

ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX



Sous bassin versant du Garon Phase 3 : Détermination d'objectifs quantitatifs

Rapport final • Janvier 2013



ÉTUDE GLOBALE DE LA GESTION QUANTITATIVE DE LA RESSOURCE EN EAU SUR LE BASSIN VERSANT DU GARON – PHASE 3

Détermination d'objectifs quantitatifs

PREAMBULE.....	1
1. DEBITS MINIMUMS BIOLOGIQUES.....	3
1.1 Rappel réglementaire	3
1.1.1 Directive Cadre sur l'Eau	3
1.1.2 Circulaire du 30 juin 2008 relative à la résorption des déficits quantitatifs en matière de prélèvement d'eau et gestion collective des prélèvements d'irrigation	4
1.1.3 Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin RM	4
1.2 Connaissance du contexte environnemental	5
1.2.1 Principales sources documentaires utilisées	5
1.2.2 Les paramètres de contrôles physique et hydrologique	6
1.2.3 Une qualité globale des eaux superficielles médiocre	19
1.2.4 La réponse biologique	23
1.2.5 Synthèse : le bassin versant du Garon, un système fragile dégradé	27
1.3 Bilan et objectifs environnementaux	28
1.4 Eléments méthodologiques	29
1.4.1 Matériel et méthode	29
1.4.2 Choix de points de référence et localisation des stations d'étude associées à ces points	36
1.4.3 Présentation des espèces cibles	45
1.4.4 Précision sur la détermination des débits biologiques	46
1.5 Détermination des besoins des milieux	47
1.5.1 Le Garon à Brignais	47
1.5.2 Le Garon à Thurins	55
1.5.3 Le Mornantet à Mornant	62
1.5.4 Le Mornantet aval	68
1.5.5 Proposition de débits biologiques	69

2. DETERMINATION DES VOLUMES PRELEVABLES ET DES DEBITS OBJECTIFS D'ETIAGE	73
2.1 Détermination des volumes prélevables et des débits objectifs d'étiage	73
2.1.1 Objectif Général et méthodologie	73
2.1.2 Topologie	74
2.1.3 Définition des termes du bilan et méthode d'établissement des indicateurs pour les différents tronçons et / ou points de référence	75
2.2 Résultats : Débits Cibles et Volumes prélevables associés	83
2.3 Discussion	87
2.3.1 Volumes prélevables et DOE sur le Garon à Thurins	87
2.3.2 Volumes prélevables et DOE sur le Garon entre Thurins et Brignais	90
2.3.3 Volumes prélevables et DOE sur le Mornantet à Mornant	91
2.3.4 Volumes prélevables et DOE sur le Mornantet entre Mornant et Givors	94
3. DEFINITION DES VOLUMES PRELEVABLES ET INDICATEURS DE GESTION DE NAPPE.....	96
3.1 Introduction	96
3.1.1 Contexte de la mission	96
3.1.2 Généralités sur la méthode proposée	96
3.2 Méthodologie	97
3.2.1 Rappels	97
3.2.2 Méthodologie	99
3.2.3 Définition des indicateurs piézométriques	100
3.2.4 Principaux résultats	102
3.3 Arbitrages techniques	106
3.3.1 Volume prélevable et débit d'objectif d'étiage	106
3.3.2 Proposition d'indicateurs de gestion de nappe	110
3.4 Références documentaires	113

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURES

Figure 1 : Carte de présentation générale du bassin versant du Garon (BRLi).....	6
Figure 2 : Profils en long du Garon et du Mornantet (Donnée source : cartes IGN 1/25 000)	7
Figure 3 : Illustration de la variabilité des débits journaliers et moyennes mensuelles observées (débits influencés) et naturalisés (débits désinfluencés) du Garon à Brignais de juin à octobre 2006	9
Figure 4 : Variabilité des débits journaliers du Garon à Brignais (débits influencés) de juin à octobre de 2005 à 2010 et principales périodes dont le débit est inférieur à 30 l/s	10
Figure 5 : Courbe des débits classés des mois de juin à octobre 2005-2010 du Garon à Brignais (débits influencés).....	10
Figure 6 : Première approche cartographique des zones d'assec et ruptures d'écoulements sur le bassin versant du Garon.....	12
Figure 7 : Le Garon en aval de Brignais : Perte de connectivité latérale et banalisation des habitats par enrochements et recalibrage (Source : BRLi).....	12
Figures 8 et 9 : Erosions sur le Mornantet à Mornant (Source : BRLi)	14
Figure 10 : Plage de dépôt sables/limons sur le Cartelier (Source : BRLi).....	14
Figures 11 et 12 : Assèchement du Garon à Givors et du Furon avant sa confluence avec le Garon (Source : BRLi)	15
Figure 13 : Chute naturelle sur le Mornantet à Chassagny (Source : TEREOS).....	16
Figures 14 et 15 : Seuil sur le Garon sous l'acqueduc romain et le barrage de Prévende sur le Mornantet (Source : TEREOS)	16
Figure 16 : Localisation et franchissabilité des ouvrages sur le bassin versant du Garon (source : FDPPMA 69).....	17
Figure 17 : Première approche des zones refuges sur le bassin versant du Garon.....	18
Figure 18 : Analyse par box plots des données thermiques du Garon, Mornantet et Cartelier (données sources : FDPPMA 69).....	19
Figure 19 : Mise en perspective de l'évolution de la température de l'eau du Garon à Brignais avec le débit et la température de l'air.....	20
Figure 20 : Corrélation entre température de l'air et température de l'eau journalière du Garon à Brignais	21
Figure 21 : Carte de synthèse de la qualité physico-chimique de l'eau en 2006 par les paramètres déclassants (source : ARALEP)	23
Figure 22 : Carte de synthèse de la qualité macrobenthique en 2006 (source : ARALEP).....	25
Figure 23 : Occurrence des espèces sur l'ensemble des stations inventoriées en 2005 et 2006 sur le bassin versant du Garon (source : FDPPMA 69)	26
Figure 24 : Carte de synthèse de la qualité piscicole en 2005/2006 (source : FDPPMA 69).....	27
Figure 25 : Synthèse des masses d'eau et objectifs environnementaux du bassin versant du Garon (source : SDAGE RM)	28
Figure 26 : Principes de la méthode des microhabitats (source : CEMAGREF)	30
Figure 27 : Courbes habitats/débit issues de la méthode des micro-habitats (source : CEMAGREF)	31
Figure 28 : Protocole de terrain (source : Lamouroux, 2002, CEMAGREF).....	32
Figure 29 : Exemple d'interprétation d'une courbe habitats/débit issu du logiciel ESTIMHAB.....	33
Figure 30 : Appareil Flow Tracker avec sonde 2D	34
Figure 31 : Localisation des points de référence (et stations d'estimation de Débits Biologiques) sur le bassin versant du Garon.....	37
Figure 32 : Présentation et localisation de la station débit biologique du Garon à Brignais aux deux campagnes ESTIMHAB	38
Figure 33 : Distributions des largeurs, hauteurs et vitesses – Le Garon à Brignais	38

Figure 34 : Données d'entrée du modèle ESTIMHAB – Le Garon à Brignais	39
Figure 35 : Illustrations de la station débit biologique le Garon à Thurins aux deux campagnes ESTIMHAB	40
Figure 36 : Distributions des largeurs, hauteurs et vitesses – Le Garon à Thurins	41
Figure 37 : Données d'entrée du modèle ESTIMHAB – Le Garon à Thurins	42
Figure 38 : Présentation et localisation de la station débit biologique du Mornantet à Mornant aux deux campagnes ESTIMHAB	43
Figure 39 : Distributions des largeurs, hauteurs et vitesses – Le Mornantet à Mornant.....	43
Figure 40 : Données d'entrée du modèle ESTIMHAB – Le Mornantet à Mornant.....	44
Figure 41 : Truite fario (source : FDPPMA 69).....	45
Figure 42 : Courbes de préférences de la Truite fario utilisées en France dans le cadre des études de microhabitats. D'après Souchon, Y., Trocherie, F., Fragnoud E. et Lacombe C. (1989).	46
Figure 43 : Courbes d'évolution de la surface utile (pour 100 m de cours d'eau) en fonction du débit – Truite fario – Le Garon à Brignais.....	48
Figure 44 : Evolution de la surface utile en fonction du débit – Espèces accompagnatrices de la Truite fario – Le Garon à Brignais.....	49
Figure 45 : Evolution des gains de SPU de la truite fario selon les débits – Le Garon à Brignais.....	50
Figure 46 : Comparaison des débits naturels reconstitués mensuels et débits cibles – Le Garon à Brignais	51
Figure 47 : Courbe des débits journaliers désinfluencés classés du Garon à Brignais des années 2001 à 2010	52
Figure 48 : Fréquence des débits d'étiages journaliers désinfluencés du Garon à Brignais (2001 à 2010).....	53
Figure 49 : Courbes d'évolution de la surface utile (pour 100 m de cours d'eau) en fonction du débit – Truite fario – Le Garon à Thurins	56
Figure 50 : Evolution de la surface utile en fonction du débit – Espèces accompagnatrices de la Truite fario – Le Garon à Thurins.....	57
Figure 51 : Evolution des gains de SPU de la truite fario selon les débits – Le Garon à Thurins.....	58
Figure 52 : Comparaison des débits naturels reconstitués mensuels et débits cibles – Le Garon à Thurins	59
Figure 53 : Courbe des débits journaliers désinfluencés classés du Garon à Thurins des années 2001 à 2010	60
Figure 54 : Fréquence des débits d'étiages journaliers désinfluencés du Garon à Thurins (2001 à 2010).....	61
Figure 55 : Courbes d'évolution de la surface utile (pour 100 m de cours d'eau) en fonction du débit – Truite fario – Le Mornantet à Mornant.....	63
Figure 56 : Evolution de la surface utile en fonction du débit – Espèces accompagnatrices de la Truite fario – Le Mornantet à Mornant	64
Figure 57 : Evolution des gains de SPU de la truite fario selon les débits – Le Mornantet à Mornant	65
Figure 58 : Comparaison des débits naturels reconstitués mensuels et débits cibles – Le Mornantet à Mornant.....	66
Figure 59 : Courbe des débits journaliers désinfluencés classés du Mornantet à Mornant.....	67
Figure 60 : Synthèse des gammes de débits biologiques proposées sur le bassin versant du Garon	69
Figure 61 : Exemple de chroniques de débits des stations de référence du secteur hydrographique « Monts du Lyonnais » et mise en perspective des niveaux et débits de références.....	72
Figure 62 : Localisation des points de référence.....	74
Figure 63 : Volumes prélevables sur les tronçons étudiés pour différentes valeurs de débit cible.....	86
Figure 64 : Détermination du DOE et prise en compte des interactions amont-aval sur le Garon entre Thurins et Brignais.....	87
Figure 65 : Bilan Ressource – Besoin sur le Garon à Thurins	88
Figure 66 : Volumes disponibles une fois assuré un débit biologique de 30 l/s (mai à juillet et octobre) à 40 l/s (aout-septembre) sur le Garon à Thurins.....	89

Figure 67 : Volumes disponibles pour des prélèvements une fois assuré un débit biologique de 50 l/s sur le Garon à Brignais	90
Figure 68 : Détermination du DOE et prise en compte des interactions Amonts-aval sur le Mornantet entre Mornant et Givors.....	91
Figure 69 : Bilan Ressource – Besoin sur le Mornantet à Mornant	92
Figure 70 : Volumes disponibles pour des prélèvements une fois assuré un débit biologique de 20 l/s (aout-septembre) à 30 l/s (autres mois d'été) sur le Mornantet à Mornant	93
Figure 71 : Volumes disponibles pour des prélèvements une fois assuré un débit biologique de 30 l/s sur le Mornantet à Givors.....	95
Figure 72 : Synthèse des gammes de débits biologiques proposés (BRLi, 2011)	98
Figure 73 : Exemple de résultat attendu (issu du rapport BRGM/RP-56651-FR de novembre 2008 : Elaboration des règles de gestion volumique en eau de la nappe de Bièvre-Valloire).....	101
Figure 74 : Piézométrie mesurée et simulée au piézomètre de Vourles (BURGEAP, 2011a).....	103
Figure 75 : Piézométrie mesurée et simulée au piézomètre de Vourles pour les simulations SP6a et SP6b (BURGEAP, 2011a).....	104
Figure 76 : bilans annuels pour SP1 et SP2 (BURGEAP, 2011b).....	105
Figure 77 : Prélèvements pour l'eau potable dans le territoire du bassin versant, excepté Rhône Sud (BRLi, 2010).....	107
Figure 78 : Cumul annuel des pluies efficaces (BURGEAP, 2011a).....	108
Figure 79 : Piézométrie enregistrée au piézomètre de référence Vourles.....	109

TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des points de référence et tronçons associés.....	74
Tableau 2 : Comparaison du débit naturel reconstitué et du débit cible – exemple du Garon à Thurins.....	78
Tableau 3 : Volumes prélevables – exemple du tronçon du Garon à Thurins.....	80
Tableau 4 : Réduction de prélèvement nécessaire pour satisfaire le débit cible – exemple du Garon à Thurins.....	82
Tableau 5 : Bilan des résultats des phases précédentes et débits cibles proposés (m ³ /s à gauche, milliers de m ³ à droite)	84
Tableau 6 : Tableau bilan : Synthèse des résultats pour différentes valeurs de débit cible.....	85
Tableau 7 : Fréquences de satisfaction du débit biologique (1 ^{er} tableau) et du débit biologique et des prélèvements (2 nd tableau), pour différentes valeurs de débit cible	88
Tableau 8 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements actuels sur le Garon à Thurins, pour un DOE de 30 à 40 l/s (soit environ 79 à 105 milliers de m ³ /mois).....	89
Tableau 9 : Fréquences de satisfaction du débit biologique (1 ^{er} tableau) et du débit biologique et des prélèvements (2 nd tableau), pour différentes valeurs de débit cible	90
Tableau 10 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements actuels sur le tronçon du Garon de Thurins à Brignais, pour un DOE de 50 l/s (soit environ 130 milliers de m ³ /mois).....	91
Tableau 11 : Fréquences de satisfaction du débit biologique (1 ^{er} tableau) et du débit biologique et des prélèvements (2 nd tableau), pour différentes valeurs de débit cible	92
Tableau 12 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements actuels sur le tronçon du Mornantet à Mornant, pour un DOE de 20 l/s à 30 l/s (soit environ 52 à 79 milliers de m ³ /mois).....	93
Tableau 13 : Fréquences de satisfaction du débit biologique (1 ^{er} tableau) et du débit biologique et des prélèvements (2 nd tableau), pour différentes valeurs de débit cible	94
Tableau 14 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements actuels sur le tronçon du Mornantet de Mornant à Givors, pour un DOE de 30 l/s (soit environ 78 milliers de m ³ /mois).....	95

PREAMBULE

CONTEXTE

Le SMAGGA (Syndicat de Mise en valeur, d'Aménagement et de Gestion du bassin versant du Garon), succédant depuis le 1^{er} janvier 2007 au SMAVG, s'apprête à s'engager avec les 27 communes du bassin du Garon dans son second contrat de rivière.

Suite au premier contrat, les enjeux prioritaires du bassin ont été ciblés :

- ▶ amélioration globale de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques, liée à des déficits de débits à l'étiage et nécessitant une redéfinition de la gestion concertée sur le territoire,
- ▶ protection des ressources stratégiques en eau.

Ces enjeux doivent répondre aux exigences de la Directive Cadre Européenne en terme de bon état chimique, écologique et quantitatif des masses d'eau, d'autant que la nappe du Garon a été identifiée par le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux Rhône-Méditerranée comme un aquifère d'intérêt patrimonial.

La présente étude globale de la gestion quantitative des ressources en eau sur le bassin versant du Garon doit répondre aux objectifs suivants :

- ▶ Etablir l'état de référence au niveau de l'utilisation de la ressource du bassin : décrire les prélèvements et usages actuels par sous bassin,
- ▶ Expliciter le fonctionnement hydrologique du bassin, cours d'eau et nappe,
- ▶ Evaluer l'impact de la pression anthropique sur les ressources,
- ▶ Définir les volumes prélevables du bassin versant,
- ▶ Identifier, caractériser et délimiter les secteurs alluviaux stratégiques pour l'alimentation actuelle et future en eau potable,
- ▶ Etablir un programme d'actions d'amélioration de la gestion de la ressource sur le bassin

La notion de **volume prélevable** est le nœud de l'étude : les trois premiers points servent à réaliser le calcul des volumes prélevables, le dernier point constitue son application sur le terrain. Défini de manière simplifiée, le volume prélevable sur un bassin donné est la différence entre la ressource disponible (ressource naturelle et volumes de régulations éventuellement disponibles) et ce qu'il est nécessaire de laisser dans le milieu pour garantir son bon état, il est donc au cœur de la démarche du rétablissement de l'équilibre offre / demande en eau.

PHASAGE

L'étude se décompose en 4 phases.

Phase 1 : Diagnostic de l'utilisation de la ressource en eau sur le bassin versant,

Phase 2 : Evaluation de l'impact des prélèvements sur les milieux naturels,

Phase 3 : Définition d'objectifs quantitatifs,

Phase 4 : Programme d'actions d'amélioration de la gestion de la ressource.

La phase 3 de l'étude a pour objectif de définir les volumes maximum prélevables tous usages confondus, sur un cycle hydrologique complet.

La première étape de cette phase 3 est la détermination des « besoins du milieu » des cours d'eau en différents points du bassin versant déterminés dans les phases précédentes.

Dans un second temps, des valeurs de débits objectif d'étiage et de volumes prélevables sur les eaux superficielles sont proposées et discutées

Pour finir, les aspects hydrogéologiques, les volumes prélevables sur la nappe du Garon et les indicateurs de gestion de nappe sont présentés.

1. DEBITS MINIMUMS BIOLOGIQUES

Les paragraphes suivants présentent la détermination des « besoins du milieu » des cours d'eau en différents points du bassin versant déterminés dans les phases précédentes

De façon pragmatique, il s'agit de déterminer

- ▶ **le Débit Biologique** : il correspond à la garantie des bonnes fonctionnalités biologiques du milieu ;
- ▶ ainsi que le **Débit Biologique de survie** : il correspond à un état de survie des milieux pendant les phases d'étiage sévère.

Cette détermination implique d'analyser l'hydrosystème du bassin versant du Garon : les clefs de son fonctionnement, ses sensibilités, ses menaces, afin de proposer des débits en adéquation avec les objectifs environnementaux.

Il est proposé une démarche en quatre étapes principales : 1) la connaissance du contexte, 2) le bilan et/ou la définition des objectifs environnementaux, 3) la proposition d'objectifs de débits/régimes hydrologiques.

La quatrième étape, consistant à proposer les modalités techniques du suivi des effets de la mise en œuvre des préconisations, sera abordée dans un second temps lorsqu'un consensus sera trouvé sur les valeurs de débits biologiques.

1.1 RAPPEL REGLEMENTAIRE

Plusieurs outils juridiques et de planification existent pour encadrer la gestion quantitative des cours d'eau :

- ▶ au niveau Européen, la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) ;
- ▶ au niveau national, la loi sur l'eau de 2006 ; mentionnons également la circulaire du 30 juin 2008 relative à la résorption des déficits quantitatifs en matière de prélèvement d'eau et gestion collective des prélèvements d'irrigation ;
- ▶ au niveau du bassin hydrographique, le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin Rhône-Méditerranée (SDAGE RM, 2009).

Ce paragraphe rappelle succinctement les éléments de ces outils juridiques et de planification qui encadrent la gestion des étiages.

1.1.1 Directive Cadre sur l'Eau

La directive cadre sur l'eau (DCE) impose de parvenir à un bon état des masses d'eau souterraines et superficielles d'ici à 2015 :

- ▶ Masse d'eau superficielle : elle demande que ses états écologique (qualité de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques associés) et chimique (concentration de polluants en-deçà des seuils) soient au moins bons,
- ▶ Masse d'eau souterraine, elle demande que son état quantitatif et son état chimique soient au moins bons.

Les masses d'eau en très bon état doivent le rester.

Le détail des masses d'eau superficielles du bassin versant du Garon ainsi que leurs objectifs environnementaux sont présentés au chapitre 3.

1.1.2 Circulaire du 30 juin 2008 relative à la résorption des déficits quantitatifs en matière de prélèvement d'eau et gestion collective des prélèvements d'irrigation

Une circulaire relative à la résorption des déficits quantitatifs en matière de prélèvement d'eau et gestion collective des prélèvements d'irrigation a été publiée sur le site du MEEDDAT le 30 juin 2008. Elle vise à accorder les prélèvements avec la ressource en eau et instaure un organisme unique pour la gestion collective des prélèvements d'irrigation.

L'objectif de cette circulaire est également de limiter le recours aux arrêtés de restriction des prélèvements et de réserver cette solution aux sécheresses les plus importantes.

Dans les bassins en déficit quantitatif, la circulaire demande dans un premier temps d'estimer des volumes globaux prélevables. Ils doivent être compatibles avec le bon état des milieux et la satisfaction des usages 8 années sur 10.

Ensuite la répartition des volumes entre usages doit être déterminée. Enfin, les services police de l'eau réviseront les autorisations de prélèvements afin de mettre en cohérence prélèvements et ressources.

La circulaire aborde également la gestion collective des prélèvements d'irrigation par un organisme unique. Ce type de gestion a été instauré par un décret de septembre 2007. Dans les ZRE, où les prélèvements pour l'irrigation ont un impact majeur, si aucune structure candidate n'a été retenue avant le 30 juin 2009, les préfets pourront désigner un organisme existant ou former une association syndicale pour mettre en place une gestion collective.

Lien : <http://texteau.ecologie.gouv.fr/texteau/ServletUtilisateurAffichageTexte?origine=resultat&debut=651&fin=660&valeur=ServletUtilisateurRechercheThematique?action=recherche&idTheme=0&annee=&debut=651&fin=660&tri=date&idTexte=922&listeMots=>

1.1.3 Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin RM

L'orientation fondamentale N°7 du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin Rhône-Méditerranée concerne plus particulièrement la gestion quantitative. Elle fixe pour objectif d'« atteindre l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource et en anticipant l'avenir ».

Elle propose des définitions pour les débits objectifs de quantité à fixer :

- ▶ les **débits objectifs d'étiage (DOE)**, établis sur la base des moyennes mensuelles) pour lesquels sont simultanément satisfaits le bon état des eaux, et, en moyenne 8 années sur 10, l'ensemble des usages.
- ▶ Les **débits de Crise Renforcée (DCR)** en-dessous desquels les prélèvements pour l'AEP, la sécurité des installations sensibles et les besoins des milieux naturels ne peuvent être satisfaits. Les DCR sont des valeurs établies sur la base de débits caractéristiques ou d'un débit biologique minimum lorsque celui-ci peut être établi. Dans le cas de sections de cours d'eau à l'aval d'un ouvrage relevant de l'article L 214-18, le DCR ne peut être que supérieur ou égal au débit minimum arrêté pour cet ouvrage.¹

¹ SDAGE RM 2010-2015, document adopté par le Comité de Bassin du 13 décembre 2009, Orientation Fondamentale N°7.

1.2 CONNAISSANCE DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

L'objectif de ce chapitre est de mettre en lumière les principales caractéristiques du système étudié à travers la compilation d'études, de données et d'exemples caractéristiques et illustratifs. Cette étape, indispensable, permet de remettre dans son contexte la question des « débits biologiques » pour le calcul des volumes maximums prélevables et d'ajuster en toute connaissance de cause les valeurs de débits et les règles de gestion du partage de la ressource.

Le chapitre est construit sur la base d'éléments bibliographiques enrichis des observations et investigations de terrain menées par BRL Ingénierie.

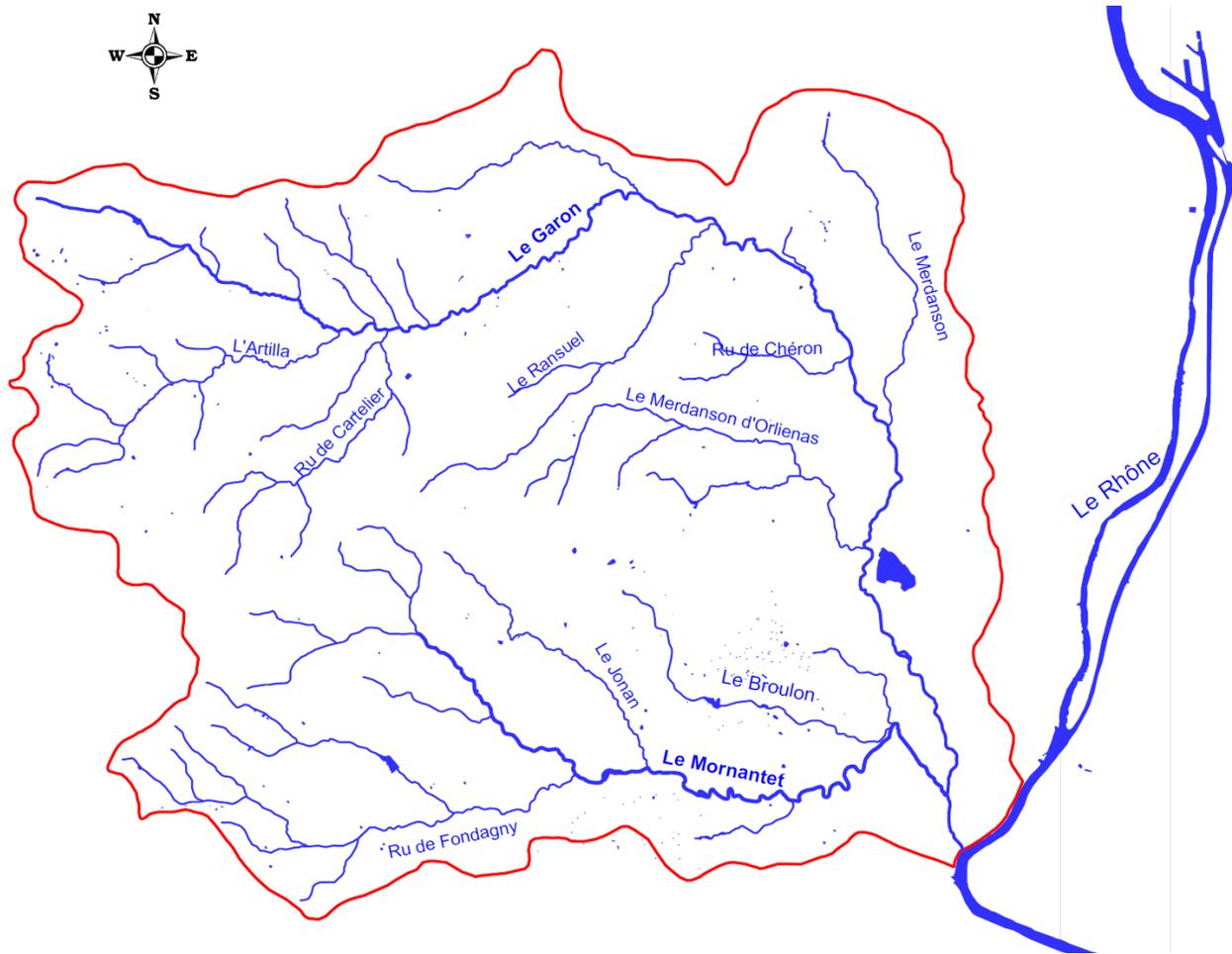
1.2.1 Principales sources documentaires utilisées

- ▶ Etude géomorphologique du bassin versant du Garon, Contrat de Rivière du Garon, TEREOS, 2007 (1) ;
- ▶ Etude hydrologique et hydraulique du bassin versant du Garon, Ginger Environnement, 2007 (2) ;
- ▶ Etude des pollutions agricoles diffuses, Etude préalable à l'élaboration du Contrat de Rivière du Garon, Lot 2, GREBE, 1998 (3) ;
- ▶ Etude sur le suivi de la qualité des cours d'eau du Rhône – Le Garon, ARALEP, 2006 (4) ;
- ▶ Etude piscicole du Garon et de ses affluents – bilan 1998-2006, Contrat de Rivière du Garon, FDPPMA 69, 2006 (5) ;
- ▶ Résultats bruts des suivis thermiques sur le Mornantet et le Garon en 2006 et le Cartelier en 2009, FDPPMA 69 (6) ;
- ▶ Plan de gestion du Garon et du Mornantet 2010-2015, Département du Rhône, 2008 (7) ;
- ▶ Bilan du Contrat de Rivière du Garon 2000-2006, Asconit Consultant et Hydratec, 2007 (8) ;
- ▶ SDAGE RM 2010-2015. Etat des lieux et programme de mesures, 2009 (9) ;
- ▶ Cartes IGN 1/25 000 (10) ;

1.2.2 Les paramètres de contrôles physique et hydrologique

1.2.2.1 Présentation et contexte général

Figure 1 : Carte de présentation générale du bassin versant du Garon (BRLi)



LE GARON

Trois grands ensembles ressortent clairement du profil en long du Garon :

- ▶ **Le haut-bassin**, avec une pente très forte diminuant régulièrement jusqu'à la confluence avec l'Artilla. Elle est de 5% au niveau du barrage de Thurins. L'environnement de ce secteur est forestier et pastoral.

On y trouve une succession type de faciès composée de cascades, de plats et de radiers.

- ▶ **La moyenne vallée**, avec une pente générale moins importante (jusqu'à 1,6%). Plusieurs ruptures de pentes notables apparaissent en amont de Brignais traduisant des enfoncements de la vallée. Géologiquement, cette partie du Garon correspond à un substrat granitique.

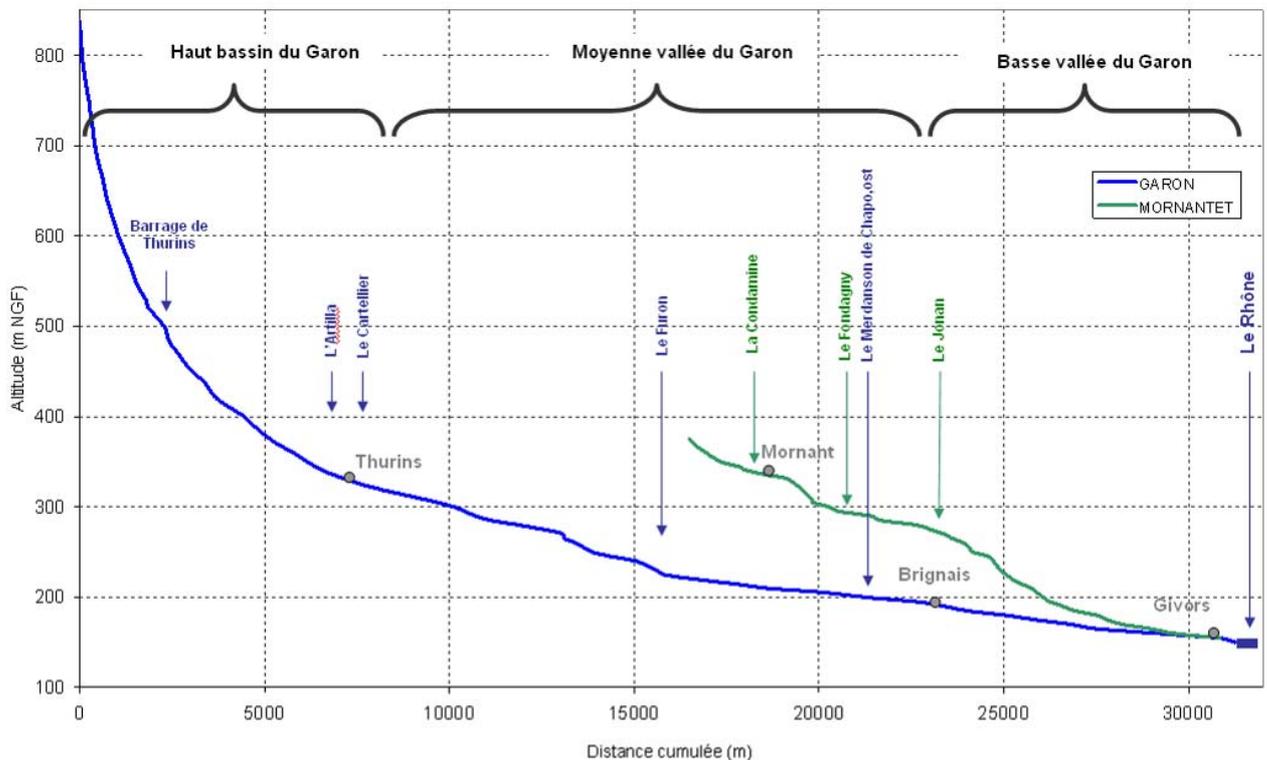
L'environnement y est alors essentiellement forestier au sein d'une vallée resserrée puis plutôt pastoral autour de Thurins. Les berges sont généralement hautes et les substrats dominés par le sable même s'il est observé une proportion non négligeable de blocs ou galets.

- ▶ **La basse vallée du Garon** correspond au passage du cours d'eau sur un terrain sédimentaire (alluvions modernes et nappe de raccordement fluvio-glaciaire), à partir de Brignais vers l'aval. La pente moyenne ne dépasse guère 0,5%.

La caractéristique majeure de ce secteur est l'assec estival en aval de Brignais jusqu'à la confluence avec le Rhône.

On y note néanmoins la présence de plusieurs zones de divagation intéressantes sur plusieurs tronçons (le long de la RN86, communes de Montagny et de Millery) alors que certains secteurs ont fait l'objet d'importants aménagements entraînant une artificialisation des berges et un colmatage généralisé du substrat par du sable.

Figure 2 : Profils en long du Garon et du Mornantet (Donnée source : cartes IGN 1/25 000)



LE MORNANTET

Le profil en long du Mornantet fait apparaître une pente diminuant de façon assez régulière depuis l'amont jusqu'au plateau à l'aval de Mornant.

Une rupture de pente très nette sépare alors ce plateau de la basse vallée et de Givors. Cette rupture de pente correspond à la transition entre le massif granitique des Monts du Lyonnais et les terrains alluviaux du Quaternaire (partie aval de la vallée du Mornantet et cuvette de Givors).

L'environnement de la rivière se modifie parallèlement à ce profil en long. Il est d'abord rural et semi-rural de part et d'autre de Mornant, sur les landes (pâturages, cultures, bandes boisées, jardins). Il devient ensuite plus forestier au sein d'une vallée encaissée au-delà de la rupture de pente en contrebas du village de Chassagny.

Plus à l'aval, la vallée s'élargit progressivement au niveau des Vernes. Elle arrive pour finir dans l'agglomération de Givors après avoir changé de direction au niveau d'un dernier rétrécissement de la vallée.

1.2.2.2 Une hydrologie contrastée et naturellement faible en période estivale

UNE HYDROLOGIE NATURELLEMENT FAIBLE

L'analyse réalisée par BRL *Ingénierie* en phase 2 met en lumière l'hydrologie particulièrement contrastée des cours d'eau du bassin versant du Garon :

- ▶ De novembre à mai : l'hydrologie peut être considérée comme relativement « soutenue » en raison d'une pluviométrie relativement régulière et une évapotranspiration modérée ;
- ▶ De juin à octobre : les précipitations sont plus éparées alors que l'évaporation atteint son maximum pendant les mois de juillet et août : les débits observés sont alors relativement faibles voir nuls sur certains affluents.

DES DEBITS D'ÉTIAGES TRÈS SEVERES

L'analyse, menée au pas de temps mensuel rend cependant difficilement appréciables l'intensité et la durée des événements les plus critiques en terme de débits (voir figure suivante). Pour y remédier, il est nécessaire d'étudier l'hydrologie au pas de temps journalier.

L'absence d'un réel aquifère pour soutenir les débits et la présence d'une géologie peu perméable entraîne une variabilité des débits importante en période estivale. Aussi, un événement pluvieux type orage, même réduit, provoque pendant quelques jours une hausse de débit avant qu'il se réduise considérablement jusqu'au prochain événement.

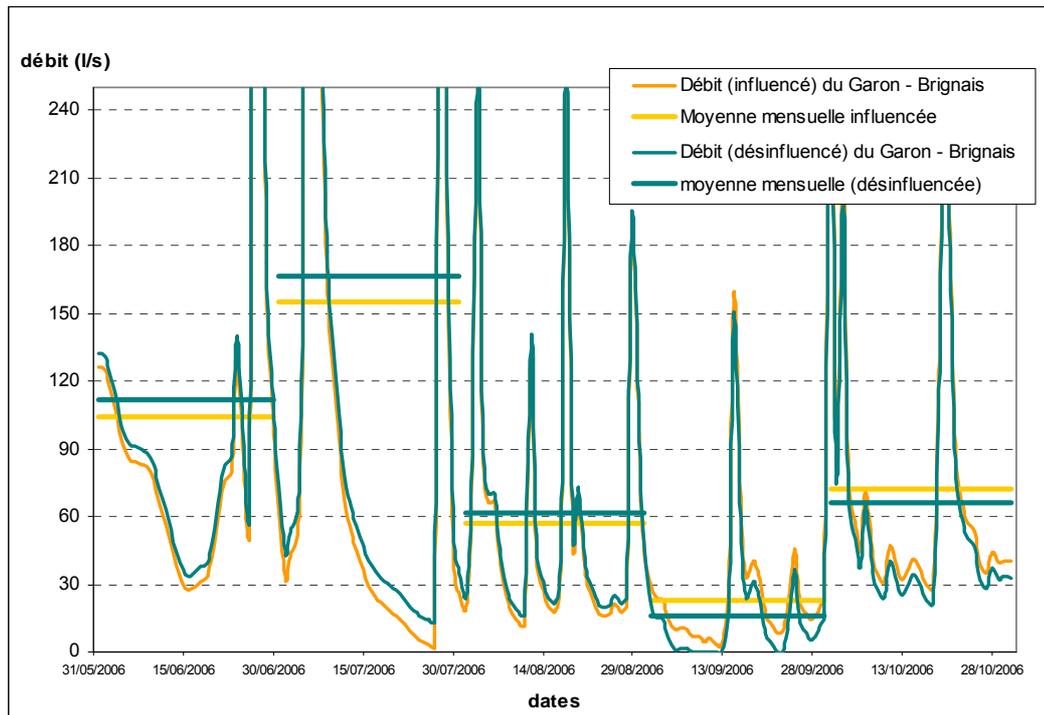
La figure ci-dessous illustre le propos en prenant pour exemple le Garon à Brignais en 2006 en présentant les débits naturels (désinfluencés) et observés (influencés).

On constate que les débits désinfluencés sont supérieurs aux débits influencés pour les mois de juin à août lorsque la somme des prélèvements (évaporation, prélèvements agricoles) sont supérieurs à la somme des rejets (STEP). La tendance semble s'inverser à partir de septembre lorsque les prélèvements par évaporation par les plans d'eau deviennent négligeable. Pour plus de détail, les bilans ressources-prélèvements sont présentés dans le rapport de Phase 2.

On constate que de petits événements pluvieux ont été régulièrement enregistrés pendant la période estivale provoquant des débits de pointes journaliers de 100 à 300 l/s alors que quelques jours plus tard, le débit observé passait en dessous de 30 l/s pendant 5 à 10 jours.

On observe que la moyenne mensuelle est située bien au dessus des faibles débits d'étiages enregistrés. La contribution des événements pluvieux en période estivale influe fortement sur la moyenne mensuelle.

Figure 3 : Illustration de la variabilité des débits journaliers et moyennes mensuelles observées (débits influencés) et naturalisés (débits désinfluencés) du Garon à Brignais de juin à octobre 2006



Ces petits évènements pluvieux sont particulièrement importants pour l'hydrosystème. Les espèces trouvent alors pendant quelques jours des conditions meilleures pouvant faciliter l'alimentation, les migrations ou permettant de trouver de nouveaux abris en attendant une période plus favorable. Ces petits évènements hydrologiques favorisent les décolmatages légers (selon l'intensité de l'évènement) des particules les plus fines de matières organiques ou minérales qui se sont déposées sur le biofilm ou sur le substrat.

Ces évènements constituent des périodes de « respirabilité » pour le milieu particulièrement importantes.

Toute activité ou gestion qui viserait à leur réduction (comme par exemple un stockage de ce volume dans une retenue) perturberait fortement le fonctionnement du cours d'eau.

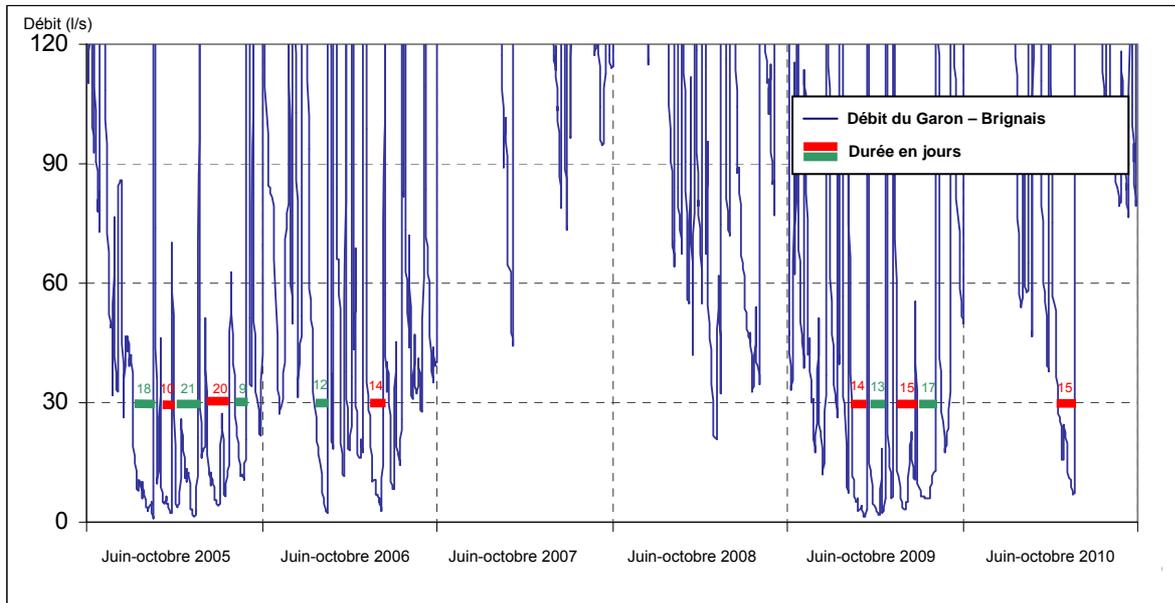
La durée des périodes d'étiage intense est l'un des premiers paramètres structurant des évolutions des peuplements aquatiques. De nombreuses études scientifiques mettent en lumière sur le compartiment poisson que l'intensité du mois le plus sec régle les populations de truites (travaux de Souchon et Guinot – Guide méthodologie EVHA, CEMAGREF, 1995).

En prenant pour valeur repère 30 l/s (correspondant à la moitié du QMNA moyen naturel reconstitué), on constate que le débit du Garon à Brignais entre 2005 et 2010 est régulièrement inférieur à cette valeur pendant une durée généralement comprise entre 10 à 20 jours.

On constate que selon les années, la situation hydrologique peut être radicalement différente :

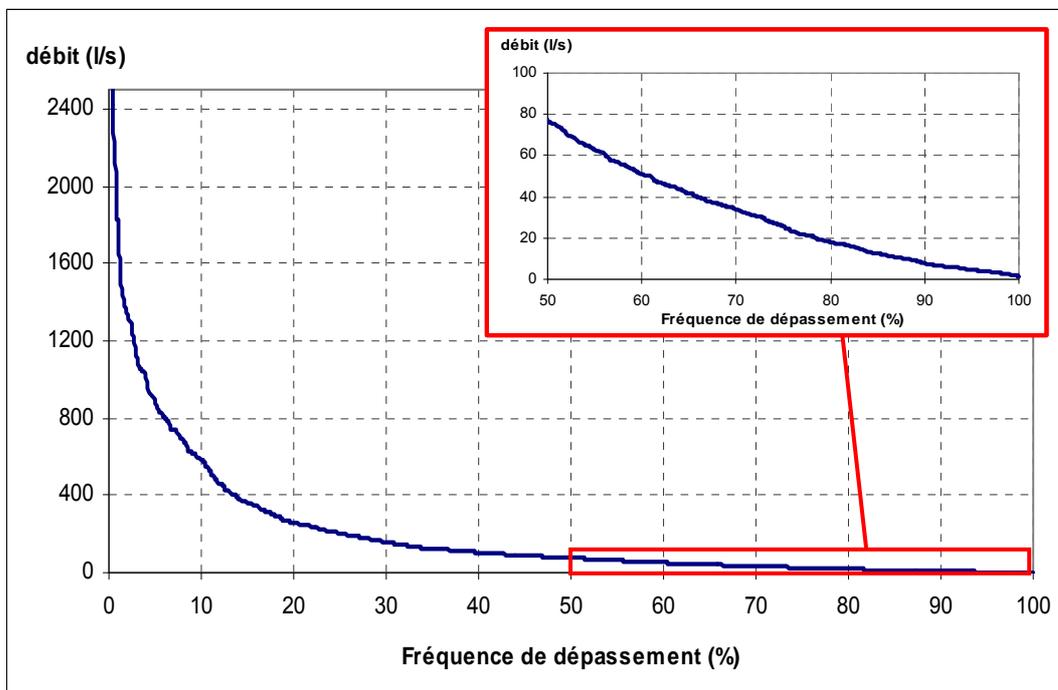
- ▶ Les années 2007, 2008 et dans une moindre mesure 2006 n'ont pas subi d'étiage particulièrement sévère. Les débits étaient le plus souvent supérieurs à 30 l/s.
- ▶ Les années 2005, 2009 et 2010 sont similaires et présentent un étiage particulièrement marqué avec une succession de périodes dont le débit est inférieur à 30 l/s.

Figure 4 : Variabilité des débits journaliers du Garon à Brignais (débits influencés) de juin à octobre de 2005 à 2010 et principales périodes dont le débit est inférieur à 30 l/s



L'analyse suivante présente les mêmes données hydrologiques (débits journaliers de juin à octobre des années 2005 à 2010 du Garon à Brignais) sous la forme d'une courbe de débits classés.

Figure 5 : Courbe des débits classés des mois de juin à octobre 2005-2010 du Garon à Brignais (débits influencés)



La faible hydrologie enregistrée est sévère :

- ▶ 50 % du temps le débit est inférieur à 75 l/s,
- ▶ 20 % du temps le débit est inférieur à 20 l/s,
- ▶ 10 % du temps le débit est inférieur à 10 l/s.

LES ZONES D'ASSEC OU EN RUPTURE D'ÉCOULEMENT

Une partie du linéaire du Garon, ainsi que certains de ses affluents, présentent un fonctionnement proche d'un type « oued » en période estivale. Le tarissement des écoulements intervient en effet rapidement si des précipitations ne viennent pas alimenter régulièrement le bassin versant.

Rendre compte des zones d'assec ou en rupture d'écoulement à l'échelle d'un bassin versant est une mission délicate car elle nécessite un protocole complexe et une importante investigation de terrain pour déterminer, à différents niveaux hydrologiques, les linéaires concernés, la fréquence, la durée...

Les phénomènes d'assecs ont été assez peu étudiés à l'échelle du territoire national. Aussi, les équipes du CEMAGREF entament des sujets de recherche sur cette thématique afin de mieux les caractériser. Des sondes seront ainsi mises en place sur différents bassins du territoire national pour enregistrer les fréquences et durées des assecs en les corrélant avec les paramètres du milieu. Cette réflexion s'inscrit dans la démarche d'acquisition de connaissance dans le cadre des changements globaux liés aux modifications climatiques.

Il est encore plus complexe de déterminer la part de l'influence anthropique de l'assec en raison des multiples paramètres qui entrent en jeu. Il semble pour autant que, sur la partie amont et médiane du bassin du Garon, les prélèvements nets des plans d'eau (par évaporation) constituent la principale source de prélèvements en période estivale et dans une moindre mesure ceux liés à l'AEP et l'agriculture. Sur la partie aval (nappe du Garon), les prélèvements AEP souterrains ont une incidence sur l'hydrologie du Garon (voir rapport hydrogéologique spécifique) augmentant la fréquence des assecs.

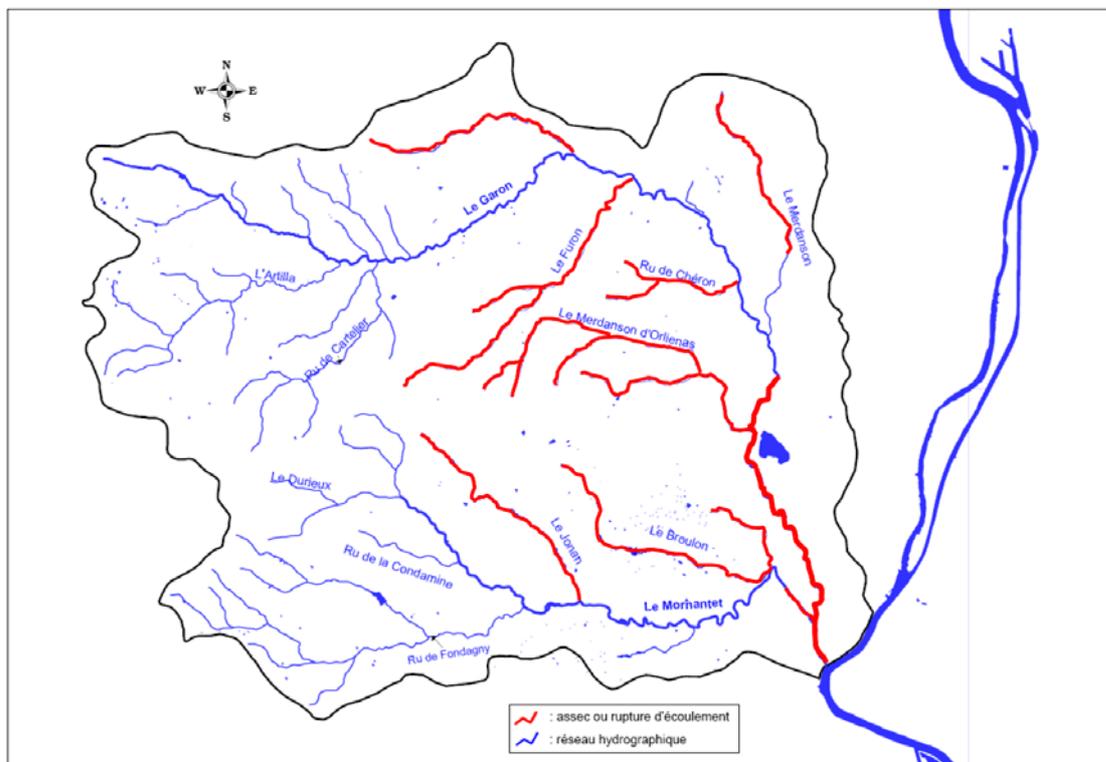
L'absence de données complètes à l'échelle du bassin versant du Garon ne nous permet de proposer qu'un unique recensement des zones d'assecs ou en rupture d'écoulement par compilation des observations issues des études récentes qui ont été réalisées sur le bassin versant du Garon (références bibliographiques 1, 2, 4 et 5) ainsi que les observations de BRL *Ingénierie*.

Ne pouvant être exhaustive, cette première approche sera à amender au fur et à mesure des acquisitions de connaissances.

Aussi, de nombreux petits affluents du Garon ou du Mornantet sont probablement temporaires mais ne sont pas retranscrits sur cette première approche en l'absence de confirmation récente.

- ▶ On constate que les cours d'eau temporaires sont essentiellement localisés sur la partie médiane à aval du bassin à une altitude inférieure à 600 mNGF. Cela est certainement à corrélérer avec les plus faibles précipitations qui sont enregistrées à cette altitude ainsi que les faibles surfaces de bassin drainées par ces cours d'eau.
- ▶ Le tronçon du Garon entre Brignais et le Rhône est un secteur bien connu pour ses assecs en raison de la perméabilité des alluvions qui le composent (ancien bras du Rhône). Les campagnes de jaugeage réalisés par BRL *Ingénierie* en 2010 mettent en lumière des pertes importantes : près de 150 l/s sont « perdus » entre Brignais et le Rhône (voir rapport de phase 1). D'après l'étude des données hydrologiques enregistrées à Brignais, on peut alors émettre l'hypothèse que le Garon aval enregistre des assecs pendant plus de 60 % de l'année.

Figure 6 : Première approche cartographique des zones d'assec et ruptures d'écoulements sur le bassin versant du Garon



1.2.2.3 Artificialisation des cours d'eau en secteur urbain : perte de connectivité latérale et banalisation des habitats

Les cours d'eau objets de l'étude traversent trois zones urbaines principales (Thurins, Brignais et Givors-Grigny) qui ont fait l'objet d'importants travaux pour faciliter les écoulements en période de crues.

Sur le terrain, il est observé :

- ▶ Un endiguement et rectification du lit moyen ;
- ▶ Une hauteur moyenne des berges importante (souvent supérieure à 2 mètres) avec des aménagements lourds (murs, enrochements) pour éviter les érosions de berges à proximité des habitations ou ouvrages d'art.

Figure 7 : Le Garon en aval de Brignais : Perte de connectivité latérale et banalisation des habitats par enrochements et recalibrage (Source : BRLi)



Il est alors observé une perte majeure de la connexion entre le cours d'eau et la végétation rivulaire souvent éparses. Elle ne peut assurer son rôle de protection, d'abris et de source de diversité pour l'hydrosystème. La déconnexion entre le cours d'eau et ses berges est d'autant plus importante en période de basses eaux, lorsque la ripisylve est « perchée » par rapport au niveau d'eau.

Les travaux de recalibrage sur ces secteurs ont fondamentalement modifié le profil en travers du cours d'eau : ce dernier a été particulièrement élargi, provoquant un étalement de la lame d'eau à l'étiage. Aussi, cette nouvelle section d'écoulement favorise les dépôts sédimentaires et l'ensablement quasi-généralisé sur ces secteurs. On observe alors une banalisation et une diminution importante de la qualité des habitats.

Les cours d'eau de moyenne et basse vallée sont de moyenne à faible énergie (pente faible inférieure à 0,5%) : ils ne pourront se réajuster qu'au moyen de très longs processus d'érosions verticaux et horizontaux, lorsqu'ils ne sont pas contraints latéralement par des aménagements ou des ouvrages transversaux.

L'impact sur le régime thermique est dans ces secteurs à ne pas négliger. Un chapitre spécifique y est consacré ci-après.

Si les traversées de secteurs urbains peuvent apparaître comme hors normes, ces secteurs n'en restent pas moins les plus sensibles aux diminutions de débit en période d'étiage (altération de la qualité des eaux par réchauffement et rejets, faible qualité et réduction des habitats).

Une restauration physique de l'habitat et des berges s'avère indispensable pour reconquérir un milieu plus fonctionnel. A minima, des opérations de rétrécissements du lit d'étiage doivent être envisagées pour optimiser les faibles débits qui y transiteront.

La suite de la démarche visant à déterminer la gamme de débits biologiques écartera ces secteurs de l'analyse car non représentatifs des composantes globales du système.

1.2.2.4 En secteur pastoral et forestier les érosions et l'ensablement sont les principaux facteurs de dégradation

Les secteurs situés en milieu pastoral ou agricole ont été moins aménagés que les traversées urbaines. Pour autant, ils présentent une dégradation du milieu physique engendrée par les érosions de berges et un ensablement quasi-généralisé.

Si les érosions de berges ne sont pas en soi le signe d'un dysfonctionnement de l'hydrosystème, elles deviennent problématiques lorsqu'elles prennent des proportions importantes.

Il est probable que les secteurs de prairie ont fait l'objet d'anciens aménagements du lit et des berges : on observe ainsi des secteurs pouvant apparaître comme très rectilignes ou homogènes pour être « naturels ».

La force naturelle des crues exerce sur ces secteurs un phénomène d'érosion qui, lorsque la ripisylve n'est pas bien constituée (ou très vieillissante), provoque des érosions de berges importantes.

Phénomène plus inquiétant encore, il est observé une incision du lit mineur par ces phénomènes érosifs provoquant une déconnexion entre la berge et le cours d'eau. Cette déconnexion est d'autant plus observable en période de basses eaux. Par sapement, certaines racines se trouvent hors d'eau n'assurant plus la protection des berges ou de support pour la faune aquatique en basses eaux.

Figures 8 et 9 : Erosions sur le Mornantet à Mornant (Source : BRLi)



La nature cristalline et métamorphique des terrain avec une altération superficielle engendre une production de sables et limons généralisée sur le bassin versant, notamment à partir des terrains agricoles en automne lorsqu'ils sont mis à nus après récolte.

Pour autant, il est probable qu'une partie des sables et limons constituant les substrats dominants des cours d'eau soit issue de ces érosions de berges.

Cet ensablement est l'une des principales origines des notes moyenne à médiocre de qualité des habitats (faible attractivité).

Figure 10 : Plage de dépôt sables/limons sur le Cartelier (Source : BRLi)



Les phénomènes d'ensablement généralisé et de déconnexion progressive entre les berges et le cours d'eau amplifient la sensibilité du milieu en période de basses eaux en raison du caractère faiblement biogène des substrats et d'une réduction des abris.

Une reconquête des habitats propices à la faune aquatique demeure nécessaire pour améliorer la capacité d'accueil en période estivale.

1.2.2.5 La perte de connectivité longitudinale naturelle et artificielle

La composante longitudinale de la connectivité permet d'apprécier le degré de compartimentation d'un cours d'eau par les barrages, seuils ou cascades ainsi que les possibilités de circulation de la faune piscicole.

LA PERTE DE CONNECTIVITE LONGITUDINALE

Généralement assimilée aux ouvrages transversaux anthropiques, il faut dans le cas du bassin versant du Garon, l'étendre aux notions d'écoulements et d'obstacles naturels :

- ▶ La connexion du Garon avec le Rhône : la confluence du Garon et du Rhône est à niveau, ce qui signifie qu'elle ne se fait pas via un seuil ou une cascade et qu'en conditions d'écoulement, le passage des poissons n'est pas limité. Dans les faits, les assecs récurrents du Garon jusqu'à l'embouchure séparent du fleuve l'ensemble du bassin versant pendant plusieurs mois chaque année entre la fin du printemps et l'automne.
- ▶ Les assecs de la partie aval du Garon et connexion avec les affluents: outre une perte importante d'habitat, les assecs du bas-Garon constituent une rupture entre le Rhône et la moyenne vallée, à l'amont de Brignais. Ce phénomène isole en outre plusieurs affluents de l'axe principal (Mornantet, Merdanson d'Orliénas, Merdanson de Chaponost...).

La confluence avec le Merdanson de Chaponost, elle, est perchée de 1,5 m, isolant ce cours d'eau du Garon.

Figures 11 et 12 : Assèchement du Garon à Givors et du Furon avant sa confluence avec le Garon (Source : BRLi)



- ▶ Cascades et obstacles naturels : les parties les plus pentues du bassin versant présentent un certain nombre de cascades et de chutes qui peuvent constituer des obstacles plus ou moins infranchissables pour les poissons. Si l'on met de côté les têtes de bassin, seul le Mornantet comporte un obstacle naturel totalement infranchissable. Ailleurs, d'autres obstacles peuvent cependant s'avérer difficilement franchissables lors des conditions de basses eaux ou alors ne limitent que les espèces les plus petites et les moins « sportives » (loche franche, goujon, vairon).

Hormis de rares exceptions, ces obstacles naturels ne semblent pas affecter les déplacements de la truite lors de sa période de migration. Sur les tronçons les moins pentus, le nombre d'obstacles naturels est moins important.

Figure 13 : Chute naturelle sur le Mornantet à Chassagny (Source : TEREOS)



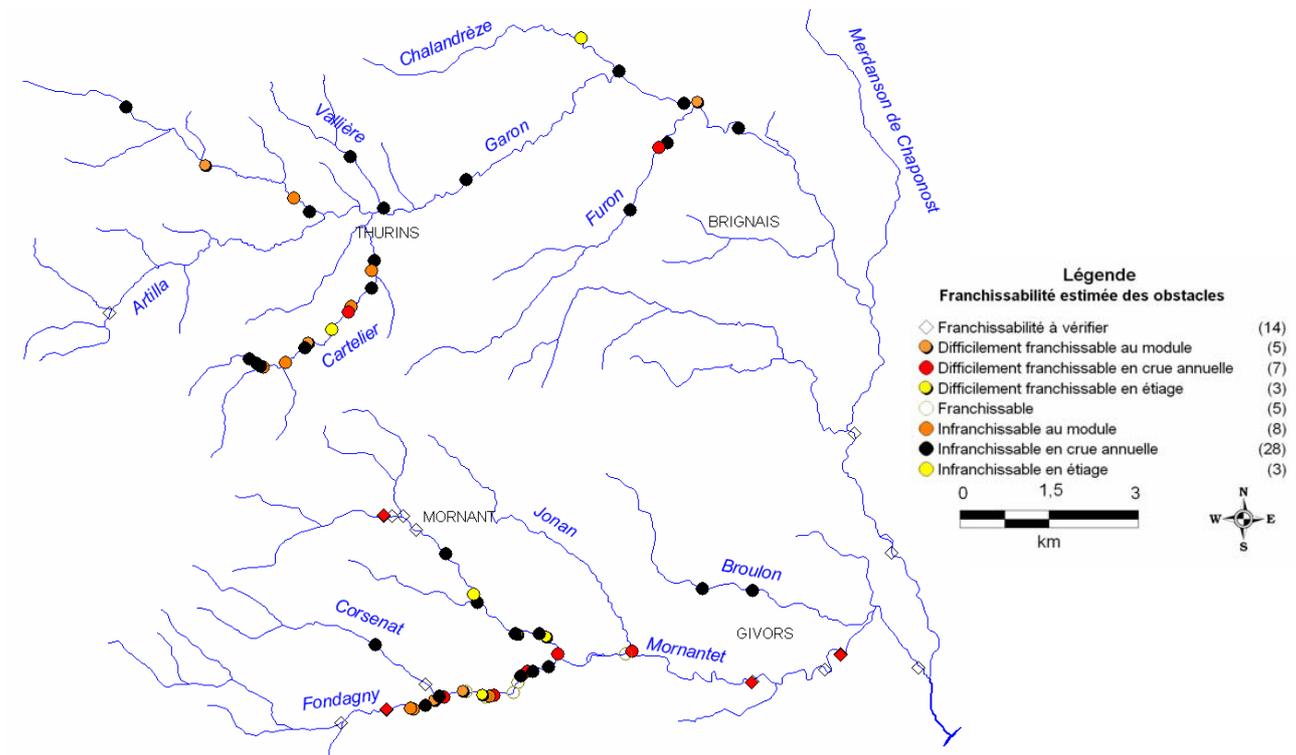
- **Barrages et seuils** : de nombreux aménagements en travers du lit sont disposés tout au long des cours d'eau du bassin du Garon. Ceux-ci vont des gués aux barrages en passant par des seuils de hauteurs diverses. Plusieurs s'avèrent totalement infranchissables pour toutes les espèces de poissons quelles que soient les conditions d'écoulement (seuil au niveau des carrières, seuil de l'aqueduc romain et barrage de Thurins sur le Garon, barrage de Prévende sur le Mornantet).

Figures 14 et 15 : Seuil sur le Garon sous l'aqueduc romain et le barrage de Prévende sur le Mornantet (Source : TEREOS)



La figure suivante illustre la localisation des différents points d'infranchissabilité à la montaison pour l'espèce truite fario. La méthodologie a pris en compte de multiples facteurs comme la hauteur de chute, la présence de fosse d'appel, les vitesses d'écoulement...

Figure 16 : Localisation et franchissabilité des ouvrages sur le bassin versant du Garon
(source : FDPPMA 69)



La perte importante de connectivité longitudinale est une caractéristique majeure du bassin versant du Garon en grande partie due aux ruptures d'écoulements, assècs et ouvrages transversaux.

Ces derniers sont notamment impactants pour les migrations de montaison pour des espèces comme la truite fario à l'automne mais aussi en période d'étiage pour atteindre des zones refuges (Garon médian).

Certains ouvrages sur le bassin font déjà l'objet d'aménagements spécifiques pour améliorer la transparence migratoire mais semblent difficilement franchissables à l'étiage.

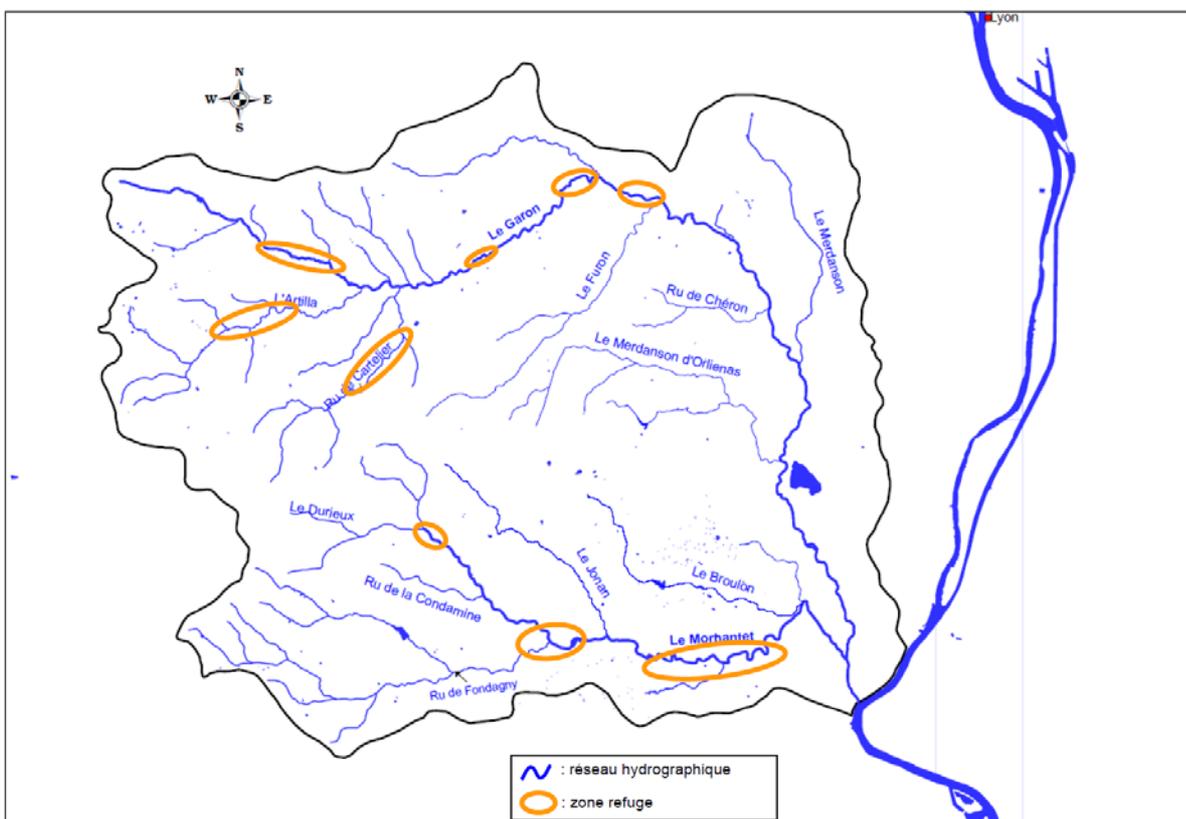
1.2.2.6 Les zones refuges : un élément déterminant pour le fonctionnement de l'hydrosystème

Les contraintes hydrologiques fortes sur le bassin présentées ci-avant ont des incidences lourdes pour les communautés aquatiques. En cas d'assec ou de fortes réduction de débits, les espèces doivent trouver des secteurs, appelés communément zones refuges, où les conditions d'habitats et physico-chimiques (température, oxygène dissous...) sont suffisamment satisfaisantes pour la survie des communautés aquatiques.

Elles permettent alors aux espèces, suite à un épisode d'étiage intense, de recoloniser progressivement le milieu aquatique. Dans le bassin versant du Garon, elles sont localisées :

- ▶ sur les têtes de bassin si elles sont accessibles par montaison. Ces zones sont situées sur le bassin en amont de Thurins sur le haut bassin de l'Artilla et du Garon. Quelques petits affluents doivent également présenter des zones similaires comme le ruisseau des Vallières ;
- ▶ dans les zones les plus encaissées des vallées formant des ruptures de pentes. Les faciès d'écoulements sont alors constitués de cascades formant des vasques ou mouilles créant des surprofondeurs favorables à la constitution d'abris temporaires.
- ▶ dans les zones où l'hydrologie se trouve plus soutenue comme dans le secteur de confluence Mornantet/Fondagny, ou la partie amont du Furon
- ▶ Les substrats des zones refuges sont majoritairement constitués de blocs. La ripisylve y est généralement bien formée créant une couverture boisée protectrice.
- ▶ La figure ci-après présente une première approche de détermination des zones refuges sur le bassin du Garon à partir des observations de terrain et des analyses de données bibliographiques. De façon générale, il faut considérer la tête de bassin versant du Garon (Garon, Artilla, Cartelier, ruisseau des Vallières) comme secteur refuge en raison d'un écoulement globalement assuré sur les principaux axes et un paramètre thermique (voir chapitre ci-après) compatible avec les exigences salmonicoles.

Figure 17 : Première approche des zones refuges sur le bassin versant du Garon



1.2.3 Une qualité globale des eaux superficielles médiocre

1.2.3.1 Régime thermique : les conditions de vie du milieu

La température de l'eau est un facteur essentiel pour la faune aquatique. La température conditionne à la fois la croissance des individus (métabolisme), la reproduction (temps d'incubation...) et la survie (température létale).

Les données thermiques utilisées pour caractériser les cours d'eau du bassin versant du Garon ont été transmises par la FDPPMA 69. Il s'agit de suivis réalisés en 2006 sur le Mornantet et le Garon ainsi que sur le ruisseau du Cartelier en 2009.

ANALYSE DESCRIPTIVE INTER-SITE

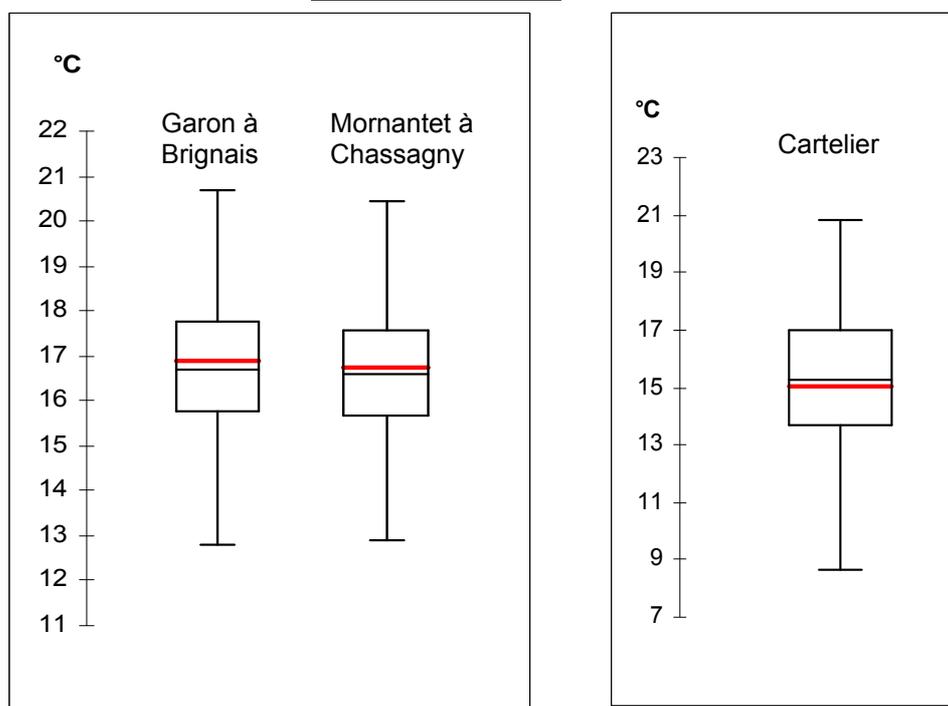
Les données collectées sur le Mornantet (Chassagny) et le Garon (Brignais – Aquaduc) s'étalent du 26 juillet au 3 octobre 2006. Cette période d'étude n'a pu encadrer les températures maximales de l'année 2006 car la période la plus chaude s'est déroulée avant les enregistrements.

Les données collectées sur le Cartelier s'étendent du 21 mai au 3 novembre 2009.

La superposition des enregistrements mettent en lumière une variation similaire de la température de l'eau entre le Mornantet et le Garon. Les variations nycthémerales de l'eau atteignent près de 3°C en période estivale alors qu'elles sont de près de 15°C pour la température de l'air. La répartition des données font état d'assez faibles différences entre les deux stations.

La température maximale atteinte est de 22,9°C sur le Garon à Brignais le 26 juillet 2006. Il s'agit d'une température considérée comme « critique » pour une espèce sténotherme d'eau froide comme la truite fario. Les températures médianes et moyennes sont comprises entre 16 et 17°C alors que le 3^{ème} quartile est inférieur à 18°C. Les températures enregistrées en 2009 sur le Cartelier font état d'un régime thermique plus compatible avec un contexte salmonicole comparativement au Garon ou au Mornantet

Figure 18 : Analyse par box plots des données thermiques du Garon, Mornantet et Cartelier (données sources : FDPPMA 69)



FACTEURS DE CONTROLE DE LA TEMPERATURE DE L'EAU

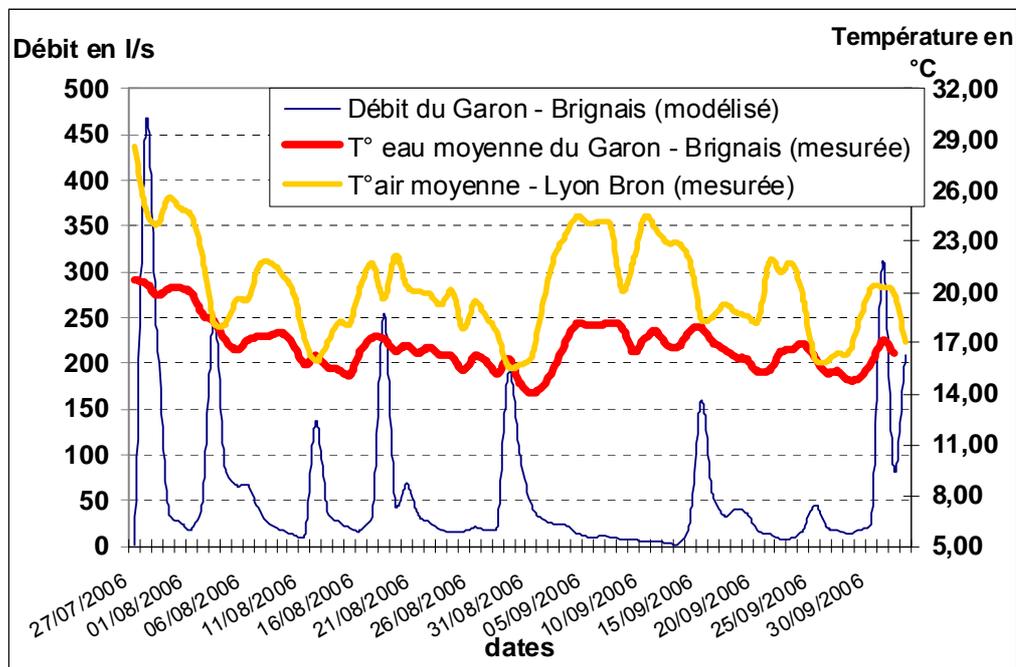
La figure ci-après met en perspective les évolutions de la température de l'eau à Brignais avec la température de l'air à la station météorologique de Lyon Bron et le débit modélisé à partir de la station de l'Yzeron à Craponne.

On constate en première approche que :

- ▶ les variations des températures de l'eau semblent corrélées avec la température de l'air ;
- ▶ les baisses des températures de l'eau sont entraînées simultanément par une baisse de la température de l'air et une augmentation du débit lié à un évènement pluvieux.

Cette dernière constatation met encore en lumière l'importance de ces événements de « respiration » du système en période estivale.

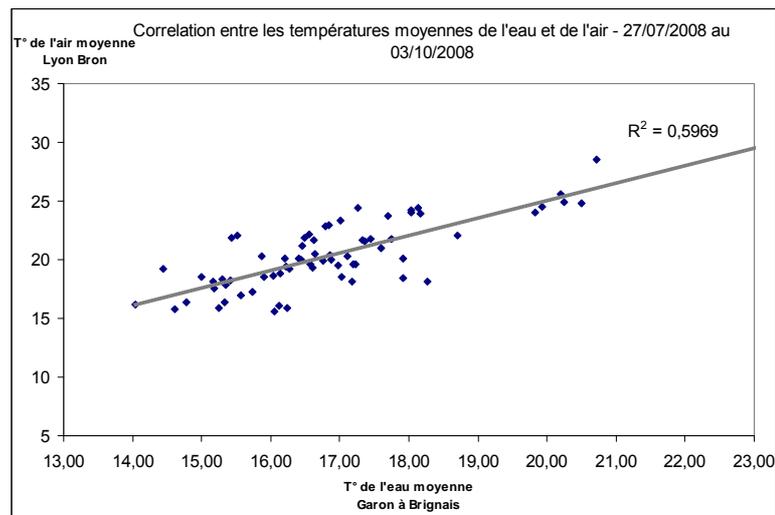
Figure 19 : Mise en perspective de l'évolution de la température de l'eau du Garon à Brignais avec le débit et la température de l'air



L'exercice de corrélation entre température de l'eau et débit n'est pas satisfaisant en période estivale. Il n'est pas observé de tendance nette d'évolution par régression.

La corrélation entre température de l'eau et de l'air est plus évidente avec des données existantes : le nuage de points met en lumière une assez bonne relation par une droite de régression.

Figure 20 : Corrélation entre température de l'air et température de l'eau journalière du Garon à Brignais



On peut légitimement envisager sur le Garon des températures moyennes de 22 à 23 °C lorsque la température de l'air est en moyenne de 27-28°C. Aussi, les températures maximales de l'eau doivent certainement atteindre plus de 25-28°C en période de canicule lorsque des pointes à 35-40°C dans l'air sont enregistrées. Dans ce cas de figure, les phénomènes d'évaporation permettent de tamponner l'augmentation de la température de l'eau (la corrélation $T^{\circ}\text{eau}/T^{\circ}\text{air}$ n'est plus linéaire mais sigmoïde) pour atteindre un « palier ».

Les conséquences de ces régimes thermiques sont majeures car elles limitent considérablement le développement des espèces de poissons sténothermes d'eau froide comme la truite fario.

Les inventaires piscicoles mettent en lumière des peuplements dominés par la truite uniquement dans les parties amont du bassin (Artilla, haut Garon) alors que dans les parties de cours d'eau médianes ou avalées cette espèce est remplacée par des espèces plus tolérantes, taxons dit eurythermes (supportant de plus amples variations de températures des eaux) comme le chevesne, le gardon...

Les températures importantes des eaux favorisent également les processus de dégradation de la matière organique ainsi que la photosynthèse pouvant entraîner des taux d'oxygène dissous faibles à certaines périodes de la journée (tôt le matin en période estivale).

L'incidence du débit, bien que non fondamentalement mis en évidence, joue un rôle non négligeable dans l'augmentation des températures de l'eau. En diminuant le débit, le rapport entre la surface exposée aux radiations et le volume total d'eau augmente favorisant les variabilités thermiques de l'eau engendrées par celles de l'air. Cela met en lumière l'importance fondamentale de la ripisylve qui, par sa couverture boisée, protège le cours d'eau des rayonnements directs et favorise une atmosphère plus fraîche.

La température de l'eau est fortement corrélée avec la température de l'air.

Les faibles débits favorisent la variabilité thermique et les fortes températures de l'eau qui, sur les parties médianes et avalées, sont particulièrement limitantes pour les espèces sténothermes d'eau froide comme la truite fario.

La couverture boisée de la ripisylve est donc, dans ce système, prépondérante pour conserver une température acceptable pour le milieu et les espèces.

L'impact des plans d'eau n'a pu être étudié avec les données disponibles. Leurs impacts sur la thermie des eaux présentent une piste intéressante à investiguer pour améliorer le régime thermique global du bassin versant du Garon.

Aussi, davantage de connaissances sont nécessaires pour appréhender le fonctionnement thermique du Garon et mieux appréhender l'importance de ce facteur limitant.

1.2.3.2 La qualité des eaux

Les données produites par les campagnes d'investigation de l'ARALEP en 2006 pour le compte du Département du Rhône ont été exploitées pour qualifier la qualité physico-chimique du bassin du Garon.

26 stations ont été analysées au cours de 4 campagnes de prélèvements entre juin et novembre sur des paramètres classiques (matières organiques, nutriments...) mais aussi les polluants métalliques.

Les conclusions du rapport sont présentées ci-après. Pour plus de détail, ou pour localiser les stations, la figure ci-après présente la synthèse de la qualité physico-chimique en 2006 interprétée avec la grille SEQ eau V2 multi-usages.

La qualité physico-chimique générale de l'eau dans le bassin versant n'est jamais « bonne » ou « très bonne ». Elle est au mieux « moyenne » dans les têtes de bassin du Garon et du Mornantet.

Ces secteurs sont déjà fortement impactés par une pollution aux nitrates qui est d'ailleurs une constante dans les deux sous-bassins (12 stations sur 25). La pollution par les phosphates est aussi très marquée dans le bassin versant où ce paramètre est déclassant pour plus de la moitié des stations (15/25). Les STEP, qui caractérisent généralement ce type de pollution, ont un impact déjà particulièrement important dans les affluents situés en tête de bassin : l'Artilla, le Rontalon ou le Fondagny, où la qualité est souvent « médiocre ». Cette pollution phosphatée est encore plus préoccupante au niveau des STEP de Messimy et de St-Sorlin, et des rejets de Chassagny où la qualité devient « mauvaise ».

Le Ruisseau des Condamines est l'un des points les plus critiques du bassin versant contaminé à la fois par les phosphates, les nitrites et l'ammonium provenant de la STEP de St- Sorlin.

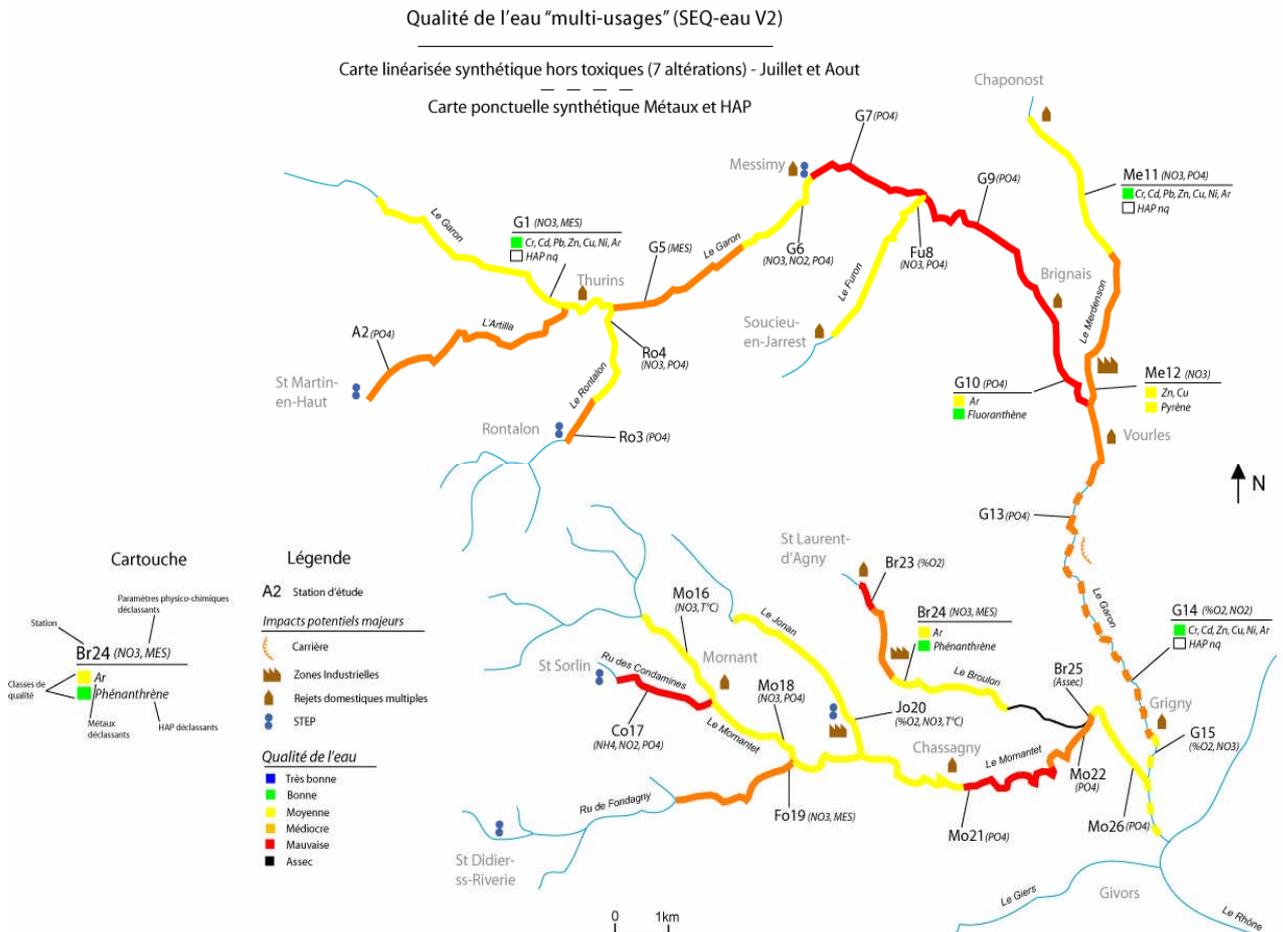
La STEP de Messimy est aussi un point critique sur le Garon, car la pollution phosphatée devient le paramètre le plus déclassant jusqu'à la zone d'assèchement à Vourles alimentée certainement par les fortes pressions urbaines dans ce secteur. La qualité « médiocre » dans le secteur aval du Garon est due au caractère particulier de l'écoulement où le taux de saturation en O₂ devient le paramètre déclassant.

Le Broulon est aussi de « mauvaise » qualité en raison de l'absence d'écoulement dans le secteur amont (paramètre déclassant : % en O₂) Les pollutions métalliques et HAP observées sur les stations G10, Me12 et Br24 ne deviennent que rarement un paramètre déclassant : uniquement en Br24 avec la pollution à l'Arsenic.

Par rapport à 1997 (étude DIREN Rhône-Alpes), la situation physico-chimique est globalement inchangée. Les points noirs restent identiques (STEP de Messimy et St-Sorlin, rejets de Rontalon, St-Martin-en-Haut, ZI de Chassagny et Brignais, etc.) de même que les paramètres déclassants (nitrates et phosphates pour la physico-chimie classique, arsenic, zinc et cuivre pour les polluants métalliques).

Si ces causes étaient déjà évoquées en 1977 (engrais chimiques via l'agriculture, rejets de STEP et égouts non traités, etc.) (Chavanon & Pattee, 1978), leur nombre était supérieur car le raccordement des différents réseaux était encore peu structuré et les dispositifs d'épuration moins efficaces.

Figure 21 : Carte de synthèse de la qualité physico-chimique de l'eau en 2006 par les paramètres déclassants (source : ARALEP)



La physico-chimie du bassin versant du Garon reste en période d'étiage moyenne à mauvaise en raison des pollutions ponctuelles des stations d'épuration et de la pollution diffuse d'origine agricole.

La faiblesse des débits en période estivale rend le milieu récepteur particulièrement fragile ne pouvant accepter les charges de pollutions émises.

Une amélioration des systèmes d'assainissements et des pratiques agricoles seront indispensables sur le bassin pour atteindre une situation d'équilibre proche d'un « bon état des eaux »

1.2.4 La réponse biologique

1.2.4.1 Peuplements de macro-invertébrés benthiques

Les données produites par les campagnes d'investigation de l'ARALEP en 2006 pour le compte du Département du Rhône ont été exploitées pour qualifier l'état des peuplements macrobenthiques du bassin du Garon.

26 stations ont été analysées au cours de 4 campagnes de prélèvements du macrobenthos selon le protocole IBGN entre juin et novembre sur des paramètres classiques (matières organiques, nutriments...) mais aussi les polluants métalliques. En raison des conditions d'étiage particulièrement sévères sur certains petits affluents en août (assecs ou rupture d'écoulement), certains prélèvements n'ont pu être réalisés.

Les conclusions du rapport sont présentées ci-après. Pour plus de détail, ou pour localiser les stations, la figure ci-après présente la synthèse de la qualité macrobenthique en 2006 interprétée avec la grille SEQ Eau bio.

La combinaison de groupes faunistiques indicateurs et de richesses taxonomiques peu élevées aboutit à des notes IBGN elles aussi peu élevées dans l'ensemble du bassin. La note IBGN moyenne de l'ensemble des stations est de 12,2/20. Mais il existe cependant une grande amplitude entre la note la plus basse (7/20) obtenue sur le Broulon aux stations Br24 et Br25 et la plus élevée 18/20 obtenue à la station de référence G1.

Les investigations montrent que le bassin du Mornantet est de moins bonne qualité hydrobiologique que le bassin versant du Garon. La meilleure note sur le Mornantet est de 15/20 obtenue en Mo18.

Ces notes IBGN correspondent majoritairement à des classes de qualité « bonne » (12 stations) et « moyenne » (10 stations). La « très bonne » qualité biologique est obtenue seulement sur deux stations situées en tête de bassin : G1 et A2 (respectivement 18 et 17/20). De même, la qualité « médiocre » est obtenue aussi à deux reprises sur les deux stations du Broulon (Br23 et Br24). La qualité biologique de l'eau ne devient toutefois jamais « mauvaise ».

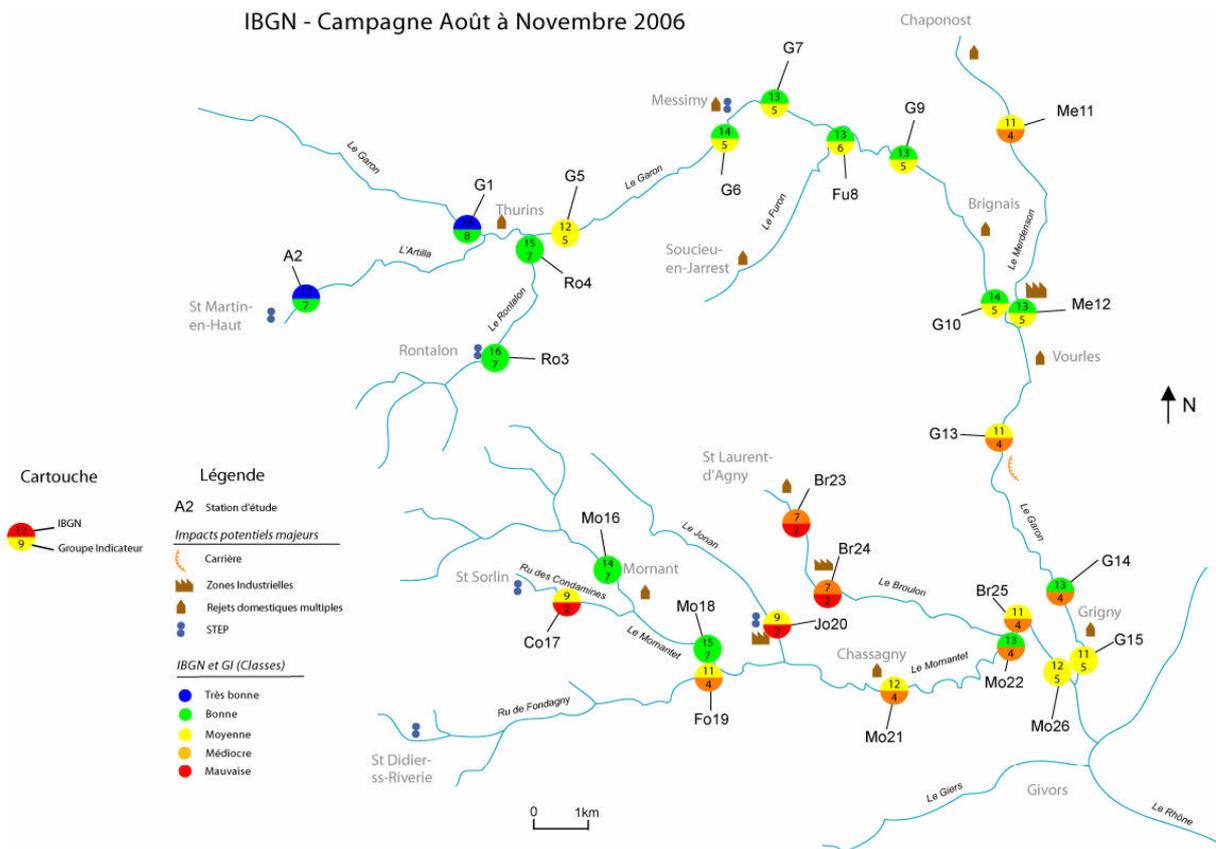
Plus de la moitié des stations obtiennent donc au minimum une « bonne » qualité biologique des eaux. En revanche, 12 stations ne sont pas conformes à une bonne qualité biologique.

Les valeurs des indices de diversité confirment un déséquilibre des peuplements récurrent dans tout le bassin versant.

Par rapport à l'étude de 1997 (DIREN, 1997), les notes indicelles sont dans l'ensemble cohérentes puisque 9 stations sur 13 ont une variation inter-étude inférieure ou égale à 1 point, tandis qu'au niveau du groupe indicateur, l'évolution entre les deux études est peu importante puisque 7 stations sur 13 ont un GI identique.

Par rapport aux données de 1977 (Chavanon & Pattee, 1978), le fait majeur (déjà constaté en 1997) est la très nette régression des Plécoptères et des Ephémères plates (*Heptageniidae*). Les premiers se rencontraient jusqu'à Brignais avec la présence de 5 familles alors qu'ils sont maintenant cantonnés aux stations amont du bassin versant du Garon (G1, A2, Ro3 et Ro4), représentés par les seuls *Leuctridae*, voire quelques *Nemouridae* (Ro3). Les secondes étaient présentes en 1977 sur l'ensemble du cours du Garon, avec toutefois les abondances les plus significatives jusqu'en amont de Brignais, tandis que, comme le groupe précédent, elles ne sont actuellement plus présentes que sur les têtes de bassin (G1, A2, Ro3).

Figure 22 : Carte de synthèse de la qualité macrobenthique en 2006 (source : ARALEP)



La qualité macrobenthique du bassin versant du Garon met en évidence une altération significative de la qualité biologique pouvant être imputable à la qualité physico-chimique dégradée du bassin, à une relative pauvreté des habitats ainsi qu'aux conditions hydrologiques contraignantes sur les secteurs soumis aux ruptures d'écoulements ou assècs.

Les têtes de bassins sont plus fonctionnelles et offrent les meilleures qualités biologiques enregistrées.

Pour autant, on note une raréfaction des taxons les plus sensibles (Plécoptères et éphémères plates) par rapport aux campagnes historiques sur ce bassin mettant en lumière une dégradation significative ces 30 dernières années. La détection de pesticides dans les eaux peut, entre autre, expliquer cette différence

1.2.4.2 Ichtyofaune

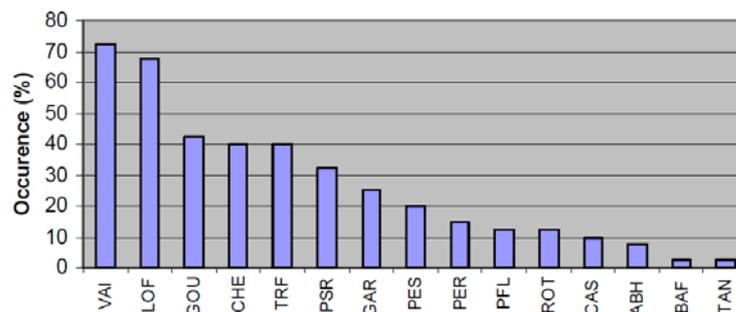
Les éléments fournis par l'étude piscicole de la FDPPMA 69 en 2006 dans le cadre des études bilan du Contrat de Rivière Garon ont été exploitées pour qualifier l'état des peuplements piscicoles du bassin du Garon.

Il est présenté ci-après les conclusions du rapport. Pour plus de détail, ou pour localiser les stations, la figure ci-après présente la synthèse de la qualité piscicole interprétée avec la grille SEQ eau bio et avis d'experts.

Au cours des investigations 2005-2006, 15 espèces de poisson ont été identifiées sur l'ensemble du bassin. Leur fréquence d'apparition dans les stations est présentée dans la figure ci-après. On recense 5 espèces dominantes : vairon, loche franche, goujon, chevenne, truite fario. On mentionnera l'anguille et la vandoise échantillonnées respectivement en 1997 en amont de Brignais et en 2004 à Vourles, témoignant de l'influence probable du Rhône depuis lequel migrent quelques individus. Cette faune indigène est accompagnée par un cortège d'espèces d'eau stagnante dérivant des multiples plans d'eau construits sur le bassin versant.

Parmi elles, on observe l'apparition du pseudorasbora absent en 1997 et capturé pour la première fois sur le bassin en 1999 dans le Mornantet. On le retrouve dans près du tiers des stations en 2005-2006. L'autre invasion biologique concerne l'écrevisse de Californie, qui se développe sur les sous bassins du Garon (1ère observation 2005, Thurins) et, dans des proportions plus importantes, du Mornantet (premières observations antérieures à 2003).

Figure 23 : Occurrence des espèces sur l'ensemble des stations inventoriées en 2005 et 2006 sur le bassin versant du Garon (source : FDPPMA 69)



Sur le Garon, les ruisseaux de tête de bassin sont dominés en biomasse par la truite, c'est le cas sur le Garon amont, l'Artilla amont (non présenté sur la carte), le Cartelier et le Furon. Le secteur aval de tous ces ruisseaux est colonisé par les petites espèces, loche et vairon. On observe sur l'Artilla une part de poissons de plans d'eau.

Depuis Thurins où l'on constate une proportion conséquente de poissons dévalant de plans d'eau jusqu'en amont des seuils localisés au dessus de la confluence du Furon, le vairon et la loche franche constituent l'essentiel de la biomasse. On observe ponctuellement le maintien de quelques chevennes et goujons au niveau d'un seuil sur la partie médiane de ce tronçon, ainsi que quelques truites.

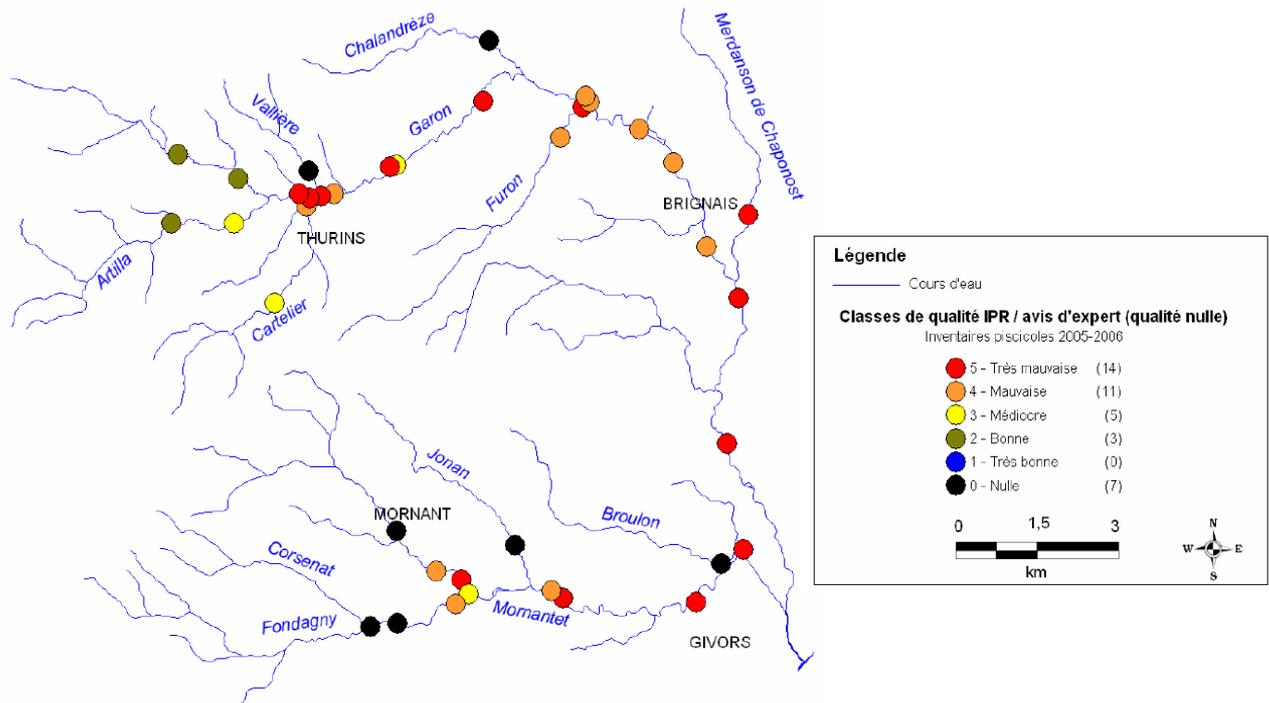
Les populations de chevenne et de goujon dominent le peuplement depuis la confluence du Furon jusqu'à Vourles. Le secteur de Millery voit leurs proportions s'amoinrir au profit des espèces de plan d'eau dévalant passivement. Les populations de vairon et de loche sont présentes avec une part de biomasse marginale au niveau de la commune de Brignais sur le Garon lui-même, elles sont les seules colonisant le secteur étudié du Merdanson de Chaponost.

Le bassin du Mornantet héberge un peuplement piscicole très simplifié : les biomasses des affluents sont soit nulles soit constituées de poissons de plans d'eau comme sur le Fondagny. Le Mornantet amont possède une population d'écrevisses de Californie bien implantée dominant en abondance les goujons, qui dévalent eux-mêmes probablement de plans d'eau.

Le secteur de confluence Fondagny/Mornantet est peuplé par le vairon, on retrouve quelques loches à partir de cette zone. Le chevenne est surtout cantonné sur la partie basse du Mornantet à hauteur de Givors. Le vairon reste bien présent voir dominant jusqu'en aval de Chassagny, accompagné par la loche, quelques goujons et par les poissons de plan d'eau.

La présence de l'écrevisse à patte blanche (*Austropotamobius pallipes*) est historiquement avérée sur le bassin mais n'a pas été recensée lors des dernières observations de la FDPPMA 69 en 2006 sur le haut Garon et le Furon.

Figure 24 : Carte de synthèse de la qualité piscicole en 2005/2006 (source : FDPPMA 69)



La qualité piscicole du bassin versant du Garon met en évidence, similairement au macrobenthos, une altération significative de la qualité biologique pouvant être imputable à la qualité physico-chimique dégradée du bassin, une relative pauvreté des habitats ainsi qu'aux conditions hydrologiques contraignantes. L'impact des retenues et étangs est également mis en évidence par l'inventaire d'espèces caractéristiques échappées des plans d'eau.

Le caractère salmonicole est marqué sur les têtes de bassins (Artilla, Cartelier, Garon) mais très altéré sur les parties aval.

1.2.5 Synthèse : le bassin versant du Garon, un système fragile dégradé

Les chapitres ci-avant ont présenté les quelques caractéristiques des paramètres physiques, hydrologiques, physico-chimiques ainsi que les réponses biologiques du bassin versant du Garon.

D'importantes altérations déséquilibrent le système. L'exercice de hiérarchisation des facteurs s'avère toujours être une tâche complexe en raison d'une multitude de cas observés, aux synergies d'effets ou aux biais des protocoles.

Pour autant, il semble que l'hydrologie soit le paramètre le plus discriminant conditionnant sur certains secteurs la présence même d'une vie biologique d'eau courante.

L'altération des habitats (ensablement), la qualité physico-chimique/thermie dégradée (amplifiée par les faibles débits), la compartimentation du système par les ouvrages semblent être les facteurs qui expliquent le mieux la réponse biologique.

Les têtes de bassin restent cependant relativement sauvegardées (Artilla, Cartelier, Garon amont) : elles restent le principal potentiel à conserver pour permettre à terme une recolonisation d'espèces sensibles sur le bassin.

1.3 BILAN ET OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX

La figure ci-après présente les objectifs environnementaux des masses d'eau du bassin versant du Garon.

On constate que seuls les ruisseaux de Fondagny, le Merdanson, le Cartelier et l'Artilla ont pour objectif le bon état chimique et écologique en 2015. Le Garon et le Mornantet ont un objectif de bon état en 2021. L'hydrologie, pesticides et morphologie sont les principaux facteurs discriminants.

Figure 25 : Synthèse des masses d'eau et objectifs environnementaux du bassin versant du Garon (source : SDAGE RM)

Code masse d'eau	Nom masse d'eau	Objectif d'état écologique		Objectif d'état chimique Échéance	Objectif de bon état Échéance	Justification	
		Etat	Échéance			Causes	Paramètres
FRDR10530	ruisseau de fondagny	bon état	2015	2015	2015		
FRDR10853	ruisseau le merdanson	bon état	2027	2015	2027	FT	morphologie
FRDR11456	ruisseau le merdanson	bon état	2015	2015	2015		
FRDR11479	ruisseau le cartelier	bon état	2015	2015	2015		
FRDR11709	ruisseau le jonan	bon état	2027	2015	2027	FT	nutriments et/ou pesticide, morphologie
FRDR11789	ruisseau l'artilla	bon état	2015	2015	2015		
FRDR479a	le Garion de la source à Brignais	bon état	2021	2015	2021	FT/CD	hydrologie, pesticides, morphologie
FRDR479b	le Momantet	bon état	2021	2015	2021	FT/CD	hydrologie, pesticides, morphologie, continuité
FRDR479c	Le Garon de Brignais au Rhône	bon état	2021	2015	2021	FT/CD	hydrologie, pesticides, morphologie

FT: faisabilité technique CD : coûts disproportionnés

La définition d'un état cible pour le débit est un exercice difficile, qui plus est quand il doit être défini sur un système altéré comme le Garon. Il est néanmoins possible de proposer la feuille de route suivante :

- **1. le débit doit en premier lieu ne pas hypothéquer l'avenir** : il est basé *a minima* sur le principe de non dégradation de l'état environnemental actuel et doit permettre d'accompagner les améliorations sur les compartiments physique et physicochimique sans être un frein à l'amélioration des fonctionnalités des milieux ;

Concrètement, cela signifie pour le bassin versant du Garon de ne pas amplifier les phénomènes d'étiages très sévères en fréquence, durée et débit.

- **2. la définition du débit** doit être basée sur l'établissement des préférences des espèces les plus sensibles et exigeantes pour le milieu même si elles sont faiblement représentées voir absentes du tronçon d'étude.

Il s'agit donc sur le bassin versant du Garon de considérer la truite fario comme espèce repère ainsi que ses espèces d'accompagnement présentes.

INTERPRETATION DES MODELES

La suite de l'exercice s'appuiera sur une analyse de l'hydrologie ainsi que sur l'étude des variations d'habitats avec le débit selon le modèle ESTIMHAB.

Rappelons en effet qu'ESTIMHAB ne constitue pas en tant que telle une méthode de détermination des débits biologiques mais un modèle de variation, avec le débit, des habitats potentiellement disponibles.

Ce dernier comporte, comme tout modèle, une incertitude d'autant plus importante que les données d'entrées sont peu précises ou éloignées des conditions étudiées. Dans le cas présent, le modèle a été utilisé dans son spectre de validité avec peu d'incertitude sur les données d'entrée (section homogène facilitant les mesures de débits, hauteur d'eau relativement homogène dans le cours d'eau...) avec une campagne de basses eaux satisfaisante.

Une réflexion vis-à-vis du fonctionnement du système et de l'hydrologie naturelle sera apportée en préambule et au cas par cas.

A la lumière de l'état de dégradation actuel des cours d'eau, la seule notion de débit ne peut garantir les « besoins » des milieux.

Les « besoins des milieux » nécessitent, outre des débits dans les cours d'eau, une reconquête de la qualité des eaux et du milieu physique. Les actions peuvent être déclinées de la façon suivante :

- ▶ **Une amélioration de la qualité des eaux** par la réduction de l'utilisation des fertilisants et pesticides (amélioration des pratiques agricoles) ainsi que la réduction des rejets directs impactant (STEP...). L'impact des plans d'eau sur la thermie est une piste sérieuse à investiguer ;
- ▶ Une restauration de la morphologie des cours d'eau :
 - actions sur les ouvrages (amélioration de la continuité amont aval) ;
 - restauration sur le lit mineur sur les secteurs urbains ;
 - restauration et entretien de la ripisylve
 - restauration du lit mineur par diversification des habitats pour favoriser les caches et abris.

1.4 ELEMENTS METHODOLOGIQUES

1.4.1 Matériel et méthode

1.4.1.1 Choix de la méthode

De nombreuses méthodes, plus ou moins élaborées et validées, existent pour prendre en compte les équilibres biologiques dans la définition des débits d'étiage et/ou des régimes hydrologiques.

Le choix méthodologique relayé par les institutions publiques (Ministère de l'Environnement, Services de l'Etat), les aménageurs et gestionnaires d'ouvrages hydrauliques (EDF, CNR) et les organismes de recherche s'est porté sur une méthode couplant un modèle hydraulique et un modèle biologique de préférence d'habitat. Elle permet de définir les besoins des différentes espèces de poisson d'eaux douces.

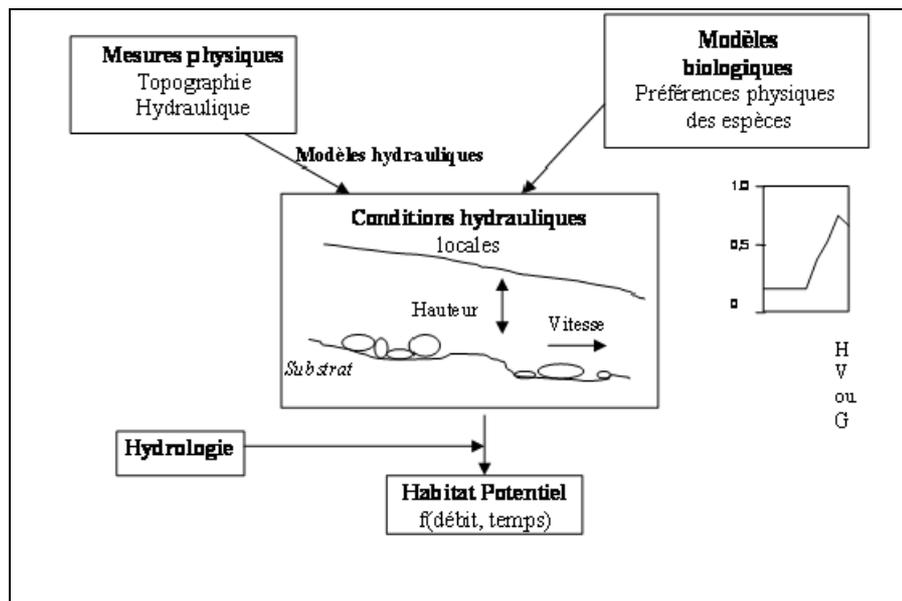
Les deux techniques les plus couramment utilisées sont la méthode des microhabitats, associée au logiciel EVHA, et un modèle d'habitat statistique développé récemment par le CEMAGREF de Lyon (associé au logiciel ESTIMHAB). Une présentation succincte des méthodes est faite dans les paragraphes qui suivent.

1.4.1.1.1 Méthode des microhabitats : EVHA

La méthode des microhabitats (EVHA) permet d'évaluer, en fonction du débit, l'évolution de l'habitat « physique » d'une portion de rivière vis-à-vis de quelques espèces de poissons cibles. En d'autres termes, il s'agit d'associer à des caractéristiques physiques (habitat) une réponse biologique (qualité de l'habitat).

Cette méthode s'applique au niveau d'une station représentative d'un tronçon de cours d'eau et consiste à coupler une information physique qui décrit l'habitat et une réponse biologique qui va permettre d'en apprécier la qualité. Un modèle hydraulique permet de calculer les hauteurs d'eau et les vitesses de courant à différents débits à partir d'une (ou deux) campagne(s) de mesure des variables hydrauliques majeures (hauteur d'eau, vitesse de courant, granulométrie du substrat).

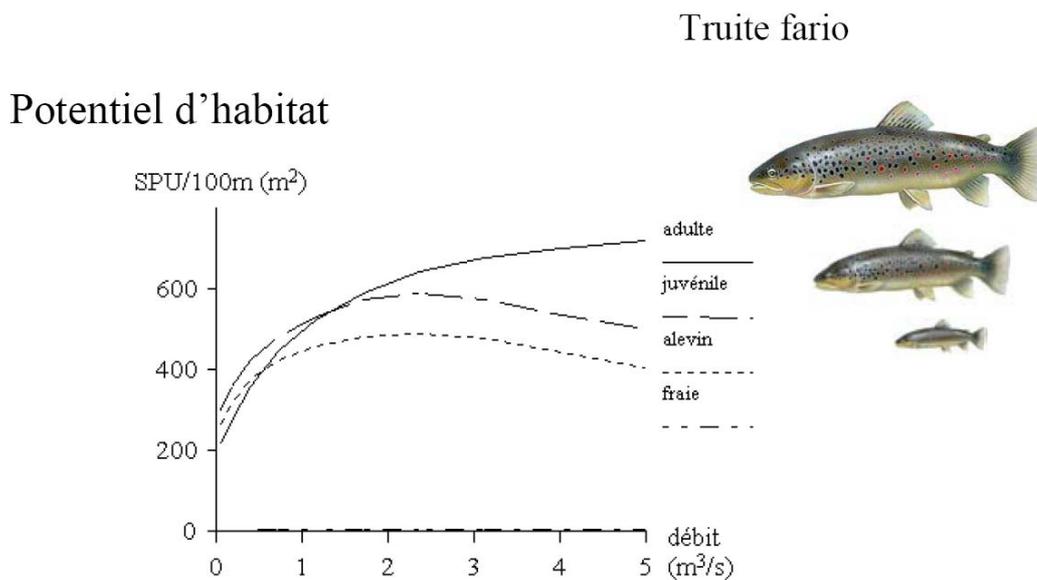
Figure 26 : Principes de la méthode des microhabitats (source : CEMAGREF)



Un modèle biologique traduit ces variables en termes de valeur d'habitat grâce à des courbes de préférences établies pour différents stades de développement de plusieurs espèces de poissons (espèces repères). Ces courbes de préférences calées pour des valeurs comprises entre 0 et 1 pour chacune des variables hydrauliques ont été mises au point et validées dans des cours d'eau non perturbés et aux débits non influencés.

Les courbes de variable d'habitat des différents stades des espèces cibles varient entre 0 et 1.

Figure 27 : Courbes habitats/débit issues de la méthode des micro-habitats (source : CEMAGREF)



La méthode des micro-habitats est particulièrement adaptée aux cours d'eau à Truites (hors torrents de montagne) et aux cours d'eaux mixtes à dominante salmonicole. Les limites d'application de cette méthode (pente, largeur, module du cours d'eau...) empêchent son utilisation à des cours d'eau de plaine.

Aussi, cette méthode est très lourde à mettre en œuvre et nécessite d'importants moyens humains et matériels.

C'est pourquoi BRL *Ingénierie* a opté dans la présente étude pour l'application d'un protocole allégé, à savoir la méthode ESTIMHAB.

1.4.1.1.2 Méthode ESTIMHAB

Le CEMAGREF a développé des modèles d'habitat statistiques et a mis au point le logiciel ESTIMHAB qui utilise les résultats les plus récents issus de la recherche fondamentale (voir par exemple Lamouroux, 2002). Ce logiciel permettant d'estimer l'impact écologique de la gestion hydraulique des cours d'eau est particulièrement adapté à l'étude des modifications des débits minima (en aval d'un ouvrage) ou de l'ajout/suppression de seuils. Il donne des résultats très proches de ceux fournis par les méthodes des microhabitats plus classiques (logiciels Evha par exemple), mais utilise des variables d'entrée simplifiées (mesures de largeurs, de hauteurs d'eau et de taille du substrat dominant, à deux débits différents) identifiées statistiquement comme facteurs principaux de l'évolution des habitats en cours d'eau.

Les atouts de cette méthode reposent sur trois points :

- ▶ le développement de **courbes de préférence pour (presque) toutes les espèces piscicoles** : des modèles moyens sur différents cours d'eau des bassins de la Loire, du Rhône et de la Garonne sont actuellement disponibles pour 24 espèces de poissons (à différents stades de développement),
- ▶ la **simplification des variables d'entrée des modèles** : des modèles d'habitat statistiques ont pu être développés par l'analyse des nombreuses applications des modèles d'habitat classiques et ainsi permettre d'identifier les caractéristiques hydrauliques moyennes des tronçons gouvernant la valeur d'habitat,
- ▶ la **validation biologique des simulations** : sur plusieurs sites, les prédictions des modèles ont été validées par comparaison avec des données issues de pêches.

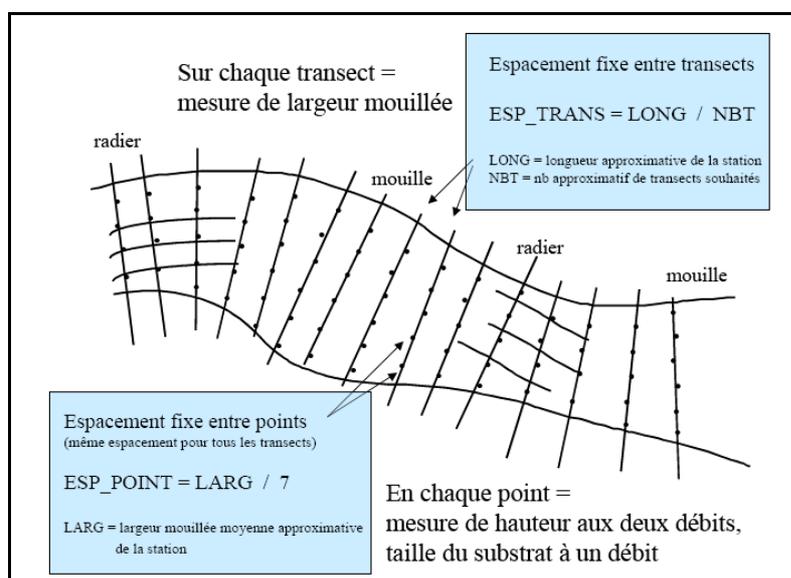
ESTIMHAB permet de simuler la qualité de l'habitat ou **valeur d'habitat VHA** (variant entre 0 et 1) ou la **surface potentiellement utilisable SPU** (valeur d'habitat x surface mouillée), en fonction du débit, pour différentes espèces/stades (simulations - populations) mais aussi pour des guildes d'espèces¹ (simulations - guildes) caractéristiques des principaux faciès d'écoulement (radier, chenal, mouille et berge).

On obtient alors une courbe d'évolution de la SPU en fonction du débit.

PROTOCOLE DE TERRAIN

Le protocole de terrain consiste à mesurer 100 hauteurs d'eau locales et tailles du substrat dominant ainsi que 15 largeurs sur un tronçon de cours d'eau faisant environ 15 à 30 fois la largeur du cours d'eau et ceci à deux débits les plus différents possible et inférieurs au débit de plein bord.

Figure 28 : Protocole de terrain (source : Lamouroux, 2002, CEMAGREF)



INTERPRETATION

L'évolution de la **capacité d'accueil (SPU)** des stations en fonction du débit est déterminée par le protocole ESTIMHAB. Les mesures de terrain (hauteur d'eau, granulométrie du substrat, largeur du cours d'eau) ont été effectuées au cours de deux campagnes, l'une en basses eaux, l'autre en hautes eaux.

Dans un premier temps, nous avons identifié les stades et espèces présentes ou potentiellement présentes sur les cours d'eau d'étude.

Dans un second temps, nous avons réalisé l'analyse qualitative et quantitative des courbes d'évolution de la SPU.

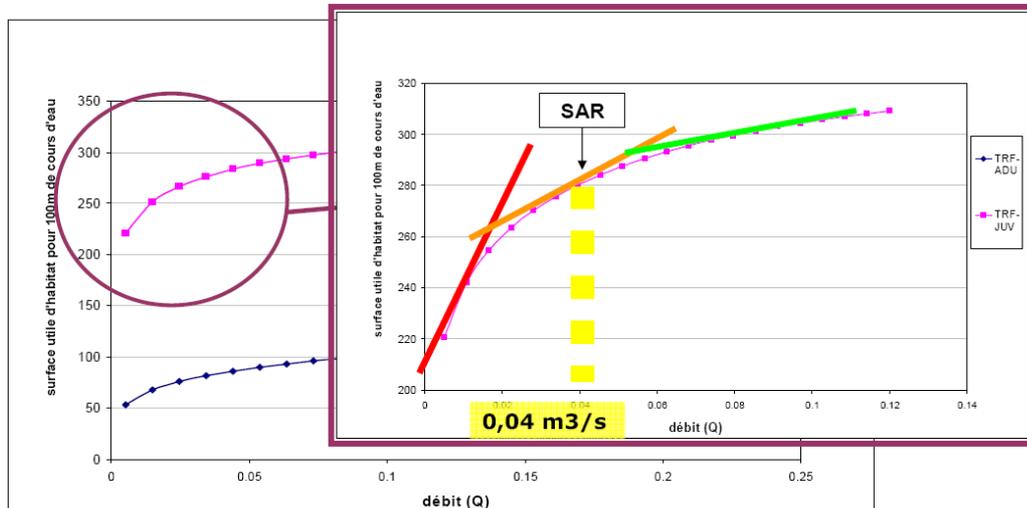
Définition du DMB en période estivale (juin à octobre)

Sur les cours d'eau d'étude à régime pluvial, la période estivale correspond à la période la plus « critique » pour les espèces en raison d'une réduction naturelle des débits et aux prélèvements les plus importants.

¹ Groupe d'espèces écologiquement proches qui occupent un même habitat dont elles exploitent en commun les ressources disponibles.

Un des objectifs est de définir graphiquement un **seuil d'accroissement du risque (SAR)** qui est la limite en dessous de laquelle les valeurs de SPU chutent très rapidement, ce qui se traduit graphiquement par une augmentation de la pente de la courbe.

Figure 29 : Exemple d'interprétation d'une courbe habitats/débit issu du logiciel ESTIMHAB



Dans la pratique, l'étude de ces courbes peut s'avérer assez difficile : il est nécessaire d'effectuer un « zoom » sur la partie de la courbe présentant la rupture de pente marquée et d'évaluer le gain d'habitat avec l'augmentation du débit. Lorsque l'augmentation du gain avec le débit diminue franchement, on peut considérer qu'il s'agit du SAR.

Certaines absences de franche rupture dans l'allure des courbes ne permettent pas de définir un réel SAR (cas de certaines guildes qui sont constamment favorisés par l'augmentation du débit).

L'analyse des courbes sera réalisée en croisement avec l'hydrologie (naturelle reconstituée). En effet, une interprétation d'un modèle habitat déconnectée du contexte hydrologique perd une grande partie de son sens.

L'objectif est de proposer une gamme de valeurs de débits minimums au sein de laquelle pourra être recherchée la valeur du débit optimal. En effet, il convient de rappeler que les débits biologiques définis dans le cadre de cette étude ne sont qu'un des éléments qui doivent être pris en compte dans la définition du débit objectif d'étiage et qu'il faut donc laisser une certaine latitude dans la proposition de la valeur de ces débits biologiques.

1.4.1.1.3 Pertinence du modèle ESTIMHAB pour les cours d'eau du bassin versant du Garon

On peut légitimement se poser la question de la pertinence du modèle ESTIMHAB pour des cours d'eau à l'hydrologie très contrastée comme les cours d'eau du bassin du Garon.

L'analyse de l'hydrologie naturelle reconstituée et influencée reste la base de la réflexion pour déterminer les valeurs hautes et basses des débits biologiques ainsi que définir les pistes d'action à envisager pour atteindre l'équilibre.

Le modèle ESTIMHAB permettra de rendre compte des évolutions des quantités d'habitats disponibles selon les gammes de débits définies. Il permettra d'apporter une quantification des gains ou pertes d'habitats selon les débits.

1.4.1.2 Matériel

Le matériel nécessaire à l'acquisition des données terrain des différentes stations d'étude est :

UN COURANTOMETRE

Afin de connaître le débit lors de chaque campagne de mesure, BRL Ingénierie a utilisé un courantomètre portable Son TEK Flow Tracker à transmetteur acoustique. Cet appareil permet de mesurer des vitesses de 0,001 m/s à 4,5 m/s, indépendamment de toute perturbation provoquée par l'engin de mesure. Il possède par ailleurs une unité de calcul réalisant en direct l'intégration des vitesses sur la section de mesure et permettant ainsi de réagir en temps réel aux observations faites.

Figure 30 : Appareil Flow Tracker avec sonde 2D



La réalisation de mesures le long d'une section de cours d'eau pour déterminer le champ de vitesse a été réalisée selon les règles de l'art. Une attention particulière a été apportée dans le choix de la station de mesure du débit pour se soustraire au maximum des perturbations pouvant influencer sur la qualité des mesures (remous...). On estime généralement que la marge d'erreur de ce type d'appareil en milieu « naturel » lorsque les bonnes conditions sont réunies est de 5 à 10%.

DES APPAREILS DE MESURE SIMPLES

Les différentes mesures de profondeurs du cours d'eau ont été évaluées à l'aide d'un double mètre rigide. Ce outil a été utilisé régulièrement pour contrôler l'estimation de la granulométrie.

Un double décimètre a été utilisé pour mesurer les différentes largeurs des transects à l'aide de deux opérateurs (un sur chaque rive).

1.4.1.3 Campagnes de terrain et personnel

Les campagnes de terrain ont été programmées en concertation avec le SMAGGA.

Le serveur de données hydrométriques en temps réel du Bassin Rhône Méditerranée (<http://www.rdbmrc.com/hydroreel2/index.html>) a été fréquemment mis à profit pour permettre de s'assurer de l'hydrologie visée via la station de Craponne sur l'Yzeron.

Pour rappel, il faut choisir des débits suffisamment contrastés entre les deux campagnes pour s'assurer d'une extrapolation du modèle fiable et viser si possible une campagne la plus proche possible de l'étiage.

Les campagnes de terrain spécifiques pour la détermination des débits biologiques ont été les suivantes :

- ▶ Terrain préalable le 9 août 2010 : le repérage des stations
Sur la base d'une note méthodologique transmise au SMAGGA proposant une localisation et justification des stations, une après midi a été consacrée au repérage des stations en parcourant le bassin versant afin de choisir les stations les plus représentatives des tronçons d'étude.
- ▶ 1^{ère} campagne de terrain le 10 août 2010
Cette campagne a été réalisée pendant la période estivale à un niveau moyen pour la période hydrologique considérée. Elle fait suite à des débits plus importants survenus début août (jusqu'à 200-400l/s à Brignais en raison d'orages mais qui n'ont eu qu'un effet très limité dans le temps (voir chapitre ci-avant).
- ▶ 2^{ème} campagne de terrain le 25 novembre 2010
Cette campagne a été programmée pendant la période de pluies pré-hivernales qui ont largement alimenté les cours d'eau d'étude. Les débits enregistrés sont supérieurs aux modules. Entre les deux campagnes, il n'a pas été enregistré de crues qui auraient pu modifier la morphologie des stations : la validité du modèle est donc satisfaisante sur cet aspect.

Ces campagnes ont permis d'acquérir des données d'entrée des modèles fiables et permettant de respecter le domaine de validité de la méthode ESTIMHAB (voir ci-après).

Les collaborateurs de BRL *Ingénierie* qui ont participé aux campagnes sont :

- ▶ Frédéric Bergé : Ingénieur d'étude-hydrobiologiste,
- ▶ Caroline Coulon : Chargée d'étude,
- ▶ Gérard Lamorte : Technicien.

1.4.2 Choix de points de référence et localisation des stations d'étude associées à ces points

1.4.2.1 Choix des points de référence

Les points de référence utilisés dans la phase d'étude précédente (phase 2 – estimation des ressources) ont été choisis en prenant en compte les éléments suivants :

- ▶ Identification de problématiques particulières spécifiques au territoire d'étude (voir chapitres ci-avant) par étude de la bibliographie et observations de terrain ;
- ▶ La morphologie des cours d'eau,
- ▶ Le souci d'être pratique : volonté de ne pas multiplier les points sur un bassin dont la taille reste faible, recherche de points aptes à cerner facilement l'état hydrologique du bassin en période d'étiage,

Rappelons les trois points de référence retenus :

- ▶ **Le Garon à Thurins** : ce point permet de caractériser les cours d'eau du haut bassin présentant la meilleure qualité biologique (Artilla, Cartelier, haut Garon) dont il est nécessaire de connaître les exigences quantitatives.
- ▶ **Le Garon à Brignais** : il est choisi de positionner un deuxième point de référence sur le Garon sur la partie médiane du bassin avant la zone d'assec. Ce positionnement est également stratégique en raison de la connaissance de l'hydrologie du bassin avec l'ancienne station hydrométrique et la connaissance de l'hydrologie actuelle via la station de Craponne sur l'Yzeron.
- ▶ **Le Mornantet à Mornant**. Ce point permet de caractériser le bassin du Mornantet hors zones refuges non représentatives ou zone d'assec avant la confluence avec le Garon.

1.4.2.2 Choix des stations pour l'estimation de Débits Biologiques

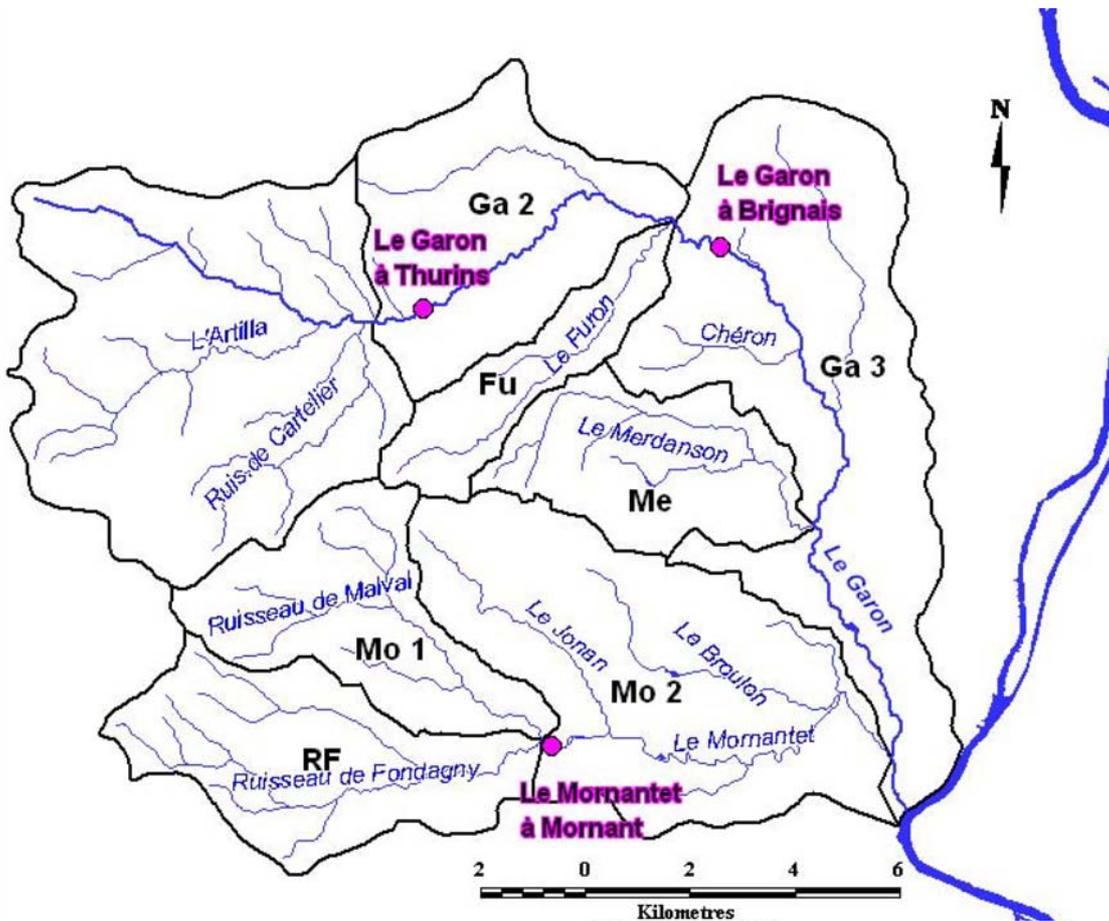
Les stations ont été choisies afin d'investiguer les différents faciès rencontrés sur le tronçon de cours d'eau, en évitant les sections influencées par les aménagements (ouvrages transversaux, enrochement en pieds de berges, recalibrage...). La longueur de chaque station a aussi été choisie afin d'intégrer *a minima* deux successions de faciès d'écoulement de type lotique/lentique.

Elles se situent pratiquement au droit des points de référence auxquels elles sont associées. Leur localisation détaillée est exposée plus bas.

La figure ci-après présente le positionnement des différents points de référence (et des stations de détermination des débits biologiques associées).

Un point complémentaire a été ajouté à la demande du comité de pilotage au niveau du Mornantet à Givors mais n'a pas fait l'objet d'investigation de terrain.

Figure 31 : Localisation des points de référence (et stations d'estimation de Débits Biologiques) sur le bassin versant du Garon



1.4.2.3 Le Garon à Brignais

PRESENTATION

La station du Garon à Brignais présente une largeur de 3,5 à 7,5 mètres pour une pente faible (0,4% sur le tronçon). Elle est située en contexte agricole et forestier et présente une succession de faciès radiers, plat courant, plat lentique et mouille peu profonde. Le substrat est principalement composé de sables fins et grossiers avec quelques blocs et galets dans les sections plus lotiques.

Les berges sont colonisées par une ripisylve composée de différentes classes d'âge. De nombreuses racines protègent la berge par niveau moyen mais sont rapidement déconnectées avec le cours d'eau en étiage.

Figure 32 : Présentation et localisation de la station débit biologique du Garon à Brignais aux deux campagnes ESTIMHAB



FUNCTIONNEMENT HYDRODYNAMIQUE DE LA STATION

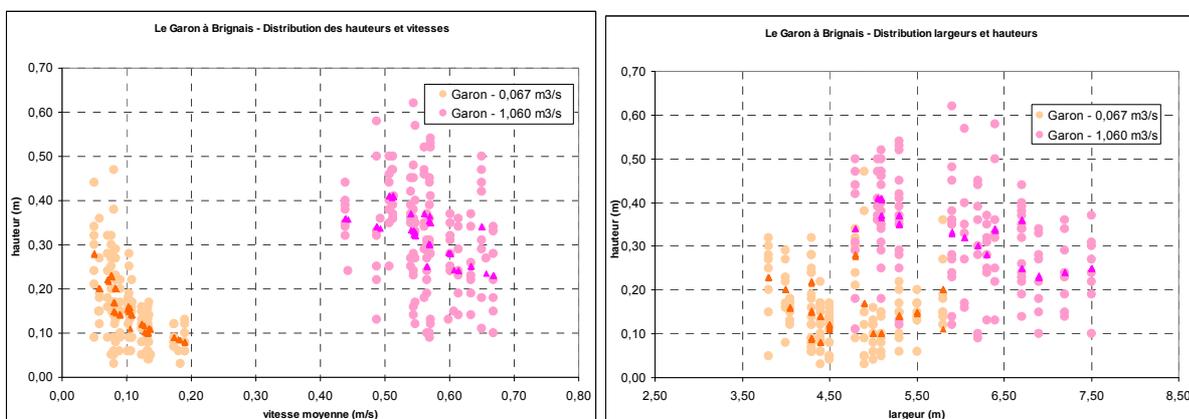
Préalablement à la modélisation ESTIMHAB, il est choisi d'illustrer par quelques figures le fonctionnement hydrodynamique de la station d'étude à travers les données collectées par le protocole ESTIMHAB. Les évolutions des largeurs, hauteurs et vitesses sont les principales données utilisées (le substrat lui ne change pas) qui permettront la modélisation de la quantité d'habitats. Il est donc indispensable de bien connaître le fonctionnement de ces variables avant d'interpréter les courbes ESTIMHAB.

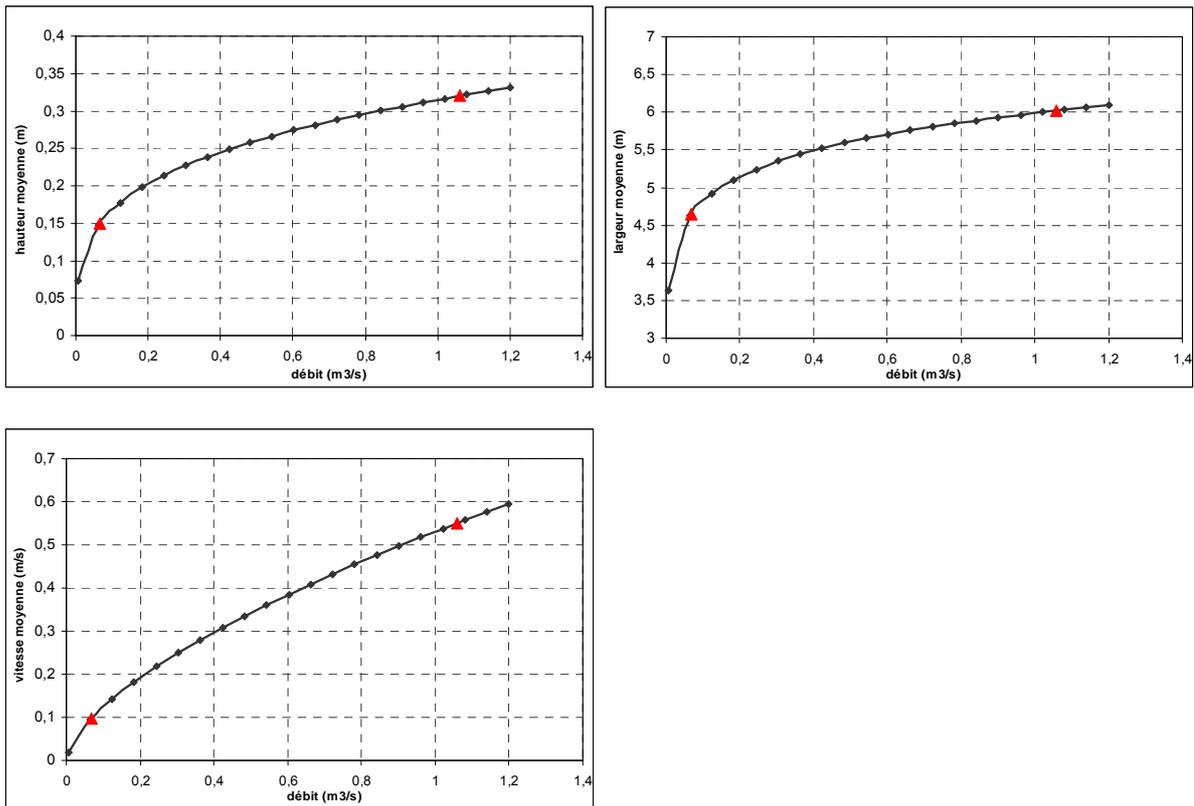
On constate sur cette station la forte réduction des vitesses moyennes entre les débits de chacune des deux campagnes. Cette observation est corrélée avec la variation des vitesses moyennes selon le débit issue du modèle ESTIMHAB. Les espèces rhéophiles seront alors fortement impactées par une réduction drastique des habitats favorables produite par la réduction du débit. A 70 l/s, la vitesse moyenne sur un transect ne dépasse pas les 20 cm/s.

Il est observé une chute importante des largeurs avec la réduction de débit et donc une réduction des surfaces en eau colonisables par les espèces. Pour des débits inférieurs à 100 l/s, la largeur décroît très fortement avec le débit.

La réduction des profondeurs avec le débit est également importante : pour un débit inférieur à 70 l/s, il ne reste ponctuellement que quelques micro-habitats dont la profondeur est supérieure à 40 cm. Cela met en lumière la forte perte d'abris pour les plus gros sujets notamment.

Figure 33 : Distributions des largeurs, hauteurs et vitesses - Le Garon à Brignais





▲ : Points de calage du modèle

DONNEES D'ENTREE DU MODELE ESTIMHAB

Les données d'entrée du modèle, issues des mesures de terrain, sont reportées dans le tableau suivant.

Figure 34 : Données d'entrée du modèle ESTIMHAB - Le Garon à Brignais

Date	débit (m ³ /s)	largeur (m)	hauteur (m)
10/08/2010	0,067	4,64	0,15
25/11/2010	1,06	6,02	0,32
débit médian naturel Q50 (m ³ /s)			
0,43			
taille du substrat (m)			
0,04			
gamme de modélisation (débits, m ³ /s)			
entre 0,005 et 0,3			

Le rapport entre les deux débits est de 15, avec une campagne de basses eaux proche d'un niveau d'étiage (fréquence de dépassement : 76%) : le calage du modèle va se révéler très satisfaisant.

Les exposants de géométrie hydraulique (exposants reliant la hauteur et la largeur du débit) sont de 0,09 pour la largeur (normalement compris entre 0 et 0,3) et de 0,27 pour la hauteur (normalement compris entre 0,2 et 0,6).

Concrètement, cela veut dire que la hauteur augmente de façon régulière avec le débit alors que la largeur augmente plus lentement.

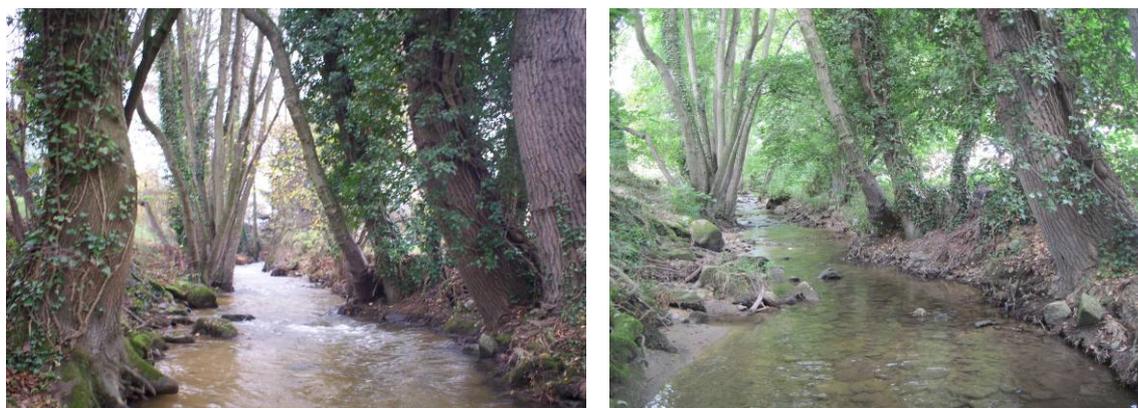
1.4.2.4 Le Garon à Thurins

PRESENTATION

La station est située en aval du village de Thurins, en contexte agricole. La station présente une largeur de 2 à 5 mètres avec une succession de faciès radiers, plat courant, plat lentique et mouille peu profonde. Le substrat dominant est composé de sable et galet avec quelques blocs disséminés. La pente sur le tronçon d'étude est de 1,1%.

Les berges sont colonisées par une ripisylve composée de différentes classes d'âge, même si on observe un relatif vieillissement des sujets. De nombreuses racines protègent la berge par niveau moyen, voire pendant l'étiage, offrant des abris intéressants pour la faune.

Figure 35 : Illustrations de la station débit biologique le Garon à Thurins aux deux campagnes ESTIMHAB



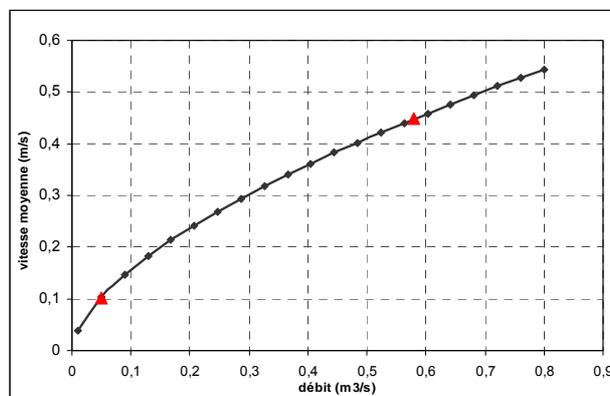
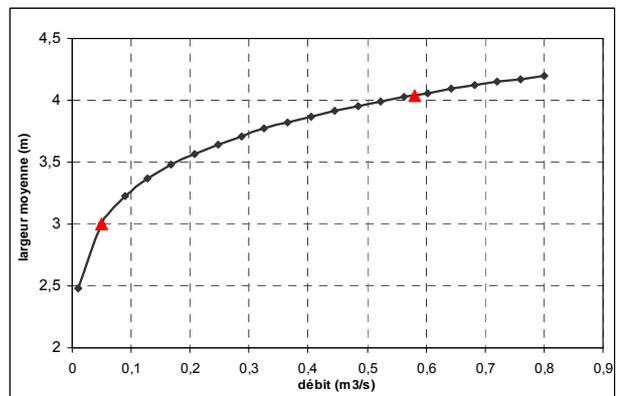
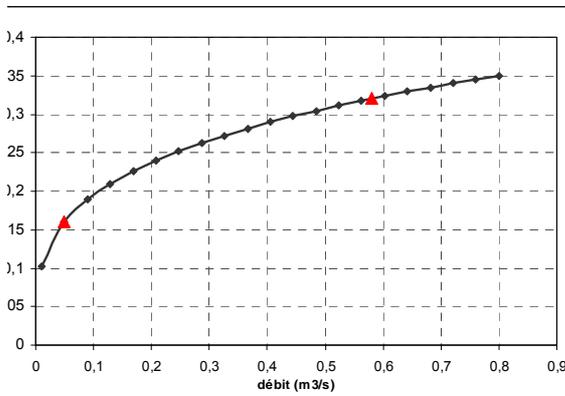
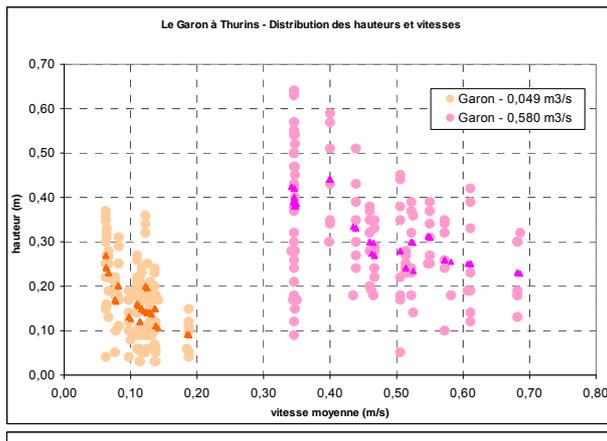
FONCTIONNEMENT HYDRODYNAMIQUE DE LA STATION

Similairement au Garon à Brignais, on constate sur cette station la forte réduction des vitesses moyennes entre les débits de chacune des deux campagnes de mesure. Cette observation est corrélée avec les données issues du modèle ESTIMHAB qui indique une forte décroissance des vitesses moyennes avec le débit. Cela indique, pour les espèces rhéophiles, une réduction drastique des habitats favorables avec la réduction du débit. A 50 l/s, la vitesse moyenne sur un transect ne dépasse pas les 20 cm/s.

Il est observé une chute importante des largeurs avec la réduction de débit, ce qui signifie une réduction des surfaces en eau colonisables par les espèces. Pour des débits inférieurs à 80 l/s, la largeur décroît très fortement avec la réduction du débit.

La réduction des profondeurs avec celle du débit est également importante. En deçà de 50 l/s, il n'a pas été mesuré de micro-habitats dont la profondeur est supérieure 40 cm. Similairement au Garon à Brignais, cela met en lumière la forte perte d'abris pour les plus gros sujets notamment.

Figure 36 : Distributions des largeurs, hauteurs et vitesses - Le Garon à Thurins



▲ : Points de calage du modèle

DONNEES D'ENTREE DU MODELE ESTIMHAB

Les données d'entrée du modèle, issues des mesures de terrain, sont reportées dans le tableau suivant.

Figure 37 : Données d'entrée du modèle ESTIMHAB - Le Garon à Thurins

Date	débit (m ³ /s)	largeur (m)	hauteur (m)
10/08/2010	0.049	3.00	0,16
25/11/2010	0.58	4.04	0,32
débit médian naturel Q50 (m ³ /s)			
0,25			
taille du substrat (m)			
0,06			
gamme de modélisation (débits, m ³ /s)			
entre 0,005 et 0,3			

Le rapport entre les deux débits est de 11, avec une campagne de basses eaux proche d'un niveau d'étiage (fréquence de dépassement : 78%) : le calage du modèle va se révéler très satisfaisant.

Les exposants de géométrie hydraulique (exposants reliant la hauteur et la largeur du débit) sont de 0,12 pour la largeur (normalement compris entre 0 et 0,3) et de 0,28 pour la hauteur (normalement compris entre 0,2 et 0,6).

Concrètement, cela veut dire que la hauteur augmente de façon régulière avec le débit alors que la largeur augmente plus lentement.

1.4.2.5 Le Mornantet à Mornant

PRESENTATION

La station du Mornantet a été choisie à l'aval de Pont Rompu. Elle est située en contexte agricole (prairie et cultures). La largeur est comprise entre 2 et 4 mètres. Elle présente une succession de faciès radiers, plat courant, plat lentique. Le substrat est principalement composé de sables fins et grossiers avec quelques blocs et galets dans les sections plus lotiques.

Les berges, hautes, sont colonisées par une ripisylve bien constituée composée de différentes classes d'âge même si on observe un relatif vieillissement des sujets. Similairement au Garon à Brignais, de nombreuses racines protègent la berge par niveau moyen mais sont rapidement déconnectées avec le cours d'eau en étiage.

Figure 38 : Présentation et localisation de la station débit biologique du Mornantet à Mornant aux deux campagnes ESTIMHAB



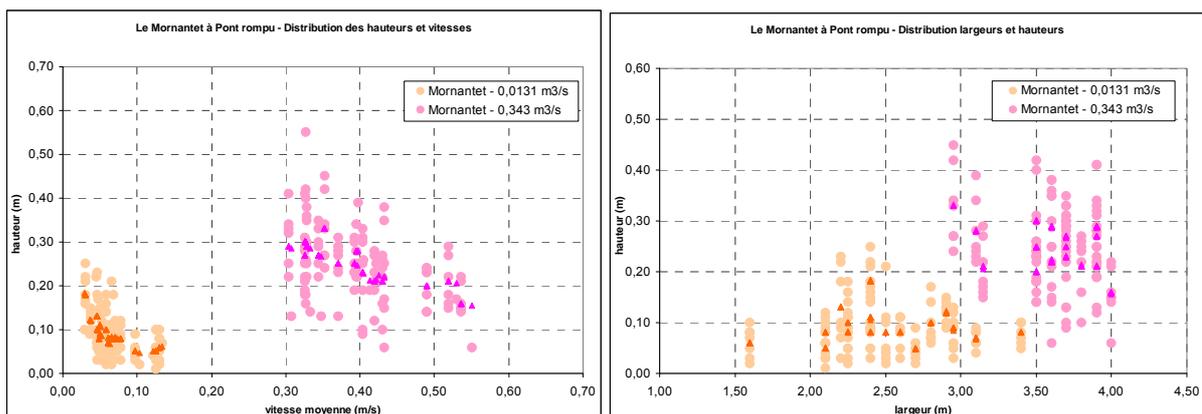
FONCTIONNEMENT HYDRODYNAMIQUE DE LA STATION

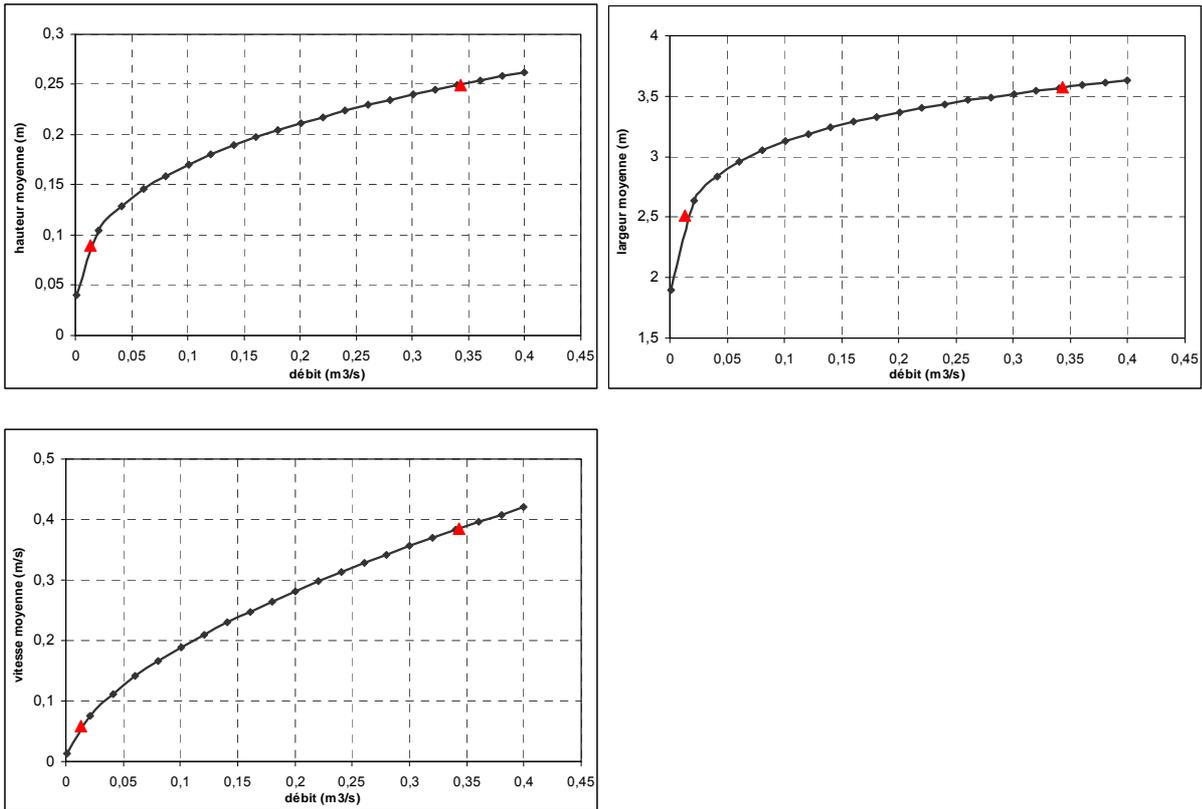
Les débits particulièrement contrastés des deux campagnes mettent en lumière une très forte réduction des vitesses moyennes entre les deux débits. Cette observation est corrélée avec la courbe issue du modèle ESTIMHAB qui indique une forte décroissance des vitesses moyennes avec le débit. Cela indique, pour les espèces rhéophiles, une réduction drastique des habitats favorables avec la réduction du débit. A 13 l/s, la vitesse moyenne sur un transect ne dépasse pas les 15 cm/s.

Il est observé une chute importante des largeurs avec la réduction de débit, ce qui signifie une réduction des surfaces en eau colonisables par les espèces. Pour des débits inférieurs à 50 l/s, la largeur décroît très fortement avec le débit.

La réduction des profondeurs avec celle du débit est importante. A faible débit (13 l/s), la station ne présente pas de micro-habitats dont la profondeur est supérieure à 25 cm. Cette absence d'abris en étiage diminue les capacités d'accueil des plus gros sujets notamment.

Figure 39 : Distributions des largeurs, hauteurs et vitesses - Le Mornantet à Mornant





▲ : Points de calage du modèle

DONNEES D'ENTREE DU MODELE ESTIMHAB

Les données d'entrée du modèle, issues des mesures de terrain, sont reportées dans le tableau suivant.

Figure 40 : Données d'entrée du modèle ESTIMHAB - Le Mornantet à Mornant

Date	débit (m³/s)	largeur (m)	hauteur (m)
10/08/2010	0,013	2,51	0,09
25/11/2010	0,343	3,57	0,25
débit médian naturel Q50 (m³/s)			
0,19			
taille du substrat (m)			
0,04			
gamme de modélisation (débits, m³/s)			
entre 0,005 et 0,15			

Le rapport entre les deux débits est de 26 avec une campagne de basses eaux proche d'un niveau d'étiage (fréquence de dépassement : 87%) : le calage du modèle va se révéler très satisfaisant.

Les exposants de géométrie hydraulique (exposants reliant la hauteur et la largeur du débit) sont de 0,10 pour la largeur (normalement compris entre 0 et 0,3) et de 0,31 pour la hauteur (normalement compris entre 0,2 et 0,6).

Concrètement, cela veut dire que la hauteur augmente de façon régulière avec le débit alors que la largeur augmente plus lentement.

1.4.3 Présentation des espèces cibles

L'espèce cible retenue comme modèle biologique sur les cours d'eau d'étude est la truite fario (*Salmo trutta fario*).

Une présentation de la biologie/écologie de la truite fario est donnée dans les paragraphes suivants.

DESCRIPTION

La truite fario est une espèce autochtone des rivières françaises. La truite est une espèce polymorphe quant à sa coloration et aux dimensions qu'elle peut atteindre à l'âge adulte selon l'origine de sa souche et du milieu. Sa robe varie selon les cours d'eau voire même au sein d'un même cours d'eau. Celle-ci est de couleur générale brune : le dos foncé à vert clair, les flancs nacrés à jaunâtres ainsi que les opercules et la nageoire dorsale sont couverts de taches noires et de points rouges très variables. La truite atlantique est claire, avec peu de taches noires et rouges. La truite méditerranéenne se distingue par une multitude de taches noires, en particulier sur l'opercule (source : Atlas des poissons de France).

Figure 41 : Truite fario (source : FDPPMA 69)



BIOLOGIE-ÉCOLOGIE

La truite fario est un salmonidé rhéophile appréciant les eaux froides et bien oxygénées. On la retrouve principalement sur les parties amont des cours d'eau. Elle se nourrit principalement d'invertébrés aquatiques et de petits poissons (au stade adulte principalement). Les stades de développement de la truite fario pris en compte par le logiciel ESTIMHAB dans l'évaluation des débits biologiques sont :

- ▶ Adulte : sujet en âge de se reproduire (14 à 28 cm),
- ▶ Juvénile : sujet de plus d'un an non encore reproductif (10 à 16 cm).

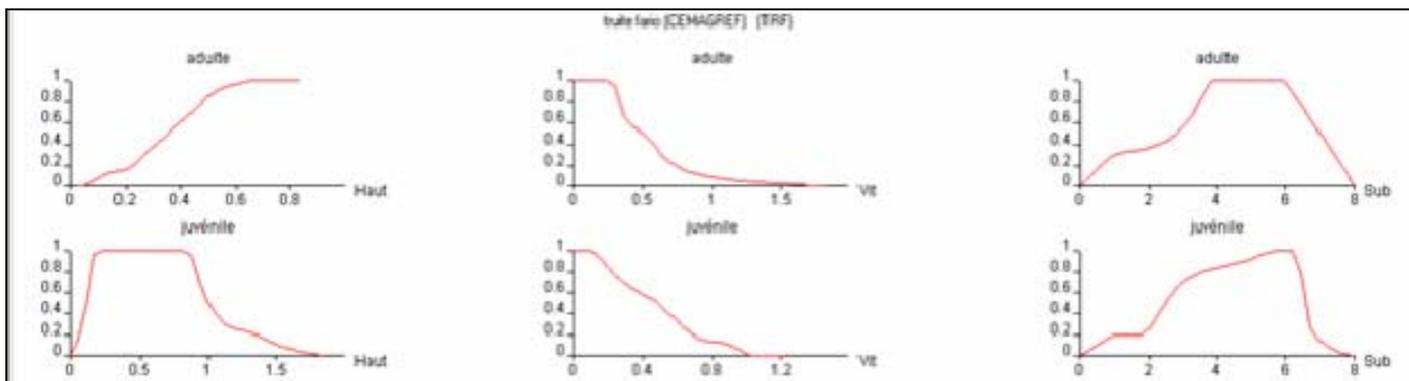
La croissance de la truite fario a été étudiée dans le cadre de l'étude sur le peuplement piscicole réalisée par la FDPPMA 69 en 2006 : il en ressort une forte croissance qui peut être due aux concentrations de calcium ou aux températures relativement clémentes qui favorisent sa croissance dans les têtes de bassins.

Elle atteint sa maturité sexuelle à l'âge de 2 voire 3 ans. Sa reproduction a lieu de novembre à fin février dans les zones de courant (fin de mouille/début de radier) faiblement profondes sur un substrat graveleux (2 à 5 cm de diamètre).

Les courbes de préférences utilisées pour cette espèce sont présentées à la figure suivante. A noter qu'ESTIMHAB, à la différence d'EVHA, ne distingue pas les stades alevins et juvéniles étant donné que les résultats obtenus avec ces deux stades de développement sont très proches voire comparables.

L'analyse prendra également en compte les espèces d'accompagnement « classiques » de la Truite fario présentes sur le bassin du Garon : la Loche franche (*Barbatula barbatula*), le Goujon (*Gobio gobio*) et le Vairon (*Phoxinus phoxinus*). Le chabot semble être naturellement absent du bassin comme sur le bassin de l'Yzeron ou les ruisseaux du Pilat (source : FDPMA 69).

Figure 42 : Courbes de préférences de la Truite fario utilisées en France dans le cadre des études de microhabitats. D'après Souchon, Y., Trocherie, F., Fraignoud E. et Lacombe C. (1989).



1.4.4 Précision sur la détermination des débits biologiques

1.4.4.1 Le débit biologique

Le débit biologique satisfait, en étiage, les fonctionnalités biologiques du milieu. Il est visé en moyenne mensuelle chaque année. Une défaillance d'intensité et de fréquence est admissible sur les débits journaliers

La présente expertise destinée à préciser une gamme de débits biologiques s'appuiera sur l'analyse hydrologique au pas de temps mensuel ainsi que sur les résultats du modèle habitat ESTIMHAB. Le paramètre habitat, pour le système du Garon, apparaît pertinent à l'échelle mensuelle pour juger de l'impact du débit sur les communautés aquatiques car il traduit le mieux l'incidence des débits sur la capacité du système à accueillir la faune.

1.4.4.2 Le débit biologique de survie

Le débit biologique de survie satisfait, en étiage sévère, les fonctionnalités biologiques du milieu en situation de survie à tout moment. Il est estimé sur la base d'un débit journalier.

L'analyse de l'habitat, dans cette gamme de débits très faible, apporte peu d'information car les habitats évoluent très significativement avec le débit sans marquer de variations interprétables

Aussi, sur le système du Garon, la survie des espèces en période d'étiage sévère ne semble pas lié à la quantité d'habitats disponibles mais à **l'accès aux zones refuges et au maintien de la présence d'eau, même à débit très faible, dont la qualité sera en adéquation avec les exigences des espèces (température et oxygène dissous notamment).**

Aussi, la détermination du débit biologique de survie s'appuiera essentiellement sur une analyse de l'hydrologie naturelle au pas de temps journalier (avec les incertitudes que cela comporte) pour traduire les caractéristiques naturelles du système.

1.5 DETERMINATION DES BESOINS DES MILIEUX

1.5.1 Le Garon à Brignais

1.5.1.1 Hydrologie au pas de temps mensuel

Il est présenté ci-après la synthèse de l'analyse hydrologique réalisée en phase 2.

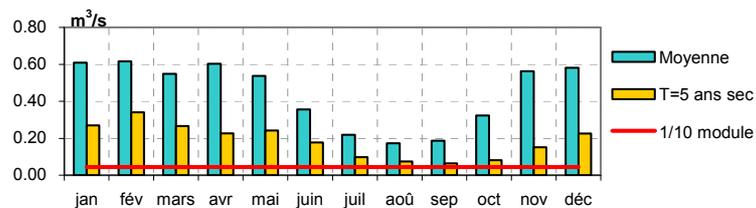
Analyse statistique sur la période 1970-2009

Cours d'eau : Garon
 Station : V3035510 superficie contrôlée : 79 km²
 Type de débit : **NATUREL RECONSTITUE PAR SIMULATION (estimé de 2003 à 2009 par corrélation par classes)**

Débit en m³/s

(F expérimentales)	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	aoû	sep	oct	nov	déc	Annuel		1/10	1/20
													m ³ /s	l/s/km ²	mod	mod
Moyenne	0.61	0.62	0.55	0.60	0.54	0.36	0.22	0.17	0.19	0.32	0.56	0.58	0.44	6	0.04	0.02
T=10 ans sec	0.17	0.30	0.22	0.17	0.17	0.14	0.09	0.05	0.05	0.05	0.07	0.08	0.29	4		
T=5 ans sec	0.27	0.34	0.27	0.23	0.24	0.18	0.10	0.07	0.06	0.08	0.15	0.23	0.32	4		
T=2 ans	0.52	0.55	0.49	0.47	0.43	0.27	0.17	0.13	0.12	0.23	0.38	0.50	0.45	6		
T= 5 ans humide	0.89	0.87	0.84	0.74	0.71	0.55	0.32	0.24	0.27	0.51	0.83	0.88	0.57	7		
T=10 ans humide	1.07	1.04	0.96	0.92	0.95	0.72	0.35	0.28	0.38	0.61	1.25	1.09	0.61	8		

(F expérimentales)	QMNA	
	m ³ /s	l/s/km ²
Moyenne (m ³ /s)	0.084	1.1
T=5 ans sec (m ³ /s)	0.037	0.5
T=2 ans sec (m ³ /s)	0.068	0.9
T= 5 ans humide (m ³ /s)	0.141	1.8



La valeur du VCN30 T=5sec (débit moyen journalier naturel reconstitué sur 30 jours consécutifs de période de retour 5 ans) calculé sur les 10 dernières années est de 9 l/s.

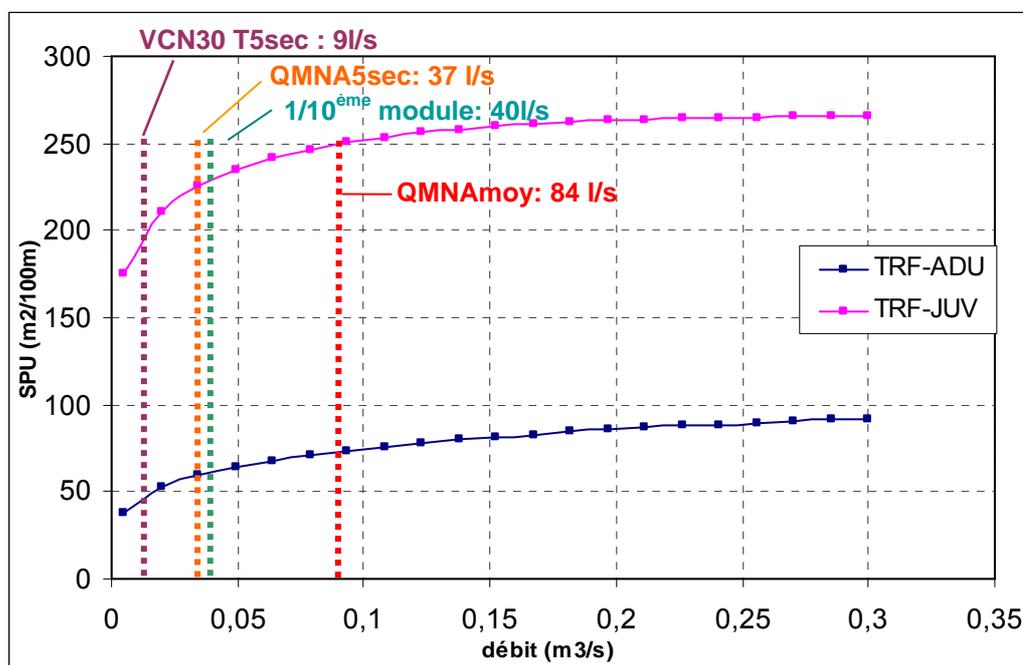
1.5.1.2 Détermination du débit biologique

RESULTATS DE LA MODELISATION ET INTERPRETATION

Espèce repère : truite fario

Les habitats pour la truite adulte apparaissent peu favorables sur cette station puisque la valeur d'habitat à ce stade ne dépasse pas 0,2 (20% de la surface en eau est « favorable » à ce stade de développement). Cela est principalement dû aux conditions d'habitats défavorables pour ce stade de développement (faible hauteur d'eau et substrat très fin défavorable à cette espèce). La station apparait comme plus favorable au stade juvénile de truite fario (VHA maximum : 0,55) en raison de la préférence de hauteur d'eau modeste plus favorable à ce stade.

Figure 43 : Courbes d'évolution de la surface utile (pour 100 m de cours d'eau) en fonction du débit - Truite fario - Le Garon à Brignais

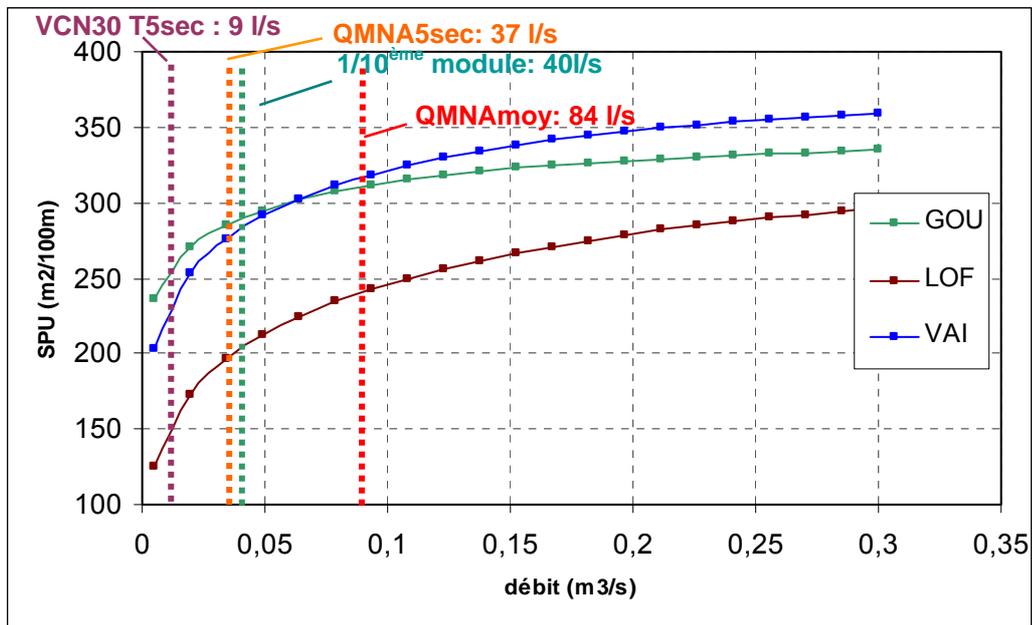


Les valeurs de SPU au stade juvénile augmentent très rapidement de la borne basse jusqu'à 50 l/s pour atteindre près de 250 m²/100m de cours d'eau pour ce débit. L'augmentation est ensuite plus progressive mais relativement soutenue jusqu'à 150 l/s. A partir de 200 l/s, la SPU n'augmente plus avec le débit. L'augmentation de SPU la plus importante est située entre la borne basse et 30-40 l/s correspondant aux débits situés entre le QMNA5sec et le 1/10^{ème} du module reconstitué. La valeur du SAR (cf. § 1.4.1.1.2 pour la définition du SAR) pour ce stade de développement est située autour de 40 l/s.

L'augmentation de la SPU en fonction du débit au stade adulte de la truite fario est plus aplanie que pour le stade juvénile et ne dépasse les 100 m²/100m de cours d'eau à 300 l/s. La SPU présente la plus forte augmentation entre 5 et 50 l/s. Au-delà de cet intervalle, le gain de surface est plus faible pour la même augmentation du débit. La valeur de SAR pour ce stade de développement est donc située autour de 50 l/s.

Espèces accompagnatrices

Figure 44 : Evolution de la surface utile en fonction du débit - Espèces accompagnatrices de la Truite fario
- Le Garon à Brignais



Concernant les espèces accompagnatrices de la Truite fario, on distingue deux cas :

- ▶ Le Goujon et le Vairon (GOU et VAI) trouvent sur cette station des conditions d'habitat relativement favorables. Les VHA sont élevées et comprises entre 0,55 et 0,7. Les SPU sont également élevées (supérieure à 200 m²/100 m de cours d'eau) témoignant des conditions d'habitat relativement favorables pour ces espèces.
- ▶ Lorsque le débit est inférieur à 30-40 l/s et diminue progressivement, les SPU chutent très fortement pour ces deux espèces. A partir de 100 l/s, la SPU se stabilise et croît lentement avec l'augmentation du débit.
- ▶ Il est proposé pour ces deux espèces de fixer un SAR entre 30 et 40 l/s, soit entre les valeurs du QMNA5sec et le 1/10^{ème} du module reconstitué.
- ▶ La Loche franche (LOF) qui occupe une position « basse » pour ces espèces accompagnatrices de la truite fario du fait de VHA comprise entre 0,35 et 0,55.

La courbe de SPU met en évidence une augmentation très rapide des surfaces favorables entre la borne basse de l'intervalle d'étude et 30-50 l/s. La SPU atteint alors 210 m²/100 m de cours d'eau pour un débit de 50 l/s. Le gain d'habitat avec l'augmentation du débit reste plus faible au-delà de cette valeur mais continue de croître avec le débit jusqu'à la borne haute de l'intervalle d'étude : la SPU ne dépasse pas 300 m²/100 m. Aussi, il est proposé de fixer un SAR de 30-50 l/s pour cette espèce, soit les débits dans la gamme du QMNA5sec et le 1/10^{ème} du module.

Bilan

Il apparaît que l'espèce repère, la truite fario adulte, est la moins favorisée sur la station en terme de quantité d'habitats disponibles. Cela est essentiellement dû aux faibles hauteurs d'eau de la station en basses eaux qui pénalisent fortement ce stade de développement. Aussi, il est observé sur le terrain très peu de caches ou d'abris pour cette espèce aux bas débits.

Il est possible de favoriser ces habitats en créant des aménagements spécifiques pour favoriser les abris en basses eaux. Cela peut prendre la forme de fixation (voir la création) d'embâcles en berges sans impact réel sur le risque inondation ou de blocs dans le lit dont le dimensionnement sera adapté au cours d'eau et à l'existant. Ils permettraient de diversifier localement les hauteurs d'eau pour augmenter la densité d'abris, limiter l'impact de la perte d'habitats avec la diminution du débit et favoriser les substrats plus biogènes.

La figure ci-après présente pour les deux stades d'étude de la truite les gains potentiels de SPU pour une large gamme de débits d'étude :

Figure 45 : Evolution des gains de SPU de la truite fario selon les débits - Le Garon à Brignais

	5 l/s	10 l/s	20 l/s	30 l/s	40 l/s	50 l/s	60 l/s
SPU truite adulte	40	44	52	57	61	64	67
Gain de SPU en %		+10%	+20%	+9,6%	+7%	+4,9%	+4,6%
SPU truite juvénile	184	192	210	221	229	235	239
Gain de SPU en %		+4,3%	+9,3%	+5,2%	+3,6%	+2,6%	+1,7%

Il met en lumière que le gain de SPU est important avec le débit jusqu'à un débit de 40-50 l/s. Au dessus, le débit apporte un gain plus faible de SPU en raison des modifications d'habitats plus modestes.

PROPOSITION D'UNE GAMME DE DEBITS BIOLOGIQUES

A la lumière des éléments présentés ci avant, et compte tenu de l'hydrologie naturelle reconstitué, il est proposé les conclusions suivantes :

- ▶ Un débit biologique maintenant les fonctionnalités biologiques du système compris entre 30 et 50 l/s.
- ▶ Il correspond à une dégradation maîtrisée des paramètres fonctionnels comme les habitats. Il permet une meilleure dilution des rejets ponctuels du bassin versant. Sous couverture d'une ripisylve fonctionnelle, ce débit doit permettre de garantir une température acceptable pour les espèces cibles.
- ▶ Pour rappel, ces débits proposés sont situés dans la gamme de débits constituée par le QMNA5sec (37 l/s) et le 1/10^{ème} du module (40 l/s).

Les débits présentés ci-avant ne sauraient à eux seuls garantir la bonne fonctionnalité du milieu et le bon état écologique : une amélioration des paramètres d'habitats, de la végétation rivulaire, la physicochimie (pollution agricole diffuse et rejet de STEP) ainsi que la continuité écologique doit être menée.

COMPARAISON ENTRE DEBIT BIOLOGIQUE PROPOSE ET DEBITS NATURELS RECONSTITUES

On vérifie ici la cohérence entre les débits biologiques proposés ci-avant et l'hydrologie naturelle du cours d'eau telle que reconstituée dans la phase 2 de la présente étude.

Pour chaque mois de la chronique de débits naturels reconstitués (1970 à 2009), on compare ci-dessous le débit naturel au débit biologique proposé (on prendra 40 l/s correspondant à un débit moyen de la gamme de débits biologiques proposée).

Lorsque le débit naturel est inférieur à 40 l/s, la cellule du tableau est colorée en jaune. Lorsqu'elle est inférieure à 32 l/s (80% de 40 l/s), la cellule est colorée en orange.

Figure 46 : Comparaison des débits naturels reconstitués mensuels et débits cibles - Le Garon à Brignais

Légende:															
Le débit est inférieur au débit cible												Le débit est inférieur à 80% du débit cible			
QM	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	"Q > Qcible" chaque mois?	Nb de mois où Q < Qcible	
1 970	0,56	1,07	1,08	0,94	0,78	0,87	0,23	0,12	0,07	0,21	0,46	0,42	oui	-	
1 971	0,50	0,40	0,78	0,88	0,51	0,26	0,32	0,19	0,10	0,05	0,28	0,32	oui	-	
1 972	0,72	1,39	0,53	0,36	0,29	0,17	0,09	0,05	0,03	0,27	0,36	0,62	non	1	
1 973	0,98	0,81	0,29	0,41	0,43	0,25	0,45	0,17	0,12	0,10	0,08	0,09	oui	-	
1 974	0,11	0,56	0,37	0,24	0,28	0,21	0,10	0,07	0,18	0,37	1,14	0,58	oui	-	
1 975	0,83	0,53	0,67	0,35	0,83	0,44	0,18	0,22	0,75	0,31	0,91	0,80	oui	-	
1 976	0,49	0,68	0,26	0,16	0,07	0,04	0,03	0,16	0,45	0,56	0,71	0,57	non	2	
1 977	0,78	0,88	0,63	0,39	0,60	0,35	0,55	0,41	0,11	0,11	0,09	0,25	oui	-	
1 978	0,37	0,51	0,52	0,39	0,23	0,09	0,05	0,08	0,04	0,03	0,02	0,03	non	3	
1 979	0,22	0,25	0,30	0,16	0,15	0,23	0,08	0,09	0,05	0,37	0,19	0,34	oui	-	
1 980	0,22	0,21	0,32	0,26	0,14	0,09	0,06	0,10	0,14	0,22	0,31	0,33	oui	-	
1 981	0,52	0,24	0,26	0,09	0,36	0,27	0,11	0,05	0,13	0,09	0,08	0,41	oui	-	
1 982	0,37	0,12	0,17	0,05	0,03	0,04	0,09	0,14	0,10	0,09	0,50	0,40	non	1	
1 983	0,19	0,24	0,37	0,79	0,76	0,15	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	non	5	
1 984	0,06	0,09	0,15	0,05	0,09	0,10	0,04	0,02	0,03	0,07	0,13	0,17	non	3	
1 985	0,15	0,12	0,20	0,09	0,23	0,17	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,01	non	5	
1 986	0,23	0,52	0,32	2,32	1,36	0,46	0,17	0,10	0,11	0,08	0,09	0,38	oui	-	
1 987	0,51	0,77	0,40	0,25	0,64	0,64	0,37	0,28	0,14	0,83	0,83	0,98	oui	-	
1 988	0,98	0,89	1,25	0,64	1,27	0,70	0,34	0,13	0,08	0,44	0,33	0,45	oui	-	
1 989	0,25	0,40	0,25	1,91	0,69	0,22	0,10	0,05	0,04	0,03	0,10	0,13	non	1	
1 990	0,21	0,66	0,31	0,37	0,54	0,48	0,17	0,08	0,10	0,42	1,28	1,29	oui	-	
1 991	0,52	0,46	0,92	0,45	0,17	0,15	0,07	0,04	0,50	0,36	0,43	0,32	non	1	
1 992	0,22	0,22	0,33	0,49	0,33	1,11	0,32	0,15	0,17	0,63	0,91	0,58	oui	-	
1 993	0,28	0,22	0,10	0,16	0,26	0,14	0,12	0,08	1,44	3,14	1,26	1,06	oui	-	
1 994	1,67	0,80	0,27	0,52	0,49	0,33	0,29	0,31	0,87	0,71	1,07	0,62	oui	-	
1 995	1,03	1,10	0,60	0,77	1,04	0,28	0,11	0,09	0,43	0,38	0,49	0,53	oui	-	
1 996	0,68	0,76	0,45	0,27	0,45	0,33	0,37	0,17	0,08	0,06	2,35	1,37	oui	-	
1 997	1,38	0,62	0,20	0,12	0,12	0,31	0,20	0,13	0,06	0,05	0,24	0,45	oui	-	
1 998	0,66	0,37	0,30	0,62	0,58	0,25	0,11	0,06	0,20	0,22	0,38	0,29	oui	-	
1 999	0,62	0,99	0,73	0,62	0,36	0,18	0,12	0,10	0,26	0,75	1,00	0,88	oui	-	
2 000	0,42	0,42	0,28	0,53	0,30	0,18	0,09	0,09	0,10	0,35	1,07	0,64	oui	-	
2 001	0,84	0,42	1,34	0,80	0,59	0,39	0,33	0,14	0,14	0,48	0,36	0,19	oui	-	
2 002	0,19	0,27	0,22	0,10	0,30	0,31	0,30	0,20	0,24	0,21	2,77	1,61	oui	-	
2 003	0,97	0,53	0,20	0,13	0,08	0,11	0,08	0,05	0,05	0,23	0,43	2,65	oui	-	
2 004	1,90	1,16	1,09	0,72	0,23	0,10	0,09	0,61	0,22	1,31	1,39	0,94	oui	-	
2 005	0,84	0,57	0,26	2,46	0,69	0,44	0,16	0,08	0,06	0,14	0,16	0,18	oui	-	
2 006	0,33	0,53	1,09	0,72	0,45	0,18	0,44	0,34	0,19	0,20	0,84	0,74	oui	-	
2 007	0,87	1,05	0,76	0,39	0,64	0,81	0,78	1,28	0,55	0,18	0,40	0,41	oui	-	
2 008	0,60	0,35	0,46	0,83	0,77	0,50	0,37	0,27	0,23	0,76	1,59	0,99	oui	-	
2 009	0,59	1,33	0,51	0,56	0,23	0,14	0,11	0,08	0,07	0,24	0,44	0,60	oui	-	

On en tire les conclusions suivantes :

- ▶ La valeur de 40 l/s est respectée à 95% au pas de temps mensuel sur les 40 dernières années ;
- ▶ Pour 78 % des années, le débit est satisfait chaque mois ;
- ▶ Pour 88 % des années, le débit est satisfait au moins 11 mois sur 12.

La gamme de débits biologiques proposée apparaît ainsi cohérente avec l'hydrologie naturelle. Cependant, lors des années d'étiages très sévères et prolongées, on note que les débits du cours d'eau sont inférieures aux valeurs proposées.

1.5.1.3 Hydrologie au pas de temps journalier

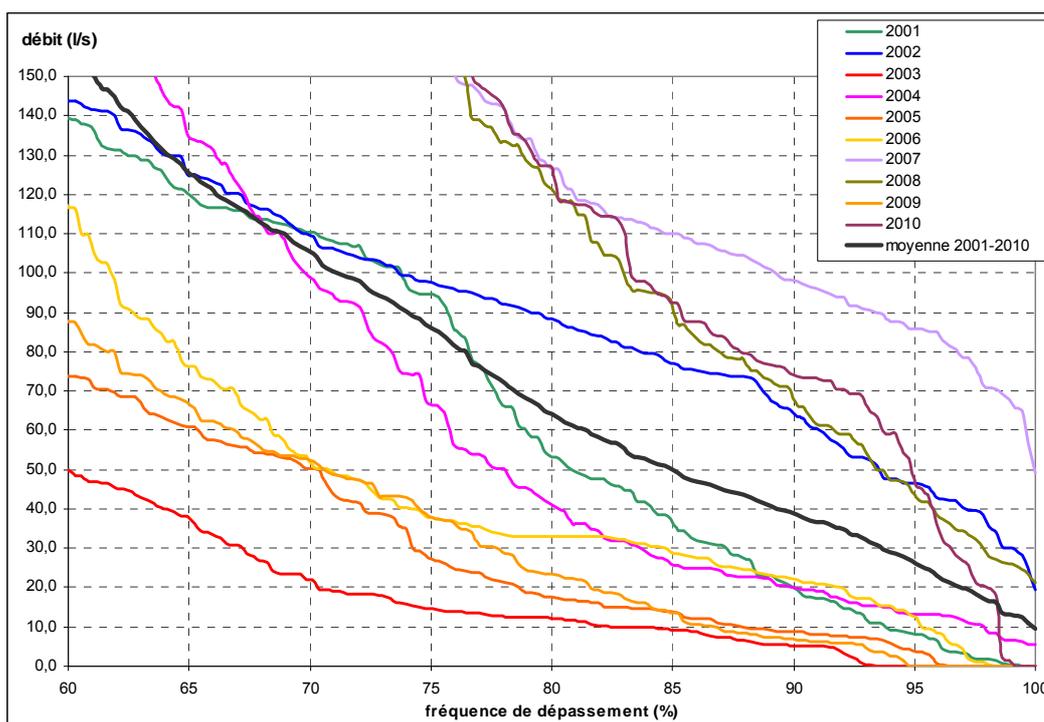
Il est choisi d'approcher l'hydrologie naturelle au pas de temps journalier afin d'évaluer la pression naturelle d'étiage sévère que le système recevrait sans pression anthropique. Un des objectifs environnementaux étant de ne pas amplifier les phénomènes d'étiages très sévères en fréquence, durée et débit (voir chapitre 1.3).

L'analyse des débits journaliers désinfluencés classés du Garon à Brignais de 2001 à 2010 permet de tirer les enseignements suivants :

- ▶ La fréquence de dépassement 70% correspond à un débit de 104 l/s sur la période 2001-2010. Les années 2003, 2005, 2006 et 2009 présentent pour la même fréquence des débits inférieurs, compris entre 55 et 20 l/s;
- ▶ La fréquence de dépassement 80% correspond à un débit de 64 l/s sur la période 2001-2010. 6 années sur 10 présentent pour cette fréquence des débits inférieurs, compris entre 55 et 10 l/s;
- ▶ La fréquence de dépassement 90% correspond à un débit de 38 l/s sur la période 2001-2010. 6 années sur 10 présentent pour cette fréquence des débits inférieurs, compris entre 25 et 5 l/s.
- ▶ La fréquence de dépassement 95% correspond à un débit de 26 l/s sur la période 2001-2010. 6 années sur 10 présentent pour cette valeur des débits inférieurs, compris entre 0 et 15 l/s.

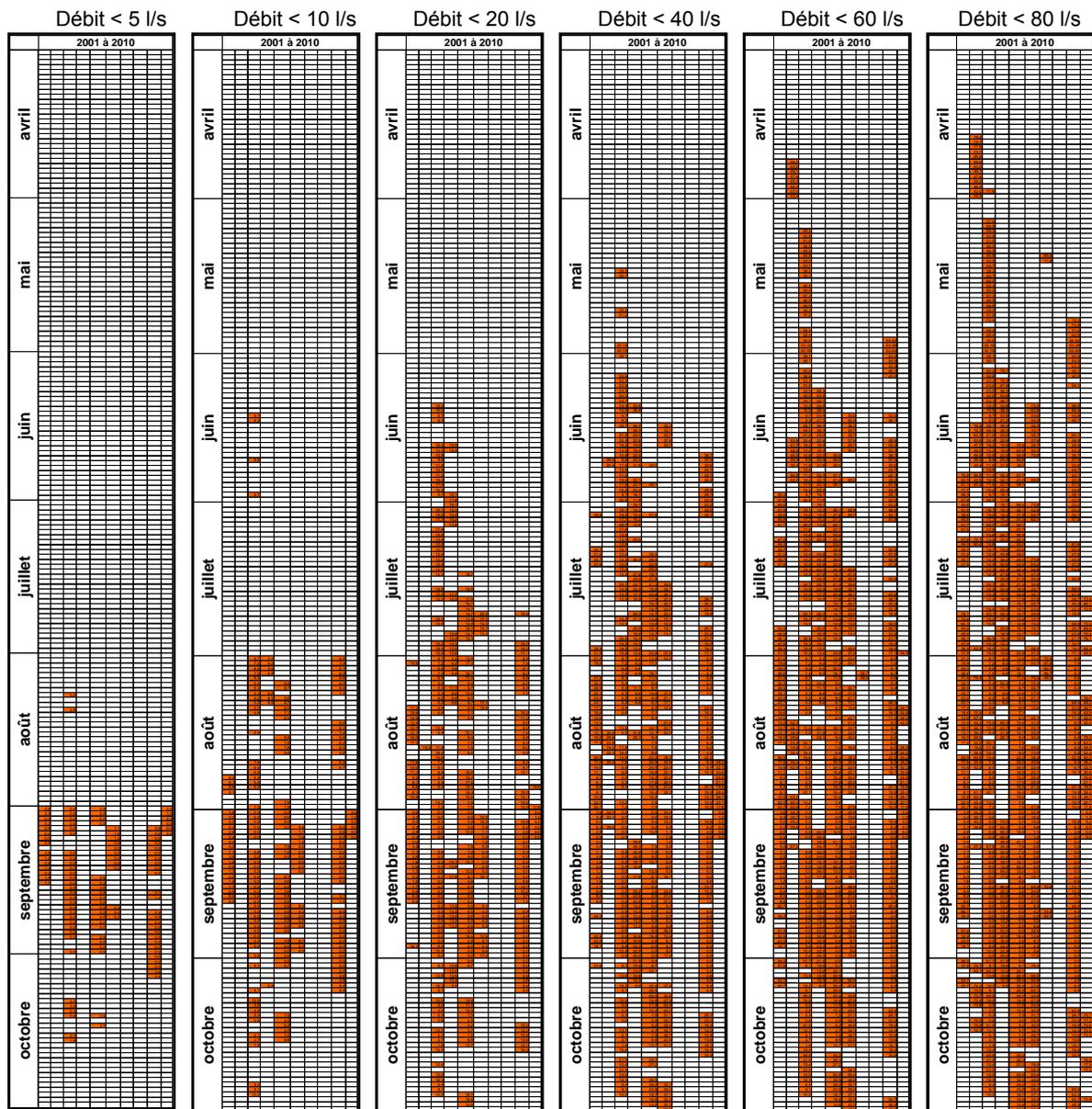
Ce secteur connaîtrait donc des périodes de débits nuls à quasiment nuls entraînant des ruptures d'écoulement pendant quelques jours de l'année près d'une année sur deux.

Figure 47 : Courbe des débits journaliers désinfluencés classés du Garon à Brignais des années 2001 à 2010



Les figures suivantes illustrent l'analyse des fréquences d'apparition des débits d'étiages désinfluencés entre les mois de juin et d'octobre. Les valeurs choisies pour l'analyse ont été choisies dans la gamme de valeurs présentées ci-avant.

Figure 48 : Fréquence des débits d'étiages journaliers désinfluencés du Garon à Brignais (2001 à 2010)



NB : les cases en orange correspondent aux jours dont le débit était inférieur à la valeur spécifiée (5 à 80 l/s selon les graphes).

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Moyenne 2001-2010
nombre de jours	inférieur à 5 l/s	15	0	32	0	21	12	0	0	26	6	11
	inférieur à 10 l/s	23	0	62	8	44	18	0	0	48	6	21
	inférieur à 20 l/s	37	1	109	37	78	29	0	0	68	8	37
	inférieur à 40 l/s	58	11	131	73	102	94	0	16	93	16	59
	inférieur à 60 l/s	77	33	165	89	127	116	2	31	121	24	79
	inférieur à 80 l/s	86	60	181	98	152	130	12	48	139	45	95

1.5.1.4 Détermination du débit biologique de survie

Au regard des éléments hydrologiques présentés ci-avant, le débit biologique de survie est situé dans une gamme de débits très faibles pour laquelle une analyse de la variation d'habitat n'est pas pertinente.

La survie des espèces ne semble pas liée directement à la quantité d'habitats disponibles mais à l'accès aux zones refuges et au maintien de la présence d'eau, même à débit très faible, dont la qualité sera en adéquation avec les exigences des espèces (température et oxygène dissous notamment).

Aussi, la seule notion de débit ne peut, dans le contexte du Garon, suffire pour la survie des espèces: la protection du cours d'eau par une ripisylve dense et bien constituée, la continuité biologique ainsi que la reconquête d'une qualité d'eau acceptable sont des éléments fondamentaux qu'il convient de restaurer et conserver.

A la lumière des éléments présentés ci avant, il est proposé les conclusions suivantes :

- ▶ Un débit biologique de survie compris entre 5 et 10/20 l/s.
- ▶ La durée de ce débit ne doit pas excéder 10 à 20 jours de suite sous peine de pénaliser fortement les espèces les plus fragiles. Les années concernées par ce débit est en moyenne 2 années sur 3.

1.5.2 Le Garon à Thurins

1.5.2.1 Hydrologie au pas de temps mensuel

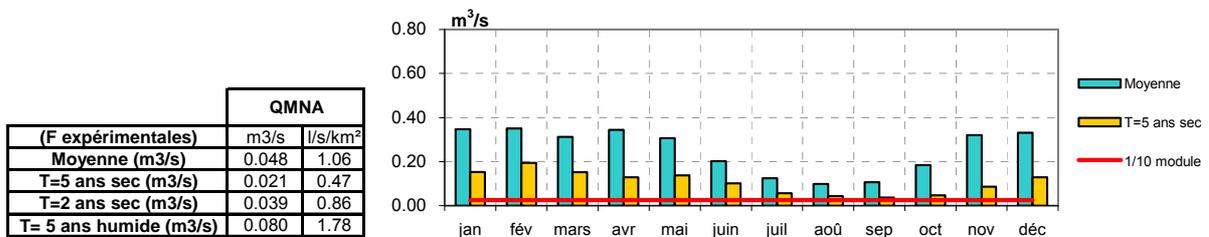
Il est présenté ci-après la synthèse de l'analyse hydrologique réalisée en phase 2.

Analyse statistique sur la période 1970-2009

Cours d'eau : Garon
 Station : à Thurins superficie contrôlée : 45 km²
 Type de débit : NATUREL RECONSTITUE PAR rapport surfacique avec le garon à Brignais

Débit en m³/s

(F expérimentales)	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	aoû	sep	oct	nov	déc	Annuel		1/10	1/20
													m ³ /s	l/s/km ²	mod	mod
Moyenne	0.35	0.35	0.31	0.34	0.31	0.20	0.12	0.10	0.11	0.18	0.32	0.33	0.25	6	0.03	0.01
T=10 ans sec	0.10	0.17	0.13	0.10	0.09	0.08	0.05	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.17	4		
T=5 ans sec	0.15	0.19	0.15	0.13	0.14	0.10	0.06	0.04	0.04	0.05	0.09	0.13	0.18	4		
T=2 ans	0.30	0.31	0.28	0.27	0.25	0.15	0.10	0.07	0.07	0.13	0.22	0.28	0.25	5		
T= 5 ans humide	0.51	0.49	0.48	0.42	0.41	0.31	0.18	0.14	0.16	0.29	0.47	0.50	0.32	7		
T=10 ans humide	0.61	0.59	0.55	0.52	0.54	0.41	0.20	0.16	0.22	0.35	0.71	0.62	0.34	8		



La valeur du VCN30 T=5sec (débit moyen journalier naturel reconstitué sur 30 jours consécutifs de période de retour 5 ans) calculé sur les 10 dernières années est de 9 l/s.

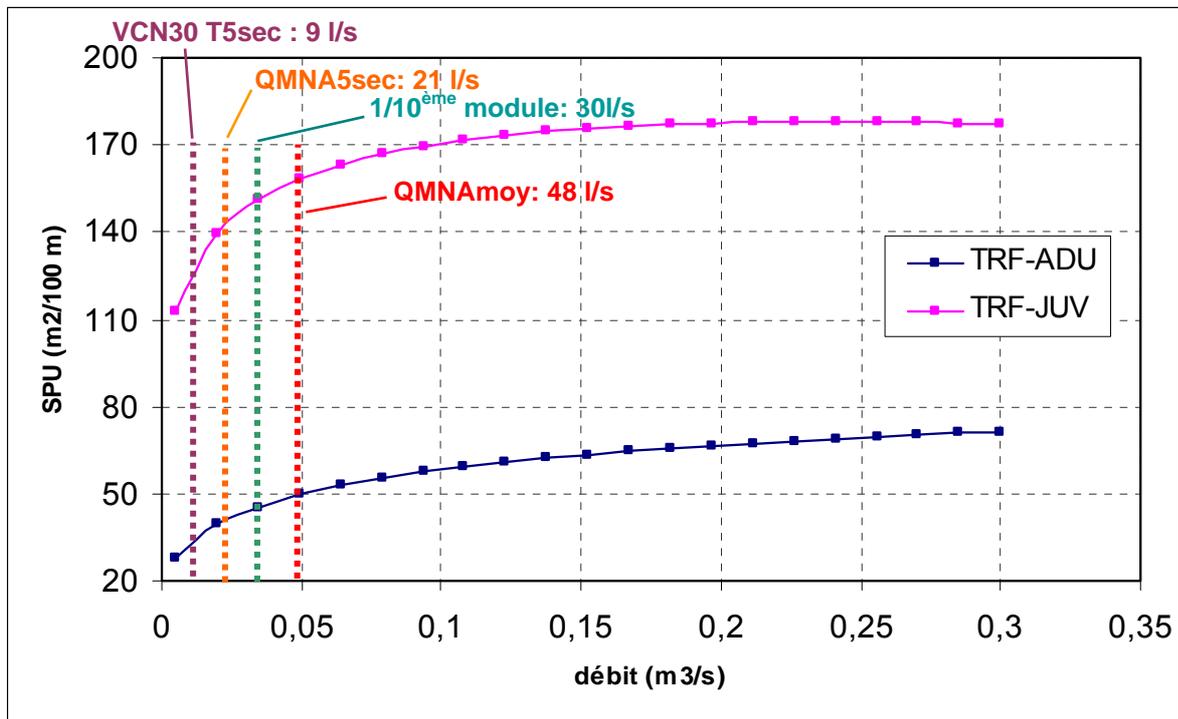
1.5.2.2 Détermination du débit biologique

RESULTATS DE LA MODELISATION ET INTERPRETATION

Espèce repère : truite fario

Similairement à la station du Garon à Brignais, les habitats de la truite adulte pour le Garon à Thurins apparaissent peu favorables sur cette station puisque la valeur d'habitat à ce stade ne dépasse pas 0,2. Cela est principalement dû aux conditions d'habitats défavorables pour ce stade de développement (faible hauteur d'eau et substrat très fin défavorable à cette espèce). La station apparaît comme plus favorable au stade juvénile de truite fario (VHA maximum : 0,53) en raison de la préférence de hauteur d'eau modeste plus favorable à ce stade.

Figure 49 : Courbes d'évolution de la surface utile (pour 100 m de cours d'eau) en fonction du débit - Truite fario - Le Garon à Thurins

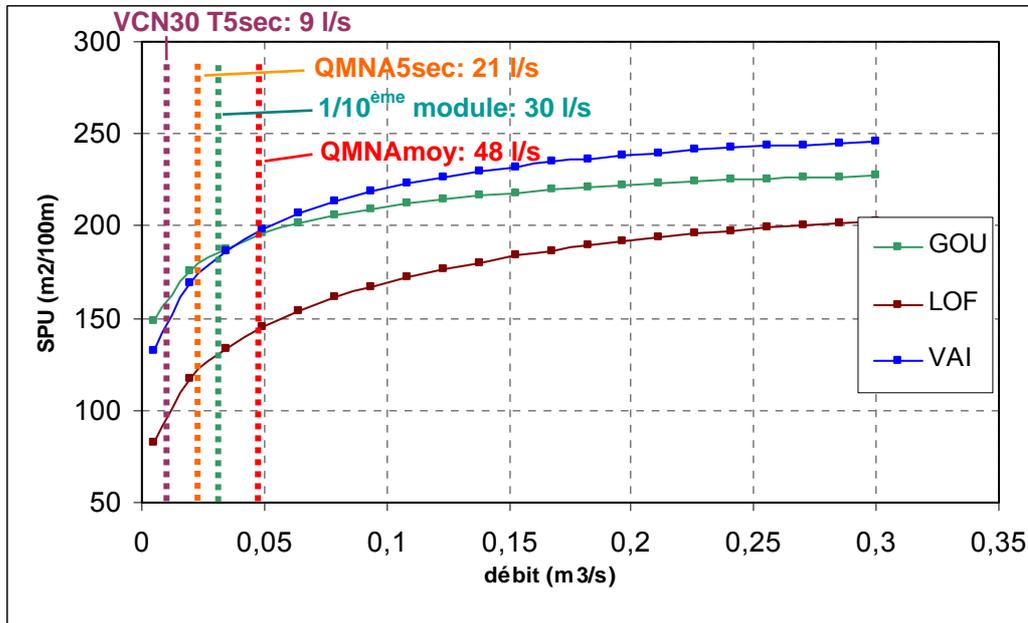


Les valeurs de SPU au stade juvénile augmentent très rapidement de la borne basse jusqu'à 30 l/s pour atteindre près de 150 m²/100m de cours d'eau pour ce débit. L'augmentation est ensuite plus progressive mais relativement soutenue jusqu'à 100 l/s. A partir de 180 l/s, la SPU n'augmente plus avec le débit. L'augmentation de SPU la plus importante est située entre la borne basse et 30 l/s correspondant aux débits inférieurs au 1/10^{ème} du module. La valeur du SAR pour ce stade de développement est située autour de 30 l/s.

L'augmentation de la SPU en fonction du débit au stade adulte de la truite fario est plus aplaniée que pour le stade juvénile et ne dépasse les 75 m²/100m de cours d'eau à 300 l/s. La SPU présente la plus forte augmentation entre 5 et 30-35 l/s. Au-delà de cet intervalle, le gain de surface est plus faible pour la même augmentation du débit. La valeur de SAR pour ce stade de développement est donc située autour de 30 l/s soit approximativement le 1/10^{ème} du module.

Espèces accompagnatrices

Figure 50 : Evolution de la surface utile en fonction du débit - Espèces accompagnatrices de la Truite fario
- Le Garon à Thurins



Similairement au Garon à Brignais, on distingue 2 cas concernant les espèces accompagnatrices de la Truite fario pour le Garon à Thurins :

- ▶ Le Goujon et le Vairon (GOU et VAI) trouvent sur cette station des conditions d'habitat relativement favorables. Les VHA sont élevées et comprises entre 0,55 et 0,7. Les SPU sont également élevées (souvent supérieure à 150 m²/100 m de cours d'eau) témoignant des conditions d'habitat relativement favorables pour ces espèces.
- ▶ Lorsque le débit est inférieur à 20-40 l/s et diminue progressivement, les SPU chutent très fortement pour ces deux espèces. A partir de 100 l/s, la SPU se stabilise et croît lentement avec l'augmentation du débit.
- ▶ Il est proposé pour ces deux espèces de fixer un SAR entre 20 et 40 l/s soit à minima le 1/10^{ème} du module reconstitué
- ▶ La Loche franche (LOF) qui occupe une position « basse » pour ces espèces accompagnatrices de la truite fario du fait de VHA comprise entre 0,35 et 0,55.

La courbe de SPU met en évidence une augmentation très rapide des surfaces favorables entre la borne basse de l'intervalle d'étude et 30-60 l/s. La SPU atteint près de 150 m²/100 m de cours d'eau pour un débit de 50 l/s. Le gain d'habitat avec l'augmentation du débit reste plus faible au-delà de cette valeur mais continue de croître avec le débit jusqu'à la borne haute de l'intervalle d'étude : la SPU ne dépasse pas 200 m²/100 m. Aussi, il est proposé de fixer un SAR de 30 l/s pour cette espèce soit un débit avoisinant le 1/10^{ème} du module.

Bilan

Le Garon à Thurins présente des similarités fortes avec la station du Garon à Brignais : l'espèce repère, la truite fario adulte, est la moins favorisée sur la station en terme de quantité d'habitats disponibles. Cela est essentiellement dû aux faibles hauteurs d'eau de la station en basses eaux qui pénalisent fortement ce stade de développement. Aussi, il est observé sur le terrain très peu de caches ou d'abris pour cette espèce aux bas débits

Il est possible de favoriser ces habitats en créant des aménagements spécifiques pour favoriser les abris en basses eaux. Cela peut prendre la forme de fixation (voir la création) d'embâcles en berges sans impact réel sur le risque inondation ou de blocs dans le lit dont le dimensionnement sera adapté au cours d'eau et à l'existant. Ils permettraient de diversifier localement les hauteurs d'eau pour augmenter la densité d'abris, limiter l'impact de la perte d'habitats avec la diminution du débit et favoriser les substrats plus biogènes.

La figure ci-après présente pour les deux stades d'étude de la truite les gains potentiels de SPU pour une large gamme de débits d'étude :

Figure 51 : Evolution des gains de SPU de la truite fario selon les débits - Le Garon à Thurins

	5 l/s	10 l/s	20 l/s	30 l/s	40 l/s	50 l/s	60 l/s
SPU truite adulte	27	33	39	43	47	49	51
Gain de SPU en %		+22%	+18%	+10%	+9%	+4,2%	+4%
SPU truite juvénile	113	126	139	148	154	158	162
Gain de SPU en %		+11%	+10%	+6,4%	+4%	+2,6%	+2,5%

Il met en lumière le gain que le gain de SPU est important avec le débit jusqu'à un débit de 20-40 l/s. Au dessus, le débit apporte un gain plus faible de SPU en raison des modifications d'habitats plus modeste.

PROPOSITION D'UNE GAMME DE DEBITS BIOLOGIQUES

A la lumière des éléments présentés ci avant, et compte tenu de l'hydrologie naturelle reconstituée, il est proposé les conclusions suivantes :

- ▶ Un débit biologique maintenant les fonctionnalités biologiques du système compris entre 20 et 40 l/s.
- ▶ Il correspond à une dégradation maîtrisée des paramètres fonctionnels comme les habitats. Il permet une meilleure dilution des rejets ponctuels du bassin versant. Sous couverture d'une ripisylve fonctionnelle, ce débit doit permettre de garantir une température acceptable pour les espèces cibles.
- ▶ Pour rappel, ces débits proposés sont situés dans la gamme de débits constituée par le QMNA5 sec (21 l/s) et le QMNAmoyen (48 l/s), le 1/10^{ème} du module étant fixé à 30 l/s.

Les débits présentés ci-avant ne sauraient à eux seuls garantir la bonne fonctionnalité du milieu et le bon état écologique : une amélioration des paramètres d'habitats, de la végétation rivulaire, la physicochimie (pollution agricole diffuse et rejet de STEP) ainsi que la continuité écologique doit être menée.

COMPARAISON ENTRE DEBIT BIOLOGIQUE PROPOSE ET DEBITS NATURELS RECONSTITUES

On vérifie ici la cohérence entre les débits biologiques proposés ci-avant et l'hydrologie naturelle du cours d'eau telle que reconstituée dans la phase 2 de la présente étude.

Pour chaque mois de la chronique de débits naturels reconstitués (1970 à 2009), on compare ci-dessous le débit naturel au débit biologique proposé (on prendra 30 l/s correspondant à un débit moyen de la gamme de débits biologiques proposée).

Lorsque le débit naturel est inférieur à 30 l/s, la cellule du tableau est colorée en jaune. Lorsqu'elle est inférieure à 24 l/s (80% de 30 l/s), la cellule est colorée en orange.

Figure 52 : Comparaison des débits naturels reconstitués mensuels et débits cibles - Le Garon à Thurins

Légende:															
Le débit est inférieur au débit cible														Le débit est inférieur à 80% du débit cible	
QM	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	"Q > Qcible" chaque mois?	Nb de mois où Q < Qcible	
1 970	0,26	0,50	0,51	0,44	0,37	0,41	0,11	0,05	0,03	0,10	0,21	0,20	oui	-	
1 971	0,23	0,19	0,36	0,41	0,24	0,12	0,15	0,09	0,05	0,02	0,13	0,15	non	1	
1 972	0,34	0,65	0,25	0,17	0,14	0,08	0,04	0,02	0,02	0,13	0,17	0,29	non	2	
1 973	0,46	0,38	0,14	0,19	0,20	0,12	0,21	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	oui	-	
1 974	0,05	0,26	0,17	0,11	0,13	0,10	0,05	0,03	0,09	0,17	0,53	0,27	oui	-	
1 975	0,39	0,25	0,31	0,16	0,39	0,21	0,08	0,11	0,35	0,15	0,43	0,37	oui	-	
1 976	0,23	0,32	0,12	0,07	0,04	0,02	0,02	0,07	0,21	0,26	0,33	0,27	non	2	
1 977	0,36	0,41	0,30	0,18	0,28	0,17	0,26	0,19	0,05	0,05	0,04	0,12	oui	-	
1 978	0,17	0,24	0,24	0,18	0,11	0,04	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	non	5	
1 979	0,10	0,12	0,14	0,07	0,07	0,11	0,04	0,04	0,02	0,17	0,09	0,16	non	1	
1 980	0,11	0,10	0,15	0,12	0,07	0,04	0,03	0,05	0,07	0,10	0,14	0,16	non	1	
1 981	0,24	0,11	0,12	0,04	0,17	0,13	0,05	0,02	0,06	0,04	0,04	0,19	non	1	
1 982	0,17	0,06	0,08	0,03	0,01	0,02	0,04	0,07	0,05	0,04	0,23	0,19	non	3	
1 983	0,09	0,11	0,18	0,37	0,36	0,07	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	non	6	
1 984	0,03	0,04	0,07	0,02	0,04	0,05	0,02	0,01	0,01	0,03	0,06	0,08	non	5	
1 985	0,07	0,06	0,09	0,04	0,11	0,08	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	non	5	
1 986	0,11	0,24	0,15	1,08	0,64	0,21	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,18	oui	-	
1 987	0,24	0,36	0,19	0,12	0,30	0,30	0,17	0,13	0,07	0,39	0,39	0,46	oui	-	
1 988	0,46	0,42	0,59	0,30	0,60	0,33	0,16	0,06	0,04	0,21	0,15	0,21	oui	-	
1 989	0,12	0,19	0,12	0,89	0,33	0,10	0,05	0,02	0,02	0,01	0,04	0,06	non	3	
1 990	0,10	0,31	0,15	0,18	0,25	0,23	0,08	0,04	0,05	0,20	0,60	0,61	oui	-	
1 991	0,25	0,22	0,43	0,21	0,08	0,07	0,03	0,02	0,24	0,17	0,20	0,15	non	1	
1 992	0,10	0,10	0,15	0,23	0,15	0,52	0,15	0,07	0,08	0,29	0,43	0,27	oui	-	
1 993	0,13	0,10	0,05	0,08	0,12	0,07	0,06	0,04	0,68	1,47	0,59	0,50	oui	-	
1 994	0,78	0,37	0,13	0,24	0,23	0,15	0,13	0,14	0,41	0,33	0,50	0,29	oui	-	
1 995	0,48	0,52	0,28	0,36	0,49	0,13	0,05	0,04	0,20	0,18	0,23	0,25	oui	-	
1 996	0,32	0,36	0,21	0,13	0,21	0,16	0,17	0,08	0,04	0,03	1,10	0,64	non	1	
1 997	0,64	0,29	0,10	0,06	0,06	0,15	0,09	0,06	0,03	0,03	0,11	0,21	non	2	
1 998	0,31	0,17	0,14	0,29	0,27	0,12	0,05	0,03	0,09	0,10	0,18	0,14	non	1	
1 999	0,29	0,47	0,34	0,29	0,17	0,08	0,06	0,04	0,12	0,35	0,47	0,41	oui	-	
2 000	0,20	0,19	0,13	0,25	0,14	0,08	0,04	0,04	0,05	0,16	0,50	0,30	oui	-	
2 001	0,39	0,20	0,63	0,37	0,27	0,18	0,15	0,07	0,07	0,22	0,17	0,09	oui	-	
2 002	0,09	0,13	0,10	0,05	0,14	0,14	0,14	0,10	0,11	0,10	1,30	0,76	oui	-	
2 003	0,46	0,25	0,10	0,06	0,04	0,05	0,04	0,03	0,02	0,11	0,20	1,24	non	2	
2 004	0,89	0,54	0,51	0,34	0,11	0,05	0,04	0,29	0,10	0,61	0,65	0,44	oui	-	
2 005	0,39	0,27	0,12	1,15	0,32	0,20	0,07	0,04	0,03	0,07	0,08	0,09	non	1	
2 006	0,15	0,25	0,51	0,34	0,21	0,08	0,21	0,16	0,09	0,10	0,39	0,34	oui	-	
2 007	0,41	0,49	0,36	0,18	0,30	0,38	0,37	0,60	0,26	0,08	0,19	0,19	oui	-	
2 008	0,28	0,17	0,21	0,39	0,36	0,23	0,17	0,13	0,11	0,36	0,74	0,46	oui	-	
2 009	0,28	0,62	0,24	0,26	0,11	0,06	0,05	0,04	0,03	0,11	0,20	0,28	oui	-	

On en tire les conclusions suivantes :

- ▶ La valeur de 30 l/s est respectée à 91% au pas de temps mensuel sur les 40 dernières années ;
- ▶ Pour 55 % des années, le débit est satisfait chaque mois ;
- ▶ Pour 75 % des années, le débit est satisfait au moins 11 mois sur 12.

La gamme de débits biologiques proposée apparaît ainsi cohérente avec l'hydrologie naturelle. Cependant, lors des années d'étiages très sévères et prolongées, on note que les débits du cours d'eau sont inférieures aux valeurs proposées.

1.5.2.3 Hydrologie au pas de temps journalier

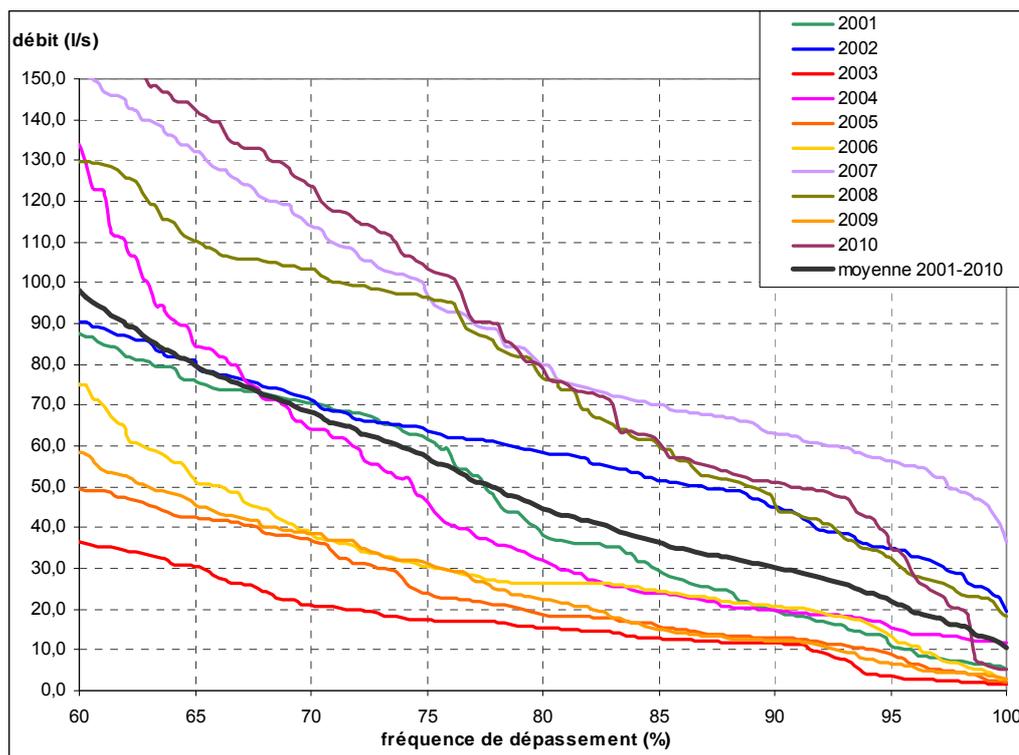
Une analyse de l'hydrologie du bassin au pas de temps journalier s'avère également pertinente pour qualifier les étiages du Garon. Les chapitres précédents ont montré que l'analyse de la ressource au pas de temps mensuel masque en partie le fonctionnement de l'hydrosystème.

L'analyse des débits journaliers désinfluencés classés du Garon à Thurins de 2001 à 2010 permet de tirer les enseignements suivants :

- ▶ La fréquence de dépassement 70% correspond à un débit de 68 l/s sur la période 2001-2010. En 2003, 2005, 2006 et 2009, pour la même fréquence de dépassement, les débits sont très inférieurs : ils sont compris entre 40 et 20 l/s ;
- ▶ La fréquence de dépassement 80% correspond à un débit de 45 l/s sur la période 2001-2010. 6 années sur 10 présentent pour cette fréquence des débits inférieurs, compris entre 40 et 15 l/s ;
- ▶ La fréquence de dépassement 90% correspond à un débit de 30 l/s sur la période 2001-2010. 6 années sur 10 présentent pour cette fréquence des débits inférieurs, compris entre 20 et 10 l/s.
- ▶ La fréquence de dépassement 95% correspond à un débit de 21 l/s sur la période 2001-2010. 6 années sur 10 présentent pour cette fréquence des débits inférieurs, compris entre 3,5 et 15 l/s.

D'après les données naturelles reconstituées, il ne semble pas que cette partie de cours d'eau soit soumise à des assec : la bonne productivité du haut-bassin témoigne de l'existence naturelle de zones refuges sur ces secteurs.

Figure 53 : Courbe des débits journaliers désinfluencés classés du Garon à Thurins des années 2001 à 2010



Les figures ci-après présentent l'analyse des fréquences d'apparition des débits d'étiages désinfluencés entre les mois de juin et d'octobre. Les valeurs choisies pour l'analyse ont été choisies dans la gamme de valeurs présentées ci-avant :

Figure 54 : Fréquence des débits d'étiages journaliers désinfluencés du Garon à Thurins (2001 à 2010)

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Moyenne 2001-2010
nombre de jours	inférieur à 5 l/s	0	0	23	0	11	4	0	0	13	0	5
	inférieur à 10 l/s	16	0	31	0	21	14	0	0	27	6	12
	inférieur à 20 l/s	38	1	104	39	77	31	0	2	65	8	37
	inférieur à 30 l/s	56	10	127	71	99	89	0	17	89	16	57
	inférieur à 40 l/s	74	31	158	87	118	112	1	28	114	21	74

1.5.2.4 Détermination du débit biologique de survie

Au regard des éléments hydrologiques présentés ci-avant, le débit biologique de survie est situé dans une gamme de débits très faibles pour laquelle une analyse de la variation d'habitat n'est pas pertinente.

La survie des espèces ne semble pas liée directement à la quantité d'habitats disponibles mais à l'accès aux zones refuges et au maintien de la présence d'eau, même à débit très faible, dont la qualité sera en adéquation avec les exigences des espèces (température et oxygène dissous notamment).

Aussi, la seule notion de débit ne peut, dans le contexte du Garon, suffire pour la survie des espèces : la protection du cours d'eau par une ripisylve dense et bien constituée, la continuité biologique ainsi que la reconquête d'une qualité d'eau acceptable sont des éléments fondamentaux qu'il convient de restaurer et conserver.

A la lumière des éléments présentés ci avant, il est proposé les conclusions suivantes :

- ▶ Un débit biologique de survie compris entre 10 et 20 l/s.

La durée de ce débit ne doit pas excéder 10 à 20 jours de suite sous peine de pénaliser fortement les espèces les plus fragiles. Les années concernées par ce débit est en moyenne 2 années sur 3.

1.5.3 Le Mornantet à Mornant

1.5.3.1 Hydrologie au pas de temps mensuel

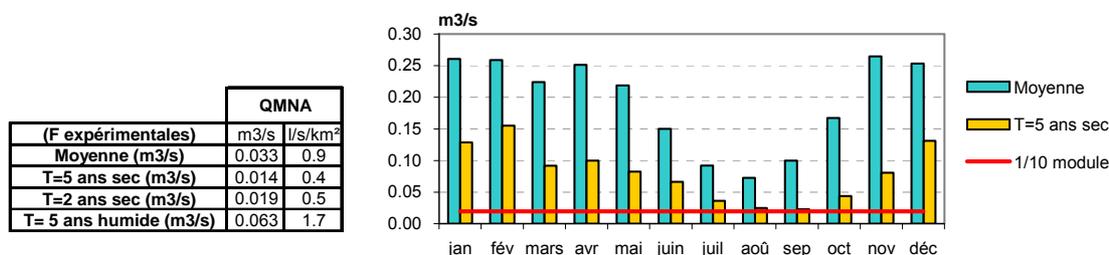
Il est présenté ci-après la synthèse de l'analyse hydrologique réalisée en phase 2.

Analyse statistique sur la période 1970-2009

Cours d'eau : **Mornantet**
 Station : à **Mornant** superficie contrôlée : **37 km²**
 Type de débit : **NATUREL RECONSTITUE PAR rapport surfacique avec le Corsenat**

Débit en m³/s

(F expérimentales)	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	aoû	sep	oct	nov	déc	Annuel		1/10	1/20
													m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s	m ³ /s
Moyenne	0.26	0.26	0.22	0.25	0.22	0.15	0.09	0.07	0.10	0.17	0.26	0.25	0.19	5	0.019	0.010
T=10 ans sec	0.09	0.12	0.08	0.05	0.06	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.12	3		
T=5 ans sec	0.13	0.16	0.09	0.10	0.08	0.07	0.04	0.02	0.02	0.04	0.08	0.13	0.14	4		
T=2 ans	0.23	0.21	0.21	0.18	0.18	0.11	0.07	0.05	0.05	0.11	0.19	0.22	0.18	5		
T= 5 ans humide	0.36	0.36	0.36	0.29	0.30	0.20	0.14	0.09	0.16	0.25	0.45	0.39	0.24	7		
T=10 ans humide	0.45	0.42	0.39	0.40	0.45	0.30	0.18	0.16	0.25	0.38	0.60	0.47	0.27	7		



La valeur du VCN30 T=5sec (débit moyen journalier naturel reconstitué sur 30 jours consécutifs de période de retour 5 ans) calculé sur 7 années (de 1989 à 1995) est de 4 l/s.

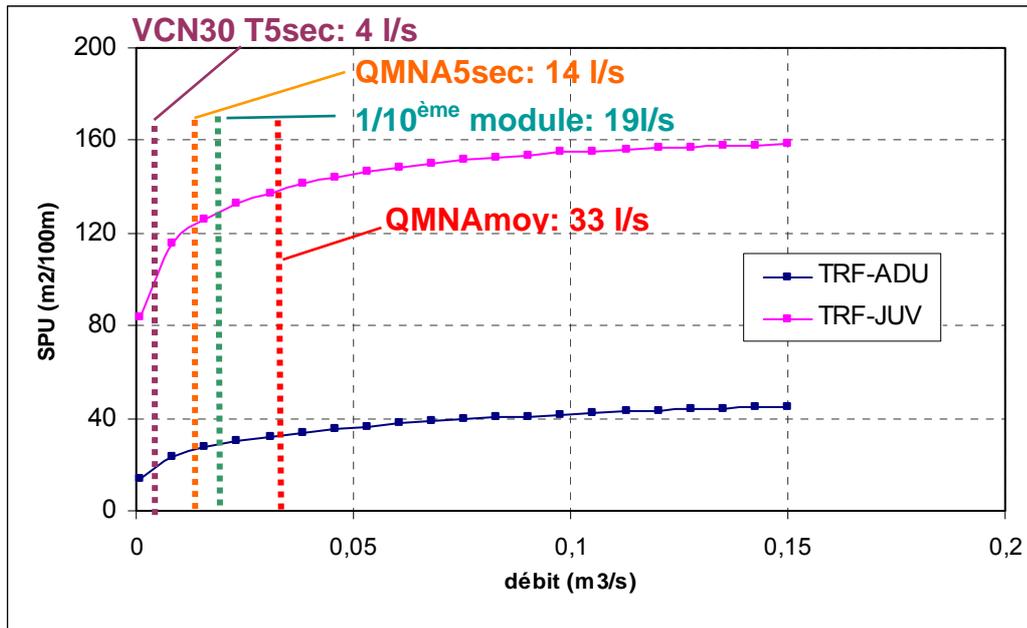
1.5.3.2 Détermination du débit biologique

RESULTATS DE LA MODELISATION ET INTERPRETATION

Espèce repère : *truite fario*

Similairement aux stations du Garon, les habitats pour la truite adulte du Mornantet à Mornant apparaissent peu favorables sur cette station puisque la valeur d'habitat à ce stade ne dépasse pas 0,15. Cela est principalement dû aux conditions d'habitats défavorables pour ce stade de développement (faible hauteur d'eau et substrat très fin défavorable à cette espèce). La station apparait comme plus favorable au stade juvénile de truite fario (VHA comprise entre 0,4 et 0,5) en raison de la préférence de hauteur d'eau modeste plus favorable à ce stade.

Figure 55 : Courbes d'évolution de la surface utile (pour 100 m de cours d'eau) en fonction du débit - Truite fario - Le Mornantet à Mornant

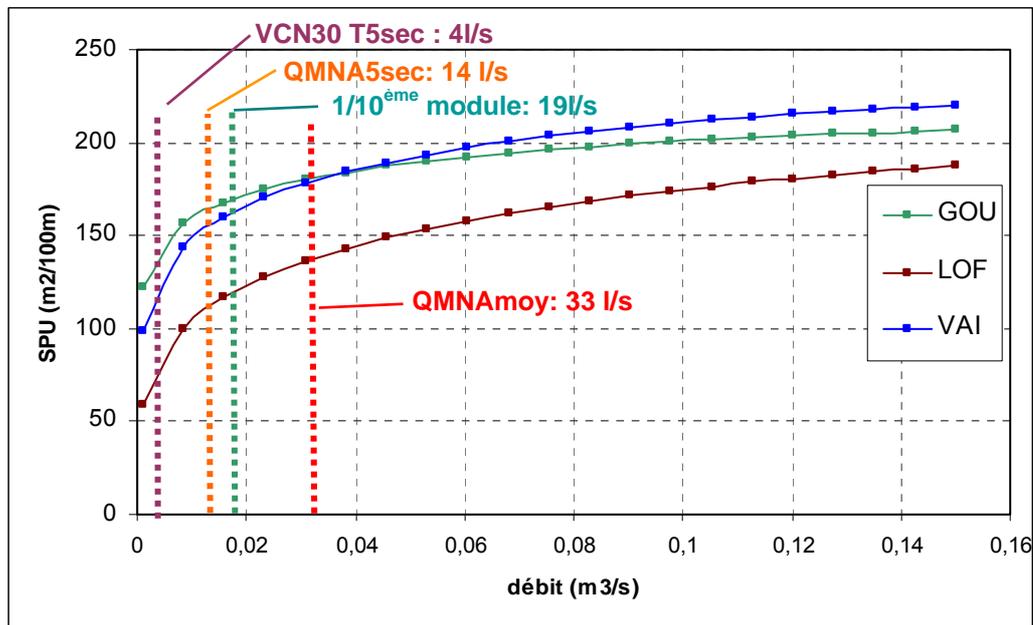


Les valeurs de SPU au stade juvénile augmentent très rapidement, de la borne basse jusqu'à 15 l/s, pour atteindre plus de 120 m²/100m de cours d'eau pour ce débit. L'augmentation est ensuite plus progressive mais relativement soutenue jusqu'à 100 l/s. L'augmentation de SPU la plus importante est située entre la borne basse et 15-20 l/s correspondant au QMNA5sec et le 1/10^{ème} du module reconstitué. La valeur du SAR pour ce stade de développement est située autour de 15 l/s.

L'augmentation de la SPU en fonction du débit au stade adulte de la truite fario est plus aplaniée que pour le stade juvénile et ne dépasse pas les 55 m²/100m de cours d'eau dans l'intervalle d'étude. La SPU présente la plus forte augmentation entre la borne basse et 15 l/s. Au-delà de cet intervalle, le gain de surface est plus faible pour la même augmentation du débit. La valeur de SAR pour ce stade de développement est donc située autour de 15 l/s soit approximativement le QMNA5sec reconstitué.

Espèces accompagnatrices

Figure 56 : Evolution de la surface utile en fonction du débit - Espèces accompagnatrices de la Truite fario
- Le Mornantet à Mornant



Similairement au Garon, on distingue 2 cas concernant les espèces accompagnatrices de la Truite fario pour la station du Mornantet à Mornant :

- ▶ Le Goujon et le Vairon (GOU et VAI) trouvent sur cette station des conditions d'habitat relativement favorables. Les VHA sont élevées et comprises entre 0,5 et 0,7. Les SPU sont également élevées (supérieure à 100 m²/100 m de cours d'eau) témoignant des conditions d'habitat relativement favorables pour ces espèces.
- ▶ Lorsque le débit est inférieur à 15-20 l/s et diminue progressivement, les SPU chutent très fortement pour ces deux espèces. Entre 40 l/s et la borne haute de l'intervalle, le gain d'habitat est modeste avec le débit.
- ▶ Il est proposé pour ces deux espèces de fixer un SAR entre 15 et 20 l/s soit le QMNA5sec et le 1/10^{ème} du module reconstitué
- ▶ La Loche franche (LOF) qui occupe une position « basse » pour ces espèces accompagnatrices de la truite fario du fait de VHA comprise entre 0,3 et 0,55.

La courbe de SPU met en évidence une augmentation très rapide des surfaces favorables entre la borne basse de l'intervalle d'étude et 20 l/s. La SPU atteint 120 m²/100 m de cours d'eau pour un débit de 20 l/s. Le gain d'habitat avec l'augmentation du débit reste plus faible au-delà de cette valeur mais continue de croître avec le débit jusqu'à la borne haute de l'intervalle d'étude : la SPU ne dépasse pas 200 m²/100 m. Aussi, il est proposé de fixer un SAR de 20 l/s pour cette espèce soit un débit avoisinant le 1/10^{ème} du module reconstitué.

Bilan

Le Mornantet à Mornant présente des similarités fortes avec la station du Garon à Thurins : l'espèce repère, la truite fario adulte, est la moins favorisée sur la station en terme de quantité d'habitats disponible. Cela est essentiellement dû aux faibles hauteurs d'eau de la station en basses eaux qui pénalisent fortement ce stade de développement. Aussi, il est observé sur le terrain très peu de caches ou d'abris pour cette espèce aux bas débits

Il est possible de favoriser ces habitats en créant des aménagements spécifiques pour favoriser les abris en basses eaux. Cela peut prendre la forme de fixation (voir la création) d'embâcles en berges sans impact réel sur le risque inondation ou de blocs dans le lit dont le dimensionnement sera adapté au cours d'eau et à l'existant. Ils permettraient de diversifier localement les hauteurs d'eau pour augmenter la densité d'abris, limiter l'impact de la perte d'habitats avec la diminution du débit et favoriser les substrats plus biogènes.

La figure ci-après présente pour les deux stades d'étude de la truite les gains potentiels de SPU pour une large gamme de débits d'étude :

Figure 57 : Evolution des gains de SPU de la truite fario selon les débits - Le Mornantet à Mornant

	5 l/s	10 l/s	20 l/s	30 l/s	40 l/s	50 l/s	60 l/s
SPU truite adulte	21	25	29	32	34	36	37
Gain de SPU en %		+19%	+16%	+10%	+6,2%	+5,8%	+2,7%
SPU truite juvénile	106	118	130	137	142	145	148
Gain de SPU en %		+11%	+10%	+5,4%	+3,6%	+2,1%	+2%

Il met en lumière le gain que le gain de SPU est important avec le débit jusqu'à un débit de 10-30 l/s. Au dessus, le débit apporte un gain plus faible de SPU en raison des modifications d'habitats plus modeste.

PROPOSITION D'UNE GAMME DE DEBITS BIOLOGIQUES

A la lumière des éléments présentés ci avant et compte tenu de l'hydrologie naturelle reconstitué, il est proposé les conclusions suivantes :

- ▶ Un débit biologique maintenant les fonctionnalités biologiques du système compris entre 10 et 30 l/s.
- ▶ Il correspond à une dégradation maîtrisée des paramètres fonctionnels comme les habitats. Il permet une meilleure dilution des rejets ponctuels du bassin versant. Sous couverture d'une ripisylve fonctionnelle, ce débit doit permettre de garantir une température acceptable pour les espèces cibles.
- ▶ Pour rappel, ces débits proposés sont situés dans la gamme de débits constituée par le QMNA5sec (14 l/s) et le QMNAmoyen (33l/s).

Les débits présentés ci-avant ne sauraient à eux seuls garantir la bonne fonctionnalité du milieu et le bon état écologique : une amélioration des paramètres d'habitats, de la végétation rivulaire, la physicochimie (pollution agricole diffuse et rejet de STEP) ainsi que la continuité écologique doit être menée.

COMPARAISON ENTRE DEBIT BIOLOGIQUE PROPOSE ET DEBITS NATURELS RECONSTITUES

On vérifie ici la cohérence entre les débits biologiques proposés ci-avant et l'hydrologie naturelle du cours d'eau telle que reconstituée dans la phase 2 de la présente étude.

Pour chaque mois de la chronique de débits naturels reconstitués (1970 à 2009), on compare ci-dessous le débit naturel au débit biologique proposé (on prendra 20 l/s correspondant à un débit moyen de la gamme de débits biologiques proposée).

Lorsque le débit naturel est inférieur à 20 l/s, la cellule du tableau est colorée en jaune. Lorsqu'elle est inférieure à 16 l/s (80% de 20 l/s), la cellule est colorée en orange.

Figure 58 : Comparaison des débits naturels reconstitués mensuels et débits cibles - Le Mornantet à Mornant

Légende:															
Le débit est inférieur au débit cible												Le débit est inférieur à 80% du débit cible			
QM	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	"Q > Qcible" chaque mois?	Nb de mois où Q < Qcible	
1970	0,18	0,38	0,27	0,28	0,19	0,14	0,04	0,02	0,01	0,09	0,21	0,19	non	1	
1971	0,22	0,12	0,30	0,32	0,18	0,11	0,05	0,05	0,03	0,02	0,12	0,15	non	1	
1972	0,32	0,61	0,25	0,15	0,11	0,07	0,04	0,02	0,01	0,12	0,16	0,29	non	2	
1973	0,41	0,32	0,12	0,15	0,17	0,08	0,14	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	non	2	
1974	0,02	0,17	0,12	0,08	0,08	0,05	0,03	0,02	0,08	0,15	0,44	0,21	non	1	
1975	0,33	0,24	0,27	0,12	0,31	0,16	0,07	0,08	0,32	0,11	0,19	0,19	oui	-	
1976	0,13	0,19	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	0,08	0,30	0,38	0,32	0,23	non	3	
1977	0,34	0,54	0,33	0,21	0,29	0,17	0,26	0,23	0,07	0,07	0,07	0,18	oui	-	
1978	0,23	0,35	0,38	0,33	0,19	0,07	0,04	0,09	0,04	0,02	0,01	0,02	non	2	
1979	0,16	0,21	0,26	0,14	0,17	0,20	0,07	0,12	0,05	0,43	0,19	0,32	oui	-	
1980	0,22	0,21	0,38	0,27	0,13	0,08	0,06	0,15	0,25	0,24	0,29	0,32	oui	-	
1981	0,58	0,27	0,31	0,10	0,45	0,53	0,20	0,08	0,24	0,12	0,09	0,43	oui	-	
1982	0,43	0,16	0,20	0,06	0,03	0,06	0,10	0,18	0,16	0,13	0,73	0,56	oui	-	
1983	0,23	0,33	0,48	1,38	1,00	0,21	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	non	4	
1984	0,08	0,13	0,22	0,08	0,09	0,18	0,06	0,03	0,04	0,12	0,19	0,26	oui	-	
1985	0,22	0,20	0,36	0,17	0,47	0,34	0,13	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	non	3	
1986	0,09	0,19	0,12	0,87	0,47	0,15	0,06	0,04	0,08	0,05	0,07	0,23	oui	-	
1987	0,23	0,31	0,16	0,12	0,27	0,38	0,15	0,07	0,03	0,26	0,31	0,38	oui	-	
1988	0,39	0,39	0,50	0,30	0,59	0,29	0,12	0,06	0,03	0,19	0,11	0,14	oui	-	
1989	0,08	0,18	0,09	0,71	0,28	0,08	0,04	0,02	0,02	0,01	0,04	0,05	non	1	
1990	0,11	0,19	0,08	0,12	0,22	0,18	0,08	0,04	0,02	0,09	0,46	0,46	oui	-	
1991	0,19	0,19	0,40	0,17	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14	0,16	0,18	0,16	non	1	
1992	0,11	0,11	0,19	0,19	0,14	0,57	0,18	0,09	0,10	0,36	0,59	0,26	oui	-	
1993	0,11	0,08	0,04	0,05	0,17	0,09	0,09	0,05	0,59	1,24	0,50	0,46	oui	-	
1994	0,75	0,33	0,11	0,27	0,24	0,16	0,13	0,08	0,25	0,25	0,45	0,20	oui	-	
1995	0,39	0,45	0,21	0,29	0,34	0,11	0,07	0,05	0,20	0,17	0,19	0,18	oui	-	
1996	0,25	0,32	0,19	0,16	0,18	0,15	0,13	0,07	0,03	0,02	0,91	0,52	oui	-	
1997	0,57	0,27	0,07	0,04	0,04	0,10	0,07	0,04	0,02	0,10	0,16	0,16	non	1	
1998	0,24	0,12	0,09	0,19	0,16	0,09	0,04	0,02	0,07	0,08	0,11	0,09	non	1	
1999	0,21	0,34	0,25	0,21	0,17	0,08	0,03	0,11	0,27	0,34	0,27	0,27	oui	-	
2000	0,16	0,16	0,12	0,13	0,08	0,10	0,04	0,03	0,02	0,10	0,27	0,17	oui	-	
2001	0,24	0,12	0,44	0,29	0,26	0,16	0,17	0,06	0,05	0,12	0,08	0,05	oui	-	
2002	0,05	0,08	0,07	0,03	0,13	0,10	0,10	0,06	0,09	0,07	0,94	0,56	oui	-	
2003	0,35	0,19	0,07	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,08	0,15	0,96	non	4	
2004	0,59	0,42	0,39	0,22	0,07	0,04	0,02	0,12	0,05	0,42	0,45	0,32	oui	-	
2005	0,35	0,21	0,09	0,86	0,20	0,09	0,03	0,02	0,02	0,07	0,07	0,08	non	1	
2006	0,14	0,19	0,37	0,22	0,10	0,04	0,15	0,08	0,07	0,05	0,22	0,25	oui	-	
2007	0,27	0,40	0,26	0,11	0,22	0,25	0,38	0,40	0,16	0,05	0,09	0,14	oui	-	
2008	0,23	0,13	0,18	0,37	0,38	0,20	0,18	0,16	0,12	0,38	0,74	0,42	oui	-	
2009	0,23	0,58	0,19	0,20	0,08	0,05	0,05	0,03	0,03	0,12	0,19	0,24	oui	-	

On en tire les conclusions suivantes :

- ▶ La valeur de 20 l/s est respectée à 94% au pas de temps mensuel sur les 40 dernières années ;
- ▶ Pour 63 % des années, le débit est satisfait chaque mois ;
- ▶ Pour 83 % des années, le débit est satisfait au moins 11 mois sur 12.

La gamme de débits biologiques proposée apparaît ainsi cohérente avec l'hydrologie naturelle. Cependant, lors des années d'étiages très sévères et prolongés, on note que les débits du cours d'eau sont inférieurs aux valeurs proposées.

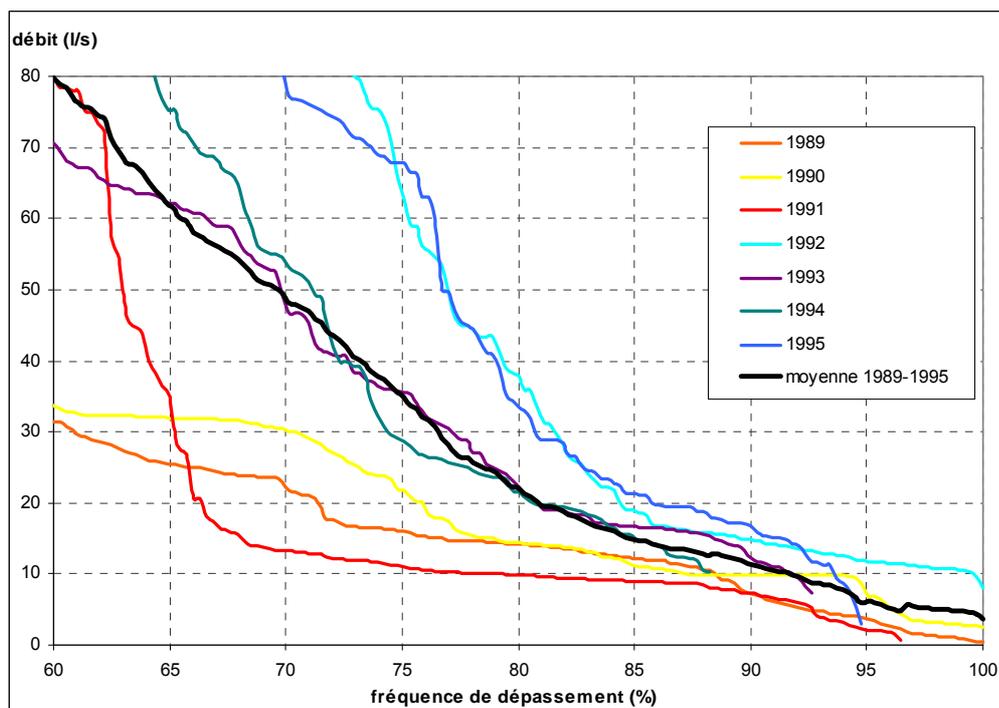
1.5.3.3 Hydrologie au pas de temps journalier

Une analyse de l'hydrologie du bassin au pas de temps journalier s'avère également pertinente pour qualifier les étiages du Mornantet : ce dernier étant moins productif que le bassin versant du Garon. Les chapitres précédents ont montré que l'analyse de la ressource au pas de temps mensuel masque en partie le fonctionnement de l'hydrosystème.

L'analyse des débits journaliers désinfluencés classés du Mornantet a été réalisée avec les données du base disponibles du Corsenat entre 1989 et 1995. Même si les données ne sont pas entièrement complètes pour toutes les années, elles permettent de dégager les enseignements suivants :

- ▶ La fréquence de dépassement 70% correspond à un débit de 48 l/s sur la période 1989-1995. 3 années sur 7 sont très en deçà de cette valeur : pour la même fréquence de dépassement, les débits sont compris entre 30 et 10 l/s;
- ▶ La fréquence de dépassement 80% correspond à un débit de 22 l/s sur la période 1989-1995. 3 années sur 7 présentent des débits inférieurs, compris entre 10 et 15 l/s;
- ▶ La fréquence de dépassement 90% correspond à un débit de 11 l/s sur la période 1989-1995. 3 années sur 7 présentent des débits inférieurs, compris entre 10 et 7 l/s.
- ▶ La fréquence de dépassement 95% correspond à un débit de 6 l/s sur la période 2001-2010.

Figure 59 : Courbe des débits journaliers désinfluencés classés du Mornantet à Mornant



Ces éléments confirment la plus faible productivité de ce bassin en comparaison avec le Haut Garon. Lors de la campagne estivale 2010 (acquisition des données pour la modélisation ESTIMHAB), le débit du Mornantet a été mesuré à 13 l/s à Mornant alors que la même journée, le débit du Garon à Thurins était de 49 l/s.

1.5.3.4 Détermination du débit biologique de survie

Au regard des éléments hydrologiques présentés ci-avant, le débit biologique de survie est situé dans une gamme de débits très faibles pour laquelle une analyse de la variation d'habitat n'est pas pertinente.

La survie des espèces ne semble pas liée à la quantité d'habitats disponibles mais à l'accès aux zones refuges et au maintien de la présence d'eau, même à débit très faible, dont sa qualité sera en adéquation avec les exigences des espèces (température et oxygène dissous notamment).

Aussi, la seule notion de débit ne peut, dans le contexte du Mornantet, suffire à lui seul pour la survie des espèces: la protection du cours d'eau par une ripisylve dense et bien constituée, la continuité biologique ainsi que la reconquête d'une qualité d'eau acceptable sont des éléments fondamentaux qu'il convient de restaurer et conserver.

A la lumière des éléments présentés ci avant, il est proposé les conclusions suivantes :

- ▶ Un débit biologique de survie compris autour d'une valeur de 5 l/s.

La durée de ce débit ne doit pas excéder 10 à 20 jours de suite sous peine de pénaliser fortement les espèces les plus fragiles. Les années concernées par ce débit est en moyenne 2 années sur 3.

1.5.4 Le Mornantet aval

Lors du choix et de la détermination des stations de débits biologiques, ce secteur n'a pas été retenu pour réaliser des investigations ou d'analyse spécifique visant à déterminer un DB et DBS.

Les dernières centaines de mètres du Mornantet avant la confluence avec le Garon sont intermittents, probablement en raison de l'infiltration des faibles débits dans la couche alluvionnaire. De fait, l'évaluation des besoins du milieu prend dans ce contexte plus de sens si on cherche à l'évaluer en dehors de cette zone de perte soit à la sortie de la zone de gorges de Chassagny et la confluence avec le Broulon.

L'alimentation du Mornantet est principalement issue de la tête de bassin versant : les affluents du Mornantet aval étant souvent à sec en période estivale (Broulon, Jonan...). La ressource est donc, dans ce secteur, similaire en période estivale à celle sur le Mornantet à Mornant.

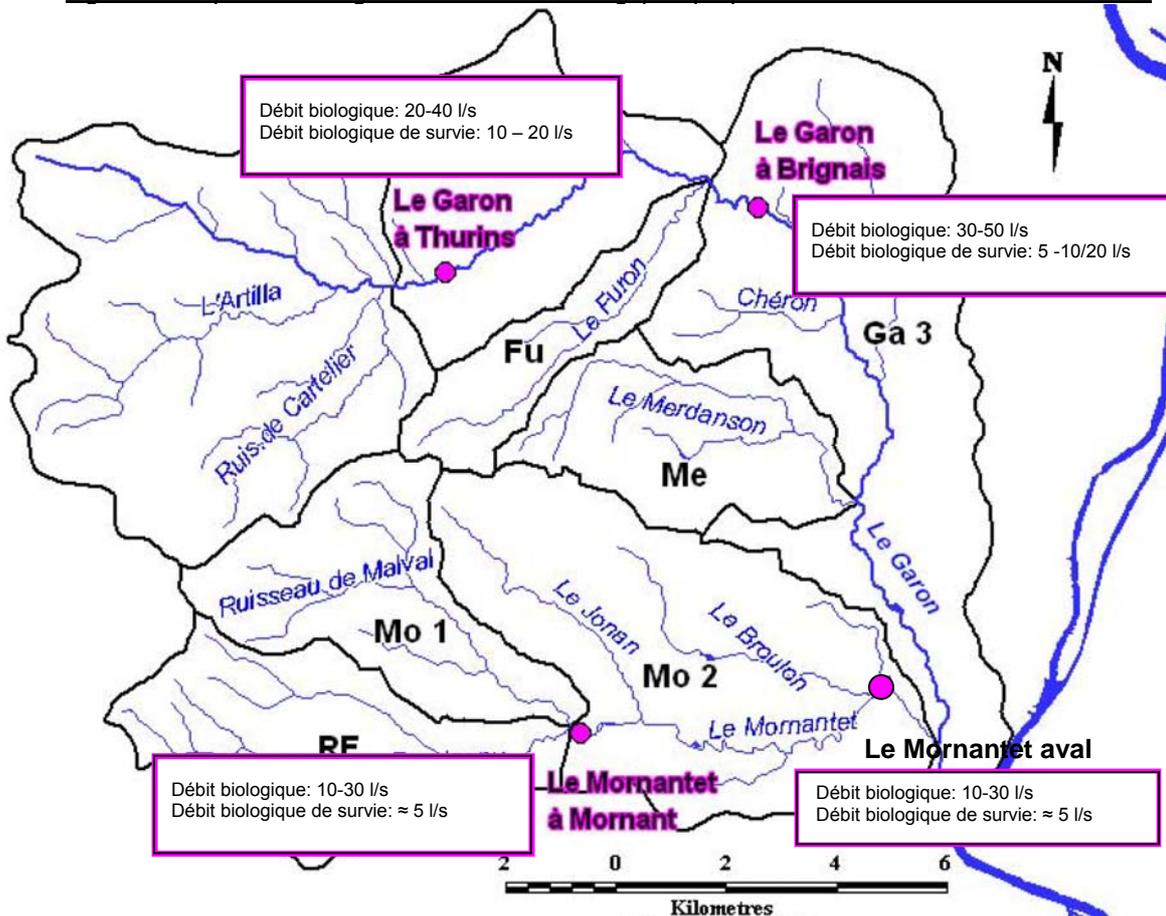
De fait, il est proposé de conserver sur ce secteur le débit biologique (DB) et débit biologique de survie (DBS) identiques à ceux proposés à la station du Mornantet à Mornant à savoir :

- ▶ DB : entre 10 et 30 l/s
- ▶ DBS : environ 5 l/s

1.5.5 Proposition de débits biologiques

La figure ci-après présente une synthèse des débits biologiques proposés :

Figure 60 : Synthèse des gammes de débits biologiques proposées sur le bassin versant du Garon



1.5.5.1 Gestion actuelle des étiages

Les services de l'Etat du département du Rhône ont pour objectif de mettre en place et faire respecter la gestion équilibrée de la ressource en eau en période d'étiage par les « arrêtés sécheresses ».

A ce jour, l'arrêté cadre n°2006-4057 fixe les mesures de préservation de la ressource en eau en période d'étiage pour les cours d'eau et nappes d'eaux souterraines du département du Rhône.

Le bassin versant du Garon est inclus dans le secteur hydrographique « Monts du Lyonnais » dont la gestion des eaux de surface s'appuie sur 3 stations hydrométriques : La Coise à LARAJASSE, L'Yzeron à CRAPONNE et la Brévenne à SAIN-BEL.

La période de vigilance débute au 1^{er} juin sauf situation exceptionnelle qui justifierait de l'anticiper. Les seuils utilisés pour déclencher les mesures sont 25 % du module (situation d'alerte / restriction : mesures de limitation des usages) et 10 % du module (situation de crise / interdiction : renforcement de mesures de limitation des usages).

Ces seuils se sont révélés inadaptés en raison des étiages naturellement très faibles sur ce secteur : tous les cours d'eau passent (quasi) tous les ans sous les 25 ou 10 % du module ce qui amènerait à déclencher trop souvent les seuils d'alerte et de crise.

Ce sont en partie ces raisons qui ont conduit à la révision de l'arrêté cadre, actuellement à l'état de projet et soumis à consultation des membres du comité sécheresse, des contrats de rivière et des syndicats d'AEP.

Il a été choisi d'utiliser un faisceau d'indicateurs (présenté ci-après) pour permettre la souplesse nécessaire dans l'application de l'arrêté en raison de la variabilité des débits, du comportement différent des cours d'eau au sein d'un même secteur hydrographique et de la précision des prévisions météorologiques. Dans la pratique, il est vraisemblablement privilégié un examen visuel des chroniques de débit fournies par la DREAL mises en perspective avec les différents niveaux et débits de références (voir figure ci-après).

Extrait du projet d'arrêté cadre fixant les mesures de préservation de la ressource en eau en période d'étiage pour les cours d'eau et les nappes d'eaux souterraines du département du Rhône :

La situation hydrologique des cours d'eau par secteur est évaluée à partir de la moyenne des débits moyens journaliers, mesurée sur une période de 7 jours consécutifs au niveau des stations de mesure de référence. Cette évaluation est réalisée tous les 14 jours en situation de vigilance, et tous les 7 jours en situation d'alerte ou de crise. Les courbes représentant les débits moyens journaliers et les « courbes enveloppes » des niveaux quinquennal et décennal, sec et humide, sont également utilisées pour apprécier la situation hydrologique.

SITUATION DE VIGILANCE

Cette situation correspond, pour les eaux superficielles et leurs nappes d'accompagnement, au niveau d'alimentation des cours d'eau et des nappes où les usages sont satisfaits sans préjudice pour le fonctionnement biologique des milieux aquatiques mais à partir duquel la situation basse est susceptible de s'aggraver en l'absence de pluie significative dans les semaines ou les mois à venir.

Le suivi hydrologique et biologique (sous réserve de disponibilité de la méthode et des données) est renforcé à partir du mois de mars, sauf situation exceptionnelle qui justifierait de l'anticiper.

Le passage à cette situation de vigilance peut également être apprécié au vu des constatations sur le fonctionnement biologique des milieux aquatiques.

La situation de vigilance est mise en place par arrêté préfectoral sur les secteurs concernés.

SITUATION D'ALERTE

Cette situation est caractérisée par le risque de début de conflit d'usage, et donc la nécessité de restreindre les usages de confort ; il s'agit d'économiser l'eau afin de retarder, si possible, le passage à la situation de crise ou de crise renforcée.

Pour les eaux superficielles et leurs nappes d'accompagnement, des mesures de restriction sont mises en place par arrêté préfectoral sur les secteurs hydrographique de regroupement concernés. Le déclenchement des mesures pour l'ensemble d'un secteur hydrographique de regroupement peut intervenir lorsque l'une des conditions suivantes est atteinte :

- ▶ la moyenne des débits d'un cours d'eau mesurés à l'une des stations de référence passe en-dessous de **25 % du module**. (Débit mensuel moyen interannuel).
- ▶ la moyenne des débits d'un cours d'eau mesurés à l'une des stations de référence passe en-dessous du niveau quinquennal sec.
- ▶ La moyenne des débits d'un cours d'eau mesurés à l'une des stations de référence passe en dessous du QMNA5 (débit mensuel sec de récurrence 5 ans)
- ▶ La moyenne des débits d'un cours d'eau mesurés à l'une des stations de référence passe en dessous du Débit D'Objectif d'Etiage ou du Débit Seuil d'Alerte définis dans les SDAGE, lorsqu'ils existent.
- ▶ le fonctionnement biologique du cours d'eau ne répond plus à sa référence typologique habituelle

La situation est également évaluée au vu des précipitations prévues pour les jours suivants.

SITUATION DE CRISE

Elle correspond, pour les eaux superficielles et leurs nappes d'accompagnement, à un étiage tel qu'en l'absence de mesures restrictives, de nombreux usages ne peuvent être satisfaits et que le fonctionnement biologique des milieux aquatiques se trouve fortement affecté (dystrophie, mortalité de poissons, assecs ...). Elle permet une limitation progressive des prélèvements et le renforcement substantiel des mesures de limitation ou de suspension des usages en cas de besoin afin de ne pas atteindre le niveau de crise renforcée.

Pour les eaux superficielles, des mesures de crise, (restriction et interdiction) sont mises en place par arrêté préfectoral sur les secteurs hydrographiques de regroupement concernés. Le déclenchement des mesures pour l'ensemble d'un secteur hydrographique de regroupement peut intervenir lorsque l'une des conditions suivantes est atteinte :

- ▶ la moyenne des débits d'un cours d'eau mesurés à l'une des stations de référence passe en-dessous de **10 % du module**.
- ▶ la moyenne des débits d'un cours d'eau mesurés à l'une des stations de référence passe en-dessous du niveau décennal sec
- ▶ la moyenne des débits d'un cours d'eau mesurés à l'une des stations de référence passe en dessous du QMNA10 (débit mensuel sec de récurrence 10 ans)
- ▶ le déséquilibre biologique prononcé des cours d'eau (dystrophie) entraîne la mortalité de certains poissons

La situation est également évaluée au vu des précipitations prévues pour les jours suivants.

SITUATION DE CRISE RENFORCEE ET D'INTERDICTION TOTALE

Cette situation correspond à la mise en péril de l'alimentation en eau potable, de la santé, de la salubrité publique, de la sécurité civile et la survie des espèces présentes dans le milieu. Elle doit impérativement être évitée ou ses conséquences atténuées par l'arrêt total des prélèvements non prioritaires au sens du SDAGE.

Le seuil de déclenchement de cette situation est au minimum identique au débit de crise renforcée tel que défini dans le SDAGE, lorsque ce débit existe, ou aux valeurs indiquées dans les études « volumes prélevables » réalisées en application des circulaires du 30 juin 2008 et du 3 août 2010 relatives à la gestion quantitative de la ressource.

En l'absence de ces valeurs, toute indication, en provenance notamment des exploitants des captages d'alimentation en eau potable, pourra être utilisée pour motiver le passage dans cette situation.

Figure 61 : Exemple de chroniques de débits des stations de référence du secteur hydrographique « Monts du Lyonnais » et mise en perspective des niveaux et débits de références

Conditions du moment au 07/09/2011

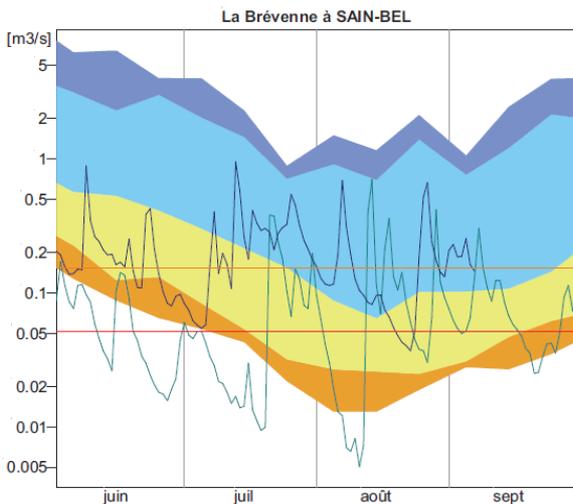
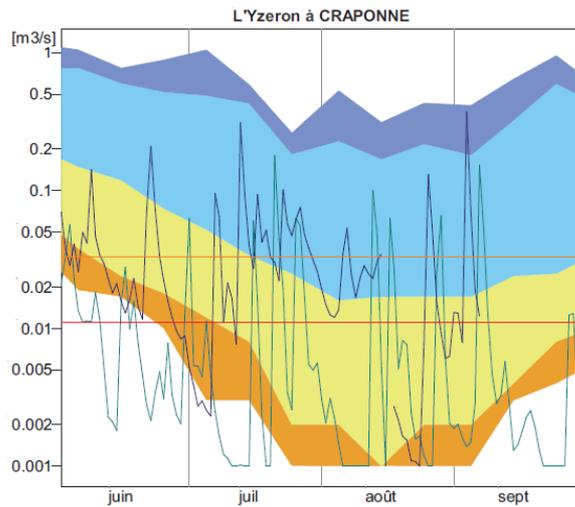
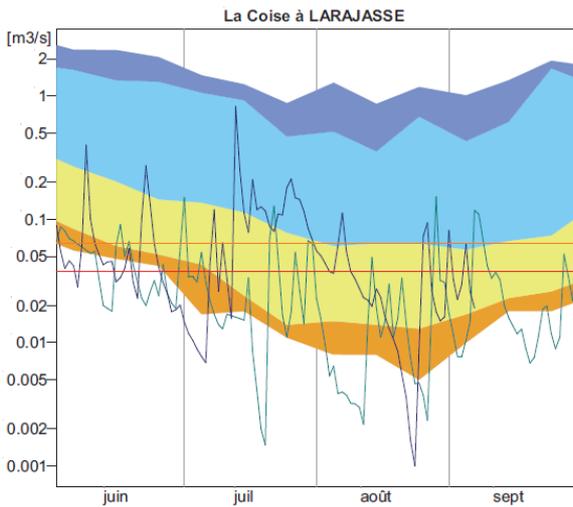
Page 7

Monts du Lyonnais



Station	Module [m3/s]	QMNA5 [m3/s]	Rapports des débits journaliers au module %										Débit [m3/s] le 07/9	Rapport au QMNA5
			29/8	30/8	31/8	01/9	02/9	03/9	04/9	05/9	06/9	07/9		
La Coise à LARAJASSE	0.643	0.038	3	2	3	13	5	3	5	10	4	3	0.019	0.5
L'Yzeron à CRAPONNE	0.331	0.011	3	2	2	4	4	2	112	22	6	4	0.012	1.1
La Brévenne à SAIN-BEL	1.55	0.052	11	9	9	13	15	12	12	17	11	9	0.145	2.8

Graphiques d'évolution et de comparaison aux références



DREAL Rhône-Alpes (Service Prévention des Risques/ Unité Hydrométrie Prévision des crues)

2. DETERMINATION DES VOLUMES PRELEVABLES ET DES DEBITS OBJECTIFS D'ETIAGE

2.1 DETERMINATION DES VOLUMES PRELEVABLES ET DES DEBITS OBJECTIFS D'ETIAGE

2.1.1 Objectif Général et méthodologie

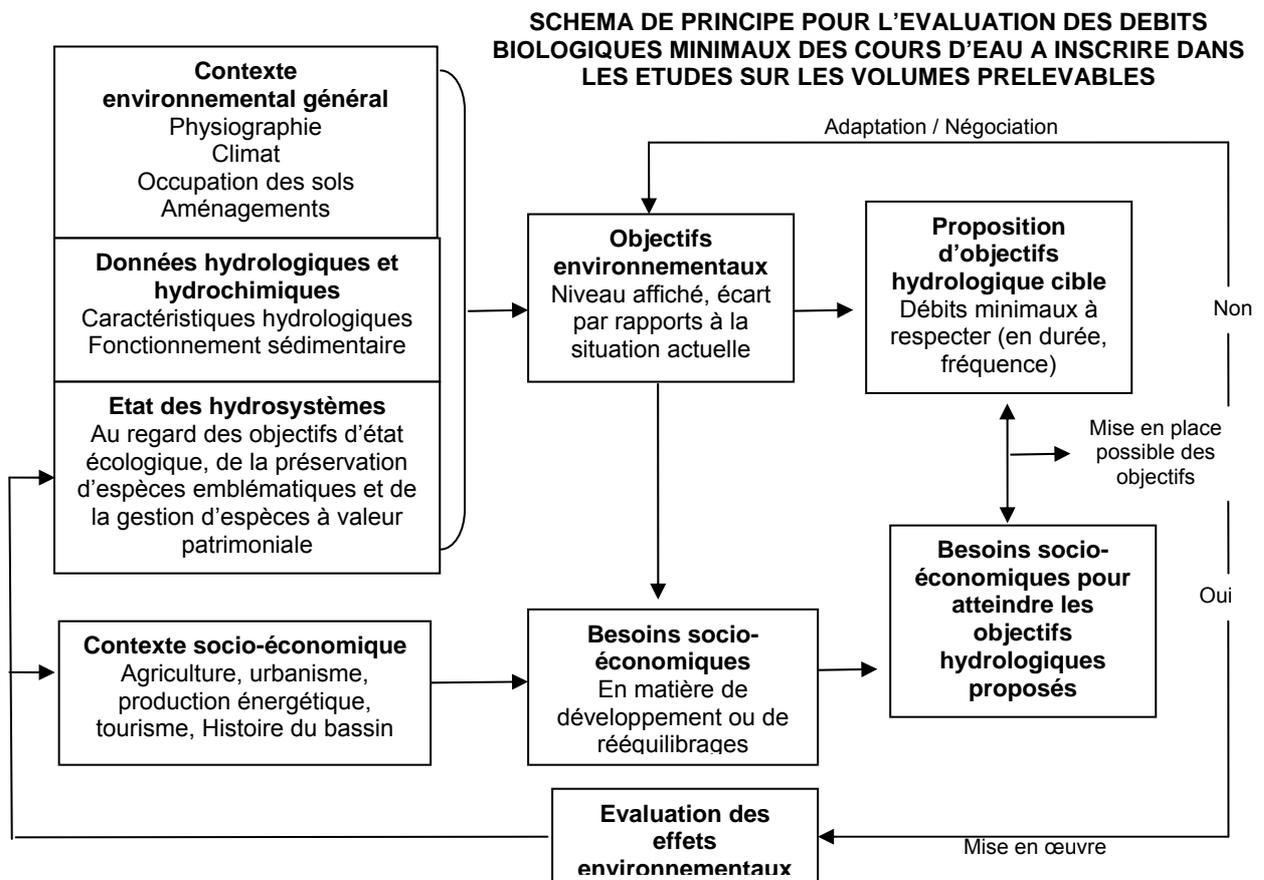
L'approche « volume prélevable » vise à mettre en correspondance les prélèvements qui sont réalisés sur les milieux aquatiques avec la nécessité de garantir le bon état écologique de ces milieux.

Il doit ainsi ressortir de cette approche des éléments quantifiés à destination des gestionnaires de ces milieux qui permettent de définir :

- ▶ les limites à respecter pour garantir le bon état des milieux,
- ▶ les volumes pouvant être prélevés au regard de ces limites.

La difficulté - et la richesse - de l'approche vient du fait que les processus de décision n'y sont pas linéaires et qu'il existe, en pratique, en amont de ces décisions, des « boucles » dans la réflexion et des allers-retours entre le souhaitable et le possible.

Ce point est décrit précisément dans le schéma suivant :

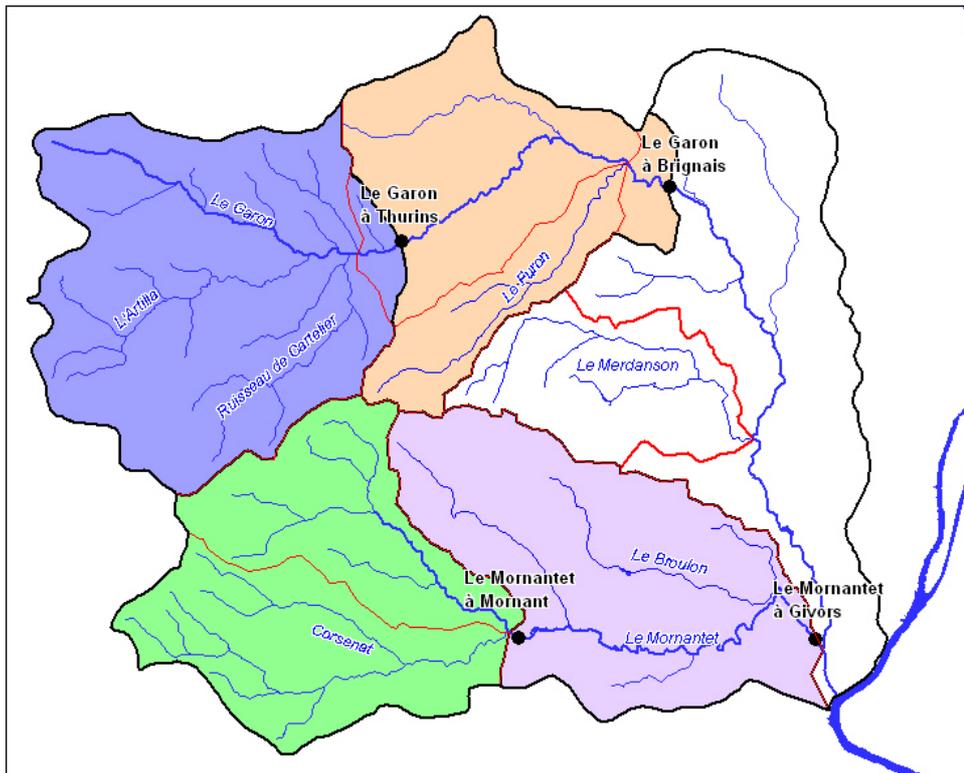


Les différentes grandeurs en jeu, débits minimums, volumes prélevables, sont donc très liées. Par ailleurs, l'analyse doit être en permanence confrontée à la ressource naturelle effectivement disponible.

2.1.2 Topologie

La disposition des points de référence et des tronçons sur le bassin du Garon est rappelée sur la carte ci-après.

Figure 62 : Localisation des points de référence



Le tableau suivant rappelle la liste des points et tronçons ainsi que leurs caractéristiques :

Tableau 1 : Liste des points de référence et tronçons associés

Tronçon	Point de référence associé	Surface du bassin versant correspondant au tronçon	Surface du bassin contrôlé par le point de référence associé
Le Garon et ses affluents de la source à Thurins	Le Garon à Thurins	45 km ²	45 km ²
Le Garon et ses affluents de Thurins à Brignais	Le Garon à Brignais	34 km ²	79 km ²
Le Mornantet et ses affluents de la source à Mornant	Le Mornantet à Mornant	37 km ²	37 km ²
Le Mornantet et ses affluents, de Mornant à la confluence au Rhône	Le Mornantet à Givors	36 km ²	73 km ²

2.1.3 Définition des termes du bilan et méthode d'établissement des indicateurs pour les différents tronçons et / ou points de référence

PRELEVEMENTS

Les développements relatifs aux prélèvements ont été détaillés en phase 1. On a distingué les prélèvements destinés aux usages « eau potable », « industrie », « irrigation » et « évaporation de plan d'eau ».

Le tableau « bilan des résultats » présenté au chapitre 2.2 rappelle les prélèvements réalisés sur chacun des tronçons étudiés.

Sur le bassin du Garon les prélèvements sur les ressources de surface sont relativement faibles et sont liés au remplissage des principales retenues du bassin (notamment Madone) en période hivernale, et à l'évaporation sur les nombreux plans d'eau du bassin versant en été. D'importants prélèvements ont lieu en milieu souterrain sur la nappe du Garon, notamment sur le sous-bassin Ga3, à l'aval de Brignais. Cependant l'étude de la nappe du Garon a montré que les débits sur le Garon amont (Garon à Thurins et Garon à Brignais), ne sont pas influencés par les prélèvements sur la nappe.

Le système « eau potable – assainissement » réalise un transfert entre le milieu souterrain (nappe du Garon, où est pompée la majeure partie de l'eau utilisée pour l'alimentation en eau potable), et les cours d'eau où ont lieu les rejets de station d'épuration associés à ces prélèvements (Rhône et bassin versant du Garon). En conséquence, on assiste parfois à un apport d'eau pour les rivières du bassin. Ceci explique les valeurs négatives parfois retrouvées dans le tableau de résultat, qui correspondent en fait à un apport d'eau via le système d'assainissement.

RESSOURCE SUPERFICIELLE

Les développements relatifs à la ressource ont été détaillés en phase 2 de l'étude.

Lors de cette phase, les débits naturels (c'est-à-dire tels qu'ils seraient en l'absence d'influence humaine) ont été reconstitués à partir de données climatiques (pluie, ETP), de données de débits mesurés en rivière (débits influencés par les prélèvements) et des informations récoltées sur les prélèvements au cours de la phase 1 de l'étude.

Le tableau de synthèse du chapitre 2.2 rappelle les valeurs moyennes (Qnat moy) et quinquennales sèches (Qnat 5 sec) obtenues pour chacun des tronçons étudiés.

DEBIT BIOLOGIQUE

Les développements relatifs aux aspects hydrobiologiques ont été détaillés dans la première partie du présent rapport.

Une analyse détaillée du contexte environnemental a été conduite, des espèces cibles ont été choisies et une modélisation (méthode Estimhab à partir de campagnes de terrain) a permis d'établir des correspondances entre débits et habitats piscicoles. Il en est ressorti des propositions de débits minimums biologiques, sous forme de fourchette, entre une valeur basse, notée DBb et une valeur haute notée DBh.

Le tableau de synthèse du chapitre 2.2 rappelle les valeurs des propositions basses et hautes de Débit Biologique issues de la première partie de la présente phase.

DEBIT DE SURVIE

Le débit biologique de survie (DBS) satisfait, en étiage sévère, les fonctionnalités biologiques du milieu en situation de survie à tout moment. Il est estimé sur la base d'un débit journalier.

DEBIT DE CRISE RENFORCEE (DCR)

La disposition 7-02 du SDAGE définit les débits de crise renforcée comme « les débits en dessous desquels seules les exigences relatives à la santé, la salubrité publique, la sécurité civile, l'alimentation en eau potable et les besoins des milieux naturels peuvent être satisfaits ». Les DCR sont des valeurs établies sur la base de débits caractéristiques ou d'un débit biologique minimum lorsque celui-ci peut-être établi.

En pratique, on a ³:

DCR = Débit de Survie + Débit prélevables pour les besoins sanitaires des usagers et pour assurer la sécurité civile

Dans le cas du bassin versant du Garon, les prélèvements pour les besoins d'alimentation en eau potable n'influent pas directement sur le cours d'eau. On a donc DCR = Débit de survie.

Les DCR pour chacun des points de référence sont présentés dans le Tableau 5.

DEBIT OBJECTIF D'ÉTIAGE - DEBIT CIBLE

Comme rappelé ci-avant, dans le cadre de la présente étude, des débits biologiques sont définis. En pratique, et le séminaire « Débits biologiques » tenu le 23 juin 2011 au siège de l'Agence de l'Eau RMC à Lyon l'a clairement rappelé, ces débits ne constituent pas des débits en-dessous desquels apparaissent d'emblée des mortalités piscicoles, mais des objectifs de gestion pour garantir les équilibres structurels entre la ressource en eau et les usages préleveurs qui en sont faits.

Dans le cadre des études volumes prélevables, ces débits minimums sont donc utilisés pour définir des Débits Objectifs d'Etiage au droit des points de référence.

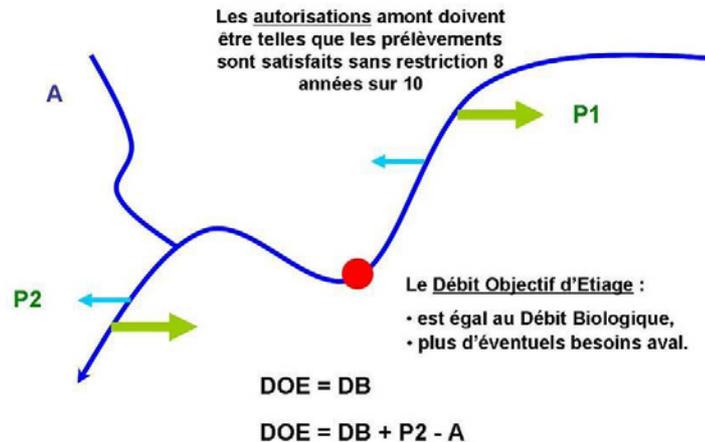
Un point de référence auquel est défini un DOE sert :

- à contrôler l'équilibre entre des prélèvements situés à son amont et le bon état du tronçon sur lequel il se situe,
- à contrôler la bonne application de la solidarité amont – aval : nécessité de laisser suffisamment d'eau vers l'aval pour prendre en compte aussi l'éventuelle demande aval.

Le Débit Objectif d'Etiage est ainsi égal au Débit Biologique plus la différence positive éventuelle entre des apports intermédiaires et des prélèvements aval autorisés à satisfaire.

$$\text{Débit Objectif d'Etiage} = \text{Débit Biologique} + \max(0 ; P2-A)$$

³ Voir la circulaire du 18 mai 2011 relative aux mesures exceptionnelles de limitation ou de suspension des usages de l'eau en période de sécheresse.



Vocabulaire retenu dans le cadre de la présente étude :

Dans la présente étude, le terme « Débit Objectif d'Etiage » est réservé au débit finalement adopté. On appelle « débit cible » les différentes propositions faites, parmi lesquelles un DOE sera finalement choisi.

La suite du présent rapport est donc axée sur la présentation de scénarios de gestion dans lesquels on propose des Débits Cibles au droit des points de référence, avec, en regard, les Volumes prélevables associés. Pour illustrer comment se situent ces volumes prélevables au regard des prélèvements existants, ou ayant existé, on indiquera également les diminutions de prélèvements nécessaires pour mettre en correspondance autorisation et volumes prélevables.

Le tableau de synthèse du chapitre 2.2 présente les différentes valeurs de Débit Cible pour les scénarios retenus. **Trois scénarios ont été sélectionnés pour chaque tronçon.** Dans la partie « Discussion » le choix de ces valeurs est explicité.

FREQUENCE DE SATISFACTION

Nous proposons dans cette phase de revenir sur la problématique de la cohérence entre débits naturels et débits cibles des cours d'eau en introduisant une analyse fréquentielle. Pour chaque mois de la chronique étudiée, on compare ainsi le débit naturel au débit cible. Lorsque le débit naturel est supérieur à ce débit, le tableau renvoie la valeur « 0 », sinon il renvoie 1. Le tableau ci-dessous est présenté pour exemple. Il indique les résultats obtenus pour le tronçon du Garon de Thurins à Brignais, pour un débit cible estival de 20 l/s.

Tableau 2 : Comparaison du débit naturel reconstitué et du débit cible - exemple du Garon à Thurins

Le débit cible peut-il être satisfait par le débit naturel? (0=oui, 1=non)

Qnat<Qcible?	mai	juin	juil	août	sept	oct	mai à oct
1970	0	0	0	0	0	0	0
1971	0	0	0	0	0	0	0
1972	0	0	0	0	1	0	1
1973	0	0	0	0	0	0	0
1974	0	0	0	0	0	0	0
1975	0	0	0	0	0	0	0
1976	0	0	1	0	0	0	1
1977	0	0	0	0	0	0	0
1978	0	0	0	0	0	0	0
1979	0	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	0	0	0	0	0
1981	0	0	0	0	0	0	0
1982	0	0	0	0	0	0	0
1983	0	0	0	0	0	0	0
1984	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	0	0	1	1
1986	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	0	1	1
1990	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0
Fréquence de satisfaction	100%	100%	98%	100%	98%	95%	90%

Sur ce tableau sont calculées les fréquences avec lesquelles le débit cible peut être satisfait par le débit naturel.

Pour un mois donné, on calcule (en %) la fréquence de satisfaction du débit cible (présenté ci-dessus), ou bien à la fois du débit cible et des prélèvements.

$$\text{Fréquence de satisfaction le mois}_m = \frac{\text{nombre de mois}_m \text{ où la condition est satisfaite}}{\text{nombre total de mois}_m \text{ de la chronique étudiée}}$$

En lisant le tableau on s'aperçoit que le mois où des déficits sont constatés le plus souvent est le mois d'octobre, durant lequel le débit naturel est supérieur au débit cible dans 95% des cas.

Ce calcul peut également être réalisé à l'échelle d'une année, ou d'une période de l'année :

$$\text{Fréquence de satisfaction} = \frac{\text{nombre d'année où la condition est satisfaite chaque mois}}{\text{nombre total d'année de la chronique étudiée}}$$

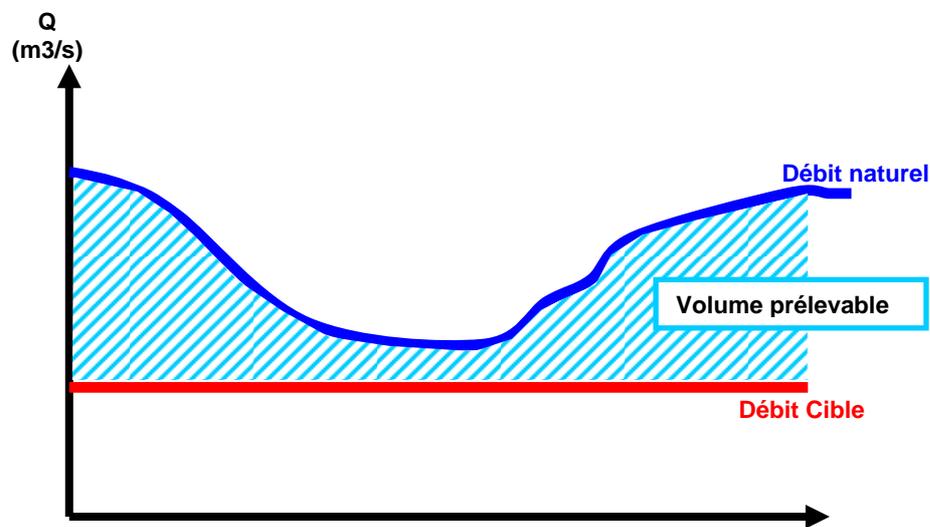
On voit par exemple sur le tableau ci-dessus que, 88% des années, le débit naturel est supérieur au débit cible durant tous les mois de l'année.

Des tableaux similaires ont été réalisés pour chaque point et pour chaque scénario de débit cible. Ils sont présentés en annexe.

La fréquence de satisfaction du débit cible par le débit naturel est détaillée dans le tableau de synthèse du chapitre 2.2, pour différentes valeurs de Débit Cible. Elle est notée « F satisfaction DC / Qnat ».

VOLUMES PRELEVABLES - DEBITS PRELEVABLES

Remarque : on emploiera dans la suite aussi bien l'expression « volume prélevable » que « débit prélevable », un volume pouvant en effet s'exprimer (ce sera le plus souvent le cas ici) sous la forme d'un débit moyen sur une période de temps. Le schéma ci-dessous explicite la notion de volume prélevable.



REMARQUE ET NUANCE SUR LA NOTION DE VOLUME PRELEVABLE

Cette notion de volume prélevable est utilisée principalement en période estivale. Le débit cible déterminé s'applique en effet aux périodes d'étiage. En période de hautes eaux il peut être nécessaire de conserver à certains moments un débit supérieur au débit cible (crues morphogènes) afin de maintenir le bon état du milieu. Ainsi, hors période d'étiage, tout le volume contenu entre les courbes rouge et bleue présentées ci-dessus n'est pas forcément destiné à être mobilisé.

Nous avons calculé les débits prélevables, au pas de temps mensuel, selon l'approche fréquentielle suivante :

- ▶ calcul, pour chaque mois de chaque année de la série de référence utilisée (1970-2009), du volume prélevable par la formule :
- ▶ Vol prelevable = max (0 ; Qnat – DB)
- ▶ calcul, à partir de cette série, du volume prélevable 4 années sur 5 pour chacun des mois sur les séries de volumes obtenues (il s'agit du volume prélevable de fréquence de non-dépassement 20% : une année sur 5 le volume effectivement prélevable est inférieur, 4 années sur 5 il est supérieur).

Le tableau suivant présente, en exemple, les résultats obtenus sur le Garon entre Thurins et Brignais, pour un débit cible estival de 20 l/s.

NB : Le bas de tableau indique les volumes prélevables 4 années sur 5 (et donc 8 années sur 10) mais également les volumes prélevables moyens et les volumes prélevables 9 années sur 10.

Tableau 3 : Volumes prélevables - exemple du tronçon du Garon à Thurins

QM (m3/s)	Débits prélevables (max(0, Qnat - DB))					
	mai	juin	juil	août	sept	oct
1970	0.37	0.41	0.09	0.03	0.01	0.05
1971	0.23	0.11	0.13	0.06	0.02	-
1972	0.13	0.07	0.02	-	-	0.06
1973	0.19	0.11	0.17	0.05	0.03	0.02
1974	0.11	0.07	0.02	0.00	0.04	0.11
1975	0.38	0.20	0.06	0.07	0.27	0.11
1976	0.02	-	-	0.03	0.18	0.28
1977	0.45	0.28	0.40	0.31	0.07	0.07
1978	0.21	0.07	0.02	0.04	0.01	-
1979	0.14	0.24	0.07	0.07	0.02	0.32
1980	0.18	0.11	0.06	0.10	0.16	0.26
1981	0.51	0.41	0.16	0.05	0.15	0.10
1982	0.02	0.05	0.11	0.18	0.14	0.13
1983	1.51	0.30	0.06	0.01	-	-
1984	0.16	0.17	0.05	0.02	0.02	0.09
1985	0.48	0.38	0.17	0.06	0.01	-
1986	0.67	0.23	0.07	0.03	0.02	0.01
1987	0.29	0.30	0.17	0.12	0.05	0.32
1988	0.64	0.36	0.17	0.05	0.01	0.14
1989	0.33	0.09	0.03	-	-	-
1990	0.23	0.22	0.06	0.02	0.01	0.12
1991	0.07	0.06	0.01	-	0.12	0.11
1992	0.14	0.48	0.14	0.06	0.05	0.23
1993	0.11	0.05	0.04	0.01	0.50	1.47
1994	0.24	0.16	0.12	0.12	0.35	0.32
1995	0.51	0.13	0.04	0.01	0.12	0.13
1996	0.21	0.15	0.15	0.06	0.01	0.00
1997	0.05	0.12	0.07	0.04	0.00	-
1998	0.26	0.11	0.03	0.00	0.04	0.06
1999	0.17	0.08	0.04	0.02	0.07	0.27
2000	0.14	0.07	0.02	0.01	0.01	0.10
2001	0.29	0.19	0.14	0.05	0.04	0.16
2002	0.11	0.12	0.11	0.07	0.08	0.07
2003	0.02	0.03	0.01	-	-	0.05
2004	0.11	0.03	0.02	0.18	0.06	0.51
2005	0.36	0.22	0.06	0.01	0.00	0.02
2006	0.22	0.07	0.15	0.12	0.06	0.07
2007	0.31	0.38	0.36	0.57	0.27	0.07
2008	0.37	0.24	0.17	0.11	0.09	0.31
2009	0.10	0.05	0.03	0.01	0.00	0.06
Mediane	0.22	0.12	0.07	0.04	0.04	0.10
5 ans sec	0.11	0.07	0.03	0.01	0.01	0.02
10 ans sec	0.06	0.05	0.02	0.00	0.00	-

Exemple de lecture : pour la valeur de débit minimum considérée, les débits prélevables 4 années sur 5 sur le Garon à Thurins sont de l'ordre de 20 l/s en aout et septembre).

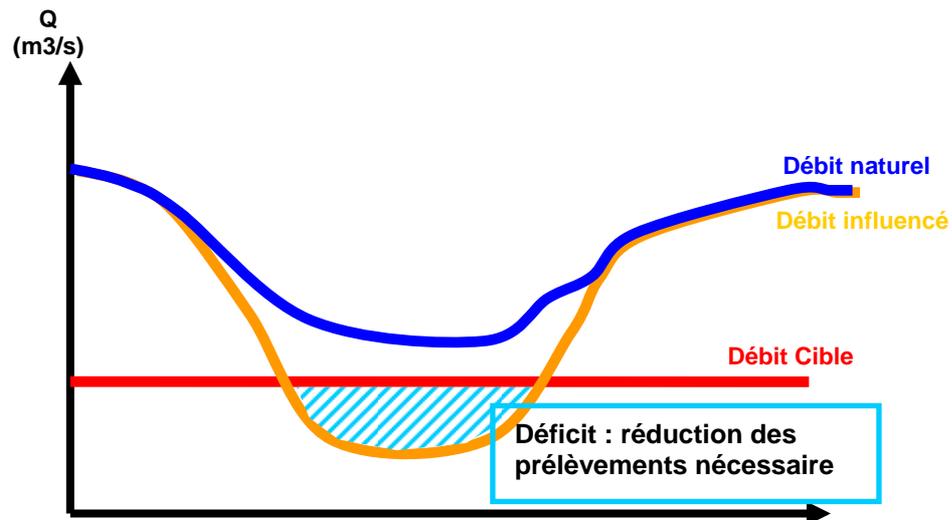
Des tableaux similaires sont réalisés pour chaque point de référence et sont présentés en annexe.

Le tableau de synthèse du chapitre 2.2 reprend les volumes prélevables 4 années sur 5 (ou 8 années sur 10) au niveau des différents points étudiés, et pour différents scénarios de Débit Cible.

COMPARAISON DES VOLUMES PRELEVABLES ET DES PRELEVEMENTS ACTUELS

Comme indiqué plus haut, les prélèvements actuels sont ensuite mis en regard de la ressource disponible pour chacune des années de la série de débit naturel reconstitué.

Le schéma ci-dessous explicite la notion de déficit, ou de réduction des prélèvements :



Cette réduction a également été calculée pour chaque mois de chaque année de la chronique étudiée. Les tableaux suivants présentent un exemple de calcul : la part de réduction nécessaire (en % du prélèvement total) est établie sur le tronçon du Garon à Thurins, pour respecter le débit cible estival de 20 l/s. Cette part prend parfois la valeur de 100%, cela correspond en général au cas où le débit naturel est inférieur au débit cible.

De tels tableaux sont réalisés pour chaque point de références et différentes valeurs de Débit Cible, ils sont présentés en annexe.

2.2 RESULTATS : DEBITS CIBLES ET VOLUMES PRELEVABLES ASSOCIES

Nous présentons en annexe les calculs détaillés suivants : fréquences de satisfaction des débits cibles par le débit naturel, débits prélevables, réductions de prélèvements nécessaires pour atteindre une situation durable (crise seulement 2 années sur 10) entre limites environnementales et prélèvements.

Les deux tableaux ci-dessous résument les principaux résultats des étapes précédentes de l'étude, ainsi que les résultats clés de la phase 3. Les volumes prélevables y sont présentés pour différentes valeurs de Débit cible au niveau de chaque point de référence.

Tableau 5 : Bilan des résultats des phases précédentes et débits cibles proposés (m³/s à gauche, milliers de m³ à droite)

		en m ³ /s							1/10 Mod
		mai	juin	juil	août	sept	oct		
Le Garon et ses affluents de la source à Thurins	Ressource	Qnat_moy	0.31	0.20	0.12	0.10	0.11	0.18	0.03
		Qnat_5sec	0.14	0.10	0.06	0.04	0.04	0.05	
	Prélèvements	AEP	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	
		Irrigation	0.005	0.002	0.002	0.002	0.002	0.005	
		Industrie	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Evap plans d'eau	0.006	0.012	0.016	0.011	0.001	0.000	
	Débit Cible	DB haut	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
		DB moyen	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
		DB bas	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
	Débit de survie		0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	
DCR		0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015		
Le Garon et ses affluents de Thurins à Brignais	Ressource =Qbrignais-Qthurins	Qnat_moy	0.23	0.15	0.09	0.07	0.08	0.14	0.04
		Qnat_5sec	0.10	0.08	0.04	0.03	0.03	0.03	
	Prélèvements	AEP	-0.013	-0.013	-0.013	-0.013	-0.013	-0.013	
		Irrigation	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	
		Industrie	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Evap plans d'eau	0.002	0.004	0.005	0.004	0.000	0.000	
	Débit Cible	DB haut	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
		DB moyen	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
		DB bas	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
	Débit de survie		0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	
DCR		0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010		
Le Mornantet et ses affluents de la source à Mornant	Ressource	Qnat_moy	0.22	0.15	0.09	0.07	0.10	0.17	0.02
		Qnat_5sec	0.08	0.07	0.04	0.02	0.02	0.04	
	Prélèvements	AEP	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	
		Irrigation	0.002	0.001	0.001	0.010	0.010	0.020	
		Industrie	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Evap plans d'eau	0.001	0.002	0.003	0.002	0.000	0.000	
	Débit Cible	DB haut	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
		DB moyen	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
		DB bas	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
	Débit de survie		0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	
DCR		0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005		
Le Mornantet et ses affluents de Mornant à Givors	Ressource =Qgivors-Qmornant	Qnat_moy	0.11	0.07	0.04	0.04	0.05	0.08	0.03
		Qnat_5sec	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	
	Prélèvements	AEP	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	
		Irrigation	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	
		Industrie	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Evap plans d'eau	0.002	0.003	0.004	0.003	0.000	0.000	
	Débit Cible	DB haut	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
		DB moyen	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
		DB bas	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
	Débit de survie		0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	
DCR		0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005		
Le Mornantet et ses affluents de Mornant à Givors	Ressource =Qgivors-Qmornant	Qnat_moy	246	164	104	82	109	188	
		Qnat_5sec	107	84	47	32	29	57	
	Prélèvements	AEP	-2	-2	-2	-2	-2	-2	
		Irrigation	9	5	5	5	5	9	
		Industrie	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
		Evap plans d'eau	4	9	12	8	1	0	
	Débit Cible	DB haut	80	78	80	80	78	80	
		DB moyen	54	52	54	54	52	54	
		DB bas	27	26	27	27	26	27	
	Débit de survie		13	13	13	13	13	13	
DCR		13	13	13	13	13	13		
Le Mornantet et ses affluents de la source à Mornant	Ressource	Qnat_moy	1519	1009	639	505	670	1162	
		Qnat_5sec	221	172	97	67	59	118	
	Prélèvements	AEP	-9	-9	-9	-9	-9	-9	
		Irrigation	4	2	2	27	27	53	
		Industrie	0	0	0	0	0	0	
		Evap plans d'eau	3	6	8	6	0	0	
	Débit Cible	DB haut	80	78	80	80	78	80	
		DB moyen	54	52	54	54	52	54	
		DB bas	27	26	27	27	26	27	
	Débit de survie		13	13	13	13	13	13	
DCR		13	13	13	13	13	13		

Tableau 6 : Tableau bilan : Synthèse des résultats pour différentes valeurs de débit cible

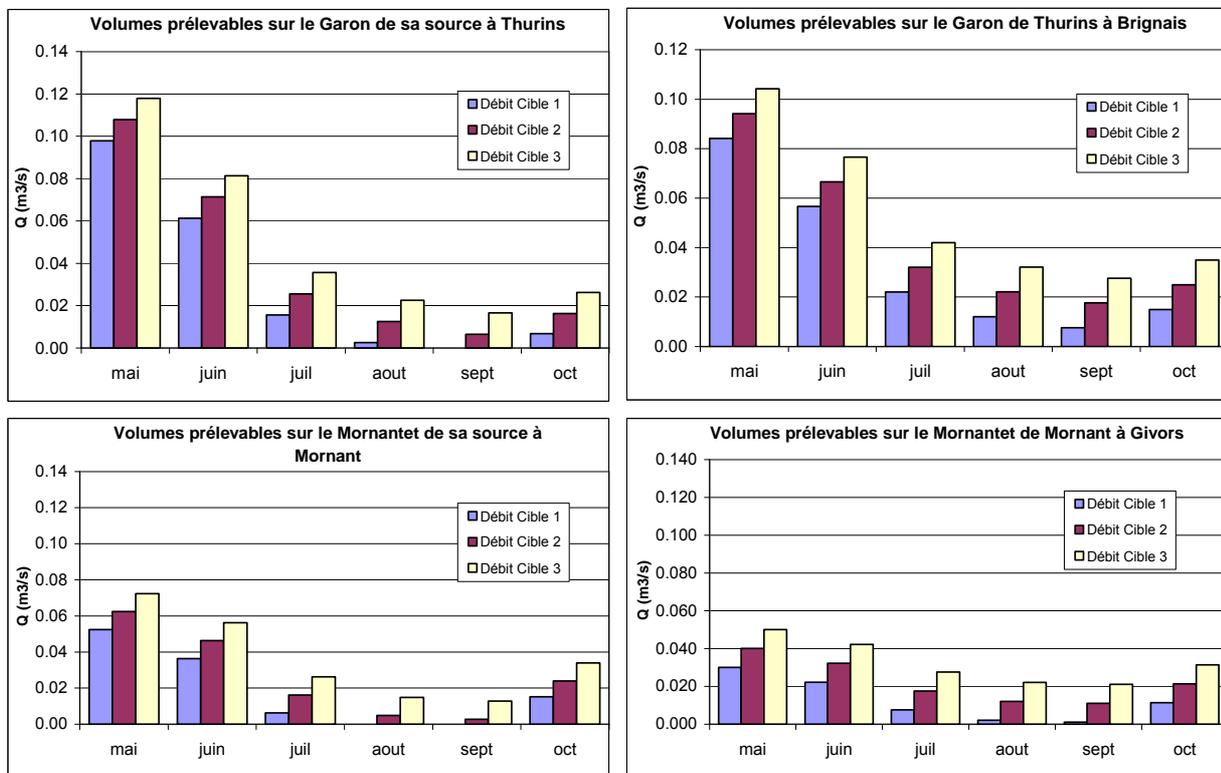
			mai	juin	juil	août	sept	oct	mai à oct
Le Garon et ses affluents de la source à Thurins	Débit Cible 1 (0.04 m3/s)	F satisfaction DC/Qnat	100%	98%	95%	85%	75%	80%	58%
		VP (4 années sur 5) en m3/s	0.10	0.06	0.02	0.00	0.00	0.01	
		Réduction prélèvements (%)	0%	0%	0%	76%	100%	0%	
		Réduction prélèv en m3	0	0	0	21 270	1 920	0	
	Débit Cible 2 (0.03 m3/s)	F satisfaction DC/Qnat	100%	98%	98%	90%	90%	85%	75%
		VP (4 années sur 5) en m3/s	0.11	0.07	0.03	0.01	0.01	0.02	
		Réduction prélèvements (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
		Réduction prélèv en m3	0	0	0	0	0	0	
	Débit Cible 3 (0.02 m3/s)	F satisfaction DC/Qnat	100%	100%	98%	100%	98%	95%	90%
		VP (4 années sur 5) en m3/s	0.12	0.08	0.04	0.02	0.02	0.03	
		Réduction prélèvements (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
		Réduction prélèv en m3	0	0	0	0	0	0	
Le Garon et ses affluents de Thurins à Brignais	Débit Cible 1 (0.05 m3/s)	F satisfaction DC/Qnat	100%	98%	98%	95%	90%	88%	78%
		VP (4 années sur 5) en m3/s	0.08	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01	
		Réduction prélèvements (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
		Réduction prélèv en m3	0	0	0	0	0	0	
	Débit Cible 2 (0.04 m3/s)	F satisfaction DC/Qnat	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		VP (4 années sur 5) en m3/s	0.09	0.07	0.03	0.02	0.02	0.02	
		Réduction prélèvements (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
		Réduction prélèv en m3	0	0	0	0	0	0	
	Débit Cible 3 (0.03 m3/s)	F satisfaction DC/Qnat	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		VP (4 années sur 5) en m3/s	0.10	0.08	0.04	0.03	0.03	0.03	
		Réduction prélèvements (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
		Réduction prélèv en m3	0	0	0	0	0	0	
Le Mornantet et ses affluents de la source à Mornant	Débit Cible 1 (0.03 m3/s)	F satisfaction DC/Qnat	95%	95%	88%	73%	68%	80%	48%
		VP (4 années sur 5) en m3/s	0.05	0.04	0.01	0.000	0.000	0.02	
		Réduction prélèvements (%)	0%	0%	0%	100%	100%	7%	
		Réduction prélèv en m3	0	0	0	22 630	17 850	2 940	
	Débit Cible 2 (0.02 m3/s)	F satisfaction DC/Qnat	98%	95%	95%	85%	88%	90%	68%
		VP (4 années sur 5) en m3/s	0.06	0.05	0.02	0.005	0.003	0.02	
		Réduction prélèvements (%)	0%	0%	0%	43%	59%	0%	
		Réduction prélèv en m3	0	0	0	9 630	10 580	0	
	Débit Cible 3 (0.01 m3/s)	F satisfaction DC/Qnat	100%	98%	98%	100%	100%	98%	95%
		VP (4 années sur 5) en m3/s	0.07	0.06	0.03	0.01	0.01	0.03	
		Réduction prélèvements (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
		Réduction prélèv en m3	0	0	0	0	0	0	
Le Mornantet et ses affluents de Mornant à Givors	Débit Cible 1 (0.03 m3/s)	F satisfaction DC/Qnat	98%	95%	95%	85%	83%	90%	68%
		VP (4 années sur 5) en m3/s	0.030	0.022	0.008	0.002	0.001	0.011	
		Réduction prélèvements (%)	0%	0%	0%	44%	0.01%	0%	
		Réduction prélèv en m3	0	0	0	4 360	0	0	
	Débit Cible 2 (0.02 m3/s)	F satisfaction DC/Qnat	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		VP (4 années sur 5) en m3/s	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	
		Réduction prélèvements (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
		Réduction prélèv en m3	0	0	0	0	0	0	
	Débit Cible 3 (0.01 m3/s)	F satisfaction DC/Qnat	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		VP (4 années sur 5) en m3/s	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	
		Réduction prélèvements (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
		Réduction prélèv en m3	0	0	0	0	0	0	

Remarque 1: Les volumes prélevables sur les tronçons aval (Garon de Thurins à Brignais et Mornantet de Mornant à Givors) dépendent des DOE choisis en amont (Garon à Thurins et Mornantet à Mornant). Dans le tableau ci-dessus, ils sont présentés dans l'hypothèse où les DOE choisis en amont correspondent au Débit Cible 2 (voir partie « Discussion »).

Remarque 2: Les fréquences de satisfaction présentées dans le tableau ci-dessus sont calculées à partir de débits moyens mensuels

Les graphiques ci-dessous présentent les débits prélevables 4 années sur 5, pour les différents scénarios de débit cible.

Figure 63 : Volumes prélevables sur les tronçons étudiés pour différentes valeurs de débit cible



Les débits prélevables en période estivale sont généralement faibles, au plus de l'ordre de quelques dizaines de litres par seconde. Sur l'ensemble du bassin versant du Garon en période d'étiage les débits prélevables varient d'une centaine de litres par secondes (situation où les débits cibles les plus faibles sont adoptés sur chaque tronçon) à à peine 20 litres par seconde (situation où les débits cibles adoptés sont les plus forts).

Remarque : comme déjà évoqué plus haut (partie 2.1.3), la notion de volumes prélevables est principalement utilisée en période estivale. Les volumes prélevables en période de hautes eaux ne sont donc pas présentés ci-dessus.

2.3 DISCUSSION

Les paragraphes suivants présentent, pour chaque point de référence, des éléments de discussion pour le choix des DOE et le calcul des volumes prélevables.

2.3.1 Volumes prélevables et DOE sur le Garon à Thurins

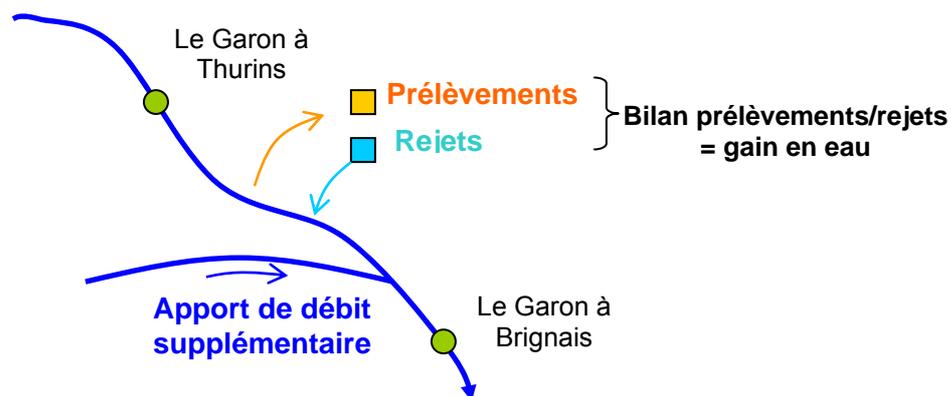
Les deux points de références situés sur le Garon à Thurins et à Brignais sont liés. Le débit objectif d'étiage adopté à l'amont aura un impact sur les débits à l'aval, au niveau du point de référence à Brignais.

Comme cela a été détaillé dans la section 2.1.3, le DOE à Thurins doit prendre en compte les besoins plus en aval :

$$DOE_{Thurins} = \max(DB_{Thurins}, DB_{Thurins} + [\text{Prélèvements} - \text{Rejets}]_{\text{entre Thurins et Brignais}})$$

En l'occurrence, sur le tronçon du Garon allant de Thurins à Brignais il existe de faibles prélèvements liés en majeure partie à de l'évaporation sur les plans d'eau, prélèvements qui sont compensés par des retours liés au fonctionnement des STEP.

Figure 64 : Détermination du DOE et prise en compte des interactions amont-aval sur le Garon entre Thurins et Brignais

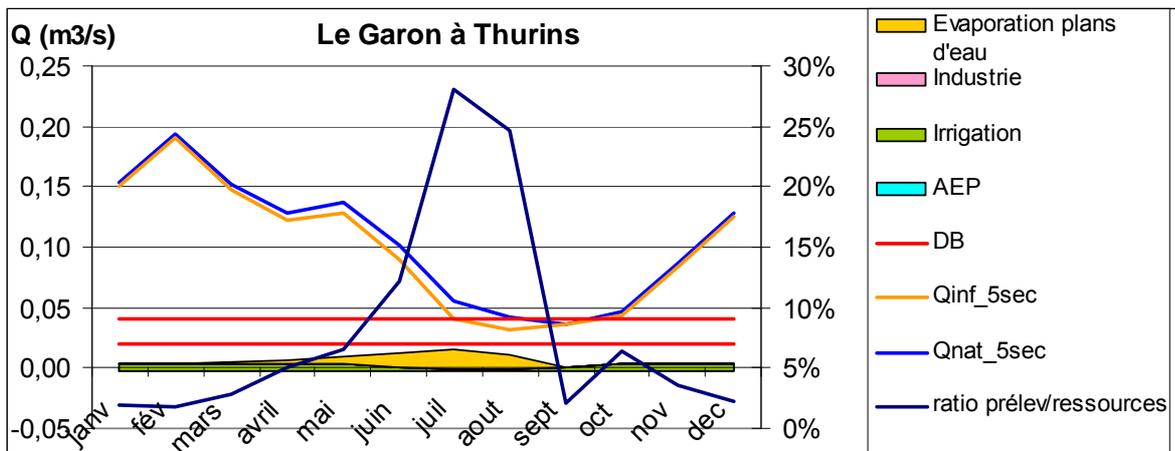


Les besoins aval ne sont pas une contrainte, le DOE au niveau du Garon à Thurins correspondra donc au Débit Biologique. Cependant, la gamme de débit biologique proposée en phase 3 laisse une certaine marge de manœuvre. Les paragraphes suivants présentent des éléments d'aide à la décision pour choisir une valeur de Débit Objectif d'Etiage au sein de cette gamme.

Le graphique ci-dessous fait le bilan des besoins et de la ressource disponible au niveau du Garon à Thurins. Il présente :

- ▶ le débit naturel quinquennal sec (tel que 4 années sur 5 (ou 8 années sur 10) le débit est supérieur à ce débit), (courbe bleu clair),
- ▶ les prélèvements (aires de couleurs),
- ▶ le débit influencé quinquennal sec (=Qnat – prélèvements, courbe orange),
- ▶ les bornes haute et basse de la gamme de débits biologiques proposée,
- ▶ un ratio prélèvement/ressource (courbe bleue foncé, à lire sur l'axe de droite en %), qui représente la part de la ressource disponible qui est mobilisée par des prélèvements.

Figure 65 : Bilan Ressource - Besoin sur le Garon à Thurins



Les tableaux ci-dessous détaillent les fréquences de satisfaction obtenues mois par mois pour différentes valeurs de débit cible.

Tableau 7 : Fréquences de satisfaction du débit biologique (1^{er} tableau) et du débit biologique et des prélèvements (2nd tableau), pour différentes valeurs de débit cible

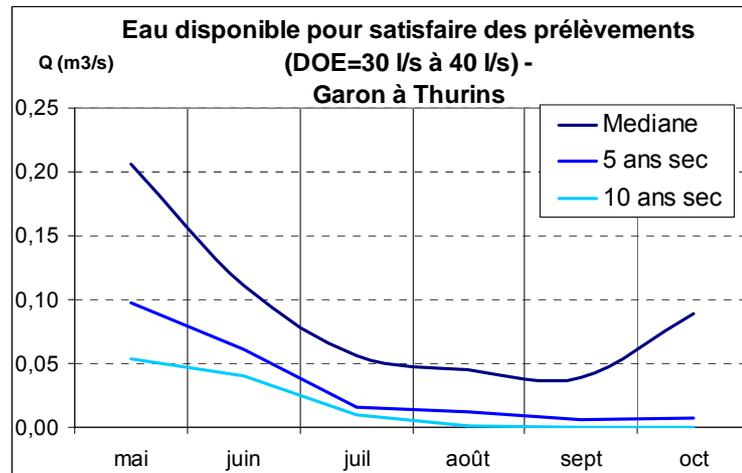
Satisfaction du DB par le débit naturel	mai	juin	juil	août	sept	oct	mai à oct
DB haut (40 l/s)	100%	98%	95%	85%	75%	80%	58%
DB moyen (30 l/s)	100%	98%	98%	90%	90%	85%	75%
DB bas (20 l/s)	100%	100%	98%	100%	98%	95%	90%
Satisfaction du DB et des prélèvements	mai	juin	juil	août	sept	oct	mai à oct
DB haut (40 l/s)	98%	98%	80%	63%	75%	80%	40%
DB moyen (30 l/s)	100%	98%	93%	83%	88%	83%	63%
DB bas (20 l/s)	100%	98%	98%	90%	93%	95%	85%

La valeur haute de débit biologique ne semble pas une valeur adaptée à la gestion de l'eau sur ce bassin : en l'absence de prélèvement l'objectif de maintien 10 années sur 10 d'un débit de 40 l/s au niveau de Thurins n'est en effet pas réalisable. La ressource naturelle disponible ne permettrait de satisfaire un tel débit qu'à peine plus de 1 année sur 2 (55% des années). A l'échelle mensuelle, un débit biologique de 40 l/s peut être satisfait 8 années sur 10 chacun des mois de la période de mai à octobre, à l'exception du mois de septembre.

On propose de retenir comme débit objectif d'étiage la valeur moyenne de débit biologique soit 30 l/s durant les mois d'août et septembre, et la valeur haute de débit biologique (soit 40 l/s) durant les mois de mai, juin, juillet et octobre. Le débit naturel permet de satisfaire ce débit au moins 8 à 9 années sur dix. Les prélèvements actuels, constitués presque exclusivement de prélèvement par évaporation sur les plans d'eau (dont environ 1/3 sur le barrage de Thurins), peuvent être satisfaits sans restriction au moins 8 années sur 10 chaque mois.

Le graphique ci-dessous présente les volumes disponibles au niveau du Garon à Thurins pour satisfaire des prélèvements une fois satisfaits des besoins du milieu de 30 l/s en août-septembre et de 40 l/s de mai à juillet et en octobre (=Qnat-DOE), pour différentes années caractéristiques (année médiane, année quinquennale sèche et année décennale sèche). Les volumes maximums prélevables sont les volumes pouvant être prélevés sans restriction 8 années sur 10 (ou 4 années sur 5), ce qui correspond à l'eau disponible pour des prélèvements en situation quinquennale sèche (courbe intermédiaire sur le graphique ci-dessous).

Figure 66 : Volumes disponibles une fois assuré un débit biologique de 30 l/s (mai à juillet et octobre) à 40 l/s (août-septembre) sur le Garon à Thurins



Le tableau ci-dessous compare les volumes prélevables et les prélèvements actuels pour différents types d'usages.

Tableau 8 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements actuels sur le Garon à Thurins, pour un DOE de 30 à 40 l/s (soit environ 79 à 105 milliers de m³/mois)

		mai	juin	juil	août	sept	oct	Total Mai à Oct
Volume prélevable (m3/s)		0,098	0,061	0,016	0,013	0,007	0,007	0,03
Vol Prélevable (milliers de m3)		262	159	42	34	17	18	532
Prélèvements (milliers de m3)	AEP	-6,5	-6,2	-6,5	-6,5	-6,2	-6,5	-38
	Irrigation	14,3	5,8	5,8	5,8	5,8	14,3	52
	Industrie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
	Evaporation	16,5	32,4	42,5	28,7	2,4	0,0	122
Total		24,3	31,9	41,8	28,0	1,9	7,9	136

Les volumes prélevables sur le Garon à Thurins sont très faibles en été (de l'ordre d'à peine une dizaine de l/s). Les prélèvements sont également faibles et en partie compensés en quantité par des rejets d'épuration. Compte tenu de l'état actuel du cours d'eau et des pressions qu'il subit il est nécessaire de ne pas aggraver la situation actuelle et on recommande de ne pas augmenter les prélèvements sur ce tronçon.

2.3.2 Volumes prélevables et DOE sur le Garon entre Thurins et Brignais

Entre Thurins et Brignais, du fait des rejets de STEP, le bilan des prélèvements est un gain en eau pour le Garon. Si un débit objectif de 30 l/s est assuré au niveau de Thurins, la ressource supplémentaire apportée par les STEP sur ce tronçon suffit largement à satisfaire les débits biologiques proposés au niveau de Garon à Brignais (gamme allant de 30 à 50 l/s).

Les tableaux ci-dessous donnent les fréquences de satisfaction obtenues mois par mois pour différentes valeurs de débit cible.

Tableau 9 : Fréquences de satisfaction du débit biologique (1^{er} tableau) et du débit biologique et des prélèvements (2nd tableau), pour différentes valeurs de débit cible

Satisfaction du DB par le débit naturel	mai	juin	juil	août	sept	oct	mai à oct
DB haut (50 l/s)	100%	98%	98%	95%	90%	88%	78%
DB moyen (40 l/s)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
DB bas (30 l/s)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Satisfaction du DB et des prélèvements	mai	juin	juil	août	sept	oct	mai à oct
DB haut (50 l/s)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
DB moyen (40 l/s)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
DB bas (30 l/s)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

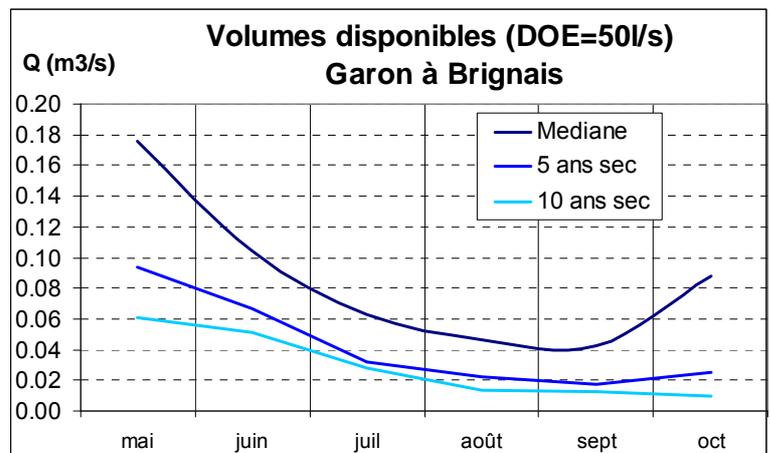
On propose de **conserver un Débit Objectif égal à la valeur haute de DB**. Celui-ci pourra être satisfait 9 années sur 10 par le débit naturel.

Le graphique ci-dessous présente les volumes disponibles au niveau du Garon à Brignais une fois satisfaits des besoins du milieu de 50 l/s, pour différentes années caractéristiques (année médiane, année quinquennale sèche et année décennale sèche). Le volume prélevable sur le tronçon de Thurins à Brignais est fonction du DOE adopté à Brignais, ainsi que de celui adopté à Thurins.

On a pour un mois donné : $VP = Q_{nat} \text{ crée sur le tronçon} - DOE_{Brignais} + DOE_{Thurins}$.

Les volumes maximums prélevables sont les volumes pouvant être prélevés sans restriction 8 années sur 10 (ou 4 années sur 5), ce qui correspond à l'eau disponible en situation quinquennale sèche (courbe intermédiaire sur le graphique ci-dessous).

Figure 67 : Volumes disponibles pour des prélèvements une fois assuré un débit biologique de 50 l/s sur le Garon à Brignais



Le tableau ci-dessous compare les volumes prélevables et les prélèvements actuels pour différents types d'usages.

Tableau 10 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements actuels sur le tronçon du Garon de Thurins à Brignais, pour un DOE de 50 l/s (soit environ 130 milliers de m³/mois)

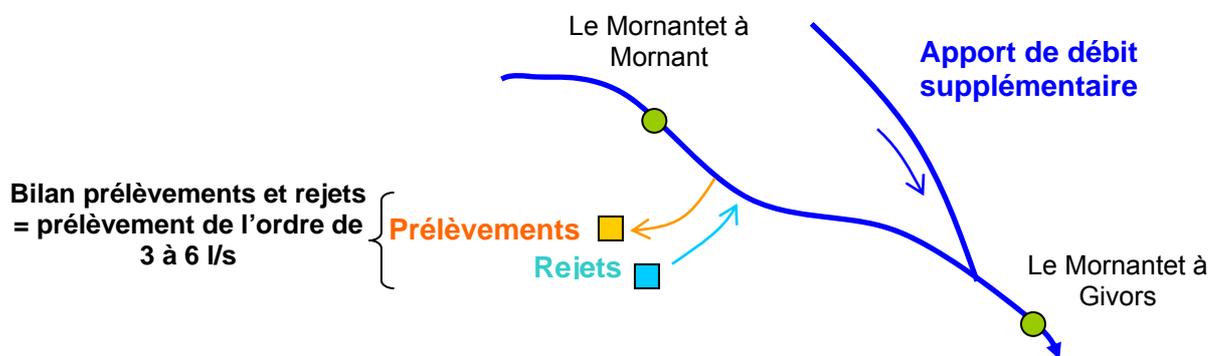
	mai	juin	juil	août	sept	oct	Total Mai à Oct	
Volume prélevable (m3/s)	0.084	0.057	0.022	0.012	0.008	0.015	0.03	
Vol Prélevable (milliers de m3)	225	147	59	32	20	40	523	
Prélèvements (milliers de m3)	AEP	-34.2	-33.1	-34.2	-34.2	-33.1	-34.2	-203
	Irrigation	1.7	1.1	1.1	1.1	1.1	1.7	8
	Industrie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
	Evaporation	5.7	11.2	14.7	9.9	0.8	0.0	42
	Total	-26.8	-20.8	-18.4	-23.1	-31.1	-32.5	-153

2.3.3 Volumes prélevables et DOE sur le Mornantet à Mornant

Comme pour les points sur le Garon, le débit objectif d'étiage adopté à l'amont du Mornantet (point de référence du Mornantet à Mornant) aura un impact sur les débits à l'aval (Mornantet à Givors).

$$DOE_{\text{Mornant}} = \max(DB_{\text{Mornant}}, DB_{\text{Mornant}} + [\text{Prélèvements} - \text{Ressource}]_{\text{entre Mornant et Givors}})$$

Figure 68 : Détermination du DOE et prise en compte des interactions Amonts-aval sur le Mornantet entre Mornant et Givors



Les prélèvements à l'aval de Mornant sont relativement faibles (quelques litres par seconde) et inférieurs à l'apport intermédiaire sur le tronçon du Mornantet entre Mornant et Givors d'après les estimations faites pour l'hydrologie de ce secteur. Dans ce cas, le Débit Objectif d'Etiage sur le Mornantet au niveau de Mornant correspond au Débit Biologique. Les DB proposés varient dans une gamme allant de 10 à 30 l/s.

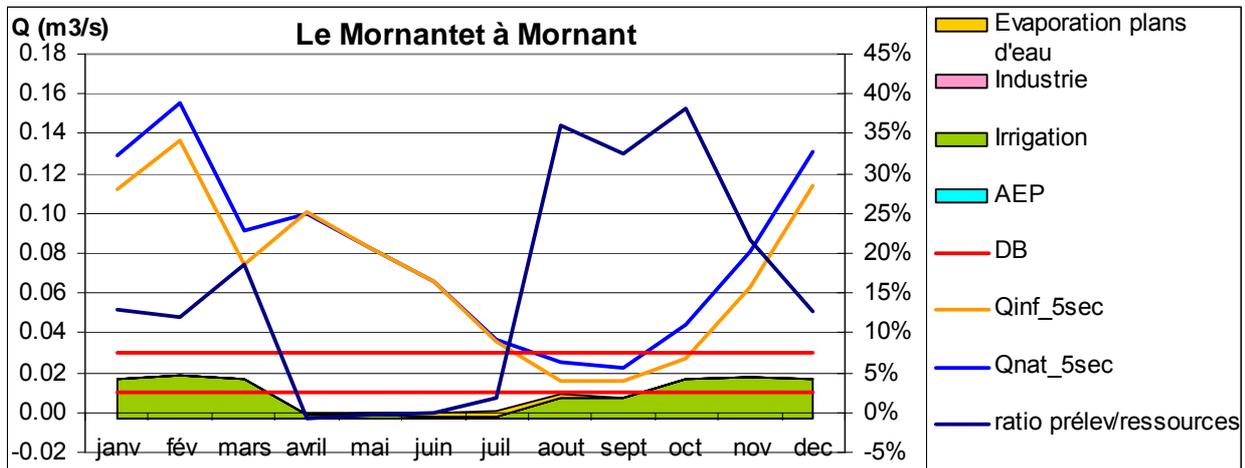
Les paragraphes suivants présentent des éléments d'aide à la décision pour choisir une valeur de Débit Objectif d'Etiage au sein de cette gamme.

Le graphique ci-dessous fait le bilan des besoins et de la ressource disponible au niveau du Mornantet à Mornant. Il présente :

- ▶ le débit naturel quinquennal sec (tel que 4 années sur 5 (ou 8 années sur 10) le débit est supérieur à ce débit), (courbe bleue clair),
- ▶ les prélèvements (aires de couleurs) ;

- ▶ le débit influencé quinquennal sec (=Qnat – prélèvements, courbe orange) ;
- ▶ les bornes haute et basse de la gamme de débits biologiques proposée,
- ▶ Un ratio prélèvement/ressource (courbe bleue foncé, à lire sur l'axe de droite en %), qui représente la part de la ressource disponible qui est mobilisée par des prélèvements.

Figure 69 : Bilan Ressource - Besoin sur le Mornantet à Mornant



On voit que certains mois, le débit naturel est inférieur à la valeur haute de DB.

Les tableaux ci-dessous donnent les fréquences de satisfaction obtenues mois par mois pour différentes valeurs de débit cible.

Tableau 11 : Fréquences de satisfaction du débit biologique (1^{er} tableau) et du débit biologique et des prélèvements (2nd tableau), pour différentes valeurs de débit cible

Satisfaction du DB par le débit naturel	mai	juin	juil	août	sept	oct	mai à oct
DB haut (30 l/s)	95%	95%	88%	73%	68%	80%	48%
DB moyen (20 l/s)	98%	95%	95%	85%	88%	90%	68%
DB bas (10 l/s)	100%	98%	98%	100%	100%	98%	95%
Satisfaction du DB et des prélèvements	mai	juin	juil	août	sept	oct	année
DB haut (30 l/s)	95%	95%	88%	68%	60%	80%	40%
DB moyen (20 l/s)	98%	95%	95%	73%	70%	80%	50%
DB bas (10 l/s)	100%	98%	98%	88%	90%	80%	63%

On propose de retenir comme Débit Objectif d'Etiage le Débit Biologique Moyen (20 l/s) durant les mois d'août et septembre, et le Débit Biologique Haut (30 l/s) les autres mois d'étiage. En effet, en terme de contrôle et de gestion des étiages, un objectif plus élevé en août et septembre est difficile à maintenir. Même en l'absence de prélèvement, le débit naturel permettrait de maintenir un tel débit moins de 1 année sur 2 (48% des années), et à l'échelle mensuelle, en août et septembre, le débit naturel est inférieur à 30 l/s (DB haut) plus de 2 années sur 10.

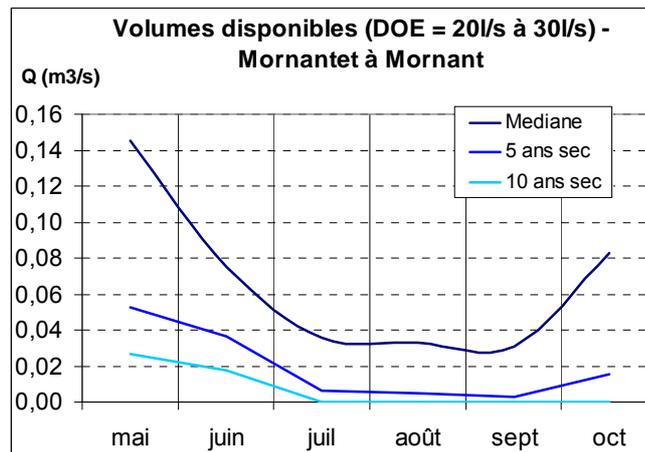
Le graphique ci-dessous présente les volumes disponibles au niveau du Mornantet à Mornant une fois satisfaits des besoins du milieu de 20 l/s (en août et septembre) à 30 l/s (autres mois d'étiage), pour différentes années caractéristiques (année médiane, année quinquennale sèche et année décennale sèche).

Le volume prélevable sur le tronçon de Mornant à Givors est fonction du DOE adopté à Givors, ainsi que de celui adopté à Mornant.

On a pour un mois donné : $VP = Q_{nat}$ crée sur le tronçon – DOE_{Givors} + $DOE_{Mornant}$.

Les volumes maximums prélevables sont les volumes pouvant être prélevés sans restriction 8 années sur 10 (ou 4 années sur 5), ce qui correspond à l'eau disponible en situation quinquennale sèche (courbe intermédiaire sur le graphique ci-dessous).

Figure 70 : Volumes disponibles pour des prélèvements une fois assuré un débit biologique de 20 l/s (aout-septembre) à 30 l/s (autres mois d'étiage) sur le Mornantet à Mornant



Le tableau ci-dessous compare les volumes prélevables et les prélèvements actuels pour différents types d'usages.

Tableau 12 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements actuels sur le tronçon du Mornantet à Mornant, pour un DOE de 20 l/s à 30 l/s (soit environ 52 à 79 milliers de m³/mois)

		mai	juin	juil	août	sept	oct	Total Mai à Oct
Volume prélevable (m3/s)		0,052	0,036	0,006	0,005	0,003	0,015	0,02
Vol Prélevable (milliers de m3)		140	94	17	13	7	41	312
Prélèvements (milliers de m3)	AEP	-9,4	-9,1	-9,4	-9,4	-9,1	-9,4	-56
	Irrigation	4,1	1,5	1,5	26,5	26,5	52,9	113
	Industrie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
	Evaporation	3,2	6,3	8,2	5,6	0,5	0,0	24
	Total	-2,1	-1,4	0,3	22,6	17,8	43,5	80,8

Aux mois d'août, septembre et octobre, les prélèvements peuvent être plus importants que les volumes prélevables. Cependant cela ne traduit pas forcément un déséquilibre. En effet, les chiffres avancés pour l'irrigation correspondent principalement aux prélèvements du lac de la Madone, pour lesquels peu d'années de données sont disponibles (2003 et 2009). Suivant les années, les prélèvements réalisés varient énormément : les chiffres présentés ci-dessous correspondent aux prélèvements 2009, en 2003 aucun prélèvement n'a eu lieu en septembre et octobre. Sur la période de mai à octobre, les volumes prélevables sont plus de quatre fois supérieurs aux prélèvements actuels. Le respect des volumes prélevables demandera des ajustements de gestion certaines années mais ne devrait pas poser de problème, l'adaptation de la gestion de la retenue semble possible et devrait permettre de satisfaire à la fois les besoins en eau d'irrigation et les besoins du milieu.

2.3.4 Volumes prélevables et DOE sur le Mornantet entre Mornant et Givors

En travaillant sur les Volumes Prélevables et les DOE sur le Mornantet à Givors, il convient de garder à l'esprit que la ressource estimée au niveau de ce secteur est sujette à de très fortes incertitudes (voir phase 2 de l'étude).

Les tableaux ci-dessous donnent les fréquences de satisfaction obtenues mois par mois pour différentes valeurs de débit cible.

Tableau 13 : Fréquences de satisfaction du débit biologique (1^{er} tableau) et du débit biologique et des prélèvements (2nd tableau), pour différentes valeurs de débit cible

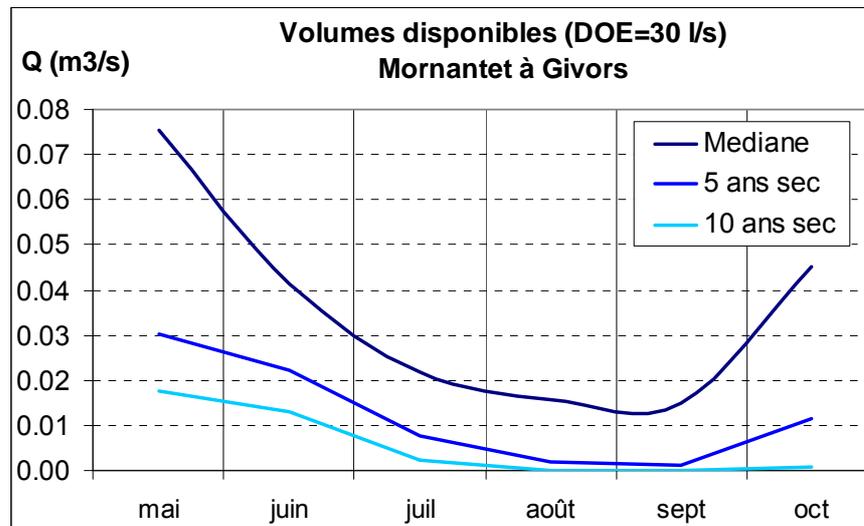
Satisfaction du DB par le débit naturel	mai	juin	juil	août	sept	oct	mai à oct
DB haut (30 l/s)	98%	95%	95%	85%	83%	90%	68%
DB moyen (20 l/s)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
DB bas (10 l/s)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Satisfaction du DB et des prélèvements	mai	juin	juil	août	sept	oct	mai à oct
DB haut (30 l/s)	98%	95%	88%	73%	80%	80%	53%
DB moyen (20 l/s)	100%	100%	98%	100%	100%	100%	98%
DB bas (10 l/s)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Les débits biologiques proposés sur le Mornantet à Givors sont dans la même gamme que ceux proposés plus en amont, au niveau de Mornant. Les prélèvements ayant lieu sur le tronçon (3 à 6 l/s) sont relativement faibles, et les apports intermédiaires entre Mornant et Givors permettent de les satisfaire au moins 4 années sur 5.

On propose de retenir comme Débit Objectif d'Etiage la valeur haute de Débit Biologique (30 l/s). Ce débit pourra être revu au fur et à mesure de l'avancement des connaissances sur les débits de ce secteur.

Le graphique ci-dessous présente les volumes disponibles au niveau du Mornantet à Givors une fois satisfaits des besoins du milieu de 30 l/s, pour différentes années caractéristiques (année médiane, année quinquennale sèche et année décennale sèche). Les volumes maximums prélevables sont les volumes pouvant être prélevés sans restriction 8 années sur 10 (ou 4 années sur 5), ce qui correspond à l'eau disponible en situation quinquennale sèche (courbe intermédiaire sur le graphique ci-dessous).

Figure 71 : Volumes disponibles pour des prélèvements une fois assuré un débit biologique de 30 l/s sur le Mornantet à Givors



Le tableau ci-dessous compare les volumes prélevables et les prélèvements actuels pour différents types d'usages.

Tableau 14 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements actuels sur le tronçon du Mornantet de Mornant à Givors, pour un DOE de 30 l/s (soit environ 78 milliers de m³/mois)

		mai	juin	juil	août	sept	oct	Total Mai à Oct
Volume prélevable (m3/s)		0.030	0.022	0.008	0.002	0.001	0.011	0.01
Vol Prélevable (milliers de m3)		81	58	20	6	3	31	198
Prélèvements (milliers de m3)	AEP	-1.8	-1.7	-1.8	-1.8	-1.7	-1.8	-11
	Irrigation	9.1	4.6	4.6	4.6	4.6	9.1	36
	Industrie	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-4
	Evaporation	4.5	8.8	11.6	7.8	0.7	0.0	33
	Total	11.2	11.0	13.7	10.0	2.8	6.7	55.4

Aux mois d'août et septembre, le prélèvement actuel dépasse légèrement les volumes prélevables. La différence entre ces deux termes représente un débit de l'ordre de quelques litres par seconde en août et un débit inférieur au litre par seconde en septembre. **Compte tenu de l'incertitude des estimations sur la ressource (voir phase 2) et les prélèvements, ce résultat est à prendre avec précaution.**

Si des réductions de prélèvements sont nécessaires, c'est sur la gestion des retenues (prélèvement pour l'irrigation et évaporation sur la surface des plans d'eau) qu'il existe un levier d'action (il n'y a pas de prélèvement pour l'AEP et l'industrie sur le tronçon du Mornantet de Mornant à Givors).

3. DEFINITION DES VOLUMES PRELEVABLES ET INDICATEURS DE GESTION DE NAPPE

Cette partie présente l'étude des volumes prélevables de la nappe de Garon. Elle est dédiée aux seuls aspects hydrogéologiques liés à cette nappe.

Son rédacteur principal est l'expert hydrogéologue Pascal Fénart de la société HYDROFIS.

3.1 INTRODUCTION

3.1.1 Contexte de la mission

La nappe du Garon est une nappe qui a fait l'objet de nombreuses études et investigations. Les rapports de phase 1 et 2 ont fait un point détaillé sur l'état des connaissances sur cette nappe.

Il existe un modèle numérique de cette nappe, développé récemment par Burgeap (2006-2009) et il était prévu que les analyses de potentialité de la nappe s'appuient sur ce modèle numérique.

L'objectif du présent rapport est de proposer un volume prélevable et des indicateurs de gestion pour la nappe du Garon. Rappelons que cette dernière fait actuellement l'objet de prélèvements uniquement destinés à l'alimentation en eau potable.

3.1.2 Généralités sur la méthode proposée

HYDROFIS est un bureau d'étude spécialisé en hydrogéologie, et plus particulièrement sur les milieux fissurés. La mission a donc été réalisée en respectant les règles de l'Art de la profession.

La mission a porté sur la supervision de simulations réalisées à l'aide d'un modèle numérique de façon à étudier différents scénarios de prélèvements et leur impact en terme de retour au milieu naturel et de piézométrie.

Rappelons que le modèle numérique appartient à BURGEAP et que c'est ce bureau d'études qui a été missionné pour réaliser les simulations.

Notre intervention a été limitée aux opérations suivantes :

- ▶ Définition d'une stratégie globale de modélisation. Cette stratégie a été validée en Secrétariat technique puis mise en œuvre par BURGEAP (2011 a).
- ▶ Première analyse des résultats et définition d'un programme de simulations complémentaires. Ce travail a donné lieu à un rapport complémentaire (BURGEAP, 2011 b)
- ▶ Synthèse des résultats apportés par les simulations et proposition des volumes prélevables et des indicateurs de gestion de la nappe

3.2 METHODOLOGIE

3.2.1 Rappels

Il nous a semblé nécessaire de faire ici quelques rappels utiles pour justifier la stratégie de modélisation préconisée.

3.2.1.1 Validité du modèle BURGEAP

Le modèle correspond à un schéma conceptuel basé sur l'existence d'une limite hydrogéologique au droit du seuil des Barolles, dont la validité a été discutée dans le rapport de phases 1&2. Il est probable que les sources de la Mouche puissent être considérées comme un exutoire naturel de la nappe du Garon.

Même avec cette hypothèse, le modèle numérique peut être considéré comme potentiellement performant pour répondre aux interrogations posées par une étude de détermination des volumes prélevables :

- ▶ La géométrie de l'aquifère est correctement représentée.
- ▶ Les conditions aux limites (hormis celle relative au seuil des Barolles) sont cohérentes avec le schéma conceptuel.
- ▶ La distribution des perméabilités est cohérente avec les mesures réalisées.
- ▶ Les phases de calage et de validation peuvent être considérées comme effectives.

La problématique posée par la non prise en compte de la zone des sources de la Mouche comme exutoire potentiel de la nappe est la suivante : cette non prise en compte dans le modèle BURGEAP implique t'elle nécessairement un biais par rapport à une détermination des volumes prélevables ?

C'est une question à laquelle il est difficile de répondre a priori.

On peut penser que la minoration des entrées dans la nappe revient à réserver un débit pour cette zone d'exutoire. Dit autrement, si la révision du modèle conceptuel de la nappe comme nous la proposons est essentielle dans la compréhension du fonctionnement global de la masse d'eau (recharge donc bilan, exutoire, relations avec les cours d'eau superficiels), il est fort probable que le fait de simuler une limite à flux nul sous le seuil des Barolles ait peu d'impact sur la capacité du modèle à déterminer les volumes prélevables (sous réserve d'une minoration des volumes de recharge).

Cependant, il est possible que pour des conditions climatiques différentes de celles observées durant la période de calage, des biais apparaissent (notamment en terme d'échanges entre masses d'eau) et fragilisent la signification des résultats.

Idéalement, sous réserve de la faisabilité pratique d'une telle option, il aurait fallu étendre le domaine modélisé jusqu'aux sources. Cependant, après vérification de la disponibilité des données disponibles auprès des organismes concernés, il apparaît un déficit important d'informations sur le secteur des sources de la Mouche (géométrie de l'aquifère, suivi piézométrique, données de prélèvements, chroniques de débit sur les sources...). Ce qui implique la difficulté d'étendre le domaine modélisé jusqu'aux sources. En effet cette solution d'apparence élégante ne pourrait pas reposer sur une quantité nécessaire de données utiles pour caler et valider le comportement de la nappe dans ce secteur. Une telle solution ne présenterait que l'illusion d'un gain de précision.

En conséquence, en fin de phase 1, nous avons recommandé les modifications suivantes :

- ▶ Ad minima, étudier l'impact de cette condition aux limites sur le fonctionnement du modèle. Il serait bon de tester les impacts relatifs entre une condition aux limites de type flux nul et une condition aux limites de type limite à charge constante.
- ▶ Introduire un puits fictif au droit de la gravière avec un débit de prélèvement moyen de l'ordre de 15 l/s.

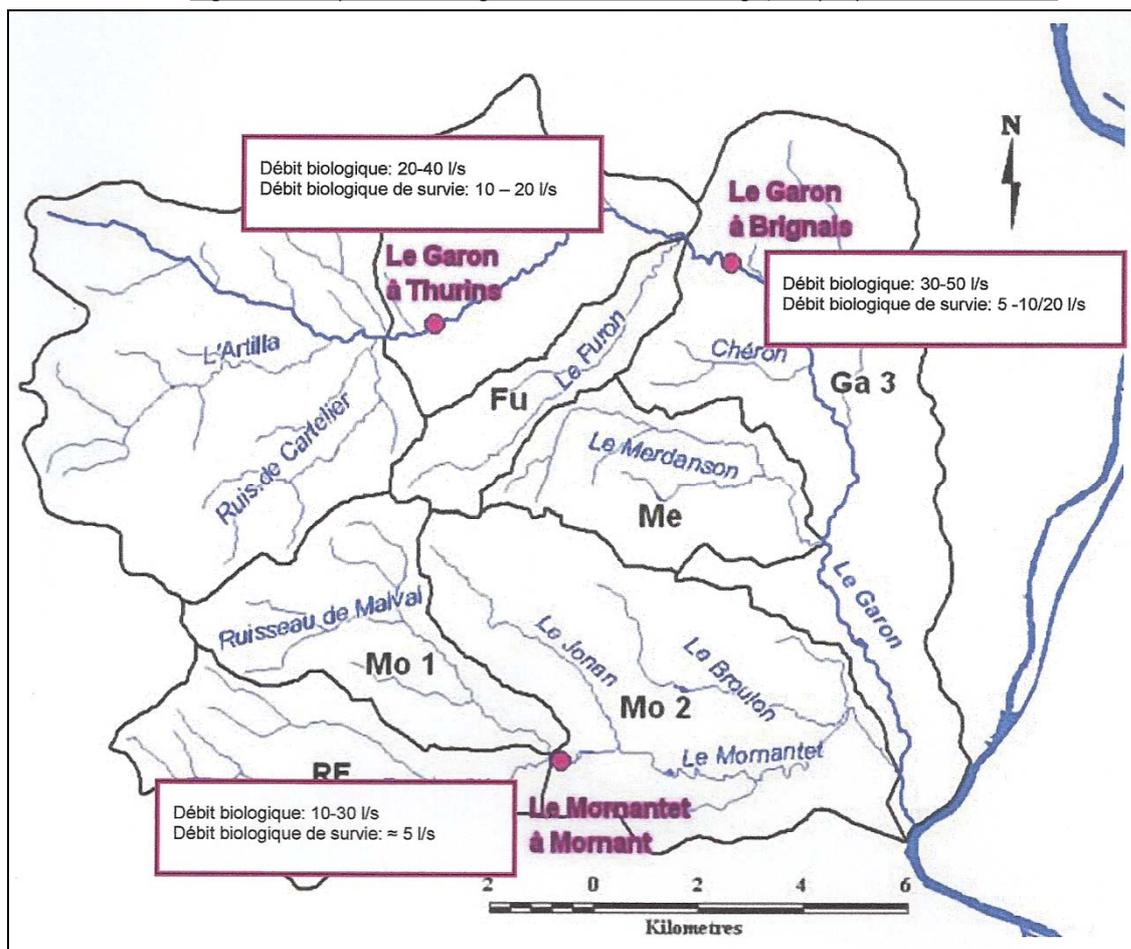
Plus que sur les limites de l'outil numérique en lui-même, insistons d'abord sur l'absence de données utiles pour consolider la détermination des volumes prélevables par l'approche de modélisation : mesures de débit du Garon au droit de la confluence avec le Rhône (exutoire de l'unité inférieure) et chronologies des débits des sources de la Mouche (exutoire de l'unité supérieure).

Cette absence conduit à un premier biais méthodologique certain : si le modèle sera bien calé en terme de piézométrie (nombreuses chroniques disponibles), les valeurs de flux aux limites du domaine modélisé n'auront été ni calées, ni validées. Ce sera le cas des débits d'échange entre nappe et rivière. Ces valeurs devront donc être considérées avec prudence.

3.2.1.2 Détermination des besoins du milieu :

Le rapport de phase 3 (BRLi, 2011) est dédié à la détermination des besoins biologiques des cours d'eau dans le bassin versant du Garon.

Figure 72 : Synthèse des gammes de débits biologiques proposés (BRLi, 2011)



A ce sujet, rappelons qu'il n'a pas été déterminé de besoin biologique lié aux exutoires supposés de la nappe du Garon.

En effet, précisons les éléments suivants :

- ▶ De par la structure hydrogéologique du réservoir, les restitutions d'eau de la nappe vers le cours d'eau ne peuvent se faire que dans la partie la plus aval de la nappe (en aval des carrières). Cette partie du cours d'eau est très dégradée. La méthode ESTIMHAB n'a pas été appliquée dans ce secteur.
- ▶ Il existe une suspicion forte d'interaction entre la nappe et les sources de la Mouche (BRLi, 2010b). Rappelons cependant que nous disposons ni de chronique longue de débit de ces sources, ni d'estimation du besoin biologique du cours d'eau en aval des sources.

C'est un deuxième biais méthodologique important : la non connaissance des valeurs limites en terme de débit à réserver aux exutoires des unités aquifères pour un bon état des cours d'eau à l'aval, impliquera un "flou" dans la définition et des volumes prélevables, et des indicateurs piézométriques de gestion des nappes. Leur définition sera nécessairement approximative.

3.2.2 Méthodologie

3.2.2.1 Stratégie de modélisation

Pour la détermination des volumes prélevables, il est d'usage de solliciter les modèles numériques selon trois types de scénario :

- ▶ Des scénarios tendanciels qui anticipent sur la base d'un faisceau de conjonctures argumentées (évolution de la pluie efficace et de la demande en eau sur le territoire), les impacts des évolutions attendues en termes de prélèvements ou de variations climatiques.
- ▶ Des scénarios prospectifs pour évaluer les capacités d'une masse d'eau sollicitée.
- ▶ Des scénarios exploratoires qui ont pour objectif de tester certaines configurations très peu probables mais qui permettent de mieux comprendre le fonctionnement de l'hydrosystème.

Rappelons que la nappe du Garon est aujourd'hui en limite de surexploitation. Il n'était donc pas dans l'objectif de l'étude de proposer des scénarios tendanciels en terme d'augmentation des prélèvements, dont la définition est actuellement très aléatoire.

Rappelons qu'il a été décidé en Comité Technique de ne pas réaliser de scénario dit climatique (qui intégrerait de possibles variations de pluie efficace suite au changement climatique observé).

Rappelons que le CCTP ne prévoit pas de scénarios exploratoires pour approcher l'impact de la spatialisation des prélèvements. Idem pour l'impact lié à leur temporalité.

En conséquence, nous avons établi le plan d'expérience suivant :

- (a) Une simulation en régime non influencé (absence de prélèvements) pour déterminer les retours attendus de la nappe vers le cours d'eau en régime naturel.

(b) Puis, trois scénarios prospectifs sur les volumes prélevables annuels (SP1, SP2 et SP3). La collecte des données de prélèvements en phase 1 de l'étude fait apparaître une incertitude sur la réalité des prélèvements par le passé. L'étude BURGEAP de référence (2008) était basée sur des prélèvements estimés autour de 5 Mm³/an de 1998 à 2005 ; or, les données collectées montrent des volumes cumulés légèrement supérieurs à 7 Mm³/an sur la même période. L'analyse des données de piézométrie sur le piézomètre de référence (Vourles) montre que pour des prélèvements supérieurs à 7 Mm³/an, le niveau piézométrique décroît, ce qui indique une production supérieure aux réserves renouvelables. On a ainsi testé un scénario extrême SP1 avec un prélèvement global de 6 Mm³/an, puis un scénario moyen SP2 à 5 Mm³/an plus proche des prélèvements actuels. Notons toutefois que la restitution d'eau dans le Garon va au delà du seul respect du non dépassement de la réserve renouvelable : nous avons donc recommandé la réalisation d'une simulation "basse" avec 4 Mm³/an pour mieux appréhender la dynamique de restitution d'eau souterraine dans la partie aval du Garon. Pour toutes ces simulations, on respecte les conditions suivantes :

- ▶ La proportion actuelle entre prélèvements amont et prélèvements aval (20% dans le secteur aval et 80% dans le secteur amont).
- ▶ Les débits sont supposés constants d'un mois à l'autre.
- ▶ La piézométrie de départ correspond à la piézométrie issue des simulations en régime non influencé. On approchera ainsi de façon purement théorique le fonctionnement de l'hydrosystème (comme s'il n'avait pas en héritage une diminution de ses réserves permanentes).

(c) Afin d'approcher l'ordre de grandeur de la période nécessaire à la reconstitution des réserves de la nappe, une quatrième simulation SP4 a été réalisée dans les mêmes conditions que définies ci-dessus (30 ans de séries climatiques), avec le volume prélevable de 4 Mm³/an mais avec une piézométrie de départ correspondant à la piézométrie actuelle de la nappe. Nous avons pu ainsi approcher le délai nécessaire pour un retour à l'équilibre de la nappe et donc à une éventuelle restitution de la nappe vers le Garon.

(d) En complément, une approche de l'impact de la spatialisation des prélèvements a été réalisée (SP5). Elle est basée sur un scénario exploratoire : suppression des prélèvements sur la nappe aval avec la totalité du volume prélevable sur la nappe amont. Il a en effet été convenu qu'un scénario de type « augmentation des prélèvements sur la nappe aval » conduirait nécessairement à diminuer les retours d'eau souterraine vers le Garon.

Toutes ces simulations/scénarios sont réalisés à partir des séries climatiques existantes allant de janvier 1980 à janvier 2010 pour intégrer la variabilité naturelle des séries climatiques susceptibles d'influencer les processus de recharge. On fait ainsi implicitement l'hypothèse d'une stationnarité des variables climatiques.

3.2.3 Définition des indicateurs piézométriques

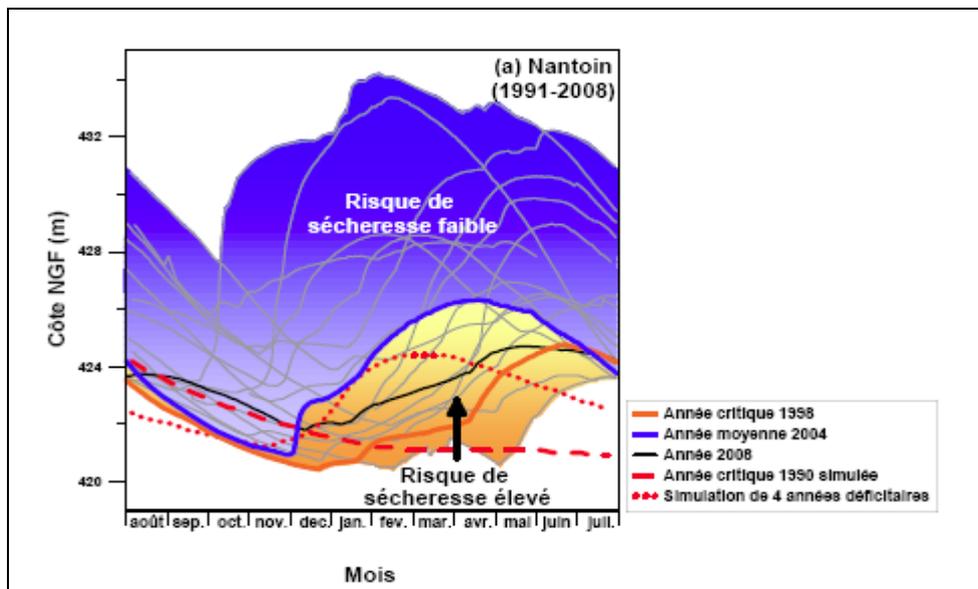
Rappelons qu'il n'est pas possible de réaliser une recherche des seuils historiques. La recherche de "seuils historiques", méthode très pragmatique, consiste à repérer dans les chroniques piézométriques de longue durée, des niveaux particuliers (historiquement bas) ayant eu des conséquences sur l'hydrosystème (cessation du soutien d'étiage des cours d'eau, rupture durable d'équilibre,...) et sur l'utilisation de la ressource (limitation des prélèvements, apparition de conflits d'usage).

Nous ne disposons ni des données piézométriques, ni des chroniques de débit du Garon pour autoriser une telle approche.

L'analyse des simulations a été réalisée sous deux approches différentes pour chacun des compartiments :

- ▶ Pour le secteur amont, analyse sur la piézométrie au piézomètre de référence de Vourles. En l'absence d'éléments nouveaux depuis l'étude BURGEAP (2008) et en considérant l'absence de relations nappe rivière dans ce compartiment, on peut considérer en première approximation la valeur de 175 m NGF (cote des sources de la Mouche) comme une valeur seuil à ne pas dépasser.
- ▶ Pour le secteur aval, analyse de la piézométrie simulée sur le PZ7 ou le piézomètre de Millery (arbitrage technique à réaliser), il avait été envisagé de déterminer d'éventuels indicateurs de gestion piézométrique en reportant les chroniques piézométriques annuelles simulées sur un même fond graphique (cf. figure ci-dessous). L'analyse de la distribution de ces courbes doit théoriquement permettre d'identifier une "zone" de points critiques (couple niveau piézométrique/mois dans l'année en cours) pour lesquels le modèle prédit un passage d'un état « normal » à un état d'alerte puis un état de crise. Nous verrons que cette approche n'est pas applicable à la nappe du Garon, car sa piézométrie est fortement contrôlée par un état moyen issu des déséquilibres passés en terme de prélèvements.

Figure 73 : Exemple de résultat attendu (issu du rapport BRGM/RP-56651-FR de novembre 2008 : Elaboration des règles de gestion volumique en eau de la nappe de Bièvre-Valloire).



Ajoutons qu'au vu des caractéristiques du cours d'eau (marqué par des assècs récurrents) et par l'absence de détermination des DMB du Garon dans ce secteur, nous ne pourrions pas raisonner sur une relation entre niveau piézométrique et DMB.

Nous proposons donc une analyse ad minima, basée sur l'analyse comparative des données existantes : intensité des prélèvements annuels, cumul annuel de pluies efficaces et niveau piézométrique enregistré à Vourles dans le compartiment amont.

3.2.4 Principaux résultats

Les résultats présentés ici sont issus des rapports délivrés par BURGEAP qui a eu la charge de réaliser les simulations. Nous ne reprendrons ici que les principaux résultats ; un lecteur plus curieux pourra se reporter aux rapports de BURGEAP (2011a et 2011b), qui présentent le détail des simulations.

3.2.4.1 Actualisation du modèle

Suite à nos recommandations, il a été réalisé les travaux suivants :

- ▶ Réactualisation des chroniques de prélèvements.
- ▶ Introduction de l'évaporation au droit de la carrière Lafarge.
- ▶ Calage du modèle sur les chroniques piézométriques disponibles de 2002 à 2010.

Cette phase de calage donne de bons résultats.

Notons que sur les années simulées, quatre présentent un bilan excédentaire (prélèvements inférieurs à la réserve renouvelable) et quatre autres sont déficitaires. Cela illustre la forte sensibilité de la nappe à la variabilité des conditions climatiques ; rappelons que la recharge par infiltrations des eaux de pluie ou par les pertes du Garon représentent 85 à 95% des apports d'eau à la nappe. Et que leur variabilité est forte ; leur volume cumulé annuel est rappelé ci-dessous :

- ▶ 2002 : environ 5,4 Mm³.
- ▶ 2003 : environ 5,3 Mm³.
- ▶ 2004 : environ 8,7 Mm³.
- ▶ 2005 : environ 5,8 Mm³.
- ▶ 2006 : environ 6,4 Mm³.
- ▶ 2007 : environ 8,5 Mm³.
- ▶ 2008 : environ 8,4 Mm³.
- ▶ 2009 : environ 6,1 Mm³.

Le modèle permet d'estimer un apport complémentaire par les versants de l'ordre de 1 Mm³.

Les sorties de la nappe correspondent à 90% aux prélèvements. Les volumes échangés avec la nappe du Rhône sont peu variables avec environ 1,5 Mm³ par an.

En première approximation, on peut donc conclure à une relation forte entre volumes prélevables et conditions climatiques.

3.2.4.2 Piézométrie non influencée

La réalisation d'une simulation sans pompage permet de mettre en évidence les éléments suivants :

- ▶ Secteur amont (Vourles) : la remontée de la nappe est de 12 m, le niveau se stabilise aux alentours de 190 m NGF soit encore 15 m sous le TN ; la nappe principale reste nettement décrochée sous le cours du Garon.
- ▶ Secteur aval (Montagny) : la remontée de la nappe serait de 5 m en moyenne, le niveau se stabilise aux alentours de 164 m NGF soit 1 à 2 m sous le TN ; sur la carte, le drainage de la nappe par le Garon se manifeste par les inflexions des lignes d'iso-incidence +2 et +3 m au sud du champ captant.

L'arrêt des pompages sur Montagny fait que le Garon alimente globalement moins la nappe car il n'est plus sollicité par les cônes d'appel de pompage ; l'alimentation s'établit à 3 550 m³/jour en moyenne 2005/2009 ; et cela correspondrait donc principalement au système nappe perchée / percolation ZNS dans le compartiment amont (Vourles).

Le flux de la nappe vers la rivière s'amorce progressivement pour s'établir ensuite aux alentours de 9 000 m³/jour : on quantifie ainsi les apports potentiels de la nappe vers le débit de l'hydraulique de surface (rivière Garon).

Dans cette situation de piézométrie non influencée, le gain global du débit drainé par le Garon est le suivant :

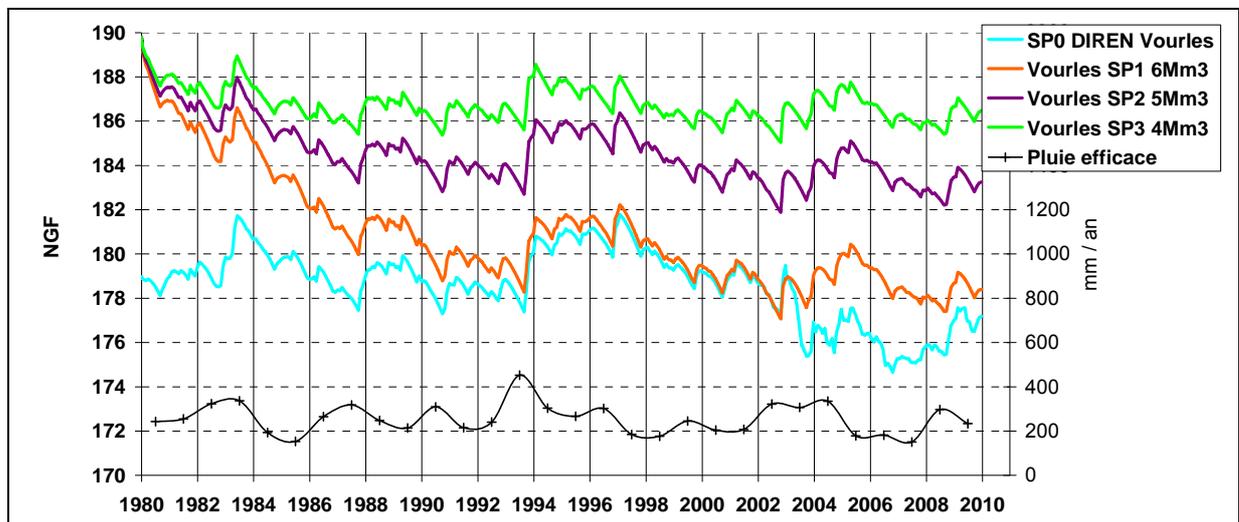
- ▶ Drainage Mini = + 5 619 m³/j (65 l/s).
- ▶ Drainage Maxi = + 15 332 m³/j (177 l/s).
- ▶ Drainage moyen = + 8 891 m³/j (103 l/s).

On a ainsi une estimation d'un ordre de grandeur d'environ 70 l/s pour la contribution de la nappe au débit d'étiage du cours d'eau en période estivale en régime non influencé. Précisons que l'incidence de l'arrêt complet des prélèvements AEP serait nulle sur le compartiment amont (Vourles), la nappe étant toujours nettement décrochée sous la rivière et que le retour à un drainage de la nappe par la rivière serait limité à certains tronçons en aval du seuil des Mouilles.

3.2.4.3 Scénarios prospectifs

La figure ci-dessous permet de visualiser l'impact des différentes politiques de prélèvements sur le piézomètre de référence de Vourles. Sur ces simulations qui débutent sur une réserve aquifère maximale, la baisse du niveau de nappe est bien entendu proportionnelle au volume des prélèvements.

Figure 74 : Piézométrie mesurée et simulée au piézomètre de Vourles (BURGEAP, 2011a).



L'analyse des bilans permet d'estimer les retours d'eau de la nappe vers le cours d'eau :

- ▶ A 6 Mm³/an (SP1), on n'observe aucun retour de la nappe vers le Garon.
- ▶ A 5 Mm³/an (SP2), les retours d'eau de la nappe vers le Garon sont pratiquement inexistants sur les 30 années simulées (drainage moyen de quelques l/s). Les rares périodes de drainage par le Garon correspondent aux années à forte pluviométrie avec un drainage maximal de l'ordre de 80 l/s et qui intéresse rarement les périodes d'étiage.

- ▶ A 4 Mm³/an, on observe un retour d'eau moyen au Garon de l'ordre de 1300 m³/j (environ 15 l/s). Le drainage par le Garon n'est pas un phénomène permanent et ne s'observe là également que lors des périodes de recharge significative de la nappe par la pluie ; les retours en période estivales quasiment nuls. Les tronçons drainant du Garon pour ce scénario sont les deux secteurs mis en évidence par la simulation en piézométrie non influencée, seuil des Mouilles et aval du champ captant de Montagny, mais sur des linéaires plus courts et pour des valeurs de débit bien entendu plus faibles.

Le scénario SP4 est une simulation basée sur des prélèvements à 4 Mm³/an. Il ne se différencie de SP3 que par la piézométrie de départ qui correspond à la piézométrie actuelle de la nappe. L'objectif est d'estimer le temps nécessaire pour un retour à l'équilibre de la nappe à partir de sa position actuelle. Le retour à l'équilibre de la nappe sur le compartiment Vourles est au sens strict (coïncidence des deux scénarios SP3 et SP4) de 9 ans. Toutefois, un niveau proche de l'équilibre (à 1 mètre près) peut être considéré comme obtenu 5 ans après le début de la diminution des prélèvements.

Le scénario SP5 est basé sur le transfert de la totalité des prélèvements AEP sur le compartiment amont de Vourles. La trame est identique à SP4 : prélèvements à 4 Mm³/an, départ sur piézométrie actuelle. Les trois puits de Montagny sont arrêtés et leur volume transféré sur les forages de Vourles. Le gain moyen estimé est ainsi faiblement supérieur à celui calculé pour SP3 (18 l/s au lieu de 15 l/s). Les retours vers la rivière en période d'étiage restent quasi inexistantes.

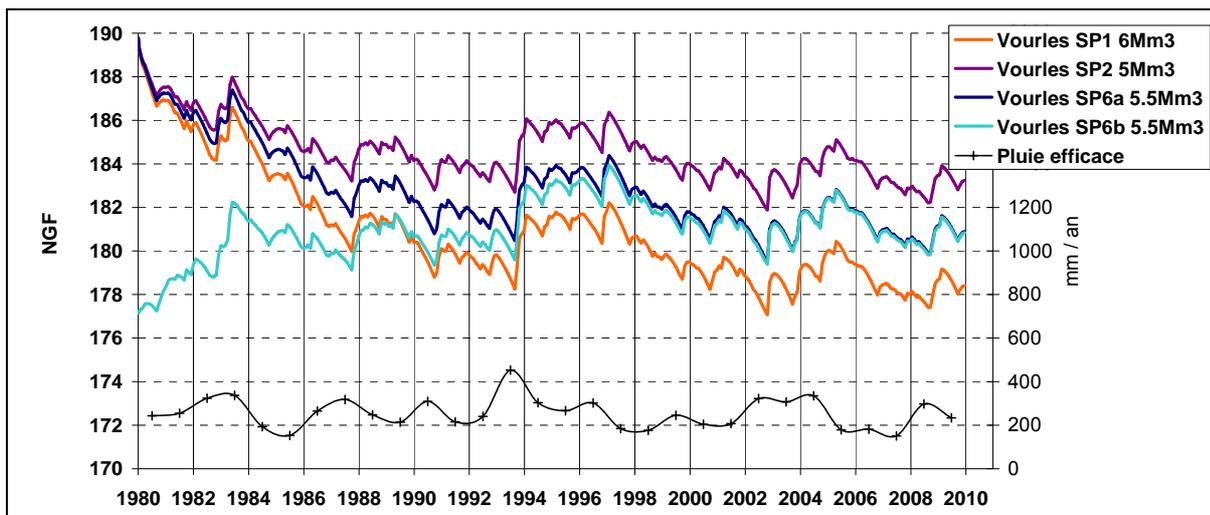
3.2.4.4 Travaux complémentaires

Au vu des résultats des scénarios prospectifs, une simulation complémentaire à 5,5 Mm³/an a été réalisée.

Ce scénario SP6 est décliné en deux variantes :

- ▶ SP6a avec une piézométrie de départ non influencée, en position haute – ou réserve au maximum - donc condition identique à SP1 ou SP2,
- ▶ SP6b débutant sur un niveau de nappe correspondant à la piézométrie actuelle de la nappe (nappe fortement sollicitée).

Figure 75 : Piézométrie mesurée et simulée au piézomètre de Vourles pour les simulations SP6a et SP6b (BURGEAP, 2011a).



Pour pouvoir apprécier l'impact de la variabilité des conditions climatiques sur le comportement de la nappe, il a été procédé à la définition systématique d'un bilan annuel pour toute la période modélisée, et ce pour les simulations SP1, SP2 et SP6 a.

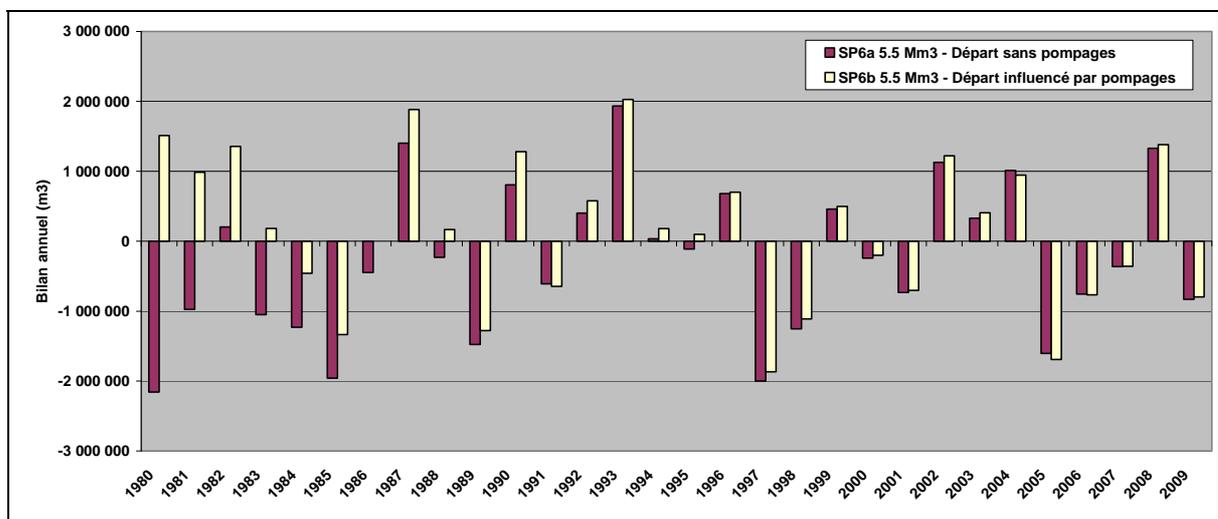
Pour l'interprétation des bilans annuels, il faut noter au préalable que les moyennes effectuées sur 30 ans sont fortement conditionnées par la piézométrie de départ, ou plus précisément par l'état de la réserve. Il est préférable de comparer les bilans moyens sur 20 ans de 1990 à 2010, ce qui écarte les 10 premières années (au minimum) qui constituent un retour à l'équilibre de la nappe.

On obtient ainsi sur 20 ans pour les simulations avec départ nappe haute les bilans moyens suivants :

- ▶ SP1 à 6Mm^3 :- $38\,779\text{ m}^3/\text{an}$
- ▶ SP6a à 5.5Mm^3 : - $19\,087\text{ m}^3/\text{an}$
- ▶ SP2 à 5 Mm^3 : + $2\,343\text{ m}^3/\text{an}$

Soit une évolution logique des bilans : bilan négatif pour 6 Mm^3 prélevés, se rapprochant de l'équilibre pour 5.5 Mm^3 et excédentaire pour 5 Mm^3 .

Figure 76 : bilans annuels pour SP1 et SP2 (BURGEAP, 2011b).



3.3 ARBITRAGES TECHNIQUES

3.3.1 Volume prélevable et débit d'objectif d'étiage

3.3.1.1 Apports des simulations

Dans le cadre de l'étude des volumes prélevable dans la nappe du Garon, Burgeap a procédé courant juillet 2011 à une actualisation du modèle mathématique de l'aquifère puis réalisé une série de simulations quantitatives prospectives (BURGEAP, 2011a). Les scénarios étudiés sont construits sur les séries pluviométriques réelles allant de janvier 1980 à décembre 2009.

Les principaux résultats des simulations de baisse des prélèvements en nappe sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Scénario	Prélèvement simulé	Remontée piézométrique / situation actuelle		Débit supplémentaire drainé par le Garon
	millions m ³ /an	Secteur Vourles	Secteur Montagny	litre/seconde
SP1	6	1.20 m	0.00 m	0
SP2	5	6.10 m	1.10 m	2
SP3	4	9.30 m	2.10 m	15
Non influencé	0	12.60 m	4.00 m	103

Le scénario SP4 montre que le temps de retour de la nappe à une situation proche de l'équilibre pour un volume prélevé ramené à 4 Mm³/an est de l'ordre de 5 ans.

Le scénario SP5 qui simule le transfert de la totalité de la production AEP sur le secteur de Vourles indique que le gain global pour le débit du Garon serait minime.

Cette approche par simulations apporte deux résultats fondamentaux :

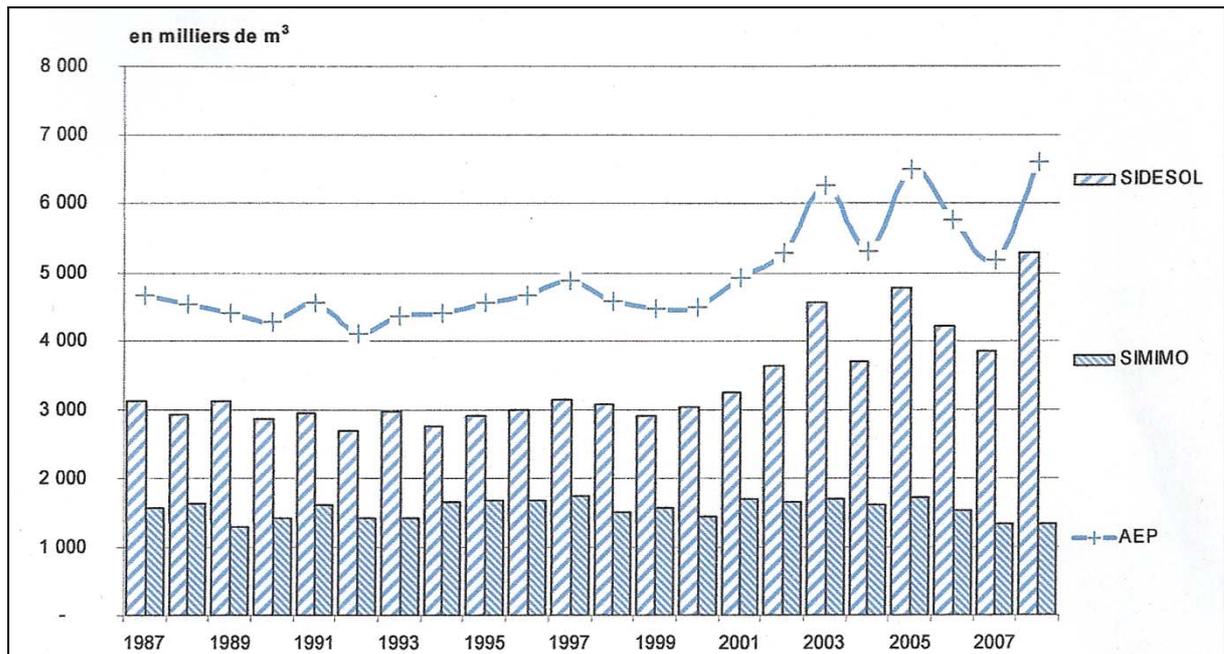
- ▶ En régime naturel, le retour vers l'hydro système superficiel serait limité à la partie la plus aval du cours d'eau Garon (entre les carrières de Millery et sa confluence avec le Rhône). Rappelons le caractère partiel de cette conclusion : il est probable qu'en régime non influencé, le débit des sources de la Mouche augmente de manière significative, ce que le modèle ne peut pas simuler sous sa structure actuelle.
- ▶ Les gains en terme de retour vers le Garon sont marginaux pour des prélèvements annuels supérieurs à 4 Mm³.
- ▶ L'exploitation des bilans sur 20 cycles hydrologiques montre un équilibre certain pour une exploitation autour de 5 Mm³/an, un équilibre hypothétique pour une exploitation de 5,5 Mm³/an, un déséquilibre certain pour une exploitation de 6 Mm³/an .

3.3.1.2 Apports des observations

Rappelons les éléments suivants :

- Les données disponibles montrent des prélèvements inférieurs à 5 Mm³/an de 1987 à 1999 (sous réserve de prélèvements marginaux par le Syndicat Rhône Sud), une surexploitation avec des pics supérieurs à 6 Mm³/an de 2000 à 2005, puis un retour à des prélèvements compris entre 5,5 et 6 Mm³ de 2006 à 2010.

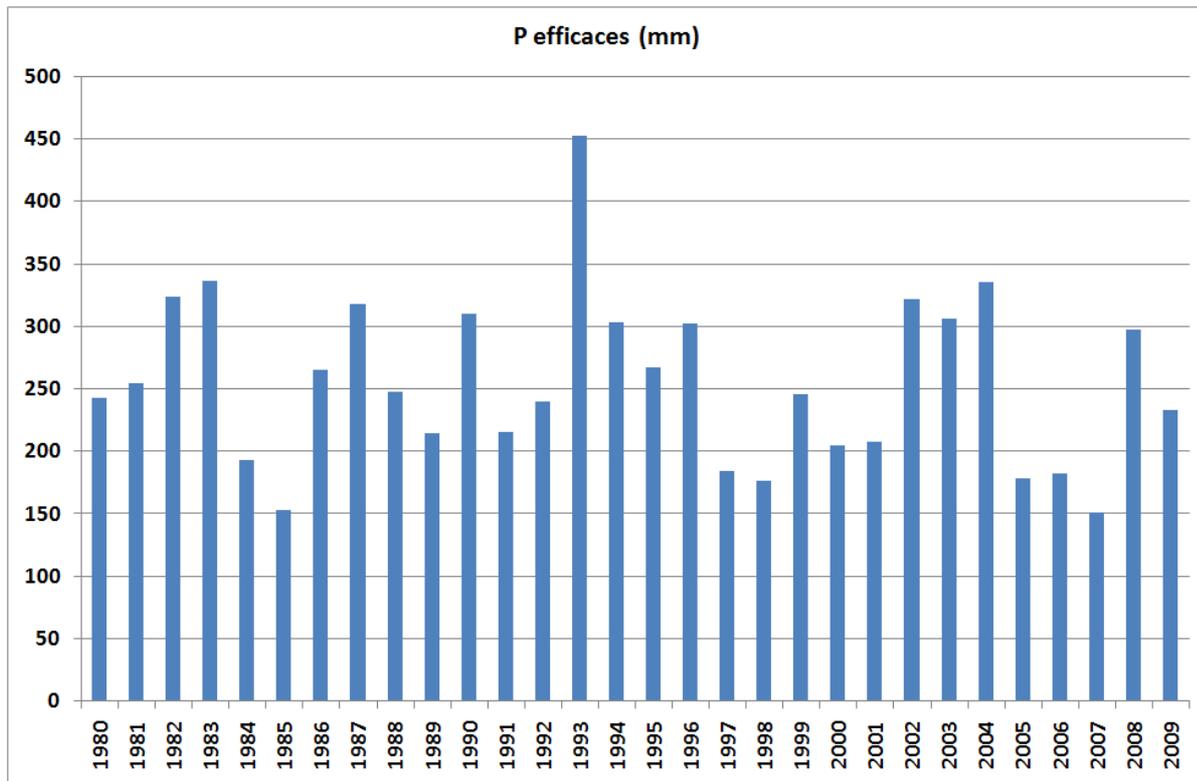
Figure 77 : Prélèvements pour l'eau potable dans le territoire du bassin versant, excepté Rhône Sud (BRLi, 2010).



- Les données disponibles en terme de pluie efficace sont les suivantes : moyenne de l'ordre de 260 mm/an pour la période allant de 1980 à 1999, de 255 mm/an pour les années 2000 à 2005 et de 215 mm/an pour les années 2006 à 2009 (cf. figure ci-dessous).

On peut donc considérer les périodes 1980-1999 et 2000-2005 comme "normales" avec une alternance d'années sèches et d'années plus humides. Ce n'est pas le cas pour la période 2005-2009 qui a été caractérisée par la succession de deux années de sécheresse sévère : 2006 avec une estimation autour de 180 mm de pluie efficace et 2007 avec 150 mm de pluie efficace estimée.

Figure 78 : Cumul annuel des pluies efficaces (BURGEAP, 2011a).



Le piézomètre de Vourles permet une bonne appréhension de la variabilité piézométrique. En effet, dans ce compartiment la nappe est déconnectée du cours d'eau et sa piézométrie n'est ni influencée ni tamponnée par ce cours d'eau (ce qui est le cas du compartiment aval). C'est pour les raisons inverses que nous n'avons pas développé d'analyse sur des piézomètres dans le compartiment aval.

L'analyse de la piézométrie à Vourles montre les éléments suivants :

(1) De 1980 à 1996, le niveau piézométrique oscille entre 181,7 et 177,3 m NGF. On peut juger qu'il ne présente pas de tendance significative sur le long terme.

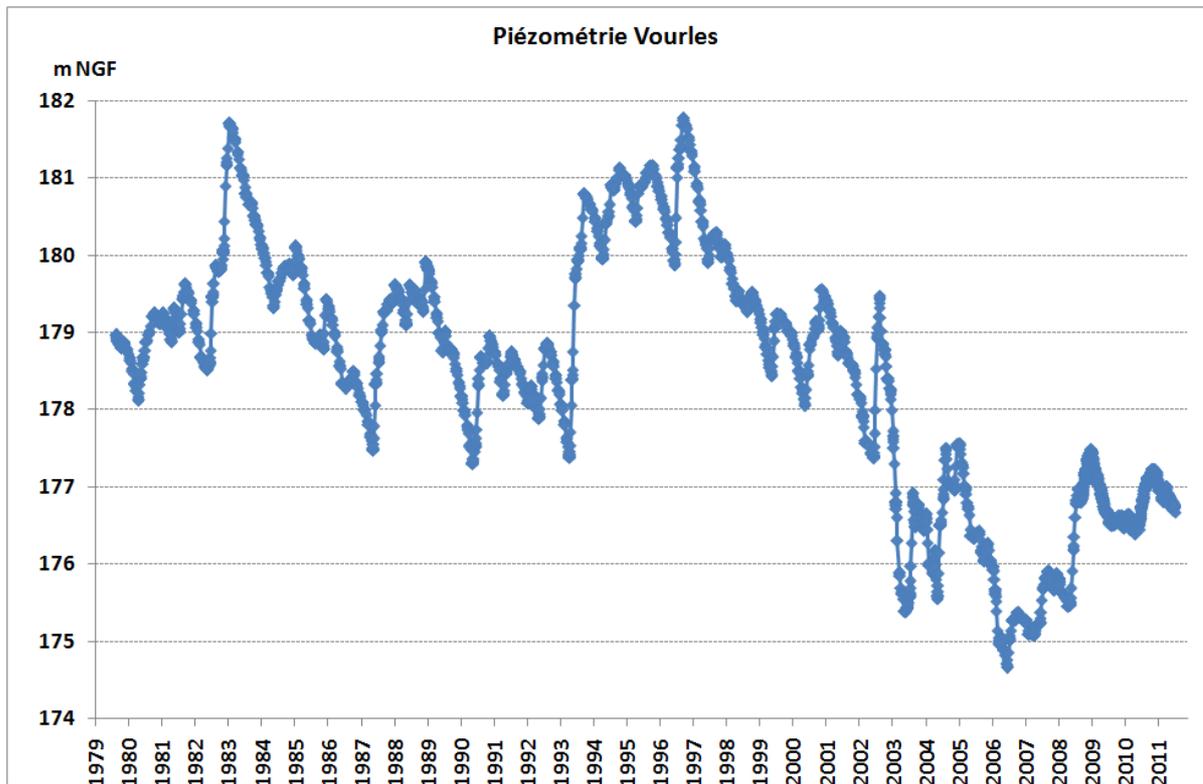
On observe trois minima marqués :

- ▶ Octobre 1987.
- ▶ Octobre 1990.
- ▶ Août 1993.

Ces minima marquent la fin de cycles de sécheresse relative avec une succession de deux à trois années caractérisées par de plus faibles pluies efficaces (1984-1986 puis 1988-1989, 1991-1992).

C'est une observation essentielle : elle montre que pour des prélèvements compris entre 4,5 et 5 Mm³, un cumul de pluie efficace de moins de 250 mm/an est insuffisant à assurer un équilibre à la nappe. Les remontées piézométriques ne sont observées que pour des cumuls supérieurs à 300 mm/an.

Figure 79 : Piézométrie enregistrée au piézomètre de référence Vourles.



(2) De 1996 à 2005, on observe une tendance nette à la diminution du niveau piézométrique qui passe ainsi de 181 à 174,70 m NGF. Notons pourtant que les années 2002, 2003 et 2004 sont marquées par des cumuls de pluie efficace de plus de 300 mm/an.

(3) De 2006 à 2010, le niveau piézométrique moyen augmente de 174,70 à 176,70 m NGF. La plus grande remontée est observée durant l'automne 2008 et l'hiver 2009. Ces deux années présentent pourtant des cumuls relativement modestes, comprise entre 230 et 300 mm/an. On peut supposer que le passage à un nouveau régime de prélèvements induit des phénomènes de recherche d'équilibre, tels qu'ils ont été mis en évidence par les travaux de modélisation ; ils s'expliquent principalement par un changement de la relation nappe rivière dans le compartiment aval de la nappe.

L'analyse comparative de données existantes apporte les résultats suivants :

- ▶ En première approximation, le niveau piézométrique semble stabilisé pour des prélèvements annuels compris entre 4,5 et 5 Mm³/an.
- ▶ Le niveau piézométrique décroît constamment pour des volumes prélevés supérieurs à 6 Mm³/an. Ce qui indique que les prélèvements sont alors supérieurs à la réserve renouvelable.
- ▶ Pour des prélèvements de l'ordre de 5,8 Mm³/an, le niveau semble stabilisé. Notons toutefois l'absence de succession d'années sèches qui pourraient véritablement renseigner sur la validité de cette observation.

3.3.1.3 Propositions

Sur la base du principal résultat apporté par les simulations, à savoir un retour marginal (en quantité comme en positionnement) vers l'hydrosystème superficiel dans la gamme d'une réduction réaliste des prélèvements, nous proposons de déterminer le volume prélevable comme correspondant à la seule réserve renouvelable.

L'analyse des données simulées est concordante avec celle des données mesurées.

Deux scénarios d'exploitation peuvent être envisagés :

- ▶ Un scénario prudentiel avec un volume prélevable de l'ordre de 5 Mm³/an. Sous réserve d'une stationnarité des variables climatiques, il devrait autoriser une relative stabilité du niveau piézométrique. Celui-ci devrait présenter des fluctuations pluriannuelles similaires à celles observées de 1980 à 1999.
- ▶ Un scénario plus risqué de prélèvements autour de 5,5 Mm³/an. Il resterait ainsi dans l'ordre de grandeur des prélèvements récents qui ont montré une stabilisation du niveau piézométrique pour des années marquées par des variables climatiques moyennes. Un tel scénario devrait obligatoirement être accompagné d'un suivi rigoureux du niveau piézométrique et des variables climatologiques. Si une tendance significative en terme de baisse du niveau de la nappe devait être enregistrée, il faudrait alors envisager une révision à la baisse du volume prélevable.

3.3.2 Proposition d'indicateurs de gestion de nappe

3.3.2.1 Eléments d'analyse

Avant de proposer des indicateurs de gestion pour la nappe du Garon, rappelons les biais suivants :

- ▶ Les flux proposés dans le modèle n'ont pas été strictement calés et validés.
- ▶ Nous ne disposons pas de chronique de débit sur le Garon en partie aval. Idem pour une chronique de débit sur les sources de la Mouche. Il n'est donc pas possible de proposer une approche de type seuils historiques.
- ▶ Nous ne disposons pas de débit cible contraint par un débit biologique et ce pour le Garon comme pour les sources de la Mouche. Il n'est donc pas possible de classer les courbes piézométriques annuelles avec des indicateurs basés sur un pourcentage de débit reconstitué par le modèle en régime non influencé.
- ▶ Notre seul élément de contraintes est la cote altimétrique des sources de la Mouche (175-176 m NGF). Une piézométrie inférieure à cette cote dans le compartiment amont induirait nécessairement le tarissement des émergences. Si la diminution devait s'accroître, il existe même un risque d'inversion du gradient avec un appel des eaux de la nappe alluviale du Rhône vers la nappe du Garon.

Insistons sur les relations observées entre prélèvements et piézométrie de la nappe :

- ▶ L'inertie de la nappe est pluri annuelle. On observe des cycles à la hausse ou à la baisse qui s'étalent sur plusieurs années. L'analyse de la période la plus longue en terme de prélèvements stables (1980-1999) montre une amplitude d'environ 4 m (+/- 2 m autour de la moyenne).
- ▶ Le niveau piézométrique moyen dépend de manière complexe de la politique de prélèvement mise en oeuvre et des politiques antérieures de prélèvements. C'est un résultat évident lorsque l'on observe les piézométries simulées (évolution systématique vers une valeur stabilisée de piézométrie). L'analyse de la piézométrie enregistrée sur Vourles semble conforter cette affirmation en première approximation (observations de paliers de stabilisation). Insistons sur le caractère complexe de ces phénomènes : le passage d'un palier de prélèvement à un autre implique un réajustement piézométrique qui prendra plusieurs années et sera contrôlé par un rééquilibrage des gradients entre compartiment amont et compartiment aval, entre nappe et encaissants, et entre nappe et rivière dans le compartiment aval. Cette dynamique de moyen terme enregistrera des dynamiques de court terme liées à la variabilité naturelle des données climatologiques. Il faut donc prendre ces relations avec beaucoup de prudence. A ce sujet, notons un écart non négligeable entre le modèle qui associe une piézométrie moyenne autour de 183-184 m NGF pour des prélèvements annuels de l'ordre de 5 Mm³ et le système réel qui associe une piézométrie moyenne de 179-180 m NGF pour une telle politique de prélèvements.
- ▶ L'analyse des données enregistrées au piézomètre Vourles montre que la piézométrie moyenne était d'environ 179,50 m NGF pour un prélèvement annuel compris entre 4,5 et 5 Mm³/an. Le niveau piézométrique n'était pas stabilisé pendant la courte période de prélèvements supérieurs à 6 Mm³/an. Le niveau semble être stabilisé en première approximation autour de 176,50 m NGF pour des prélèvements compris entre 5,5 et 6 Mm³/an.

3.3.2.2 Propositions

Au vu des biais rappelés ci-dessus, nous proposons une politique de gestion de la nappe basée sur les éléments suivants :

- ▶ Pour le compartiment inférieur, la définition d'un piézomètre de référence paraît superflue. Nous ne disposons pas de chroniques longue pour assoir un raisonnement et il n'existe aucun objectif en terme de débit biologique pour contraindre des valeurs cibles de piézométrie.
- ▶ Pour le compartiment supérieur, il a été décidé de restreindre la définition d'indicateurs piézométriques au seul piézomètre dit de Vourles. En effet, ce piézomètre est un piézomètre de référence depuis plusieurs années et la piézométrie semble homogène dans ce compartiment (réservoir très transmissif). Il n'y a donc aucune raison de changer de piézomètre de référence.

Pour le compartiment amont, nous proposons un niveau piézométrique de crise de 175 m NGF, justifié par un risque de tarissement des sources de la Mouche et d'inversion de gradient entre nappe du Garon et nappe du Rhône.

Sous réserve de la stationnarité des niveaux piézométriques (avec des variations de l'ordre de +/- 2 m autour d'un niveau moyen), il faut viser à un niveau stabilisé autour de 177 m NGF. En effet, l'analyse des minimas historiques montre une fréquence de l'ordre de 2 à 3 épisodes de basses eaux par décennie. Ce qui laisse espérer en première approximation, la satisfaction des usages projetés sans restrictions pour 8 années sur 10.

L'analyse des données enregistrées et des données simulées, bien que non concordantes, montrent que ce niveau moyen devrait être atteint pour un volume prélevable compris entre 5 et 5,5 Mm³/an.

Notons toutefois que des baisses de piézométrie devraient se répéter 2 à 3 fois par décennie avec un risque d'atteinte du niveau piézométrique de crise. Il est donc indispensable de prévoir des procédures de réduction des prélèvements AEP durant ces périodes ; elles pourraient s'appuyer sur des interconnexions avec réseaux prélevant hors nappe du Garon.

Au vu du risque certain de baisse récurrente du niveau piézométrique, nous proposons un seuil d'alerte de 176 m NGF, qui pourrait servir d'indicateur pour la mise en oeuvre de procédures pour la réduction des prélèvements dans la nappe du Garon.

Pour finir, dans une logique de prévention, nous recommandons vivement de réduire les prélèvements pendant une période déterminée de manière à autoriser une reconstitution des réserves de la nappe. Pour que cette recharge soit significative, il faudrait idéalement restituer au minimum 50% du volume surexploité entre 1999 et 2006, estimé entre 5 et 6 millions de m³ sur la base des données disponibles.

Ce qui pourrait être réalisé par un cycle de prélèvements AEP restreints à 4,5 Mm³ pendant deux à trois ans.

Insistons sur le caractère approximatif de ces règles de gestion ; la connaissance de la nappe est lacunaire et les résultats sous contraints. Il faut donc considérer ces règles de gestion comme des orientations et non comme des résultats en soi. Nous recommandons vivement de les accompagner d'un suivi scientifique, de manière à pouvoir les modifier en fonction de l'évolution constatée du comportement de la nappe en fonction des politiques mises en oeuvre.

3.4 REFERENCES DOCUMENTAIRES

- BRLi, 2010 a** - Etude des volumes prélevables sur le bassin versant du Garon (phases 1 et 2). Rapport d'étude, 127 p. + annexes.
- BRLi, 2010 b** - Etude des volumes prélevables sur le bassin versant du Garon. Diagnostic hydrogéologique (phases 1). Rapport d'étude, 54 p.
- BRLi, 2011** - Etude des volumes prélevables sur le bassin versant du Garon (phases 3). Détermination des débits biologiques. Rapport d'étude, 77 p. + annexes.
- BURGEAP, 2007** - Etude détaillée de la nappe du Garon. Phase 1 : collecte et analyse des données existantes. Rapport d'étude pour le compte du Syndicat Intercommunal des Eaux du Sud-Ouest Lyonnais. 40 p. + annexes.
- BURGEAP, 2008 a** - Etude détaillée de la nappe du Garon. Phase 2 : Maîtrise d'œuvre relative à la réalisation des piézomètres et essais associés. Rapport d'étude pour le compte du Syndicat Intercommunal des Eaux du Sud-Ouest Lyonnais. 13 p. + annexes.
- BURGEAP, 2008 b** - Etude détaillée de la nappe du Garon. Phase 3 : Acquisition de données complémentaires. Rapport d'étude pour le compte du Syndicat Intercommunal des Eaux du Sud-Ouest Lyonnais. 66 p. + annexes.
- BURGEAP, 2008 c** - Etude détaillée de la nappe du Garon. Phase 4 : bilan et premiers diagnostics. Rapport d'étude pour le compte du Syndicat Intercommunal des Eaux du Sud-Ouest Lyonnais. 34 p. + annexes.
- BURGEAP, 2008 d** - Etude détaillée de la nappe du Garon. Phase 5 : Modélisation des écoulements souterrains. Rapport d'étude pour le compte du Syndicat Intercommunal des Eaux du Sud-Ouest Lyonnais. 41 p. + annexes.
- BURGEAP, 2008 e** - Etude détaillée de la nappe du Garon. Phase 5 : Simulations quantitatives et qualitatives sur la nappe du Garon. Rapport d'étude pour le compte du Syndicat Intercommunal des Eaux du Sud-Ouest Lyonnais. 45 p. + annexes.
- BURGEAP, 2011 a** - Etude des volumes prélevables dans la nappe du Garon. Actualisation et valorisation de la modélisation hydrodynamique de l'aquifère. Rapport d'étude pour le compte du SMAGA. 38 p.
- BURGEAP, 2011 b** - Nappe du Garon. Simulation et bilans complémentaires. Rapport d'étude pour le compte du SMAGA. 6 p.

ANNEXES

Annexe 1- Le Garon à Thurins

ANNEXE 1-1 : VOLUMES PRELEVABLES POUR DIFFERENTES VALEURS DE DEBIT BIOLOGIQUE

ANNEXE 1-2 : FREQUENCE DE SATISFACTION DU DEBIT BIOLOGIQUE PAR LE DEBIT NATUREL

ANNEXE 1-3 : REDUCTION DES PRELEVEMENTS NECESSAIRES

ANNEXE 1-1 : GARON A THURINS : DEBITS PRELEVABLES POUR DIFFERENTES VALEURS DE DEBIT BIOLOGIQUES

Débit biologique valeur basse = 20 l/s

QM (m3/s)	Débits prélevables (max(0, Qnat - DB))					
	mai	juin	juil	août	sept	oct
1970	0.38	0.42	0.10	0.04	0.02	0.06
1971	0.24	0.12	0.14	0.07	0.03	0.01
1972	0.14	0.08	0.03	0.01	-	0.07
1973	0.20	0.12	0.18	0.06	0.04	0.03
1974	0.12	0.08	0.03	0.01	0.05	0.12
1975	0.39	0.21	0.07	0.08	0.28	0.12
1976	0.03	0.00	-	0.04	0.19	0.29
1977	0.46	0.29	0.41	0.32	0.08	0.08
1978	0.22	0.08	0.03	0.05	0.02	0.01
1979	0.15	0.25	0.08	0.08	0.03	0.33
1980	0.19	0.12	0.07	0.11	0.17	0.27
1981	0.52	0.42	0.17	0.06	0.16	0.11
1982	0.03	0.06	0.12	0.19	0.15	0.14
1983	1.52	0.31	0.07	0.02	0.00	0.01
1984	0.17	0.18	0.06	0.03	0.03	0.10
1985	0.49	0.39	0.18	0.07	0.02	-
1986	0.68	0.24	0.08	0.04	0.03	0.02
1987	0.30	0.31	0.18	0.13	0.06	0.33
1988	0.65	0.37	0.18	0.06	0.02	0.15
1989	0.34	0.10	0.04	0.01	0.00	-
1990	0.24	0.23	0.07	0.03	0.02	0.13
1991	0.08	0.07	0.02	0.00	0.13	0.12
1992	0.15	0.49	0.15	0.07	0.06	0.24
1993	0.12	0.06	0.05	0.02	0.51	1.48
1994	0.25	0.17	0.13	0.13	0.36	0.33
1995	0.52	0.14	0.05	0.02	0.13	0.14
1996	0.22	0.16	0.16	0.07	0.02	0.01
1997	0.06	0.13	0.08	0.05	0.01	0.01
1998	0.27	0.12	0.04	0.01	0.05	0.07
1999	0.18	0.09	0.05	0.03	0.08	0.28
2000	0.15	0.08	0.03	0.02	0.02	0.11
2001	0.30	0.20	0.15	0.06	0.05	0.17
2002	0.12	0.13	0.12	0.08	0.09	0.08
2003	0.03	0.04	0.02	0.01	0.00	0.06
2004	0.12	0.04	0.03	0.19	0.07	0.52
2005	0.37	0.23	0.07	0.02	0.01	0.03
2006	0.23	0.08	0.16	0.13	0.07	0.08
2007	0.32	0.39	0.37	0.58	0.28	0.08
2008	0.38	0.25	0.18	0.12	0.10	0.32
2009	0.11	0.06	0.04	0.02	0.01	0.07
Mediane	0.23	0.13	0.08	0.05	0.05	0.11
5 ans sec	0.12	0.08	0.04	0.02	0.02	0.03
10 ans sec	0.07	0.06	0.03	0.01	0.01	0.01

Débit biologique valeur moyenne = 30 l/s

QM (m3/s)	Débits prélevables (max(0, Qnat - DB))					
	mai	juin	juil	août	sept	oct
1970	0.37	0.41	0.09	0.03	0.01	0.05
1971	0.23	0.11	0.13	0.06	0.02	-
1972	0.13	0.07	0.02	-	-	0.06
1973	0.19	0.11	0.17	0.05	0.03	0.02
1974	0.11	0.07	0.02	0.00	0.04	0.11
1975	0.38	0.20	0.06	0.07	0.27	0.11
1976	0.02	-	-	0.03	0.18	0.28
1977	0.45	0.28	0.40	0.31	0.07	0.07
1978	0.21	0.07	0.02	0.04	0.01	-
1979	0.14	0.24	0.07	0.07	0.02	0.32
1980	0.18	0.11	0.06	0.10	0.16	0.26
1981	0.51	0.41	0.16	0.05	0.15	0.10
1982	0.02	0.05	0.11	0.18	0.14	0.13
1983	1.51	0.30	0.06	0.01	-	-
1984	0.16	0.17	0.05	0.02	0.02	0.09
1985	0.48	0.38	0.17	0.06	0.01	-
1986	0.67	0.23	0.07	0.03	0.02	0.01
1987	0.29	0.30	0.17	0.12	0.05	0.32
1988	0.64	0.36	0.17	0.05	0.01	0.14
1989	0.33	0.09	0.03	-	-	-
1990	0.23	0.22	0.06	0.02	0.01	0.12
1991	0.07	0.06	0.01	-	0.12	0.11
1992	0.14	0.48	0.14	0.06	0.05	0.23
1993	0.11	0.05	0.04	0.01	0.50	1.47
1994	0.24	0.16	0.12	0.12	0.35	0.32
1995	0.51	0.13	0.04	0.01	0.12	0.13
1996	0.21	0.15	0.15	0.06	0.01	0.00
1997	0.05	0.12	0.07	0.04	0.00	-
1998	0.26	0.11	0.03	0.00	0.04	0.06
1999	0.17	0.08	0.04	0.02	0.07	0.27
2000	0.14	0.07	0.02	0.01	0.01	0.10
2001	0.29	0.19	0.14	0.05	0.04	0.16
2002	0.11	0.12	0.11	0.07	0.08	0.07
2003	0.02	0.03	0.01	-	-	0.05
2004	0.11	0.03	0.02	0.18	0.06	0.51
2005	0.36	0.22	0.06	0.01	0.00	0.02
2006	0.22	0.07	0.15	0.12	0.06	0.07
2007	0.31	0.38	0.36	0.57	0.27	0.07
2008	0.37	0.24	0.17	0.11	0.09	0.31
2009	0.10	0.05	0.03	0.01	0.00	0.06
Mediane	0.22	0.12	0.07	0.04	0.04	0.10
5 ans sec	0.11	0.07	0.03	0.01	0.01	0.02
10 ans sec	0.06	0.05	0.02	0.00	0.00	-

Débit biologique valeur haute = 40 l/s

QM (m3/s)	Débits prélevables (max(0, Qnat - DB))					
	mai	juin	juil	août	sept	oct
1970	0.36	0.40	0.08	0.02	-	0.04
1971	0.22	0.10	0.12	0.05	0.01	-
1972	0.12	0.06	0.01	-	-	0.05
1973	0.18	0.10	0.16	0.04	0.02	0.01
1974	0.10	0.06	0.01	-	0.03	0.10
1975	0.37	0.19	0.05	0.06	0.26	0.10
1976	0.01	-	-	0.02	0.17	0.27
1977	0.44	0.27	0.39	0.30	0.06	0.06
1978	0.20	0.06	0.01	0.03	-	-
1979	0.13	0.23	0.06	0.06	0.01	0.31
1980	0.17	0.10	0.05	0.09	0.15	0.25
1981	0.50	0.40	0.15	0.04	0.14	0.09
1982	0.01	0.04	0.10	0.17	0.13	0.12
1983	1.50	0.29	0.05	0.00	-	-
1984	0.15	0.16	0.04	0.01	0.01	0.08
1985	0.47	0.37	0.16	0.05	-	-
1986	0.66	0.22	0.06	0.02	0.01	-
1987	0.28	0.29	0.16	0.11	0.04	0.31
1988	0.63	0.35	0.16	0.04	0.00	0.13
1989	0.32	0.08	0.02	-	-	-
1990	0.22	0.21	0.05	0.01	0.00	0.11
1991	0.06	0.05	0.00	-	0.11	0.10
1992	0.13	0.47	0.13	0.05	0.04	0.22
1993	0.10	0.04	0.03	0.00	0.49	1.46
1994	0.23	0.15	0.11	0.11	0.34	0.31
1995	0.50	0.12	0.03	0.00	0.11	0.12
1996	0.20	0.14	0.14	0.05	0.00	-
1997	0.04	0.11	0.06	0.03	-	-
1998	0.25	0.10	0.02	-	0.03	0.05
1999	0.16	0.07	0.03	0.01	0.06	0.26
2000	0.13	0.06	0.01	0.00	0.00	0.09
2001	0.28	0.18	0.13	0.04	0.03	0.15
2002	0.10	0.11	0.10	0.06	0.07	0.06
2003	0.01	0.02	-	-	-	0.04
2004	0.10	0.02	0.01	0.17	0.05	0.50
2005	0.35	0.21	0.05	0.00	-	0.01
2006	0.21	0.06	0.14	0.11	0.05	0.06
2007	0.30	0.37	0.35	0.56	0.26	0.06
2008	0.36	0.23	0.16	0.10	0.08	0.30
2009	0.09	0.04	0.02	0.00	-	0.05
Mediane	0.21	0.11	0.06	0.03	0.03	0.09
5 ans sec	0.10	0.06	0.02	0.00	-	0.01
10 ans sec	0.05	0.04	0.01	-	-	-

ANNEXE 1-2 : GARON A THURINS : FREQUENCE DE SATISFACTION DU DEBIT BIOLOGIQUE PAR LE DEBIT NATUREL

*Débit biologique valeur basse = 20 l/s*Le débit cible peut-il être satisfait par le débit naturel? (0=oui, 1=non)

Qnat<Qcible?	mai	juin	juil	août	sept	oct	mai à oct
1970	0	0	0	0	0	0	0
1971	0	0	0	0	0	0	0
1972	0	0	0	0	1	0	1
1973	0	0	0	0	0	0	0
1974	0	0	0	0	0	0	0
1975	0	0	0	0	0	0	0
1976	0	0	1	0	0	0	1
1977	0	0	0	0	0	0	0
1978	0	0	0	0	0	0	0
1979	0	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	0	0	0	0	0
1981	0	0	0	0	0	0	0
1982	0	0	0	0	0	0	0
1983	0	0	0	0	0	0	0
1984	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	0	0	1	1
1986	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	0	1	1
1990	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0
Fréquence de satisfaction	100%	100%	98%	100%	98%	95%	90%

*Débit biologique valeur moyenne = 30 l/s*Le débit cible peut-il être satisfait par le débit naturel? (0=oui, 1=non)

Qnat<Qcible?	mai	juin	juil	août	sept	oct	mai à oct
1970	0	0	0	0	0	0	0
1971	0	0	0	0	0	1	1
1972	0	0	0	1	1	0	1
1973	0	0	0	0	0	0	0
1974	0	0	0	0	0	0	0
1975	0	0	0	0	0	0	0
1976	0	1	1	0	0	0	1
1977	0	0	0	0	0	0	0
1978	0	0	0	0	0	1	1
1979	0	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	0	0	0	0	0
1981	0	0	0	0	0	0	0
1982	0	0	0	0	0	0	0
1983	0	0	0	0	1	1	1
1984	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	0	0	1	1
1986	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	1	1	1	1
1990	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	1	0	0	1
1992	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	1	1
1998	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	1	1	0	1
2004	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0
Fréquence de satisfaction	100%	98%	98%	90%	90%	85%	75%

Débit biologique valeur haute = 40 l/s

Le débit cible peut-il être satisfait par le débit naturel? (0=oui, 1=non)

Qnat<Qcible?	mai	juin	juil	août	sept	oct	mai à oct
1970	0	0	0	0	1	0	1
1971	0	0	0	0	0	1	1
1972	0	0	0	1	1	0	1
1973	0	0	0	0	0	0	0
1974	0	0	0	1	0	0	1
1975	0	0	0	0	0	0	0
1976	0	1	1	0	0	0	1
1977	0	0	0	0	0	0	0
1978	0	0	0	0	1	1	1
1979	0	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	0	0	0	0	0
1981	0	0	0	0	0	0	0
1982	0	0	0	0	0	0	0
1983	0	0	0	0	1	1	1
1984	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	0	1	1	1
1986	0	0	0	0	0	1	1
1987	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	1	1	1	1
1990	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	1	0	0	1
1992	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	1	1
1997	0	0	0	0	1	1	1
1998	0	0	0	1	0	0	1
1999	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	1	1	1	0	1
2004	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	1	0	1
2006	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	1	0	1
Fréquence de satisfaction	100%	98%	95%	85%	75%	80%	58%

Annexe 2- Le Garon à Brignais

ANNEXE 2-1 : VOLUMES PRELEVABLES POUR DIFFERENTES VALEURS DE DEBIT BIOLOGIQUE

ANNEXE 2-2 : FREQUENCE DE SATISFACTION DU DEBIT BIOLOGIQUE PAR LE DEBIT NATUREL

ANNEXE 2-3 : REDUCTION DES PRELEVEMENTS NECESSAIRES

ANNEXE 2-1 : GARON A BRIGNAIS : DEBITS PRELEVABLES POUR DIFFERENTES VALEURS DE DEBIT BIOLOGIQUES

Débit biologique valeur basse = 30 l/s

Débit biologique valeur moyenne = 40 l/s

Débit biologique valeur haute = 50 l/s

QM (m3/s)	Débits prélevables (max(0,Qnat - DB))					
	mai	juin	juil	août	sept	oct
1970	0.31	0.33	0.09	0.05	0.03	0.06
1971	0.20	0.11	0.12	0.07	0.04	0.02
1972	0.12	0.07	0.04	0.02	0.01	0.07
1973	0.17	0.10	0.15	0.06	0.04	0.04
1974	0.10	0.08	0.04	0.03	0.05	0.11
1975	0.31	0.17	0.07	0.08	0.23	0.11
1976	0.04	0.02	0.01	0.04	0.16	0.24
1977	0.36	0.23	0.32	0.26	0.07	0.07
1978	0.18	0.08	0.04	0.06	0.03	0.02
1979	0.13	0.20	0.08	0.08	0.04	0.26
1980	0.16	0.11	0.07	0.10	0.14	0.22
1981	0.41	0.34	0.14	0.06	0.14	0.10
1982	0.04	0.06	0.10	0.16	0.13	0.12
1983	1.16	0.25	0.07	0.03	0.02	0.02
1984	0.14	0.15	0.06	0.04	0.04	0.09
1985	0.39	0.31	0.15	0.07	0.03	0.01
1986	0.53	0.20	0.08	0.04	0.04	0.03
1987	0.24	0.25	0.15	0.12	0.06	0.27
1988	0.50	0.29	0.15	0.06	0.03	0.13
1989	0.27	0.09	0.04	0.02	0.02	0.01
1990	0.20	0.19	0.07	0.03	0.03	0.12
1991	0.07	0.07	0.03	0.02	0.11	0.11
1992	0.13	0.38	0.13	0.06	0.06	0.20
1993	0.10	0.06	0.05	0.03	0.40	1.13
1994	0.21	0.14	0.12	0.11	0.28	0.26
1995	0.41	0.12	0.05	0.03	0.12	0.12
1996	0.18	0.14	0.14	0.07	0.03	0.02
1997	0.06	0.11	0.07	0.05	0.02	0.02
1998	0.22	0.11	0.05	0.02	0.05	0.06
1999	0.15	0.08	0.05	0.04	0.08	0.23
2000	0.13	0.08	0.04	0.03	0.03	0.10
2001	0.25	0.17	0.13	0.06	0.05	0.15
2002	0.11	0.11	0.11	0.07	0.09	0.08
2003	0.04	0.05	0.03	0.02	0.02	0.06
2004	0.10	0.05	0.03	0.16	0.07	0.41
2005	0.29	0.19	0.07	0.03	0.02	0.04
2006	0.19	0.08	0.14	0.11	0.07	0.07
2007	0.25	0.31	0.29	0.45	0.22	0.08
2008	0.30	0.20	0.15	0.11	0.09	0.26
2009	0.10	0.06	0.04	0.03	0.02	0.07
Mediane	0.19	0.11	0.07	0.06	0.05	0.10
5 ans sec	0.10	0.08	0.04	0.03	0.03	0.03
10 ans sec	0.07	0.06	0.04	0.02	0.02	0.02

QM (m3/s)	Débits prélevables (max(0,Qnat - DB))					
	mai	juin	juil	août	sept	oct
1970	0.30	0.32	0.08	0.04	0.02	0.05
1971	0.19	0.10	0.11	0.06	0.03	0.01
1972	0.11	0.06	0.03	0.01	0.00	0.06
1973	0.16	0.09	0.14	0.05	0.03	0.03
1974	0.09	0.07	0.03	0.02	0.04	0.10
1975	0.30	0.16	0.06	0.07	0.22	0.10
1976	0.03	0.01	0.00	0.03	0.15	0.23
1977	0.35	0.22	0.31	0.25	0.06	0.06
1978	0.17	0.07	0.03	0.05	0.02	0.01
1979	0.12	0.19	0.07	0.07	0.03	0.25
1980	0.15	0.10	0.06	0.09	0.13	0.21
1981	0.40	0.33	0.13	0.05	0.13	0.09
1982	0.03	0.05	0.09	0.15	0.12	0.11
1983	1.15	0.24	0.06	0.02	0.01	0.01
1984	0.13	0.14	0.05	0.03	0.03	0.08
1985	0.38	0.30	0.14	0.06	0.02	0.00
1986	0.52	0.19	0.07	0.03	0.03	0.02
1987	0.23	0.24	0.14	0.11	0.05	0.26
1988	0.49	0.28	0.14	0.05	0.02	0.12
1989	0.26	0.08	0.03	0.01	0.01	0.00
1990	0.19	0.18	0.06	0.02	0.02	0.11
1991	0.06	0.06	0.02	0.01	0.10	0.10
1992	0.12	0.37	0.12	0.05	0.05	0.19
1993	0.09	0.05	0.04	0.02	0.39	1.12
1994	0.20	0.13	0.11	0.10	0.27	0.25
1995	0.40	0.11	0.04	0.02	0.11	0.11
1996	0.17	0.13	0.13	0.06	0.02	0.01
1997	0.05	0.10	0.06	0.04	0.01	0.01
1998	0.21	0.10	0.04	0.01	0.04	0.05
1999	0.14	0.07	0.04	0.03	0.07	0.22
2000	0.12	0.07	0.03	0.02	0.02	0.09
2001	0.24	0.16	0.12	0.05	0.04	0.14
2002	0.10	0.10	0.10	0.06	0.08	0.07
2003	0.03	0.04	0.02	0.01	0.01	0.05
2004	0.09	0.04	0.02	0.15	0.06	0.40
2005	0.28	0.18	0.06	0.02	0.01	0.03
2006	0.18	0.07	0.13	0.10	0.06	0.06
2007	0.24	0.30	0.28	0.44	0.21	0.07
2008	0.29	0.19	0.14	0.10	0.08	0.25
2009	0.09	0.05	0.03	0.02	0.01	0.06
Mediane	0.18	0.10	0.06	0.05	0.04	0.09
5 ans sec	0.09	0.07	0.03	0.02	0.02	0.02
10 ans sec	0.06	0.05	0.03	0.01	0.01	0.01

QM (m3/s)	Débits prélevables (max(0,Qnat - DB))					
	mai	juin	juil	août	sept	oct
1970	0.29	0.31	0.07	0.03	0.01	0.04
1971	0.18	0.09	0.10	0.05	0.02	-
1972	0.10	0.05	0.02	0.00	-	0.05
1973	0.15	0.08	0.13	0.04	0.02	0.02
1974	0.08	0.06	0.02	0.01	0.03	0.09
1975	0.29	0.15	0.05	0.06	0.21	0.09
1976	0.02	-	-	0.02	0.14	0.22
1977	0.34	0.21	0.30	0.24	0.05	0.05
1978	0.16	0.06	0.02	0.04	0.01	0.00
1979	0.11	0.18	0.06	0.06	0.02	0.24
1980	0.14	0.09	0.05	0.08	0.12	0.20
1981	0.39	0.32	0.12	0.04	0.12	0.08
1982	0.02	0.04	0.08	0.14	0.11	0.10
1983	1.14	0.23	0.05	0.01	-	-
1984	0.12	0.13	0.04	0.02	0.02	0.07
1985	0.37	0.29	0.13	0.05	0.01	-
1986	0.51	0.18	0.06	0.02	0.02	0.01
1987	0.22	0.23	0.13	0.10	0.04	0.25
1988	0.48	0.27	0.13	0.04	0.01	0.11
1989	0.25	0.07	0.02	0.00	-	-
1990	0.18	0.17	0.05	0.01	0.01	0.10
1991	0.05	0.05	0.01	-	0.09	0.09
1992	0.11	0.36	0.11	0.04	0.04	0.18
1993	0.08	0.04	0.03	0.01	0.38	1.11
1994	0.19	0.12	0.10	0.09	0.26	0.24
1995	0.39	0.10	0.03	0.01	0.10	0.10
1996	0.16	0.12	0.12	0.05	0.01	0.00
1997	0.04	0.09	0.05	0.03	0.00	-
1998	0.20	0.09	0.03	0.00	0.03	0.04
1999	0.13	0.06	0.03	0.02	0.06	0.21
2000	0.11	0.06	0.02	0.01	0.01	0.08
2001	0.23	0.15	0.11	0.04	0.03	0.13
2002	0.09	0.09	0.09	0.05	0.07	0.06
2003	0.02	0.03	0.01	-	-	0.04
2004	0.08	0.03	0.01	0.14	0.05	0.39
2005	0.27	0.17	0.05	0.01	0.00	0.02
2006	0.17	0.06	0.12	0.09	0.05	0.05
2007	0.23	0.29	0.27	0.43	0.20	0.06
2008	0.28	0.18	0.13	0.09	0.07	0.24
2009	0.08	0.04	0.02	0.01	0.00	0.05
Mediane	0.17	0.09	0.05	0.04	0.03	0.08
5 ans sec	0.08	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01
10 ans sec	0.05	0.04	0.02	0.00	0.00	-

Débit biologique valeur haute = 50 l/s

Le débit cible peut-il être satisfait par le débit naturel? (0=oui, 1=non)

Qnat<Qcible?	mai	juin	juil	août	sept	oct	mai à oct
1970	0	0	0	0	0	0	0
1971	0	0	0	0	0	1	1
1972	0	0	0	0	1	0	1
1973	0	0	0	0	0	0	0
1974	0	0	0	0	0	0	0
1975	0	0	0	0	0	0	0
1976	0	1	1	0	0	0	1
1977	0	0	0	0	0	0	0
1978	0	0	0	0	0	0	0
1979	0	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	0	0	0	0	0
1981	0	0	0	0	0	0	0
1982	0	0	0	0	0	0	0
1983	0	0	0	0	1	1	1
1984	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	0	0	1	1
1986	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	1	1	1
1990	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	1	0	0	1
1992	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	1	1
1998	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	1	1	0	1
2004	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0
Fréquence de satisfaction	100%	98%	98%	95%	90%	88%	78%

Annexe 3- Le Mornantet à Mornant

ANNEXE 3-1 : VOLUMES PRELEVABLES POUR DIFFERENTES VALEURS DE DEBIT BIOLOGIQUE

ANNEXE 3-2 : FREQUENCE DE SATISFACTION DU DEBIT BIOLOGIQUE PAR LE DEBIT NATUREL

ANNEXE 3-3 : REDUCTION DES PRELEVEMENTS NECESSAIRES

ANNEXE 3-1 : LE MORNANTET A MORNANT : DEBITS PRELEVABLES POUR DIFFERENTES VALEURS DE DEBIT BIOLOGIQUES

Débit biologique valeur basse = 10 l/s

Débit biologique valeur moyenne = 20 l/s Débit biologique valeur haute = 30 l/s

QM (m3/s)	Débits prélevables (max(0, Qnat - DB))					
	mai	juin	juil	août	sept	oct
1970	0.18	0.13	0.03	0.01	0.00	0.08
1971	0.17	0.10	0.04	0.04	0.02	0.01
1972	0.10	0.06	0.03	0.01	0.00	0.11
1973	0.16	0.07	0.13	0.04	0.02	0.01
1974	0.07	0.04	0.02	0.01	0.07	0.14
1975	0.30	0.15	0.06	0.07	0.31	0.10
1976	0.01	0.00	0.00	0.07	0.29	0.37
1977	0.28	0.16	0.25	0.22	0.06	0.06
1978	0.18	0.06	0.03	0.08	0.03	0.01
1979	0.16	0.19	0.06	0.11	0.04	0.42
1980	0.12	0.07	0.05	0.14	0.24	0.23
1981	0.44	0.52	0.19	0.07	0.23	0.11
1982	0.02	0.05	0.09	0.17	0.15	0.12
1983	0.99	0.20	0.05	0.02	0.01	0.01
1984	0.08	0.17	0.05	0.02	0.03	0.11
1985	0.46	0.33	0.12	0.04	0.01	0.00
1986	0.46	0.14	0.05	0.03	0.07	0.04
1987	0.26	0.37	0.14	0.06	0.02	0.25
1988	0.58	0.28	0.11	0.05	0.02	0.18
1989	0.27	0.07	0.03	0.01	0.01	0.00
1990	0.21	0.17	0.07	0.03	0.01	0.08
1991	0.05	0.04	0.01	0.00	0.13	0.15
1992	0.13	0.56	0.17	0.08	0.09	0.35
1993	0.16	0.08	0.08	0.04	0.58	1.23
1994	0.23	0.15	0.12	0.07	0.24	0.24
1995	0.33	0.10	0.06	0.04	0.19	0.16
1996	0.17	0.14	0.12	0.06	0.02	0.01
1997	0.03	0.09	0.06	0.03	0.01	0.01
1998	0.15	0.08	0.03	0.01	0.06	0.07
1999	0.16	0.07	0.02	0.02	0.10	0.26
2000	0.07	0.09	0.03	0.02	0.01	0.09
2001	0.25	0.15	0.16	0.05	0.04	0.11
2002	0.12	0.09	0.09	0.05	0.08	0.06
2003	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.07
2004	0.06	0.03	0.01	0.11	0.04	0.41
2005	0.19	0.08	0.02	0.01	0.01	0.06
2006	0.09	0.03	0.14	0.07	0.06	0.04
2007	0.21	0.24	0.37	0.39	0.15	0.04
2008	0.37	0.19	0.17	0.15	0.11	0.37
2009	0.07	0.04	0.04	0.02	0.02	0.11
Mediane	0.17	0.10	0.06	0.04	0.04	0.10
5 ans sec	0.07	0.06	0.03	0.01	0.01	0.03
10 ans sec	0.05	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01

QM (m3/s)	Débits prélevables (max(0, Qnat - DB))					
	mai	juin	juil	août	sept	oct
1970	0.17	0.12	0.02	0.00	0.00	0.07
1971	0.16	0.09	0.03	0.03	0.01	0.00
1972	0.09	0.05	0.02	0.00	0.00	0.10
1973	0.15	0.06	0.12	0.03	0.01	0.00
1974	0.06	0.03	0.01	0.00	0.06	0.13
1975	0.29	0.14	0.05	0.06	0.30	0.09
1976	0.00	0.00	0.00	0.06	0.28	0.36
1977	0.27	0.15	0.24	0.21	0.05	0.05
1978	0.17	0.05	0.02	0.07	0.02	0.00
1979	0.15	0.18	0.05	0.10	0.03	0.41
1980	0.11	0.06	0.04	0.13	0.23	0.22
1981	0.43	0.51	0.18	0.06	0.22	0.10
1982	0.01	0.04	0.08	0.16	0.14	0.11
1983	0.98	0.19	0.04	0.01	0.00	0.00
1984	0.07	0.16	0.04	0.01	0.02	0.10
1985	0.45	0.32	0.11	0.03	0.00	0.00
1986	0.45	0.13	0.04	0.02	0.06	0.03
1987	0.25	0.36	0.13	0.05	0.01	0.24
1988	0.57	0.27	0.10	0.04	0.01	0.17
1989	0.26	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00
1990	0.20	0.16	0.06	0.02	0.00	0.07
1991	0.04	0.03	0.00	0.00	0.12	0.14
1992	0.12	0.55	0.16	0.07	0.08	0.34
1993	0.15	0.07	0.07	0.03	0.57	1.22
1994	0.22	0.14	0.11	0.06	0.23	0.23
1995	0.32	0.09	0.05	0.03	0.18	0.15
1996	0.16	0.13	0.11	0.05	0.01	0.00
1997	0.02	0.08	0.05	0.02	0.00	0.00
1998	0.14	0.07	0.02	0.00	0.05	0.06
1999	0.15	0.06	0.01	0.01	0.09	0.25
2000	0.06	0.08	0.02	0.01	0.00	0.08
2001	0.24	0.14	0.15	0.04	0.03	0.10
2002	0.11	0.08	0.08	0.04	0.07	0.05
2003	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
2004	0.05	0.02	0.00	0.10	0.03	0.40
2005	0.18	0.07	0.01	0.00	0.00	0.05
2006	0.08	0.02	0.13	0.06	0.05	0.03
2007	0.20	0.23	0.36	0.38	0.14	0.03
2008	0.36	0.18	0.16	0.14	0.10	0.36
2009	0.06	0.03	0.03	0.01	0.01	0.10
Mediane	0.16	0.09	0.05	0.03	0.03	0.09
5 ans sec	0.06	0.05	0.02	0.005	0.003	0.02
10 ans sec	0.04	0.03	0.01	-	-	0.00

QM (m3/s)	Débits prélevables (max(0, Qnat - DB))					
	mai	juin	juil	août	sept	oct
1970	0.16	0.11	0.01	0.00	0.00	0.06
1971	0.15	0.08	0.02	0.02	0.00	0.00
1972	0.08	0.04	0.01	0.00	0.00	0.09
1973	0.14	0.05	0.11	0.02	0.00	0.00
1974	0.05	0.02	0.00	0.00	0.05	0.12
1975	0.28	0.13	0.04	0.05	0.29	0.08
1976	0.00	0.00	0.00	0.05	0.27	0.35
1977	0.26	0.14	0.23	0.20	0.04	0.04
1978	0.16	0.04	0.01	0.06	0.01	0.00
1979	0.14	0.17	0.04	0.09	0.02	0.40
1980	0.10	0.05	0.03	0.12	0.22	0.21
1981	0.42	0.50	0.17	0.05	0.21	0.09
1982	0.00	0.03	0.07	0.15	0.13	0.10
1983	0.97	0.18	0.03	0.00	0.00	0.00
1984	0.06	0.15	0.03	0.00	0.01	0.09
1985	0.44	0.31	0.10	0.02	0.00	0.00
1986	0.44	0.12	0.03	0.01	0.05	0.02
1987	0.24	0.35	0.12	0.04	0.00	0.23
1988	0.56	0.26	0.09	0.03	0.00	0.16
1989	0.25	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00
1990	0.19	0.15	0.05	0.01	0.00	0.06
1991	0.03	0.02	0.00	0.00	0.11	0.13
1992	0.11	0.54	0.15	0.06	0.07	0.33
1993	0.14	0.06	0.06	0.02	0.56	1.21
1994	0.21	0.13	0.10	0.05	0.22	0.22
1995	0.31	0.08	0.04	0.02	0.17	0.14
1996	0.15	0.12	0.10	0.04	0.00	0.00
1997	0.01	0.07	0.04	0.01	0.00	0.00
1998	0.13	0.06	0.01	0.00	0.04	0.05
1999	0.14	0.05	0.00	0.00	0.08	0.24
2000	0.05	0.07	0.01	0.00	0.00	0.07
2001	0.23	0.13	0.14	0.03	0.02	0.09
2002	0.10	0.07	0.07	0.03	0.06	0.04
2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
2004	0.04	0.01	0.00	0.09	0.02	0.39
2005	0.17	0.06	0.00	0.00	0.00	0.04
2006	0.07	0.01	0.12	0.05	0.04	0.02
2007	0.19	0.22	0.35	0.37	0.13	0.02
2008	0.35	0.17	0.15	0.13	0.09	0.35
2009	0.05	0.02	0.02	0.00	0.00	0.09
Mediane	0.15	0.08	0.04	0.02	0.02	0.08
5 ans sec	0.05	0.04	0.01	-	-	0.02
10 ans sec	0.03	0.02	-	-	-	-

ANNEXE 3-2 : LE MORNANTET A MORNANT : FREQUENCE DE SATISFACTION DU DEBIT BIOLOGIQUE PAR LE DEBIT NATUREL

Débit biologique valeur basse = 10 l/s

Le débit cible peut-il être satisfait par le débit naturel? (0=oui, 1=non)

Qnat<Qcible?	mai	juin	juil	août	sept	oct	mai à oct
1970	0	0	0	0	0	0	0
1971	0	0	0	0	0	0	0
1972	0	0	0	0	0	0	0
1973	0	0	0	0	0	0	0
1974	0	0	0	0	0	0	0
1975	0	0	0	0	0	0	0
1976	0	1	1	0	0	0	1
1977	0	0	0	0	0	0	0
1978	0	0	0	0	0	0	0
1979	0	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	0	0	0	0	0
1981	0	0	0	0	0	0	0
1982	0	0	0	0	0	0	0
1983	0	0	0	0	0	0	0
1984	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	0	0	1	1
1986	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	0	0	0
1990	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0
Fréquence de satisfaction	100%	98%	98%	100%	100%	98%	95%

Débit biologique valeur moyenne = 20 l/s

Le débit cible peut-il être satisfait par le débit naturel? (0=oui, 1=non)

Qnat<Qcible?	mai	juin	juil	août	sept	oct	mai à oct
1970	0	0	0	0	1	0	1
1971	0	0	0	0	0	1	1
1972	0	0	0	1	1	0	1
1973	0	0	0	0	0	0	0
1974	0	0	0	1	0	0	1
1975	0	0	0	0	0	0	0
1976	1	1	1	0	0	0	1
1977	0	0	0	0	0	0	0
1978	0	0	0	0	0	0	0
1979	0	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	0	0	0	0	0
1981	0	0	0	0	0	0	0
1982	0	0	0	0	0	0	0
1983	0	0	0	0	1	1	1
1984	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	0	0	1	1
1986	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	0	1	1
1990	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	1	0	0	1
1992	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	1	0	1
1998	0	0	0	1	0	0	1
1999	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	1	1	1	1	0	1
2004	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	1	0	0	1
2006	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0
Fréquence de satisfaction	98%	95%	95%	85%	88%	90%	68%

*Débit biologique valeur haute = 30 l/s***Le débit cible peut-il être satisfait par le débit naturel? (0=oui, 1=non)**

Qnat<Qcible?	mai	juin	juil	août	sept	oct	mai à oct
1970	0	0	0	1	1	0	1
1971	0	0	0	0	1	1	1
1972	0	0	0	1	1	0	1
1973	0	0	0	0	1	1	1
1974	0	0	1	1	0	0	1
1975	0	0	0	0	0	0	0
1976	1	1	1	0	0	0	1
1977	0	0	0	0	0	0	0
1978	0	0	0	0	0	1	1
1979	0	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	0	0	0	0	0
1981	0	0	0	0	0	0	0
1982	0	0	0	0	0	0	0
1983	0	0	0	1	1	1	1
1984	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	0	1	1	1
1986	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	1	1	1	1
1990	0	0	0	0	1	0	1
1991	0	0	1	1	0	0	1
1992	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	1	1
1997	0	0	0	0	1	1	1
1998	0	0	0	1	0	0	1
1999	0	0	0	1	0	0	1
2000	0	0	0	1	1	0	1
2001	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0
2003	1	1	1	1	1	0	1
2004	0	0	1	0	0	0	1
2005	0	0	0	1	1	0	1
2006	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	1	0	1
Fréquence de satisfaction	95%	95%	88%	73%	68%	80%	48%

Annexe 4- Le Mornantet à Givors

ANNEXE 4-1 : VOLUMES PRELEVABLES POUR DIFFERENTES VALEURS DE DEBIT BIOLOGIQUE

ANNEXE 4-2 : FREQUENCE DE SATISFACTION DU DEBIT BIOLOGIQUE PAR LE DEBIT NATUREL

ANNEXE 4-3 : REDUCTION DES PRELEVEMENTS NECESSAIRES

ANNEXE 4-1 : LE MORNANTET A GIVORS : DEBITS PRELEVABLES POUR DIFFERENTES VALEURS DE DEBIT BIOLOGIQUES

Débit biologique valeur basse = 10 l/s

Débit biologique valeur moyenne = 20 l/s

Débit biologique valeur haute = 30 l/s

QM (m3/s)	Débits prélevables (max(0, Qnat - DB))					
	mai	juin	juil	août	sept	oct
1970	0.10	0.08	0.03	0.02	0.02	0.05
1971	0.10	0.06	0.04	0.04	0.02	0.02
1972	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.07
1973	0.09	0.05	0.08	0.04	0.02	0.02
1974	0.05	0.03	0.02	0.02	0.05	0.08
1975	0.16	0.09	0.04	0.05	0.17	0.06
1976	0.02	0.01	0.01	0.05	0.16	0.19
1977	0.15	0.09	0.14	0.12	0.04	0.05
1978	0.10	0.05	0.03	0.05	0.03	0.02
1979	0.09	0.11	0.04	0.07	0.04	0.22
1980	0.07	0.05	0.04	0.09	0.13	0.13
1981	0.23	0.27	0.11	0.05	0.13	0.07
1982	0.02	0.04	0.06	0.10	0.09	0.08
1983	0.50	0.11	0.04	0.02	0.02	0.02
1984	0.06	0.10	0.04	0.03	0.03	0.07
1985	0.24	0.18	0.07	0.03	0.02	0.01
1986	0.24	0.08	0.04	0.03	0.05	0.04
1987	0.14	0.20	0.08	0.04	0.03	0.14
1988	0.30	0.15	0.07	0.04	0.03	0.10
1989	0.14	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02
1990	0.12	0.10	0.05	0.03	0.02	0.05
1991	0.04	0.04	0.02	0.02	0.08	0.09
1992	0.08	0.29	0.10	0.05	0.06	0.19
1993	0.09	0.05	0.05	0.03	0.30	0.62
1994	0.13	0.09	0.07	0.05	0.13	0.13
1995	0.18	0.06	0.04	0.03	0.11	0.09
1996	0.10	0.08	0.07	0.04	0.03	0.02
1997	0.03	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
1998	0.09	0.06	0.03	0.02	0.04	0.05
1999	0.09	0.05	0.03	0.02	0.06	0.14
2000	0.05	0.06	0.03	0.02	0.02	0.06
2001	0.13	0.09	0.09	0.04	0.03	0.07
2002	0.07	0.06	0.06	0.04	0.06	0.05
2003	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05
2004	0.05	0.03	0.02	0.07	0.03	0.22
2005	0.11	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04
2006	0.06	0.03	0.08	0.05	0.05	0.03
2007	0.12	0.13	0.20	0.20	0.09	0.04
2008	0.19	0.11	0.10	0.09	0.07	0.20
2009	0.05	0.03	0.03	0.03	0.02	0.07
Mediane	0.10	0.06	0.04	0.04	0.03	0.06
5 ans sec	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03
10 ans sec	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02

QM (m3/s)	Débits prélevables (max(0, Qnat - DB))					
	mai	juin	juil	août	sept	oct
1970	0.09	0.07	0.02	0.01	0.01	0.04
1971	0.09	0.05	0.03	0.03	0.01	0.01
1972	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.06
1973	0.08	0.04	0.07	0.03	0.01	0.01
1974	0.04	0.02	0.01	0.01	0.04	0.07
1975	0.15	0.08	0.03	0.04	0.16	0.05
1976	0.01	0.00	0.00	0.04	0.15	0.18
1977	0.14	0.08	0.13	0.11	0.03	0.04
1978	0.09	0.04	0.02	0.04	0.02	0.01
1979	0.08	0.10	0.03	0.06	0.03	0.21
1980	0.06	0.04	0.03	0.08	0.12	0.12
1981	0.22	0.26	0.10	0.04	0.12	0.06
1982	0.01	0.03	0.05	0.09	0.08	0.07
1983	0.49	0.10	0.03	0.01	0.01	0.01
1984	0.05	0.09	0.03	0.02	0.02	0.06
1985	0.23	0.17	0.06	0.02	0.01	0.00
1986	0.23	0.07	0.03	0.02	0.04	0.03
1987	0.13	0.19	0.07	0.03	0.02	0.13
1988	0.29	0.14	0.06	0.03	0.02	0.09
1989	0.13	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01
1990	0.11	0.09	0.04	0.02	0.01	0.04
1991	0.03	0.03	0.01	0.01	0.07	0.08
1992	0.07	0.28	0.09	0.04	0.05	0.18
1993	0.08	0.04	0.04	0.02	0.29	0.61
1994	0.12	0.08	0.06	0.04	0.12	0.12
1995	0.17	0.05	0.03	0.02	0.10	0.08
1996	0.09	0.07	0.06	0.03	0.02	0.01
1997	0.02	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01
1998	0.08	0.05	0.02	0.01	0.03	0.04
1999	0.08	0.04	0.02	0.01	0.05	0.13
2000	0.04	0.05	0.02	0.01	0.01	0.05
2001	0.12	0.08	0.08	0.03	0.02	0.06
2002	0.06	0.05	0.05	0.03	0.05	0.04
2003	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
2004	0.04	0.02	0.01	0.06	0.02	0.21
2005	0.10	0.05	0.02	0.01	0.01	0.03
2006	0.05	0.02	0.07	0.04	0.04	0.02
2007	0.11	0.12	0.19	0.19	0.08	0.03
2008	0.18	0.10	0.09	0.08	0.06	0.19
2009	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01	0.06
Mediane	0.09	0.05	0.03	0.03	0.02	0.05
5 ans sec	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02
10 ans sec	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01

QM (m3/s)	Débits prélevables (max(0, Qnat - DB))					
	mai	juin	juil	août	sept	oct
1970	0.08	0.06	0.01	0.00	-	0.03
1971	0.08	0.04	0.02	0.02	0.00	-
1972	0.04	0.02	0.01	-	-	0.05
1973	0.07	0.03	0.06	0.02	0.00	0.00
1974	0.03	0.01	0.00	-	0.03	0.06
1975	0.14	0.07	0.02	0.03	0.15	0.04
1976	-	-	-	0.03	0.14	0.17
1977	0.13	0.07	0.12	0.10	0.02	0.03
1978	0.08	0.03	0.01	0.03	0.01	0.00
1979	0.07	0.09	0.02	0.05	0.02	0.20
1980	0.05	0.03	0.02	0.07	0.11	0.11
1981	0.21	0.25	0.09	0.03	0.11	0.05
1982	0.00	0.02	0.04	0.08	0.07	0.06
1983	0.48	0.09	0.02	0.00	-	-
1984	0.04	0.08	0.02	0.01	0.01	0.05
1985	0.22	0.16	0.05	0.01	-	-
1986	0.22	0.06	0.02	0.01	0.03	0.02
1987	0.12	0.18	0.06	0.02	0.01	0.12
1988	0.28	0.13	0.05	0.02	0.01	0.08
1989	0.12	0.03	0.01	0.00	0.00	-
1990	0.10	0.08	0.03	0.01	0.00	0.03
1991	0.02	0.02	0.00	-	0.06	0.07
1992	0.06	0.27	0.08	0.03	0.04	0.17
1993	0.07	0.03	0.03	0.01	0.28	0.60
1994	0.11	0.07	0.05	0.03	0.11	0.11
1995	0.16	0.04	0.02	0.01	0.09	0.07
1996	0.08	0.06	0.05	0.02	0.01	0.00
1997	0.01	0.04	0.02	0.01	-	0.00
1998	0.07	0.04	0.01	-	0.02	0.03
1999	0.07	0.03	0.01	0.00	0.04	0.12
2000	0.03	0.04	0.01	0.00	0.00	0.04
2001	0.11	0.07	0.07	0.02	0.01	0.05
2002	0.05	0.04	0.04	0.02	0.04	0.03
2003	0.00	-	-	-	-	0.03
2004	0.03	0.01	0.00	0.05	0.01	0.20
2005	0.09	0.04	0.01	-	-	0.02
2006	0.04	0.01	0.06	0.03	0.03	0.01
2007	0.10	0.11	0.18	0.18	0.07	0.02
2008	0.17	0.09	0.08	0.07	0.05	0.18
2009	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.05
Mediane	0.08	0.04	0.02	0.02	0.01	0.04
5 ans sec	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01
10 ans sec	0.02	0.01	0.00	-	-	0.00

*Débit biologique valeur haute = 30 l/s***Le débit cible peut-il être satisfait par le débit naturel? (0=oui, 1=non)**

Qnat<Qcible?	mai	juin	juil	août	sept	oct	mai à oct
1970	0	0	0	0	1	0	1
1971	0	0	0	0	0	1	1
1972	0	0	0	1	1	0	1
1973	0	0	0	0	0	0	0
1974	0	0	0	1	0	0	1
1975	0	0	0	0	0	0	0
1976	1	1	1	0	0	0	1
1977	0	0	0	0	0	0	0
1978	0	0	0	0	0	0	0
1979	0	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	0	0	0	0	0
1981	0	0	0	0	0	0	0
1982	0	0	0	0	0	0	0
1983	0	0	0	0	1	1	1
1984	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	0	1	1	1
1986	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	0	1	1
1990	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	1	0	0	1
1992	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	1	0	1
1998	0	0	0	1	0	0	1
1999	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	1	1	1	1	0	1
2004	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	1	1	0	1
2006	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0
Fréquence de satisfaction	98%	95%	95%	85%	83%	90%	68%



**ATTEINDRE
L'ÉQUILIBRE QUANTITATIF
EN AMÉLIORANT
LE PARTAGE
DE LA RESSOURCE EN EAU
ET EN ANTICIPANT
L'AVENIR**

ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX

Les études volumes prélevables visent à améliorer la connaissance des ressources en eau locale dans les territoires en déficit de ressource.

Elles doivent aboutir à la détermination d'un volume prélevable global sur chaque territoire. Ce dernier servira par la suite à un ajustement des autorisations de prélèvement dans les rivières ou nappes concernées, en conformité avec les ressources disponibles et sans perturber le fonctionnement des milieux naturels.

Ces études sont également la première étape pour la définition de plans de gestion de la ressource et des étiages, intégrant des règles de partage de l'eau et des actions de réduction des prélèvements.

Les études volumes prélevables constituent une déclinaison opérationnelle du SDAGE et répondent aux objectifs de l'Orientation fondamentale 7 « Atteindre l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir ».

Elles sont menées par des bureaux d'études sur 70 territoires en déficit du bassin Rhône-Méditerranée.

Maître d'ouvrage :

Syndicat de Mise en valeur d'Aménagement et de Gestion du bassin versant du Garon

Financeurs :

Agence de l'eau
Rhône-Méditerranée & Corse

Bureau d'études :

BRL ingénierie