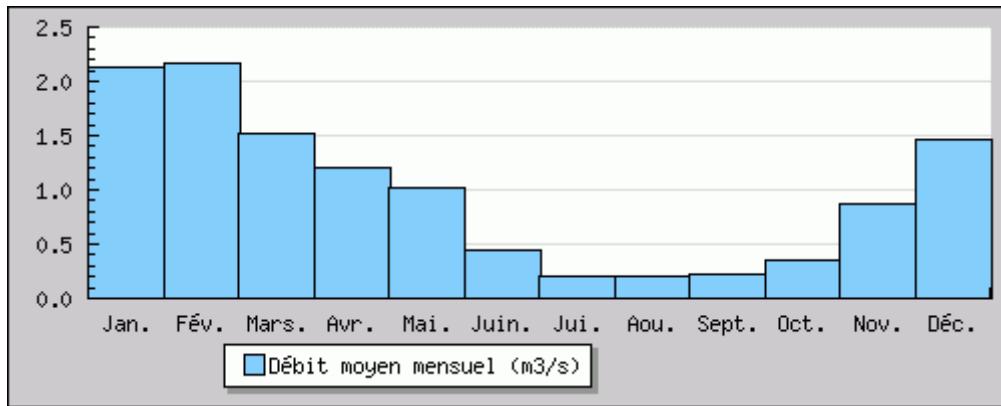
I. CONTEXTE HYDROLOGIQUE	2
I.1. Détermination du module.....	2
I.2. Détermination du débit d'étiage.....	4
I.3. Détermination des débits de crue	4
I.4. Relation débits lâchés / hauteur d'eau au Pondy.....	5
II. NIVEAUX D'EAU	6
II.1. Satisfaction des usages.....	6
II.2. Fonction de soutien d'étiage	7
II.3. Fonction de régulation des crues.....	12

ANNEXE : Proposition de règlement d'eau

I. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

Il importe d'évaluer les données hydrologiques de l'Auron et de l'étang de Goule afin de connaître les conditions initiales de l'écoulement, des apports, et des pertes au droit de l'étang. C'est avec ces éléments que nous pourrons ainsi déterminer les débits et niveaux nécessaires à la satisfaction des usages.

Nous disposons des données hydrologiques de l'Auron à la station du Pondy (K5623010) située à 20,2 km en aval du barrage de Goule, dans le département du Cher.



Débits moyens mensuels de l'Auron au Pondy, en m³/s
(données hydrologiques de synthèse, 1989-2010, source DREAL Centre)

I.1. Détermination du module

Au droit de la station du Pondy, le bassin versant de l'Auron atteint 199 km² et le débit moyen interannuel calculé sur 22 ans (1989 à 2010) est égal à 0,975 m³/s.

Au droit du barrage de Goule, le bassin versant de l'Auron, correspondant à celui de l'étang de Goule, atteint 34,5 km².

Par simple correction de bassin versant, nous pouvons donc déterminer le module de l'Auron au droit du barrage de Goule :
 $34,5 / 199 \times 0,975 = 0,169 \text{ m}^3/\text{s}$.

Les débits moyens mensuels sont présentés dans le tableau ci-dessous (m^3/s) :

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Le Pondy	2,13	2,16	1,52	1,21	1,01	0,45	0,20	0,21	0,22	0,35	0,88	1,46
Barrage Goule	0,37	0,37	0,26	0,21	0,18	0,08	0,03	0,04	0,04	0,06	0,15	0,25

A cette valeur de module, il convient d'ajouter le volume d'eau soustrait par évapotranspiration au droit de l'étang de Goule. En effet, la présence d'un étang influe sur l'hydrologie dans la mesure où les pertes sont accrues par l'évaporation mécanique et par la transpiration des végétaux associés au plan d'eau. Notons qu'en l'absence de plan d'eau, l'Auron subirait également les effets d'une évaporation mécanique de ses eaux, dont le volume serait cependant négligeable en comparaison avec les volumes évaporés au-dessus de l'étang.

Ainsi, le volume d'eau perdu par évapotranspiration au droit de l'étang de Goule peut être estimé à $0,027 \text{ m}^3/\text{s}$ à partir d'un taux d'évapotranspiration de 75 mm/m (millimètres par mois)¹. En comparaison, l'ETP d'une végétation est négligeable.

Le module corrigé de l'Auron au droit du barrage de Goule peut donc être estimé à :

$$0,169 + 0,027 = \mathbf{0,196 \text{ m}^3/\text{s}.}$$

Sur cette base, le débit minimal de l'Auron, défini comme le débit garantissant la vie, la circulation et la reproduction des espèces aquatiques, peut être fixé à $19,6 \text{ l/s}$. On constate alors que les conditions moyennes du débit mensuel calculé au droit du barrage de Goule permettent d'assurer le débit minimal dans l'Auron. En revanche, il apparaît improbable qu'un débit de $19,6 \text{ l/s}$ permette en réalité d'assurer la survie des populations aquatiques dans le cours de l'Auron.

A partir des données précisées ci-dessus, on obtient donc les données synthétiques suivantes pour la retenue du barrage de Goule :

Surface moyenne :	95 ha
Hauteur moyenne :	4 m
Volume (V):	3,8 Millions de m^3
Débit moyen Entrant :	0,17 m^3/s
Débit moyen Sortant :	0,14 m^3/s
Flux entrant :	5 361 120 m^3/an
Flux sortant (Fs):	4 415 040 m^3/an
Temps de séjour = (V/Fs):	10,3 mois

¹ Ce taux d'évapotranspiration est déterminé sur la base d'une évapotranspiration annuelle moyenne de 895 mm pour un lac de moyenne altitude (données GREBE / Agence de l'Eau Loire-Bretagne), soit $8950 \text{ m}^3/\text{ha/an}$.

Par ailleurs, le débit minimum biologique (DMB) évalué² au droit de trois stations d'étude situées entre Le Pondy et l'Ormediot sur le cours de l'Auron, a été fixé approximativement à 500 l/s, débit qui n'est pas atteint en moyenne durant la période estivale. Il n'est pas possible de déterminer le DMB en sortie du barrage de Goule par simple correction de bassin versant compte tenu de la différence de contexte piscicole (habitats piscicoles, critères morphodynamiques du cours d'eau).

I.2. Détermination du débit d'étiage

Il est admis que sur une même rivière, les étiages sont proportionnels aux bassins versants. Par conséquent, le même calcul par correction de bassin versant peut être appliqué pour la détermination des débits d'étiage de l'Auron au droit du barrage de Goule.

Le débit de quinquennale sèche (QMNA5) au Pondy est égal à 0,067 m³/s. Au droit du barrage de Goule, le débit de quinquennale sèche peut donc être fixé à **0,012 m³/s**. En considérant le volume d'eau perdu par évapotranspiration au droit de l'étang de Goule, on obtient alors un débit de quinquennale sèche corrigé de $0,012 + 0,027 \text{ m}^3/\text{s} = 0,039 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ainsi, en condition d'étiage marqué, le débit de l'Auron au droit du barrage de Goule compte tenu de l'évapotranspiration (0,012 m³/s en quinquennale sèche) ne permet pas d'assurer le débit minimal garantissant les fonctions naturelles du cours d'eau en aval. Ce constat justifie le rôle de l'étang de Goule dans le soutien d'étiage et implique une gestion optimale des volumes d'eau stockés avant la période estivale, afin de délivrer régulièrement des débits suffisants au cours de l'été, période d'ouverture de la baignade à la base de loisirs de Goule, et à l'automne, saison au cours de laquelle l'Auron peut présenter des conditions hydrologiques déficitaires (débits moyens proches du tiers du module).

Compte tenu de la capacité de la retenue de Goule et des conditions hydrologiques moyennes de l'Auron, il apparaît opportun de fixer le débit de fuite minimal de l'ouvrage à 75 l/s (soit environ deux fois le débit de quinquennale sèche corrigé au droit du barrage). Avec un débit de fuite de 75 l/s, le volume destocké quotidiennement atteint approximativement 6 500 m³, ce qui n'influerait donc que très peu sur le niveau d'eau de l'étang.

I.3. Détermination des débits de crue

Les débits de crue de l'Auron au Pondy sont déterminés par application de la loi de Gumbel avec des données calculées sur 19 ans. Les valeurs des débits maximum instantanés sont les suivantes (source DREAL Centre, banque HYDRO) :

L'Auron au Pondy	
Période de retour	Débit (m ³ /s)
Biennale	17
Quinquennale	26
Décennale	31
Vicennale	37

² Etude sur les débits minimaux biologiques sur la rivière Auron, juin 1999 – Syndicat Intercommunal d'Etudes et de Travaux pour l'Aménagement Hydraulique du Bassin de l'Auron / GREBE.

La détermination des débits de crue par correction de bassin versant est assurée par la formule suivante : $Q_1 = Q_0 \times (BV_1/BV_0) \times 0,75$

Par conséquent, les débits instantanés de crue de l'Auron au droit du barrage de Goule peuvent être fixés comme suit :

L'Auron au barrage de Goule	
Période de retour	Débit (m³/s)
Biennale	2,21
Quinquennale	3,38
Décennale	4,03
Vicennale	4,81

Il est possible de confronter ces données avec un calcul direct par la méthode rationnelle recommandée par l'instruction technique pour l'assainissement routier de 1982³. Par cette formule, on obtient pour une crue d'occurrence décennale une valeur de débit plus élevée, équivalente à 6,5 m³/s au droit du barrage de Goule avec un temps de concentration de 6,6 heures.

Sur la base de cette hypothèse majorante, le volume d'apport d'un orage décennal est de 153 400 m³, ce qui représente une hauteur d'environ 16 cm pour une surface de l'étang de 95 ha.

I.4. Relation débits lâchés / hauteur d'eau au Pondy

Selon les données disponibles dans la banque HYDRO (Eaufrance), la hauteur instantanée maximale enregistrée à la station du Pondy est de 2,01 m pour un débit de 25,80 m³/s (6 mai 2001). Cette valeur est inférieure à la valeur du débit décennal instantanée calculée par la loi de Gumbel (septembre à août) qui est 31 m³/s.

A partir de ces données issues de la banque HYDRO, il est possible d'établir une relation approchée entre la valeur de débit et la hauteur. Ainsi, une variation de 0,2 m de la hauteur du fil d'eau donne une variation du débit d'environ 5 m³/s. Or, ce débit correspond à peu près à la valeur du débit pour une crue décennale au droit du barrage de Goule (c'est-à-dire une valeur comprise entre 4,03 m³/s et 6,5 m³/s).

³ Considérant la superficie du bassin versant, le coefficient de ruissellement moyen déterminé à partir de l'occupation des sols, et l'intensité pluviale.

II. NIVEAUX D'EAU

II.1. Satisfaction des usages

Il convient de fixer les niveaux d'eau dans l'étang permettant de satisfaire les usages prioritaires ayant cours sur le plan d'eau. En l'absence de captage direct pour l'alimentation en eau potable ou l'usage agricole, on considérera donc les usages suivants :

- baignade,
- fonction naturelle (réserve de pêche de l'étang Girard, zone de frai en queue d'étang, alimentation et/ou nidification de nombreuses espèces d'oiseaux),
- chemins et aires aménagées en bordure d'étang pour la pêche et la promenade.

Les niveaux moyens, maximum et minimum peuvent être déterminés en rapport à la cote de l'ouvrage. Ils sont fixés à partir des observations et de l'expertise de plusieurs intervenants participant au groupe de travail « Etang de Goule » du SAGE Yèvre-Auron : exploitant de la base de loisirs de Goule et de l'ouvrage, Fédération Départementale de la Pêche et de la Protection des Milieux Aquatiques.

Usage	Niveau moyen optimal	Niveau maximum admissible	Niveau minimum admissible	Volume équivalent (niveau moyen)	Cote file d'eau (NGF)	Période concernée
Baignade	8,40 m	8,50 m	7,00 m	Environ 2,75 millions de mètres cubes	210 m (optimal)	Juin à septembre
Fonction naturelle piscicole (frai)	8,50 m	-	-	2,85 millions de mètres cubes	210,10 m (optimal)	Mars, avril, mai
Fonction naturelle ornithologique	7,00 m	-	-	Environ 2,15 millions de mètres cubes	208,60 m (optimal)	Hiver
Chemins	-	9,00 m	-	-	210,60 m (maximal)	Toute l'année

Par ailleurs, la retenue du barrage de Goule peut servir à l'atteinte d'un débit de fuite suffisant pour **le soutien d'étiage** qui peut avoir lieu :

- à l'issue de la période d'ouverture de l'aire de baignade,
- à l'issue de la période d'irrigation,
- à tout moment, hors période d'ouverture de la baignade, en cas de situation d'étiage marqué (niveau de l'Auron à l'Ormediot inférieur au seuil de crise fixé à 210 l/s), les débits délivrés par le barrage de Goule n'ayant pas pour objectif de permettre artificiellement le maintien de l'autorisation d'irriguer.

La gestion optimale de la retenue en vue du soutien d'étiage implique que :

- la cote de la retenue avant la période d'ouverture de l'aire de baignade ne soit pas inférieure au niveau optimal pour l'usage baignade (8,40 m) afin de disposer d'un volume suffisant en fin de période estivale,

- la cote minimale admissible à la fin de l'opération de soutien d'étiage, au droit de la retenue, est fixée à 6,00 m.

Dans ces conditions, le **marnage maximal** admissible sur la retenue atteint 3,00 m (entre le niveau minimal après soutien d'étiage et la cote maximale admissible).

Il est également rappelé que le barrage dispose d'un déversoir de crue implanté en rive gauche, dont le seuil est établi à la cote ouvrage 10 mètres, soit la cote NGF 211,66 mètres.

II.2. Fonction de soutien d'étiage

Trois opérations de soutien d'étiage assurées par le déstockage de l'étang de Goule ont été réalisées en 1997, en 2009 et 2010.

Opération de soutien d'étiage de 1997

Les résultats de ce soutien d'étiage réalisé du 22 septembre au 1^{er} octobre avec un débit de lâcher 312 l/s à Goule sont consignés dans un rapport d'étude.

Nous rappelons les conclusions : « Cette opération a permis de constater l'efficacité d'un débit de soutien d'étiage de 300 l/s sur la rivière « Auron ». Ce débit semble suffisant pour redonner vie à cette rivière lors des étiages et permet d'améliorer notablement ses conditions d'écoulement. Quantitativement, le débit de soutien d'étiage se retrouve en intégralité sur les 2/3 de son parcours jusqu'au site de « Vilaine » en aval de Dun sur Auron ».

Opération de soutien d'étiage de 2009

Cette opération a été menée du 10 au 24 novembre. Les conclusions de cet essai sont identiques à celles de l'opération de 1997. « L'impact de ce lâcher a été sensible sur le bassin de l'Auron, notamment au Pondy et dans une moindre mesure à l'Ormediot ».

En analysant les données du tableau d'enregistrement des débits du tableau 1, nous constatons qu'après l'arrêt de l'opération le 24 novembre 2009, le débit dans l'Auron à l'aval du barrage de Goule s'est maintenu au dessus de 200 l/s grâce à une pluviométrie favorable. Le débit enregistré au Pondy le 3 décembre est descendu à 154 l/s.

La valeur du débit de lâcher de 212 l/s apparaît comme optimale, la durée de l'opération est à adapter au contexte météorologique.

En ce qui concerne le début de l'opération le tableau montre que les débits enregistrés à la même station début novembre sont inférieurs à 100 l/s.

Opération de soutien d'étiage de 2010

L'opération s'est déroulée du 11 au 28 octobre, avec une valeur de débit lâché au barrage de Goule de 230 l/s. Les remarques formulées pour l'opération de 2009, s'appliquent à celle réalisée en octobre 2010.

Tableau 1 : Analyse des enregistrements des débit journaliers des stations corréles à l'ouverture des vannes de la digue de Goule

Enregistrements Débits journaliers aux stations de "Le Pondy" et "L'Ornédiot" - Hauteur relevé digue Goule - Ouverture Fermeture Pelle

Date	nov-09		déc-09		janv-10		févr-10		mars-10		avr-10			
	Pelle	Douverture	Pelle	Douverture	Pelle	Douverture	Pelle	Douverture	Pelle	Douverture	Pelle	Douverture		
1 0.079 0.388	0.17 0.433		4.43 8.6		3.1 10.9		4.43 4.11	0 7.99	3.06 9.39	9.1	2.84 9.79			
2 0.084 0.376	0.16 0.488			1.8 7.45		2.53 4.02		3.21 8.76	0	9.03	2.14 7.03			
3 0.134 0.411	0.15 0.481			1.45 5.96	0	2.36 4.02		4.16 11.0	9	2.13 5.91				
4 0.114 0.464	0.18 0.519			1.26 5.26		2.21 3.59		3.21 9.69	0	2.29 5.88				
5 0.104 0.484	0.22 0.538			1.14 4.80		2.13 3.51		3.06 8.15	0	8.95	1.92 5.39			
6 0.098 0.453	0.212 0.62	0	6.62		1.14 4.80		2.13 3.51		2.73 7.35		1.69 4.82			
7 0.098 0.448	0.22 0.633			1.08 4.31		3.09 15.90		2.31 6.43			1.54 4.54			
8 0.095 0.457	0.34 0.604			1.03 3.95		3.1 14.6	0	8.4	2.2	5.78	1.49 4.22			
9 0.094 0.453	0.71 0.74			0.93 3.72		2.25 8.70			2.04 5.35	0	8.7	1.33 3.96	0 8.58	
10 0.093 0.512	0 6.9		0.69 1.16		0.96 3.51		1.77 7.03		1.91 5.00		8.53	0.98 3.62		
11 0.212 0.538	0 6.9		0.426 1.19		0.903 3.33	0	7.62		1.58 6.36		8.57	0.92 3.26		
12 0.292 0.549	0 6.9		0.331 1.05		0.886 3.19			2.43 5.61			0.85 3.10			
13 0.288 0.738	0 6.9		0.279 0.977		1.59 3.26			2.24 5.23			0.85 2.96			
14 0.294 0.624	0 6.8		0.263 0.933	0	6.76			1.34 4.94		1.10 3.65		0.79 2.83		
15 0.19 0.563	0 6.8		0.23 0.906		1.71 4.24		1.23 4.7	0	5.47		1.06 3.45	0 8.55	★ 8.58	
16 0.3 0.619	0 6.8		0.235 0.887		1.42 4.24		1.21 4.47		1.03 3.3		0.711 2.52	0 8.58	★ 8.58	
17 0.315 0.613	0 6.8		0.268 0.888		1.74 4.03		3.66 4.76		0.989 3.14		0.72 2.51			
18 0.303 0.617	0 6.7		0.28 0.888		1.46 4.17	0	7.68	2.15 11.4		0.977 3.04		0.70 2.45		
19 0.287 0.616	0 6.7		0.287 0.879		1.29 3.84			2.74 10.1 0.13t	8.78	0.96 2.97		0.69 2.37		
20 0.282 0.613	0 6.7		0.269 0.876		1.36 3.64			2.12 7.16	0	8.78	0.986 2.93		0.65 2.28	
21 0.268 0.611	0 6.7		0.521 0.957	0	6.83		1.84 4.17		1.94 6.03	0	8.78	0.941 2.87		0.63 2.19
22 0.279 0.616	0 6.6		1.16 1.41			1.4 4.2		2.02 5.68	0	8.78	0.882 2.76		0.64 2.05	
23 0.294 0.632	0 6.6		2.87 3.26		1.24 3.73			2.56 5.67	0	8.75	0.831 2.64		0.597 1.87	0 8.58
24 0.3 0.671	0 6.6		1.52 4.35		1.75 3.5			2.74 6.0		8.71	0.834 2.55		0.57 1.88	
25 0.237 0.667	0 6.5		1.39 3.31		3.06 4.89	0	7.87	3.18	6.35	0	8.7	0.841 2.56		0.57 1.85
26 0.204 0.671			0.932 3.16		2.02 5.37			14.5 12.6	0	9	1.32 2.71		0.55 1.78	
27 0.198 0.621			0.838 2.75		1.5 4.47			6.13 21.7			2.58 3.66		0.53 1.70	
28 0.19 0.595			0.768 2.55	0	7 1.3			3.69 14.6			4.43 6.17		0.49 1.63	
29 0.179 0.583			0.91 2.57		1.47 3.75					3.71 9.03	0.51	8.55	0.50 1.59	
30 0.179 0.575			3.66 3.11		2.6 4.54					6.51 9.38	0+2t	8.68	0.512 1.57	0 8.58
31			5.22 9.51		1.82 5.23					4.57 14.7	0	8.7		

Période soutien étages 2009 / niveau étang

Froid/Gel

Pluie

Nageux

Soleil

Nuageux

6.68

CG18 – Amélioration de la connaissance du fonctionnement hydrologique du bassin versant de l'étang de Goule

Phase 2, caractérisation du fonctionnement hydrologique du bassin versant

Cabinet ECTARE - Réf. 93389 – Décembre 2010

Enregistrements Débits journaliers aux stations de "Le Pondy" et "L'Orme diot" - Hauteur relevé digue Goule - Ouverture Fermeture Pelle

		mai-10		juin-10		juil-10		août-10		sept-10		Oct-10		
		Dates	"Le Pondy"	Debit m3/s	"Le Pondy"	Ouverture	Pelle	Niveau relevé	Digue Goule	Fermeture	Pelle	Ouverture	Pelle	
1	0.498	1.57		0.573	2	0.228	0.987	0.228	0.711	0	7.9	0.153	0.203	
2	0.476	1.55		0.5	1.88	0.139	0.933	0.239	0.71			0.147	0.198	
3	0.443	1.54		0.409	1.71	0.254	0.941	0.254	0.688			0.148	0.192	
4	0.335	1.52		0.37	1.58	0.139	0.936	0	8.3	0.239	0.682	0.143	0.186	
5	1.51	1.89		0.356	1.49	0.23	0.834	0.23	0.687			0.146	0.185	
6	4.32	8.97	10t	8.7	0.352	1.43	0.335	0.839	0.235	0.627		0.147	0.184	
7	2.69	13.4		0.358	1.42	0	8.58	0.228	0.836	0.228	0.643	0.182	0.194	
8	1.33	8.78		0.381	1.41	0.218	0.804	0.218	0.645	0	7.8	0.211	0.1616	
9	1.09	5.98		0.646	1.56	0.115	0.778	0.215	0.628			0.194	0.175	
10	1.32	4.81	0	8.8	3.06	2.7	0.108	1.5	0.209	0.608		0.171	0.161	
11	3.82	7.28	0	8.8	2.57	4.54	0	8.7	0.424	3.16	0.206	0.603	0.164	0.172
12	4.81	15	0+3t	8.9	1.18	3.9	0.134	2.03	0	8.25	0.211	0.603	0.168	0.168
13	2.56	10.4		0	0.825	2.74	0.882	1.91	0.203	0.553	0	7.73	0.161	0.159
14	1.9	6.81		0.649	2.25	0.685	1.69	0.198	0.58			0.156	0.154	
15	1.68	5.23		0.581	1.96	0.372	1.43	0.191	0.552			0.152	0.152	
16	1.54	4.55		0.526	1.83	0.551	1.28	0.195	0.606			0.162	0.156	
17	1.47	4.04		0.623	1.77	0.10t	8.72	0.318	1.2	0.188	0.622	0.154	0.152	
18	1.43	3.55	0	8.7	0.786	1.81	0.18t	8.72	0.304	1.12	0.183	0.606	0.145	0.165
19	0.746	3.21	t15t		2.47	2.03	1.5t	8.6	0.302	1.04	0	8.1	0.184	0.158
20	0.602	2.55			1.99	2.84	0.13t	8.5	0.492	0.932	0.18	0.564	0.143	0.162
21	0.545	2.33			0.836	2.54	0	8.45	0.307	0.976	0.174	0.145	0	7.65
22	0.447	2.13			0.818	1.92	0.358	0.937	0.188	0.56			0.097	0.121
23	0.471	1.93			0.668	1.74	0.341	0.939	0.198	0.554			0.096	0.154
24	0.471	1.83			0.351	1.57	0	8.4	0.344	0.966	0.187	0.5	0.243	0.169
25	0.434	1.73	0	8.6	0.347	1.36	0.343	0.919	0.183	0.594	0.218	0.192	0	7.44
26	0.506	1.73			0.327	1.28	0.331	0.888	0	8	0.187	0.547	0	7.6
27	0.472	1.82			0.3	1.19			0.338	0.837	0.184	0.516		
28	0.483	1.76			0.258	1.14	0	8.38	0.179	0.82	0.183	0.539	0.155	0.111
29	0.443	1.68			0.26	1.08	0.245	0.797	0.181	0.534	0.141	0.595	0.164	0.145
30	0.486	1.67			0.162	1.03	0.243	0.78	0.182	0.533	0.122	0.598	0.182	0.129
31	0.619	1.82	0	8.3		0.136	0.746	0.169	0.511			0.181	0.883	

Soleil Pluie Nuit Froid/Gel Nuageux Période soutien étage 2009 / niveau étang

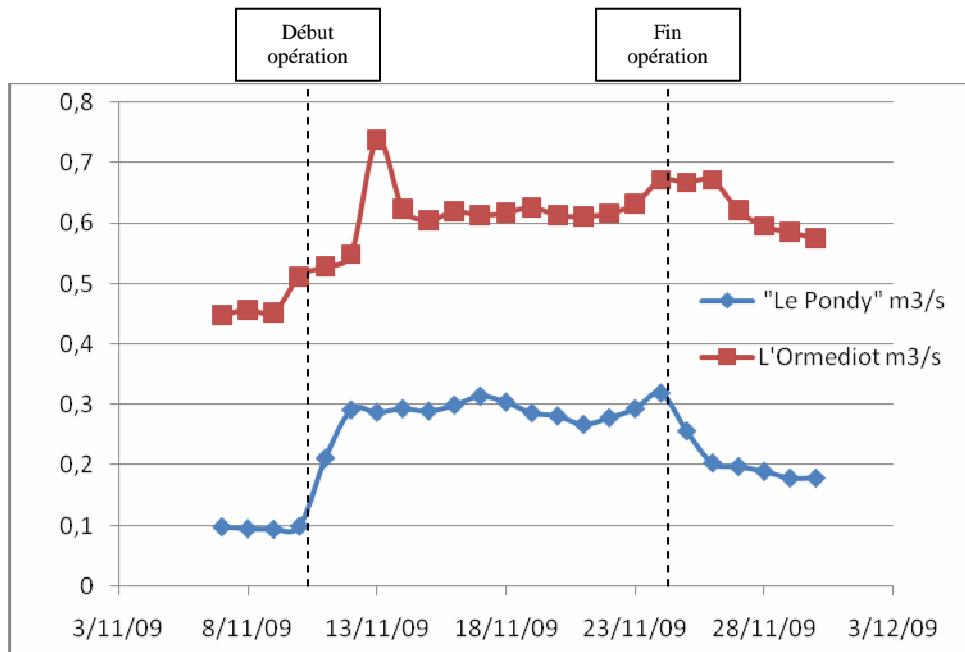
Soleil Pluie Nuit Froid/Gel Nuageux Période soutien étage 2010

CG18 – Amélioration de la connaissance du fonctionnement hydrologique du bassin versant de l'étang de Goule

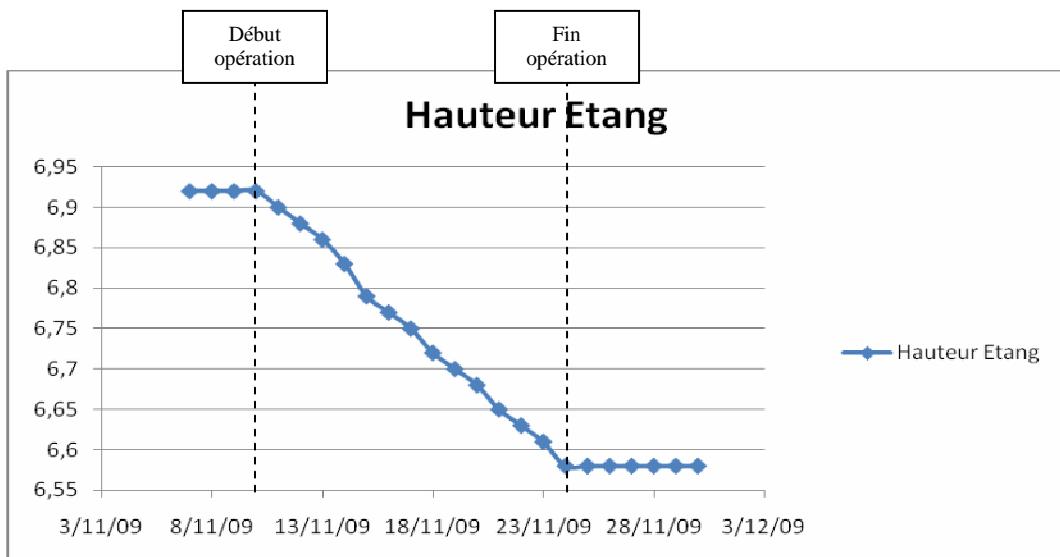
Phase 2, caractérisation du fonctionnement hydrologique du bassin versant

Cabinet ECTARE - Réf. 93389 – Décembre 2010

Opération de soutien d'étiage 2009

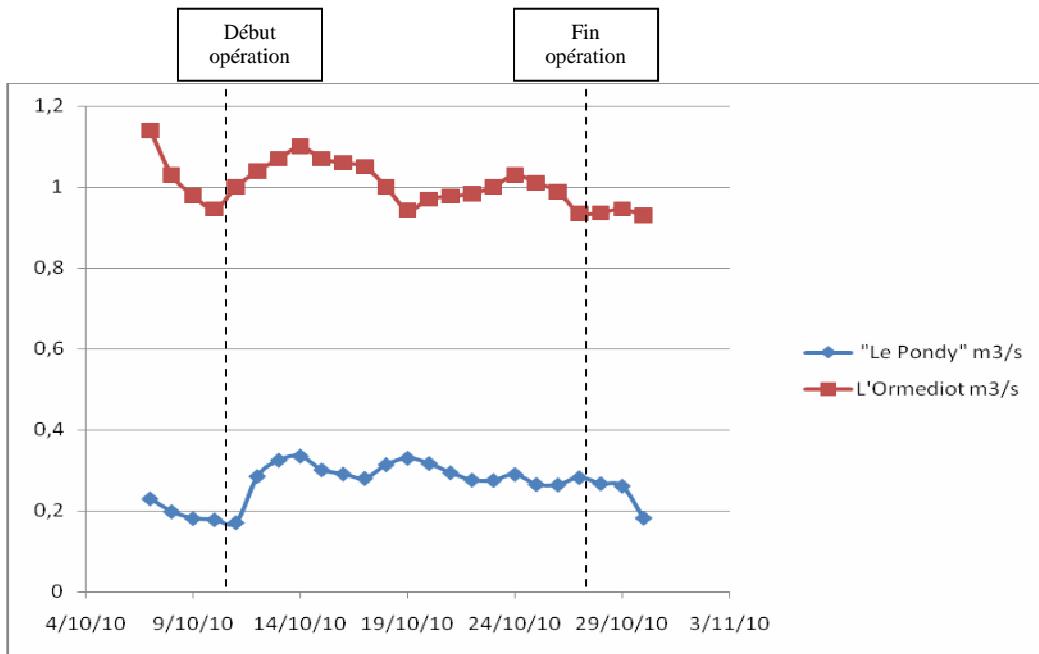


Evolution des débits de l'Auron durant l'opération



Evolution de la hauteur d'eau du réservoir de Goule durant l'opération

Opération de soutien d'étiage 2010



Evolution des débits de l'Auron durant l'opération

Il ressort de ces observations que les débits lâchés au barrage de Goule, lorsqu'ils atteignent 200 l/s, impliquent une efficacité pour l'alimentation de l'Auron lors des périodes d'étiages.

Cependant, la diminution du niveau de l'étang et l'atteinte de la cote minimale de 6,00 m impliquent une durée limitée de l'opération de soutien d'étiage. Il apparaît donc opportun d'envisager selon les conditions hydrologiques un débit de lâcher au barrage inférieur à 200 l/s, de l'ordre de 150 l/s, afin de permettre un soutien prolongé des débits de l'Auron sans remettre en cause le niveau minimal de la retenue. A titre d'exemple, dans les conditions observées lors de l'essai de soutien réalisé en 2009, et pour un même volume destocké, l'opération aurait duré 21 jours (au lieu de 15 jours avec le débit de fuite moyen observé de 212 l/s).

L'ensemble de ces données est repris dans la proposition de règlement présentée en annexe.

II.3. Fonction de régulation des crues

Compte tenu des débits de crue observés et calculés au droit de la station hydrométrique du Pondy, et de la relation hauteur / débit de l'Auron en ce point, nous avons pu déterminer qu'une variation de débit de $5 \text{ m}^3/\text{s}$ (soit environ le débit de crue décennal à Goule) correspond à une variation approximative de 20 cm de la ligne d'eau au Pondy.

De même, l'apport d'une précipitation d'occurrence décennale dans la retenue de Goule ne contribue qu'à une élévation de 16 cm du niveau de la retenue.

Il convient toutefois de noter que la relation hauteur / débit précisée ci-dessus n'est valable que pour un profil du lit mineur de l'Auron tel qu'il est rencontré au Pondy, c'est-à-dire un cours d'eau encaissé, pour lequel une variation de la hauteur de fil d'eau de 20 cm ne concourt pas à l'augmentation de la vulnérabilité des biens et des personnes. Ce constat ne peut donc être effectué pour l'ensemble du linéaire de l'Auron, qu'il s'agisse des zones situées à l'aval ou à l'amont du Pondy. En particulier, il convient de noter certains points pour lesquels une augmentation du niveau du fil d'eau liée à l'absence de régulation par le barrage de Goule peut rapidement être sensible en conditions de hautes eaux : le Moulin de Chaméron (commune de Bannegon), le Rhimbé (commune de Bannegon), Dun-sur-Auron.

En l'absence d'un atlas des zones inondables pour l'Auron, et sans relevé topographique des zones concernées par un risque particulier d'inondation, il n'est pas possible de déterminer la relation hauteur / débit, ni le niveau à partir duquel la vulnérabilité est avérée.

Considérant ce point, il peut être établi que :

- le barrage de Goule peut avoir une fonction de régulation des débits de crue dans les conditions normales de fonctionnement et jusqu'à l'atteinte de la cote des plus hautes eaux admissibles,
- l'existence d'un déversoir de crue à la cote NGF 211,66 m (soit 1 m au-dessus de la cote maximale admissible pour la gestion optimisée de l'étang) permet de maintenir cette fonction de régulation des débits de crue en cas de risque avéré à l'aval du barrage.