

NV2E pour le compte de :
SAS BARRAGE DE RANC
Ranc
43200 SAINT-MAURICE-DE-LIGNON

DETERMINATION DU DEBIT MINIMUM BIOLOGIQUE

Mission : M_2021_02_01

Document : D_2021_02_01_2A

Responsable NV2E : Nicolas VANEL
Tel. +33 (0) 6 76 06 83 76
E-mail : nicolas.vanel@nv2e.fr

Responsable Client : Robert PAYS
Tel. + 33 (0)6 19 37 00 01
E-mail : barragederanc@gmail.com

Historique des modifications

A	02/06/2021	Création du document	NV	RP	RP
Rev.	Date	Objet des modifications	Red.	Vérif.	App.

SOMMAIRE

1	CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE	7
2	LOCALISATION ET DESCRIPTION DE LA MCHE DE RANC	8
3	CLASSEMENT DES COURS D'EAU	10
4	CARACTERISTIQUES PISCICOLES	11
5	DESCRIPTION DE L'HYDROLOGIE	12
5.1	RECONSTITUTION DU DEBIT MOYEN JOURNALIER	13
6	CARACTERISTIQUES MORPHODYNAMIQUES	15
6.1	FACIES DU TRONÇON COURT-CIRCUITE	15
6.2	ABRIS SOUS BERGE	16
6.3	OBSTACLES	17
6.4	APPORTS LATERAUX	17
7	DEBIT MINIMUM BIOLOGIQUE	19
7.1	PRINCIPE GENERAL	19
7.2	ESPECES PRISES EN COMPTE DANS LA MODELISATION	19
7.3	STATION D'ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES	20
7.4	DONNEES D'ENTREE D'ESTIMHAB	21
7.5	DEBITS DE MISE EN ŒUVRE	21
7.6	CONDITIONS D'INTERVENTION	21
7.7	PROTOCOLE	22
7.8	RESULTATS	22
7.8.1	<i>Guilde chenal</i>	23
7.8.2	<i>Guilde rive</i>	29
7.8.3	<i>Guilde mouille</i>	35
7.8.4	<i>Guilde radier</i>	41
8	REPARTITION DES DEBITS	47
8.1	DEBIT RESERVE = 2 600 L/s	47
8.2	DEBIT RESERVE = 3 600 L/s	47
8.3	DEBIT RESERVE = 4 600 L/s	48
9	COMPARAISON DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE	49
9.1	COURBE DES DEBITS CLASSES DU DEBIT NATUREL ET DU DEBIT MODIFIE FUTUR DANS LE TCC	49
9.2	EVOLUTION DE LA SPU EN FONCTION DE LA COURBE DES DEBITS CLASSES DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE	50
9.3	MOYENNES DES DEBITS JOURNALIERS NATURELS ET DES DEBITS JOURNALIERS MODIFIES FUTURS DANS LE TCC	54

9.4	EVOLUTION DE LA SPU EN FONCTION DE LA MOYENNE DES DEBITS JOURNALIERS DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE	55
10	CHOIX DU DEBIT RESERVE.....	59

Liste des figures

FIGURE 1 : LOCALISATION DE LA MCHE DE RANC.....	8
FIGURE 2 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES DEBITS MOYENS MENSUELS ET DU MODULE CALCULES SUR LA PERIODE 1918-2020.....	12
FIGURE 3 : COURBE DES DEBITS CLASSES RECONSTITUEE SUR LE SITE DE LA MCHE DE RANC	13
FIGURE 4 : COURBES DES DEBITS MOYENS JOURNALIERS OBSERVES ENTRE 1918 ET 2020 SUR LE SITE DE LA MCHE DE RANC	14
FIGURE 5 : COURBE DES DEBITS CLASSES OBSERVES POUR UNE ANNEE MOYENNE SUR LE SITE DE LA MCHE DE RANC	14
FIGURE 6 : TABLETTE NUMERIQUE EQUIPEE D'UN GPS ET DU LOGICIEL CARTOLANDER	15
FIGURE 7 : CARACTERISTIQUES MORPHODYNAMIQUES SUR LE TCC DE LA MCHE DE RANC	18
FIGURE 8 : PRINCIPE DE LA METHODE ESTIMHAB	19
FIGURE 9 : LOCALISATION DE LA STATION ESTIMHAB	20
FIGURE 10 : EVOLUTION DES VALEURS D'HABITAT EN FONCTION DU DEBIT – CHENAL	23
FIGURE 11 : EVOLUTION DE LA SURFACE UTILE POUR 100 M DE COURS D'EAU – CHENAL.....	23
FIGURE 12 : : EVOLUTION DE LA SPU EN FONCTION DE LA COURBE DES DEBITS CLASSES DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE – GUILDE CHENAL.....	28
FIGURE 13 : EVOLUTION DES VALEURS D'HABITAT EN FONCTION DU DEBIT – RIVE.....	29
FIGURE 14 : EVOLUTION DE LA SURFACE UTILE POUR 100 M DE COURS D'EAU – RIVE.....	29
FIGURE 15 : : EVOLUTION DE LA SPU EN FONCTION DE LA COURBE DES DEBITS CLASSES DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE – GUILDE RIVE	34
FIGURE 16 : EVOLUTION DES VALEURS D'HABITAT EN FONCTION DU DEBIT – MOUILLE	35
FIGURE 17 : EVOLUTION DE LA SURFACE UTILE POUR 100 M DE COURS D'EAU – MOUILLE	35
FIGURE 18 : : EVOLUTION DE LA SPU EN FONCTION DE LA COURBE DES DEBITS CLASSES DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE – GUILDE MOUILLE.....	40
FIGURE 19 : EVOLUTION DES VALEURS D'HABITAT EN FONCTION DU DEBIT – RADIER	41
FIGURE 20 : EVOLUTION DE LA SURFACE UTILE POUR 100 M DE COURS D'EAU – RADIER	41
FIGURE 21 : : EVOLUTION DE LA SPU EN FONCTION DE LA COURBE DES DEBITS CLASSES DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE – GUILDE RADIER.....	46
FIGURE 22 : COURBE DES DEBITS CLASSES DU DEBIT NATUREL ET DU DEBIT MODIFIE DANS LE TCC - DEBIT RESERVE = 2 600 L/s	47
FIGURE 23 : COURBE DES DEBITS CLASSES DU DEBIT NATUREL ET DU DEBIT MODIFIE DANS LE TCC - DEBIT RESERVE = 3 600 L/s	47
FIGURE 24 : COURBE DES DEBITS CLASSES DU DEBIT NATUREL ET DU DEBIT MODIFIE DANS LE TCC - DEBIT RESERVE = 4 600 L/s	48
FIGURE 25 : COURBE DES DEBITS CLASSES DU DEBIT NATUREL ET DU DEBIT MODIFIE DANS LE TCC POUR CHAQUE SCENARIO DE DEBIT RESERVE	49
FIGURE 26 : EVOLUTION DE LA SPU EN FONCTION DE LA COURBE DES DEBITS CLASSES DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE – GUILDE RIVE	50

FIGURE 27 : EVOLUTION DE LA SPU EN FONCTION DE LA COURBE DES DEBITS CLASSES DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE – GUILDE CHENAL.....	51
FIGURE 28 : EVOLUTION DE LA SPU EN FONCTION DE LA COURBE DES DEBITS CLASSES DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE – GUILDE MOUILLE	52
FIGURE 29 : EVOLUTION DE LA SPU EN FONCTION DE LA COURBE DES DEBITS CLASSES DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE – GUILDE RADIER.....	53
FIGURE 30 : MOYENNES DES DEBITS JOURNALIERS NATURELS ET DES DEBITS JOURNALIERS MODIFIES DANS LE TCC.....	54
FIGURE 31 : EVOLUTION DE LA SPU EN FONCTION DE LA MOYENNE DES DEBITS JOURNALIERS DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE – GUILDE MOUILLE	55
FIGURE 32 : EVOLUTION DE LA SPU EN FONCTION DE LA MOYENNE DES DEBITS JOURNALIERS DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE – GUILDE RIVE	56
FIGURE 33 : EVOLUTION DE LA SPU EN FONCTION DE LA MOYENNE DES DEBITS JOURNALIERS DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE – GUILDE RADIER.....	57
FIGURE 34 : EVOLUTION DE LA SPU EN FONCTION DE LA MOYENNE DES DEBITS JOURNALIERS DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE – GUILDE CHENAL.....	58

Liste des tableaux

TABEAU 1 : DEBITS MOYENS MENSUELS DE LA LOIRE A HAUTEUR DE LA MCHE DE RANC	12
TABEAU 2 : CARACTERISTIQUES MORPHODYNAMIQUES DU TCC.....	16
TABEAU 3 : DEBITS CARACTERISTIQUES DE LA STATION ESTIMHAB (EN L/s).....	22
TABEAU 4 : POURCENTAGE DE SPU EN FONCTION DU DEBIT – GUILDE CHENAL.....	23
TABEAU 5 : PERTE DE SPU POUR LE GUILDE CHENAL ENTRE LE DEBIT NATUREL, LE DEBIT MODIFIE ACTUEL ET LE DEBIT MODIFIE FUTUR POUR DIFFERENTS DEBITS - DEBIT RESERVE 2 600 L/s	24
TABEAU 6 : PERTE DE SPU POUR LE GUILDE CHENAL ENTRE LE DEBIT NATUREL, LE DEBIT MODIFIE ACTUEL ET LE DEBIT MODIFIE FUTUR POUR DIFFERENTS DEBITS - DEBIT RESERVE 3 600 L/s	25
TABEAU 7 : PERTE DE SPU POUR LE GUILDE CHENAL ENTRE LE DEBIT NATUREL, LE DEBIT MODIFIE ACTUEL ET LE DEBIT MODIFIE FUTUR POUR DIFFERENTS DEBITS - DEBIT RESERVE 4 600 L/s	26
TABEAU 8 : POURCENTAGE DE SPU EN FONCTION DU DEBIT – GUILDE RIVE	29
TABEAU 9 : PERTE DE SPU POUR LE GUILDE RIVE ENTRE LE DEBIT NATUREL, LE DEBIT MODIFIE ACTUEL ET LE DEBIT MODIFIE FUTUR POUR DIFFERENTS DEBITS - DEBIT RESERVE 2 600 L/s.....	30
TABEAU 10 : PERTE DE SPU POUR LE GUILDE RIVE ENTRE LE DEBIT NATUREL, LE DEBIT MODIFIE ACTUEL ET LE DEBIT MODIFIE FUTUR POUR DIFFERENTS DEBITS - DEBIT RESERVE 3 600 L/s.....	31
TABEAU 11 : PERTE DE SPU POUR LE GUILDE RIVE ENTRE LE DEBIT NATUREL, LE DEBIT MODIFIE ACTUEL ET LE DEBIT MODIFIE FUTUR POUR DIFFERENTS DEBITS - DEBIT RESERVE 4 600 L/s.....	32
TABEAU 12 : POURCENTAGE DE SPU EN FONCTION DU DEBIT – MOUILLE.....	35
TABEAU 13 : PERTE DE SPU POUR LE GUILDE MOUILLE ENTRE LE DEBIT NATUREL, LE DEBIT MODIFIE ACTUEL ET LE DEBIT MODIFIE FUTUR POUR DIFFERENTS DEBITS - DEBIT RESERVE 2 600 L/s	36
TABEAU 14 : PERTE DE SPU POUR LE GUILDE MOUILLE ENTRE LE DEBIT NATUREL, LE DEBIT MODIFIE ACTUEL ET LE DEBIT MODIFIE FUTUR POUR DIFFERENTS DEBITS - DEBIT RESERVE 3 600 L/s	37

TABLEAU 15 : PERTE DE SPU POUR LE GUILDE MOUILLE ENTRE LE DEBIT NATUREL, LE DEBIT MODIFIE ACTUEL ET LE DEBIT MODIFIE FUTUR POUR DIFFERENTS DEBITS - DEBIT RESERVE 4 600 L/S	38
TABLEAU 16 : POURCENTAGE DE SPU EN FONCTION DU DEBIT – RADIER	41
TABLEAU 17 : PERTE DE SPU POUR LE GUILDE RADIER ENTRE LE DEBIT NATUREL, LE DEBIT MODIFIE ACTUEL ET LE DEBIT MODIFIE FUTUR POUR DIFFERENTS DEBITS - DEBIT RESERVE 2 600 L/S	42
TABLEAU 18 : PERTE DE SPU POUR LE GUILDE RADIER ENTRE LE DEBIT NATUREL, LE DEBIT MODIFIE ACTUEL ET LE DEBIT MODIFIE FUTUR POUR DIFFERENTS DEBITS - DEBIT RESERVE 3 600 L/S	43
TABLEAU 19 : PERTE DE SPU POUR LE GUILDE RADIER ENTRE LE DEBIT NATUREL, LE DEBIT MODIFIE ACTUEL ET LE DEBIT MODIFIE FUTUR POUR DIFFERENTS DEBITS - DEBIT RESERVE 4 600 L/S	44
TABLEAU 20 : PERTE DE SPU ENTRE LE DEBIT NATUREL ET LE DEBIT MODIFIE ACTUEL POUR DIFFERENTS DEBITS	59
TABLEAU 21 : PERTE DE SPU ENTRE LE DEBIT NATUREL ET LE SCENARIO Qr = 2 600 L/S POUR DIFFERENTS DEBITS	59
TABLEAU 22 : PERTE DE SPU ENTRE LE DEBIT NATUREL ET LE SCENARIO Qr = 3 600 L/S POUR DIFFERENTS DEBITS	59
TABLEAU 23 : PERTE DE SPU ENTRE LE DEBIT NATUREL ET LE SCENARIO Qr = 4 600 L/S POUR DIFFERENTS DEBITS	59

1 CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE

La SAS BARRAGE DE RANC est propriétaire d'un seuil sur le fleuve Loire sur la commune de Saint-Maurice-de-Lignon (43). Cette installation dispose d'une autorisation d'exploiter délivrée par Arrêté préfectoral en date du 29 juin 1984. Ce seuil permet de créer une chute d'eau afin de faire fonctionner une micro-centrale hydro-électrique (MCHE).

La valeur du débit réservé sur le site de la MCHE de Ranc est actuellement fixée à $4,6 \text{ m}^3/\text{s}$, soit environ 17,7 % du module (module = $26 \text{ m}^3/\text{s}$). La SAS BARRAGE DE RANC sollicite les services de la DDT 43 pour une révision à la baisse de la valeur du débit réservé. Dans le cadre de cette demande, une étude Débit Minimum Biologique (DMB) a été réalisée sur le site de la MCHE de Ranc.

Ainsi, le présent rapport a pour objectifs de présenter la valeur du DMB estimé sur le site de la MCHE de Ranc.

2 LOCALISATION ET DESCRIPTION DE LA MCHE DE RANC

La MCHE de Ranc est située sur la rive droite du fleuve Loire, sur la commune de Saint-Maurice-de-Lignon, dans le département de la Haute-Loire (43).

Les coordonnées GPS (Lambert 93) de la MCHE sont :

- ✓ X = 786571 m ;
- ✓ Y = 6460633 m.

L'emplacement de la MCHE est représenté sur la Figure 1.

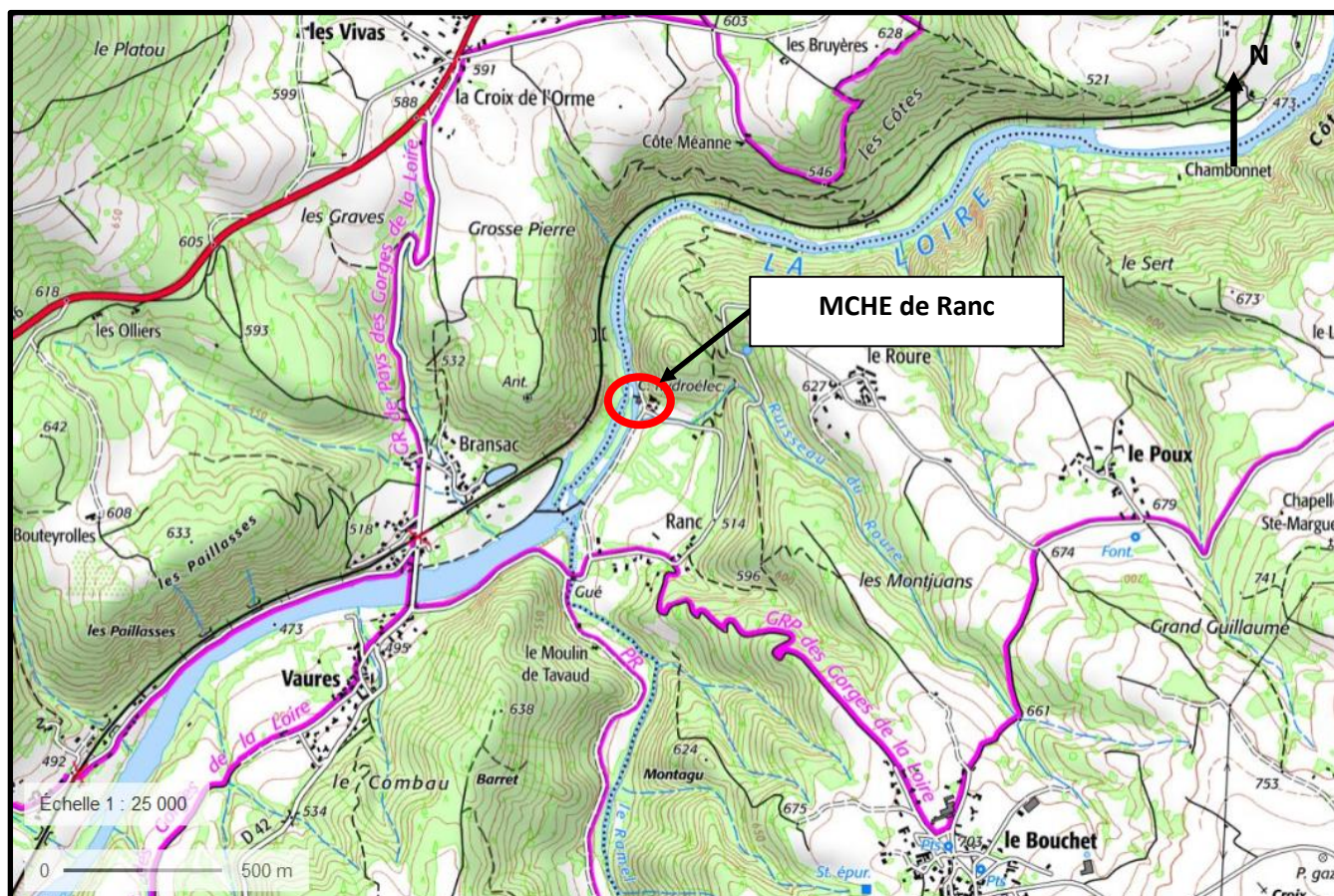


Figure 1 : Localisation de la MCHE de Ranc

Les eaux sont dérivées au moyen d'un barrage existant d'une hauteur d'environ 2,50 mètres environ au-dessus du terrain naturel vers un canal de dérivation d'environ 390 mètres de longueur. Les eaux sont ensuite restituées à la rivière par l'intermédiaire d'un canal de fuite à environ 70 m en aval des installations.

La puissance maximale brute actuelle, calculée en prenant la hauteur entre la côte de la crête du seuil et le niveau d'eau à la future zone de restitution, est égale à :

$$P = Q_{\max} \times H \times 9,81$$

Avec :

- ✓ Q_{\max} (débit maximum turbiné) = 26 m³/s ;
- ✓ H (hauteur de chute brute) = 4,50 m

Soit $P = 26 \times 4,5 \times 9,81 = 1\,148$ kW.

A noter que le débit d'armement actuel des turbines est égal à 1 000 l/s.

Le tronçon court circuité s'étend de l'aval immédiat du seuil jusqu'à la restitution des eaux en aval immédiat de la MCHE. Il s'étale sur environ 500 mètres.

Dans le cadre de la réalisation d'une prise d'eau ichtyocompatible sur le site de la MCHE de Ranc, le débit dérivé maximum sera porté à 13 m³/s contre 26 m³/s actuellement, soit une diminution de moitié. Cette réduction du débit dérivé maximum étant notamment liée à la rénovation complète de l'usine avec le remplacement des 3 groupes bulbes existants par 2 turbines Kaplan permettant l'obtention de meilleurs rendements.

Dans le cadre de la réduction du débit dérivé maximum, la SAS BARRAGE DE RANC souhaite également procéder à la révision de la valeur du débit réservé. Ce dernier, conformément à la législation (article L.214-18 du code de l'environnement), sera porté au DMB estimé dans la suite de l'étude. Il sera restitué par la passe-à-poissons, la passe-à-canoës, le dispositif de dévalaison et la vanne de décharge.

3 CLASSEMENT DES COURS D'EAU

L'article L.214-17 du Code de l'environnement, introduit par la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques de décembre 2006, réforme les classements des cours d'eau en les adossant aux objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau déclinés dans les SDAGE. Ainsi, les anciens classements (nommés L.432-6 du Code de l'environnement et Loi de 1919) ont été remplacés par un nouveau classement établissant deux listes distinctes qui ont été arrêtées en juillet 2012 par le Préfet coordonnateur du bassin Loire-Bretagne :

- ✓ une liste de cours d'eau (« liste 1 »), ou parties de cours d'eau parmi ceux qui sont en très bon état écologique ou identifiés par les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) comme jouant le rôle de réservoir biologique nécessaire au maintien ou à l'atteinte du bon état écologique ou dans lesquels une protection complète des poissons migrateurs est nécessaire, sur lesquels aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique ;
- ✓ Une liste de cours d'eau (« liste 2 »), ou parties de cours d'eau parmi lesquels il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs. Tout ouvrage doit y être géré, entretenu et équipé selon des règles définies par l'autorité administrative, en concertation avec le propriétaire ou, à défaut, l'exploitant. Les ouvrages existants devront être mis en conformité dans un délai de 5 ans après la publication de l'arrêté de classement.

La MCHE de Ranc est située sur le fleuve Loire qui fait l'objet des classements suivants :

- ✓ Liste 1 pour :
 - La Loire des sources jusqu'à la confluence avec la Padelle ;
 - La Loire de l'aval du barrage de la Palisse jusqu'à la queue de la retenue de Grangent ;
 - La Loire de l'aval du barrage de Villerest jusqu'à la mer.
- ✓ Liste 2 pour :
 - La Loire de l'aval du barrage de la Palisse jusqu'à la confluence avec la Semène (Espèces holobiotiques) ;
 - La Loire de l'aval du barrage de Grangent jusqu'à la confluence avec le Villechaise (Espèces holobiotiques) ;
 - La Loire de l'aval du barrage de Villerest jusqu'à la mer (Anguille, Saumon atlantique, Truite de mer, grande Alose, Lamproie marine et espèces holobiotiques).

La partie de la Loire sur laquelle est située la MCHE de Ranc est concernée par les classements Liste 1 et Liste 2 (Espèces holobiotiques) mentionnés ci-dessus.

4 CARACTERISTIQUES PISCICOLES

Sur la zone d'étude, la Loire est classée en deuxième catégorie piscicole.

Le contexte piscicole est de type cyprinicole.

D'après les informations issues des bases de données de l'OFB, mais également des informations fournies par la Fédération Départementale de Pêche de la Haute-Loire, les espèces piscicoles dominantes présentes aux abords de la MCHE de Ranc sont très diversifiées avec :

- ✓ Des espèces d'eaux vives de type cyprinidés rhéophiles : barbeau fluviatile, chevaine, goujon, loche franche et spirilin ;
- ✓ Des espèces d'eaux lenticues : gardon.

A noter l'absence de grands migrateurs sur la zone d'étude (saumon, truite de mer, alose et anguille).

Plusieurs des espèces énoncées ci-dessous font l'objet de statut de protection :

- ✓ Statut de protection international : le Spirilin est inscrit à l'Annexe III de la Convention de Berne ;
- ✓ Statut de protection communautaire : le Barbeau fluviatile est inscrit à l'Annexe V de la Directive 92/43/CEE (Directive européenne dite Directive Habitats-Faune-Flore).

5 DESCRIPTION DE L'HYDROLOGIE

5.1 CARACTERISATION DE L'HYDROLOGIE SUR LE SITE DE LA MCHE DE RANC

Le débit moyen interannuel de la Loire a été observé et calculé sur la commune de Bas-en-Basset. Cette station est située à seulement 13 km en aval de la MCHE de Ranc, soit à proximité. Cependant, elle présente une surface de bassin versant beaucoup plus importante (3 234 km²) que la zone d'étude (1 982 km²) du fait de la présence de plusieurs affluents conséquents entre Ranc et Bas-en-Basset. En amont de la zone d'étude, la station la plus proche est celle de Chadrac. Bien que située à 47 km de la zone d'étude, cette station présente une différence de superficie de bassin versant moins marquée qu'avec celle de Bas-en-Basset.

Ainsi, pour la caractérisation de l'hydrologie de la Loire observée sur le site de la MCHE de Ranc, nous avons utilisé les données disponibles (données banque HYDRO) pour la station hydrométrique de Chadrac sur la période 1918-2020.

Le Tableau 1 et la figure synthétise les débits moyens mensuels de la Loire à hauteur de la MCHE de Ranc déduits à partir des valeurs de la station de Chadrac.

Le module observé sur le site de la MCHE de Ranc entre 1918 et 2020 est ainsi égal à 26,00 m³/s pour une surface de bassin versant de 1 982 km². A noter que cette valeur correspond au débit naturel de la Loire. En effet, le module actuel observé sur la Loire sur le site de la MCHE de Ranc, c'est-à-dire avec la prise en compte des prélèvements en eau des aménagements hydroélectriques de Montpezat, est estimé à environ 18,5 m³/s.

La rivière présente des fluctuations saisonnières de débit avec des hautes eaux allant de l'automne au printemps, portant le débit maximum mensuel moyen à 44,14 m³/s en novembre. A partir de juin, on enregistre une baisse rapide des débits avec une période d'étiage de juillet à septembre et des débits minimums mensuels moyens pouvant atteindre 9,77 m³/s en septembre (Tableau 1 & Figure 2).

Tableau 1 : Débits moyens mensuels de la Loire à hauteur de la MCHE de Ranc

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
m ³ /s	30,12	33,36	32,15	28,06	33,48	24,24	11,62	10,47	9,77	17,73	44,14	38,75

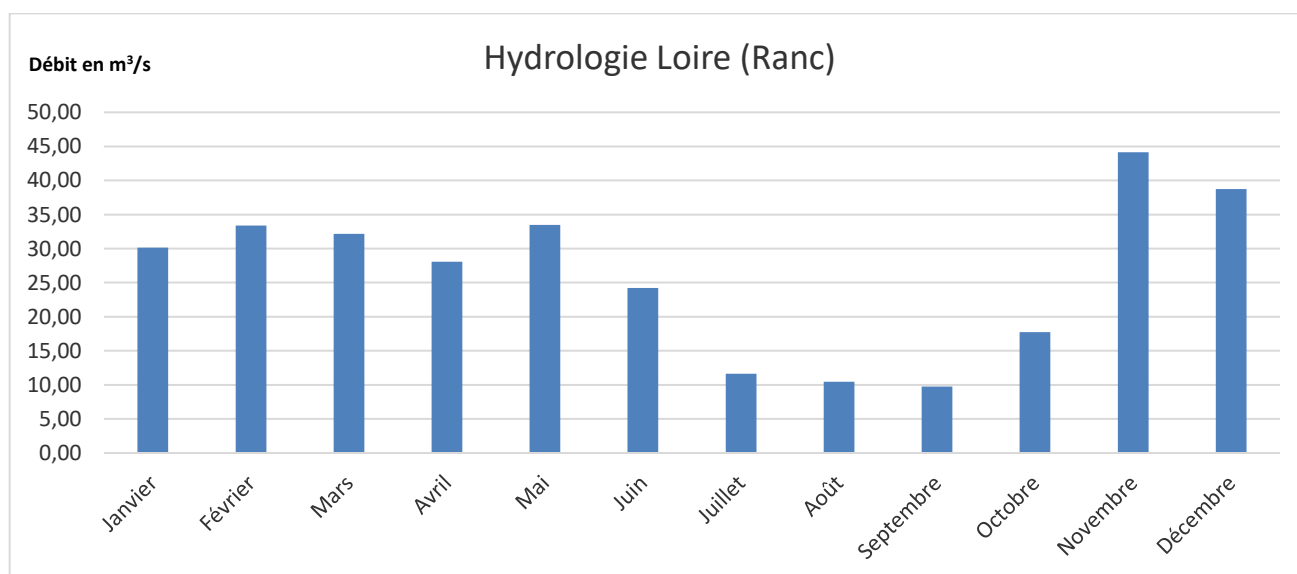


Figure 2 : Représentation graphique des débits moyens mensuels et du module calculés sur la période 1918-2020

Les débits de référence d'étiage biennal (QMNA2) et quinquennal (QMNA5) observés sur le site de la MCHE de Ranc entre 1918 et 2020 sont respectivement égaux à 6,1 m³/s et 4,5 m³/s.

Concernant les débits minimaux sur plusieurs jours consécutifs (VCNX, intervalle de confiance 95 %) observés sur le site de la MCHE Ranc entre 1918 et 2020, ils sont égaux à :

- ✓ VCN3_2 : 4,2 m³/s ;
- ✓ VCN3_5 : 3,2 m³/s ;
- ✓ VCN10_2 : 4,6 m³/s ;
- ✓ VCN10_5 : 3,6 m³/s.

Enfin, les crues peuvent être importantes, avec un débit instantané de 847 m³/s pour la crue quinquennale et 1 059 m³/s pour la crue décennale. Le débit maximal instantané enregistré est d'environ 3 000 m³/s.

Enfin, la Figure 3 représente la courbe des débits classés reconstituée sur le site de la MCHE de Ranc entre 1918 et 2020. Cette courbe a été établie à partir des données disponibles de la station de Chadrac (données BANQUE HYDRO - <http://www.hydro.eaufrance.fr>). A noter que la courbe des débits classés représente la fréquence du temps durant lesquels la valeur du débit moyen journalier figurant en ordonnée, a été atteinte ou dépassée.

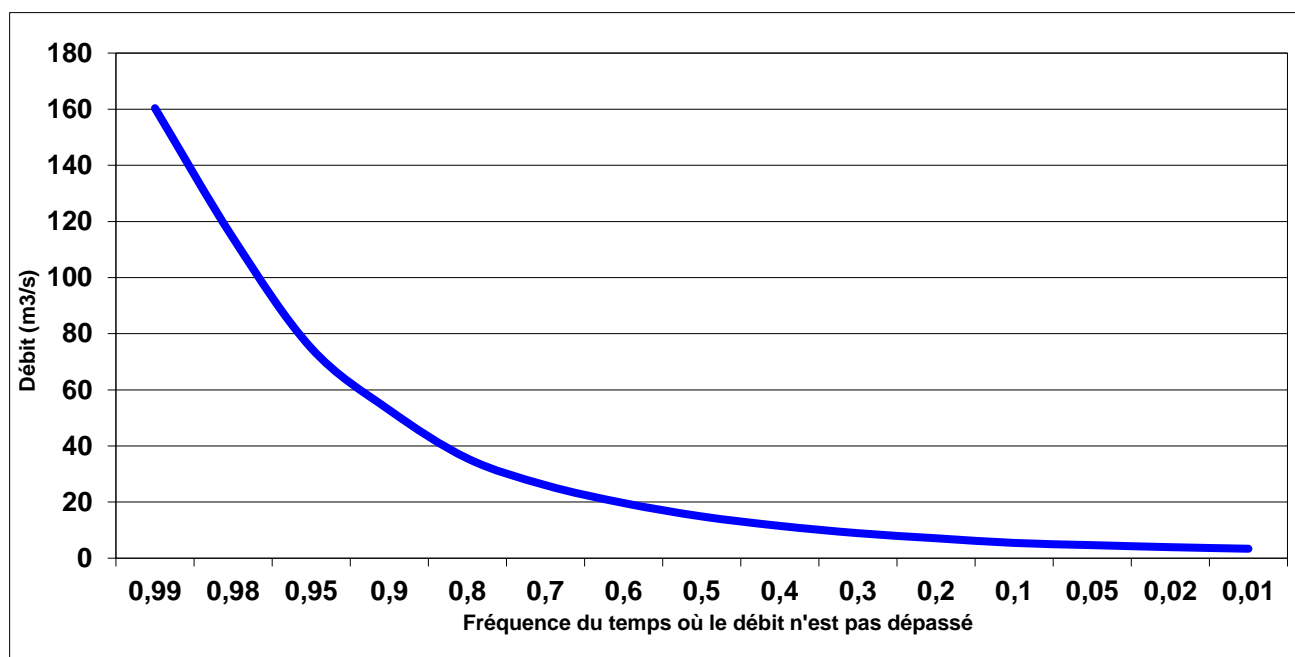


Figure 3 : Courbe des débits classés reconstituée sur le site de la MCHE de Ranc

On s'aperçoit que pendant environ 85 % du temps, le module n'est pas atteint sur le site de la MCHE de Ranc.

5.2 RECONSTITUTION DU DEBIT MOYEN JOURNALIER

Dans le cadre de la révision du débit réservé sur le site de la MCHE de Ranc, nous avons procédé à la reconstitution du débit moyen journalier observé sur la zone d'étude entre 1918 et 2020.

Pour cela, nous avons exporté depuis la banque hydro l'ensemble des débits journaliers observés à la station Chadrac entre 1918 et 2020, et nous avons déterminé par extrapolation les débits journaliers observés sur le site de la MCHE Ranc. Puis, nous avons réalisé la moyenne de ces débits journaliers pour obtenir le débit moyen journalier observé sur une année. La courbe des moyennes des débits journaliers observés entre 1918 et 2020 est disponible ci-dessous.

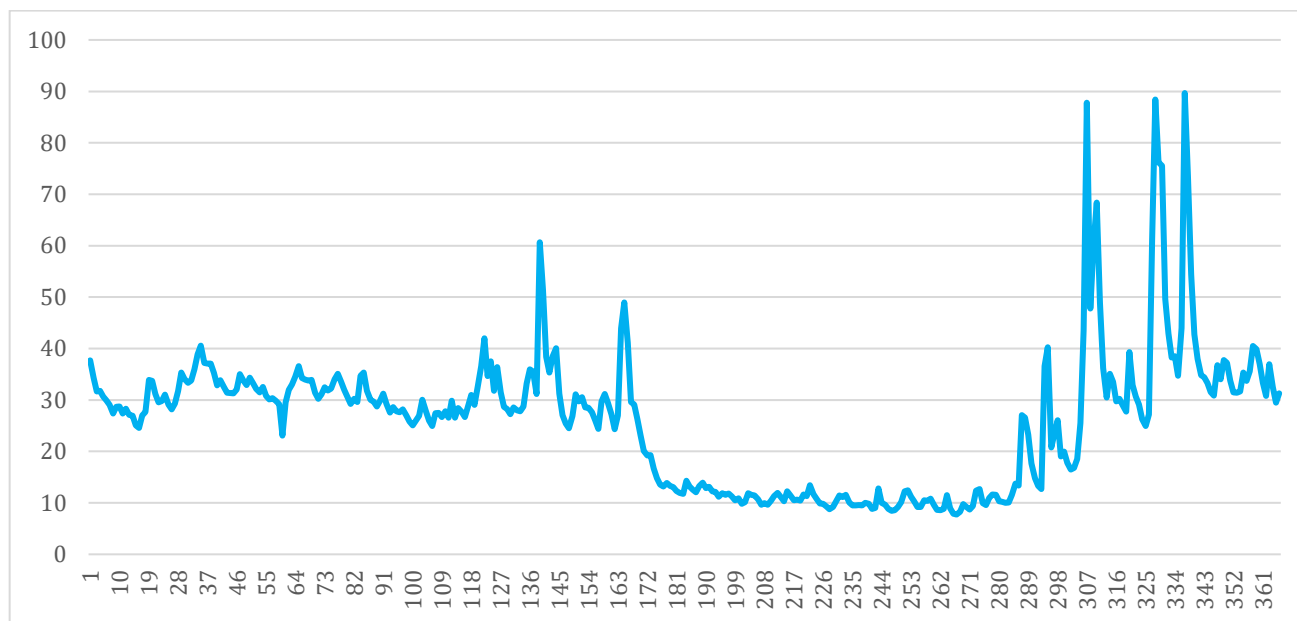


Figure 4 : Courbes des débits moyens journaliers observés entre 1918 et 2020 sur le site de la MCHE de Ranc

Suite à la réalisation de la moyenne des débits moyens journaliers, nous avons également procédé à la reconstitution de la courbe des débits classés observés pour une année moyenne (Figure 5).

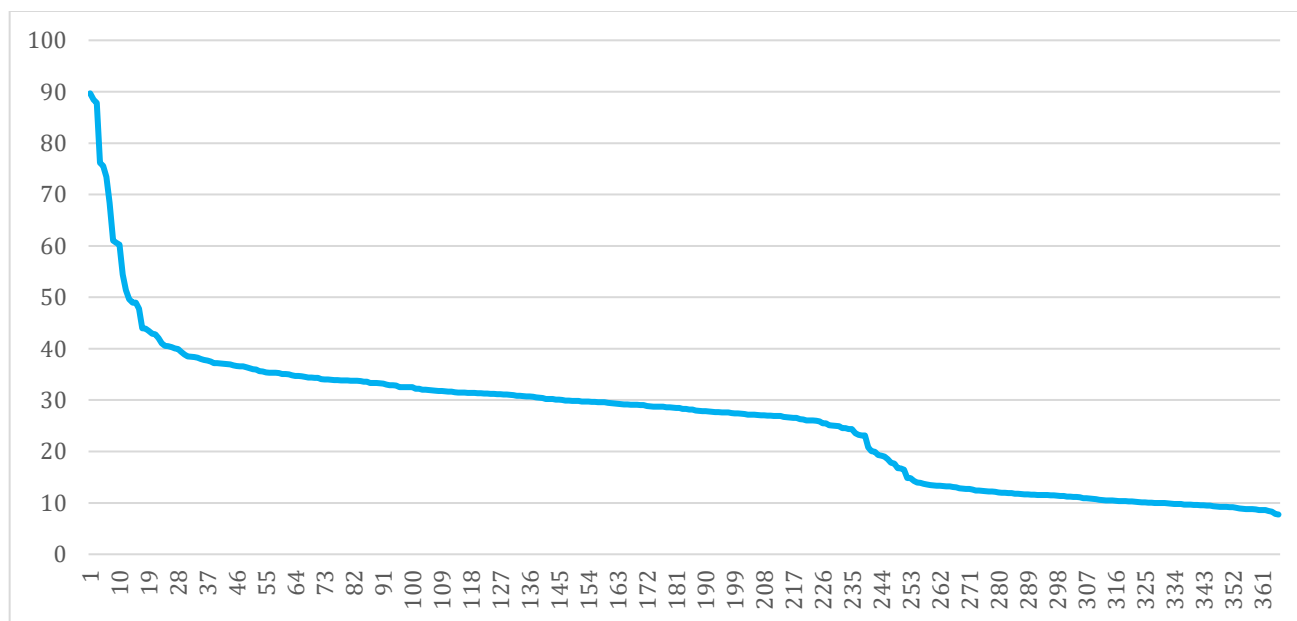


Figure 5 : Courbe des débits classés observés pour une année moyenne sur le site de la MCHE de Ranc

6 CARACTERISTIQUES MORPHODYNAMIQUES

Les caractéristiques morphodynamiques ont été décrites sur la zone d'étude par le biais de l'utilisation d'une tablette numérique de terrain. Cette tablette tactile (Figure 6) est munie d'un GPS et permet de localiser en temps réel tout point, ligne ou polygone et de réaliser sur place une ou plusieurs cartographies précises de la zone. Ces cartographies sont ensuite réimportées dans notre logiciel de cartographie (QGIS) afin d'y être finalisées et mises en forme.



Figure 6 : Tablette numérique équipée d'un GPS et du logiciel CARTOLANDER

Ainsi, les éléments suivants ont été relevés et cartographiés sur le tronçon court-circuité :

- ✓ Description du type d'écoulement ;
- ✓ Morphologie et importance relative de chaque tronçon identifié ;
- ✓ Localisation et description des abris sous-berges ;
- ✓ Localisation et description des obstacles à la continuité piscicole ;
- ✓ Localisation et description des apports latéraux.

Ces éléments ont été relevés au cours d'une sortie de terrain réalisée le 05/03/2021 pour des débits de la Loire dans le TCC environ égaux à 2 700 l/s. L'ensemble des paramètres relevés ont été géoréférencés sur la totalité du tronçon court-circuité et ont fait l'objet de cartographie.

6.1 FACIES DU TRONÇON COURT-CIRCUITE

Les caractéristiques morphodynamiques ont été décrites à travers la description du type d'écoulement observé sur le TCC de la MCHE de Ranc. Pour cela, 3 types d'écoulement ont été retenus :

- ✓ Courants/radiers ;
- ✓ Plats ;
- ✓ Profonds.

Chaque type d'écoulement a ainsi été caractérisé à travers la détermination de sa longueur, de sa largeur moyenne, de sa superficie ainsi que de son importance relative sur le TCC de la MCHE de Ranc. La granulométrie du substrat a également été relevée.

Tableau 2 : Caractéristiques morphodynamiques du TCC

	Longueur (en m)	Largeur moyenne (en m)	Superficie totale (en m ²)	Profondeur moyenne (en cm)	Granulométrie moyenne (%)						
					Rochers >1024 mm	Blocs 256- 1024 mm	Pierres 64-256 mm	Cailloux 16-64 mm	Graviers 2-16 mm	Sables 0,0625-2 mm	Limons 0,0039- 0,0625 mm
TCC total	875	20	14 418	64	0	10	40	40	-	10	-
Plat	225	19	4 005	48	20	20	20	20		20	-
Profond	34	45	1 440	1,75	8,33	15,83	37,50	35,83	-	2,50	-
Radier	616	12	8 973	38	-	-	-	-	-	-	-
% Plat	25,71	-	27,78	-	-	--	-	-	-	-	-
% Profond	3,89	-	9,99	-	-	-	-	-	-	-	-
% Radier	70,40	-	62,23	-	7,50	14,58	35,42	34,58	-	7,92	-

Les plats et radiers sont les deux types d'écoulement qui dominent sur le TCC en termes de linéaire. Si l'on considère la superficie, ce sont également les plats et les radiers qui dominent avec plus de 90 % de la superficie totale des écoulements.

La largeur de la rivière varie assez sensiblement à hauteur du tronçon court-circuité avec une moyenne d'environ 20 m. Les plus grandes largeurs étant observées à hauteur des zones de profond et de plat.

La profondeur est assez importante avec une profondeur moyenne d'environ 64 cm.

Au niveau de la granulométrie du substrat de la Loire au sein du tronçon-court-circuité par la MCHE de Ranc, les pierres et cailloux, soit les éléments de taille moyenne, dominent largement puisqu'ils représentent 70 % de la totalité du substrat. Enfin, les sables représentent moins de 10 % du substrat total, soit un colmatage plutôt faible observé sur la zone d'étude.

Ainsi, le tronçon court-circuité par la MCHE de Ranc est dominé par les zones de radiers, ces derniers représentant 70 % du linéaire total des écoulements, contre un peu plus de 25 % pour les plats et environ 4 % pour les profonds (Tableau 2). Les zones de profonds présentent également une diversité d'habitats plus faible que les zones de radiers et de plats pour la Truite.

La cartographie des caractéristiques morphodynamiques de la Loire est disponible sur la Figure 7.

6.2 ABRIS SOUS BERGE

Lors de nos relevés de terrain, nous avons également recherché les abris sous berge présents le long du TCC. Ces abris variant avec le niveau de l'eau dans la rivière, ils sont donc susceptibles d'être impactés par le projet de MCHE. Au long des 500 m parcourus le long du TCC, très peu d'abris sous-berges marqués ont été identifiés.

La majorité des plages de sables et galets rencontrées dans la rivière explique en partie ce très faible nombre d'abris sous-berges, avec ainsi l'absence de cavité où les poissons pourraient se réfugier.

Les abris sous-berge étant ainsi très peu présents sur la zone d'étude, ils ne représentent donc pas un enjeu vis-à-vis de la mise en débit réservé.

6.3 OBSTACLES

Excepté le seuil de la MCHE, aucune chute supérieure à 30 cm n'a été recensée au sein du TCC, et cela pour des conditions de débit inférieur au QMNA5. Ainsi, aucun obstacle ne limite ou empêche la circulation piscicole dans le TCC.

L'hydrologie résultant de la mise en débit réservé du tronçon court circuité par la MCHE ne présente pas d'impact sur la libre circulation des espèces présentes au sein de la zone d'étude.

6.4 APPORTS LATERAUX

Aucun apport latéral et/ou arrivée d'eau n'a été recensé au sein du tronçon court-circuité. Il n'y a donc pas non plus de rejet polluant à hauteur de la zone d'étude.

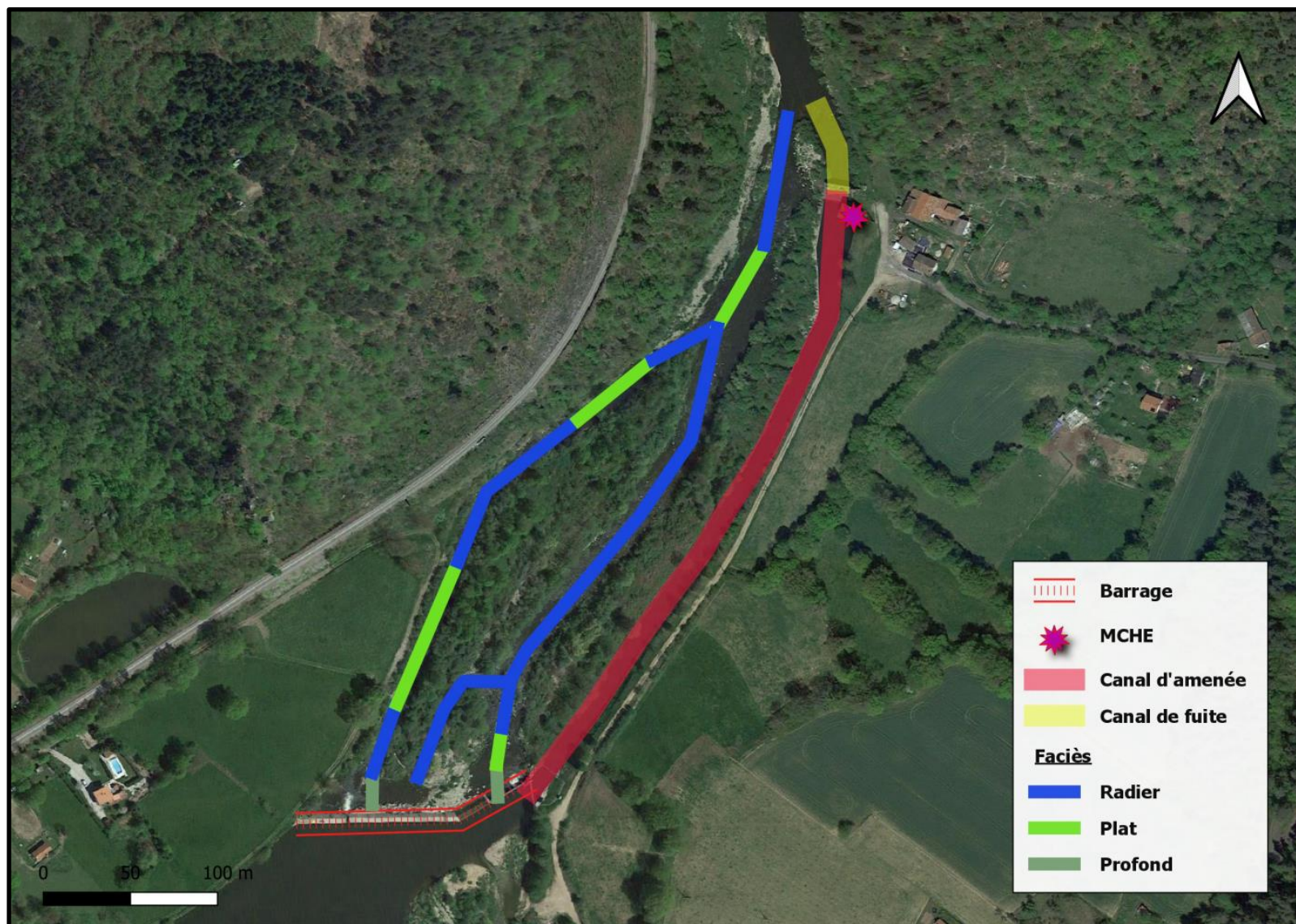


Figure 7 : Caractéristiques morphodynamiques sur le TCC de la MCHE de Ranc

7 DEBIT MINIMUM BIOLOGIQUE

L'estimation des débits biologiques a été réalisée selon la méthode dite des microhabitats : ESTIMHAB. Cette méthode a pour but d'analyser la relation dynamique entre les variations d'habitats physiques et le débit des cours d'eau. A ce titre, elle constitue de bons supports d'aide à la décision pour le choix du débit réservé de la MCHE de Ranc.

7.1 PRINCIPE GENERAL

Le principe consiste à coupler une description hydraulique dynamique d'une portion représentative de cours d'eau avec des modèles de préférence d'habitats d'espèces ou de groupes d'espèces se comportant de façon semblables vis-à-vis de l'habitat (Figure 8).

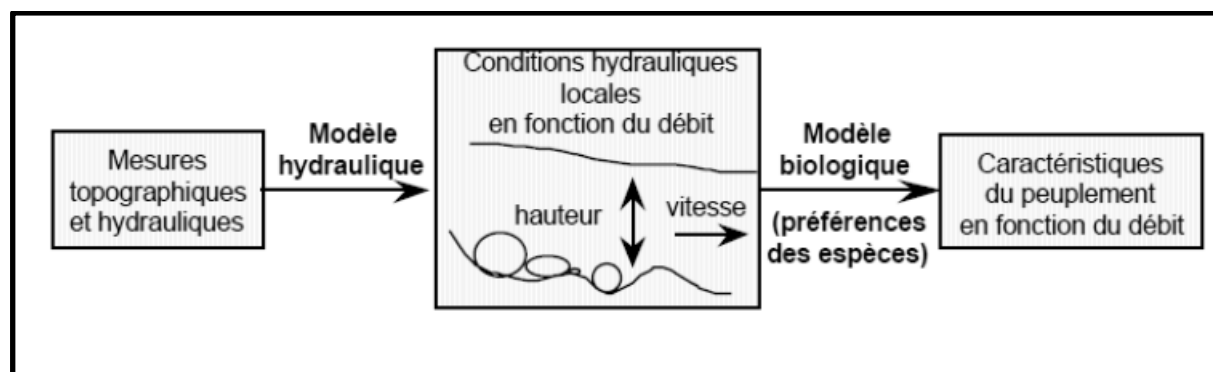


Figure 8 : Principe de la méthode ESTIMHAB

Le produit de la méthode se présente sous forme de courbes d'évolution d'une qualité ou d'une quantité d'habitat en fonction du débit (surface pondérée utile SPU et valeur d'habitat VH) pour une station. Il est alors possible de représenter cette évolution pour des espèces ou des stades particuliers.

7.2 ESPECES PRISES EN COMPTE DANS LA MODELISATION

Les espèces présentes dans le fleuve Loire définissent les espèces ciblées dans la suite de l'étude et notamment pour la mise en œuvre de la méthode des microhabitats. La recherche du débit biologique est lui-même fonction des espèces présentes. Comme énoncé précédemment, les espèces piscicoles dominantes présentes aux abords de la MCHE de Ranc sont très diversifiées avec :

- ✓ Des espèces d'eaux vives de type cyprinidés rhéophiles : barbeau fluviatile, chevaine, goujon, loche franche et spirilin ;
- ✓ Des espèces d'eaux lenticques : gardon.

L'ensemble de ces espèces a ainsi été retenu. De plus, le choix de ces espèces permet également d'avoir au moins une espèce ou stade (adulte ou juvénile) pouvant être associé aux différents guildes caractérisant les grands cours d'eaux vives de 2^{nde} catégorie piscicole :

- ✓ Guilde chenal : barbeau fluviatile juvénile, spirilin ;
- ✓ Guilde rive : goujon, chevaine juvénile et alevin, ;
- ✓ Guilde mouille : gardon, chevaine adulte ;
- ✓ Guilde radier : loche franche, barbeau alevin.

Ainsi, dans la suite de l'étude, nous nous sommes intéressés uniquement aux 4 guildes mentionnés ci-dessus.

7.3 STATION D'ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES

Pour être pertinent au regard des objectifs de l'étude, le calcul d'un débit biologique selon la méthode ESTIMHAB doit se faire sur une station (ou tronçon de cours d'eau) présentant des caractéristiques particulières. En premier lieu, la station doit être implantée sur une zone hydrographique présentant un intérêt piscicole (sont ainsi exclus les secteurs dont les débits naturellement trop faibles ou les assecs trop prolongés ne permettent pas la survie du poisson). Elle doit être représentative morphologiquement du plus long linéaire possible de cours d'eau et refléter du mieux possible la diversité des faciès d'écoulement, des faciès morphologiques et des niveaux typologiques du réseau hydrographique considéré (en l'occurrence le tronçon court-circuité dans le cas présent).

De plus, il est recommandé d'appliquer la méthode sur des tronçons de longueur supérieure ou égale à 15 fois la largeur du cours d'eau à pleins bords. Enfin, les mesures de terrain (hauteur d'eau, substrat) supposent que le lit du cours d'eau soit accessible à pied et que les eaux soient suffisamment limpides. Les zones profondes, et les épisodes de crues n'étant ainsi pas conseillés.

La station ESTIMHAB retenue sur la zone d'étude est située dans la partie aval et la partie médiane du TCC, de largeur moyenne d'environ 25 mètres pour une longueur d'environ 350 mètres (soit environ 15 fois la largeur). Cette station est également représentative morphologiquement du plus long linéaire possible de cours d'eau et reflète la diversité des faciès d'écoulement, des faciès morphologiques et des niveaux typologiques du tronçon court-circuité. Enfin, la station a également été positionnée sur la partie médiane et aval de la zone d'étude afin de limiter les zones profondes qui sont déconseillées pour l'application de la méthode ESTIMHAB. De plus, les zones profondes sont moins sensibles aux diminutions de débits que les secteurs de plats et surtout de radiers. La station retenue est donc conforme avec le protocole d'utilisation d'ESTIMHAB. La Figure 9 présente l'implantation de la station choisie sur la zone d'étude.

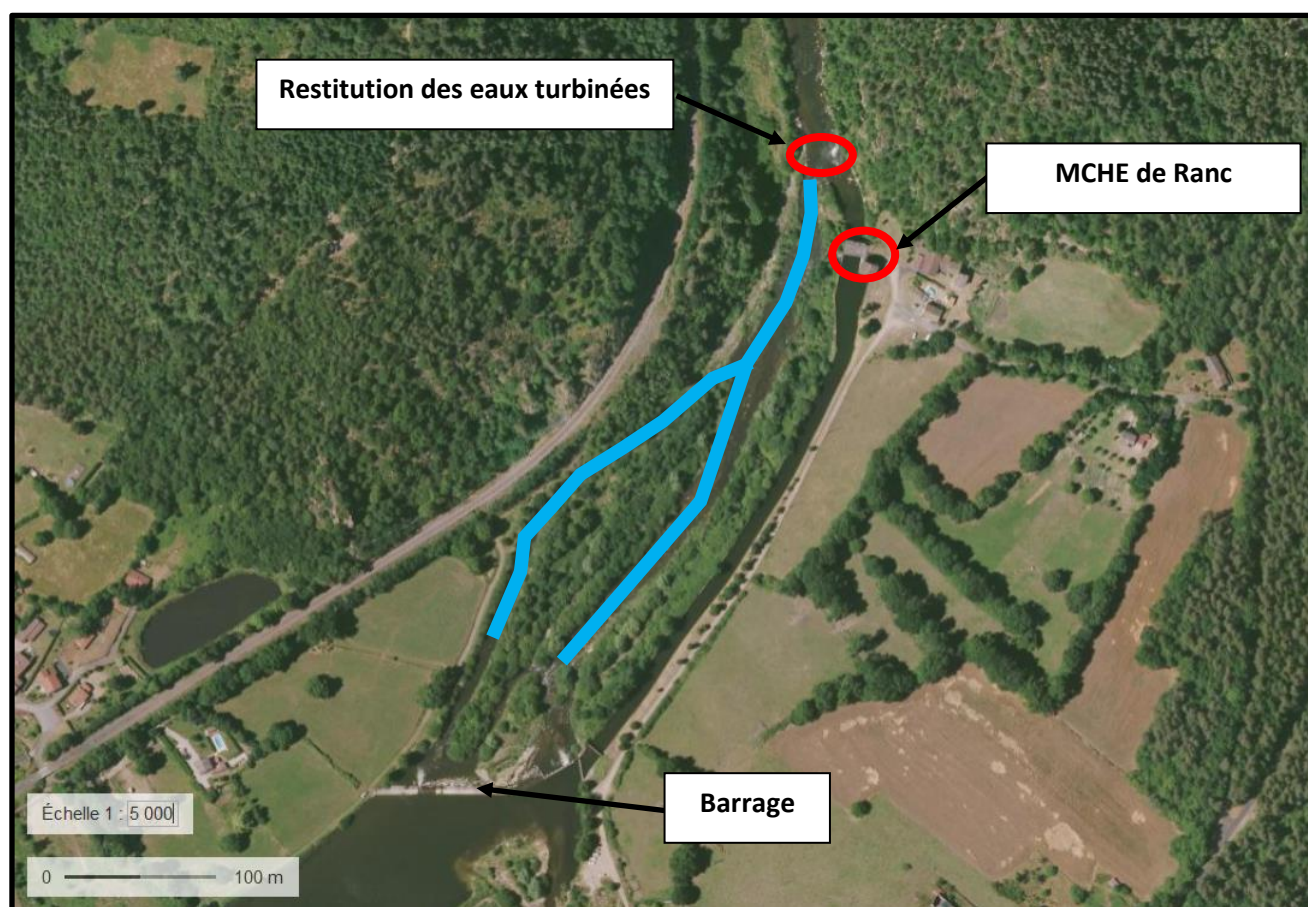


Figure 9 : Localisation de la station ESTIMHAB

7.4 DONNEES D'ENTREE D'ESTIMHAB

ESTIMHAB est alimenté par des mesures de terrain. Il s'agira ainsi d'estimer, à 2 débits différents (Q1 et Q2) :

- ✓ Les largeurs mouillées (L1 et L2) de la station modélisée à partir du relevé d'une quinzaine de largeurs ;
- ✓ Les hauteurs d'eau moyennes (H1 et H2) à partir de mesures ponctuelles en une centaine de points ;
- ✓ La taille moyenne des éléments du substrat (à partir de mesures effectuées en une centaine de points).

Outre les mesures de terrain, l'estimation du débit journalier médian du cours d'eau (Q50 fait aussi partie des variables d'entrée du modèle. Enfin, il est aussi nécessaire pour le calage d'ESTIMHAB, de synthétiser les caractéristiques hydrologiques du tronçon (module, débits de crue et d'étiage).

7.5 DEBITS DE MISE EN ŒUVRE

Les largeurs et hauteurs moyennes à tout débit sont extrapolées par ESTIMHAB à partir des mesures faites à Q1 et Q2. Les débits de mise en œuvre doivent donc être aussi contrastés que possible, avec les règles suivantes :

- ✓ $Q2 > 2 * Q1$;
- ✓ La simulation sera comprise entre $Q1 / 10$ et $5 * Q2$;
- ✓ Le débit médian naturel Q50 est aussi compris entre $Q1 / 10$ et $5 * Q2$;
- ✓ Les deux débits Q1 et Q2 restent inférieurs au débit de plein bord du cours d'eau.

C'est aux bas débits que les conditions hydrauliques changent vite et que les mesures sont faciles, donc l'idéal est de choisir Q1 le plus bas possible et Q2 plus proche du Q50. Peu importe le temps passé entre les deux campagnes de mesures (sauf crue exceptionnelle). Les notes de qualité de l'habitat et les surfaces utiles seront estimées par le logiciel entre les deux valeurs de débit précisées ici.

7.6 CONDITIONS D'INTERVENTION

La première campagne de mesures ESTIMHAB s'est déroulée en conditions hydrologiques d'étiage le 05 mars 2021 dans la matinée avec la MCHE de Ranc en fonctionnement afin de limiter le débit à 2 700 l/s. La seconde campagne s'est déroulée en conditions hydrologiques de module le 05 mars 2021 dans l'après-midi avec la MCHE de Ranc à l'arrêt, le débit transitant dans le TCC étant alors égal à 11 700 l/s.

Les débits mesurés figurent dans le Tableau 3 qui permet une comparaison avec quelques débits caractéristiques. Ce tableau montre que les conditions hydrauliques d'application du modèle ESTIMHAB sont en tout point respectées :

- ✓ Les débits Q1 et Q2 des campagnes 1 et 2 sont contrastés ;
- ✓ Q1 est faible et Q2 plus proche du Q50 :
- ✓ $Q2 > 2 * Q1$;
- ✓ Le débit médian naturel Q50 est compris entre $Q1 / 10$ et $5 * Q2$;
- ✓ Q1 et Q2 sont inférieurs au débit de plein bord du cours d'eau.

Tableau 3 : Débits caractéristiques de la station ESTIMHAB (en l/s)

Q1	Q2	Module	Q50	Module/10	QMNA5	Débit réservé actuel
2 700	11 700	25 996	16 478	2 600	4 500	4 600

7.7 PROTOCOLE

Le protocole de mesure a été réalisé conformément à celui proposé dans le guide technique et la publication suivante : Lamouroux N., Capra H., Chandresis A., Souchon Y. (2003). La méthodologie ESTIMHAB dans le paysage des méthodes de microhabitats. Note Cemagref, Unité Bely, Laboratoire d'hydroécologie quantitative, 9p. Le logiciel et la méthode de mise en œuvre sont notamment consultables à l'adresse suivante : <http://www.irstea.fr/logiciel-evha> Copyright (C) 2008 Cemagref – France

7.8 RESULTATS

La recherche d'un débit biologique minimum sur les seuls critères d'habitats pris en compte par la méthode ESTIMHAB repose sur l'analyse des débits caractéristiques des courbes d'évolution des "Surfaces Pondérées Utiles" en fonction du débit. Certains points de la courbe SPU en fonction du débit sont caractéristiques :

- ✓ Débit correspondant à la SPU maximale (Q SPU_{max}). Ce débit peut être considéré comme un "optimum" au regard de l'espèce et du stade ciblés. C'est lui qui donne la plus grande valeur d'habitat utilisable ;
- ✓ Le seuil d'accroissement rapide du risque : généralement, les courbes SPU=f (débit) présentent une forme de cloche avec un gradient positif relativement prononcé pour les faibles débits et un gradient négatif plus faible vers les forts débits. Le seuil d'accroissement du risque correspond à la valeur du débit en dessous de laquelle toute baisse de débit, même minime, entraîne une chute importante et rapide de la SPU. Il se trouve donc dans la première partie des courbes. Selon le guide méthodologique : "il est indispensable de se tenir au-dessus de cette valeur sous peine de faire prendre trop de risque à l'écosystème par rapport aux quelques litres par seconde que l'on peut alors escompter gagner".

Les paragraphes ci-dessous permettent d'évaluer l'impact de différents scénarios de débit réservé projetés à hauteur du TCC de la MCHE de Ranc sur :

- ✓ Les valeurs d'habitat par espèce ;
- ✓ La surface utile pour 100 m de cours d'eau ;
- ✓ Valeurs d'habitat par faciès.

Ce travail a été réalisé pour chaque espèces cibles.

Les différents scénarios de débit réservé étudiés étant :

- ✓ **Le fonctionnement actuel : débit dérivé maximum = 26 m³/s, débit réservé = 4,6 m³/s, avec arrêt de la MCHE du 01/07 au 30/09 ;**
- ✓ **Le fonctionnement futur avec débit dérivé maximum = 13 m³/s, sans arrêt de la MCHE du 01/07 au 30/09 et débit réservé égal :**
 - Au débit réservé actuel, soit 4 600 l/s, valeur également similaire au QMNA5 sur la zone d'étude (4 500 l/s) ;
 - Au 1/10^{ème} du module, soit 2 600 l/s ;
 - Une valeur médiane entre le débit réservé actuel et le 1/10^{ème} du module, soit 3 600 l/s.

7.8.1 Guilde chenal

Le barbeau fluviatile juvénile et le spirilin peuvent être rattachés au guilde chenal.

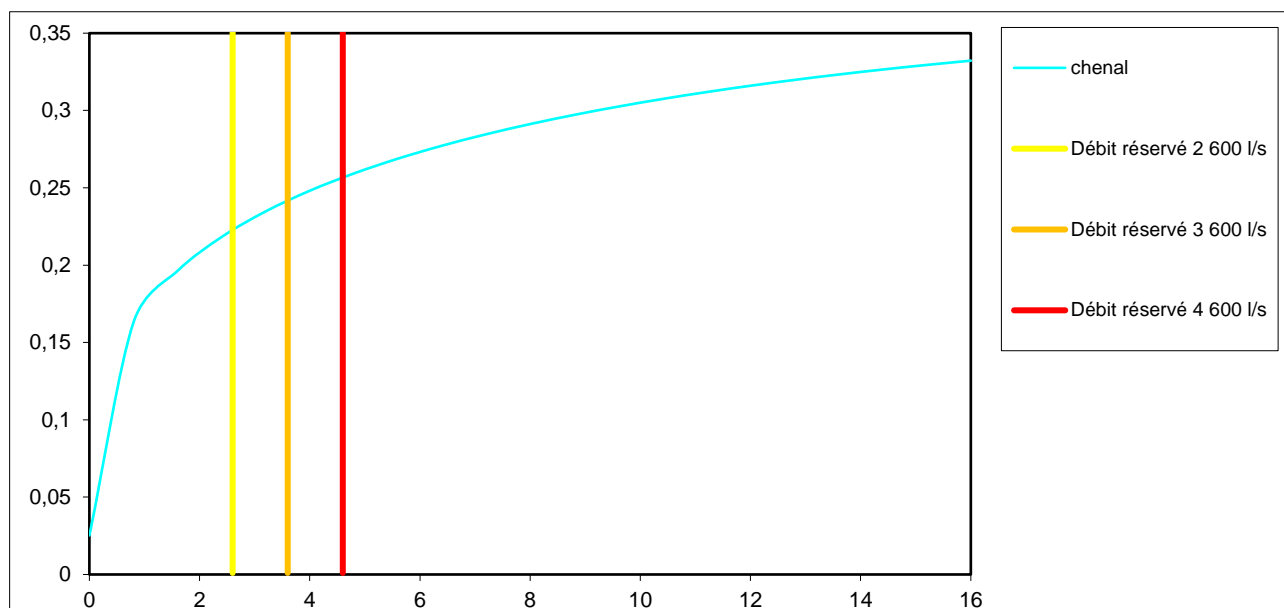


Figure 10 : Evolution des valeurs d'habitat en fonction du débit – Guilde chenal

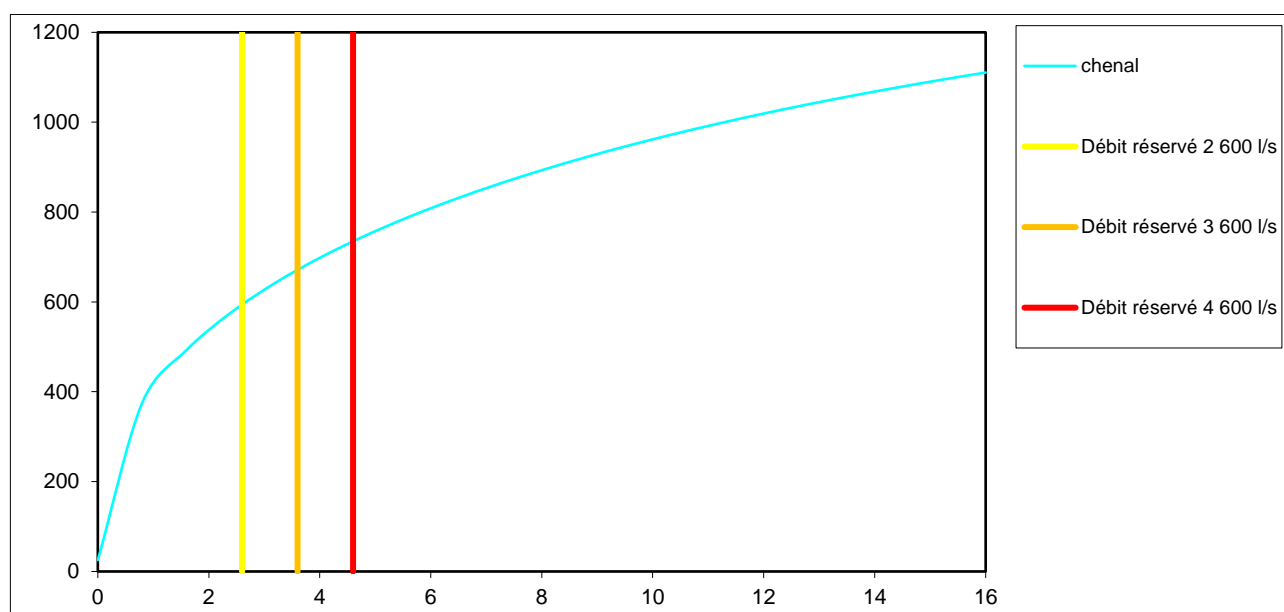


Figure 11 : Evolution de la surface utile pour 100 m de cours d'eau – Guilde chenal

Concernant le Tableau 4, il représente le pourcentage de la surface utile pour 100 m de cours d'eau par rapport à différents débits.

Tableau 4 : Pourcentage de SPU en fonction du débit – Guilde chenal

Type de débit	Valeur débit en l/s	SPUmax/100m
		Chenal
Module	26 000	89,41%
QMNA5	4 500	51,87%
QMNA2	6 100	57,86%

Type de débit	Valeur débit en l/s	SPUmax/100m
		Chenal
Q30	26 510	89,79%
Q90	7 100	61,01%
Q95	6 280	58,45%
VCN3_2	4 200	50,58%
VCN3_5	3 200	45,72%
VCN10_2	4 600	52,29%
VCN10_5	3 600	47,78%
100% SPU max chenal	63 900	100,00%
Débit réservé proposé 1	2 600	42,27%
Débit réservé proposé 2	3 600	47,78%
Débit réservé proposé 3	4 600	52,29%

7.8.1.1 Débit réservé = 2 600 l/s

Pour le scénario du débit réservé de 2 600 l/s, nous avons réalisé les calculs suivants :

- ✓ Reconstitution du débit naturel et de la courbe des débits classés dans le futur TCC ;
- ✓ Reconstitution du débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le débit dérivé maximum actuel (26 m³/s), le débit réservé actuel (4 600 l/s) et le débit d'armement actuel des turbines (1 000 l/s).
- ✓ Reconstitution du futur débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le futur débit dérivé maximum (13 m³/s), le débit réservé projeté (2 600 l/s) et le débit d'armement futur des turbines (600 l/s).

Une fois ces calculs effectués, nous avons ensuite procédé à l'estimation des SPU du guild chenal pour le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur. Ensuite, cette opération nous a permis de calculer le pourcentage de perte de SPU entre le débit naturel et le débit modifié dans le TCC.

L'ensemble des résultats sont disponibles dans les tableaux suivants.

Tableau 5 : Perte de SPU pour le guild chenal entre le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur pour différents débits - débit réservé 2 600 l/s

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
Module	26,00	13,76	15,79	15,43%	11,96%
0,99	150,88	124,88	137,88	-7,59%	-3,87%
0,98	101,12	77,28	88,07	-3,68%	-2,31%
0,95	68,71	43,77	55,71	2,15%	0,22%
0,9	49,62	25,32	36,62	10,17%	3,57%
0,8	34,78	13,02	21,78	21,41%	9,35%
0,7	26,51	8,99	13,51	26,40%	16,25%
0,6	20,49	7,04	7,49	27,99%	26,44%
0,5	16,48	4,75	2,6	33,61%	46,95%
0,4	13,23	4,60	2,6	30,03%	43,43%
0,3	10,58	4,60	2,6	24,98%	39,35%
0,2	8,57	4,60	2,6	19,61%	35,01%

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
0,1	7,10	4,60	2,6	14,29%	30,71%
0,05	6,28	4,60	2,6	10,55%	27,68%
0,02	5,60	4,60	2,6	6,84%	24,69%
0,01	5,09	4,60	2,6	3,60%	22,06%

Le Tableau 5 permet de mettre en avant que pour le débit moyen annuel, la différence de SPU entre le débit naturel et le débit modifié futur est égale à 12 %, c'est-à-dire que le guilden chenal bénéficie d'une SPU moindre pour le facteur débit modifié. Concernant Q90 et Q95 sur une année moyenne, on observe une perte de SPU comprise entre 27 et 30 % pour le guilden chenal avec le facteur débit modifié.

7.8.1.2 Débit réservé = 3 600 l/s

Pour le scénario du débit réservé de 3 600 l/s, nous avons réalisé les calculs suivants :

- ✓ Reconstitution du débit naturel et de la courbe des débits classés dans le futur TCC ;
- ✓ Reconstitution du débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le débit dérivé maximum actuel (26 m³/s), le débit réservé actuel (4 600 l/s) et le débit d'armement actuel des turbines (1 000 l/s) ;
- ✓ Reconstitution du futur débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le futur débit dérivé maximum (13 m³/s), le débit réservé projeté (3 600 l/s) et le débit d'armement futur des turbines (600 l/s).

Une fois ces calculs effectués, nous avons ensuite procédé à l'estimation des SPU du guilden chenal pour le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur. Ensuite, cette opération nous a permis de calculer le pourcentage de perte de SPU entre le débit naturel et le débit modifié dans le TCC.

L'ensemble des résultats sont disponibles dans les tableaux suivants.

Tableau 6 : Perte de SPU pour le guilden chenal entre le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur pour différents débits - débit réservé 3 600 l/s

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
Module	26,00	13,76	16,28	15,43%	11,19%
0,99	150,88	124,88	137,88	-7,59%	-3,87%
0,98	101,12	77,28	88,07	-3,68%	-2,31%
0,95	68,71	43,77	55,71	2,15%	0,22%
0,9	49,62	25,32	36,62	10,17%	3,57%
0,8	34,78	13,02	21,78	21,41%	9,35%
0,7	26,51	8,99	13,51	26,40%	16,25%
0,6	20,49	7,04	7,49	27,99%	26,44%
0,5	16,48	4,75	3,6	33,61%	40,04%
0,4	13,23	4,60	3,6	30,03%	36,07%
0,3	10,58	4,60	3,6	24,98%	31,45%
0,2	8,57	4,60	3,6	19,61%	26,54%
0,1	7,10	4,60	3,6	14,29%	21,69%
0,05	6,28	4,60	3,6	10,55%	18,27%
0,02	5,60	4,60	3,6	6,84%	14,88%

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
0,01	5,09	4,60	3,6	3,60%	11,92%

Le Tableau 5 permet de mettre en avant que pour le débit moyen annuel, la différence de SPU entre le débit naturel et le débit modifié futur est égale à 11 %, c'est-à-dire que le guildes chenal bénéficie d'une SPU moindre pour le facteur débit modifié. Concernant Q90 et Q95 sur une année moyenne, on observe une perte de SPU comprise entre 18 et 22 % pour le guildes chenal avec le facteur débit modifié.

7.8.1.3 Débit réservé = 4 600 l/s

Pour le scénario du débit réservé de 4 600 l/s, nous avons réalisé les calculs suivants :

- ✓ Reconstitution du débit naturel et de la courbe des débits classés dans le futur TCC ;
- ✓ Reconstitution du débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le débit dérivé maximum actuel (26 m³/s), le débit réservé actuel (4 600 l/s) et le débit d'armement actuel des turbines (1 000 l/s) ;
- ✓ Reconstitution du futur débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le futur débit dérivé maximum (13 m³/s), le débit réservé projeté (4 600 l/s) et le débit d'armement futur des turbines (600 l/s).

Une fois ces calculs effectués, nous avons ensuite procédé à l'estimation des SPU du guildes chenal pour le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur. Ensuite, cette opération nous a permis de calculer le pourcentage de perte de SPU entre le débit naturel et le débit modifié dans le TCC.

L'ensemble des résultats sont disponibles dans les tableaux suivants.

Tableau 7 : Perte de SPU pour le guildes chenal entre le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur pour différents débits - débit réservé 4 600 l/s

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
Module	26,00	13,76	16,8	15,43%	10,40%
0,99	150,88	124,88	137,88	-7,59%	-3,87%
0,98	101,12	77,28	88,07	-3,68%	-2,31%
0,95	68,71	43,77	55,71	2,15%	0,22%
0,9	49,62	25,32	36,62	10,17%	3,57%
0,8	34,78	13,02	21,78	21,41%	9,35%
0,7	26,51	8,99	13,51	26,40%	16,25%
0,6	20,49	7,04	7,49	27,99%	26,44%
0,5	16,48	4,75	4,6	33,61%	34,38%
0,4	13,23	4,60	4,6	30,03%	30,03%
0,3	10,58	4,60	4,6	24,98%	24,98%
0,2	8,57	4,60	4,6	19,61%	19,61%
0,1	7,10	4,60	4,6	14,29%	14,29%
0,05	6,28	4,60	4,6	10,55%	10,55%
0,02	5,60	4,60	4,6	6,84%	6,84%
0,01	5,09	4,60	4,6	3,60%	3,60%

Le Tableau 5 permet de mettre en avant que pour le débit moyen annuel, la différence de SPU entre le débit naturel et le débit modifié futur est égale à 10 %, c'est-à-dire que le guilde chenal bénéficie d'une SPU moindre pour le facteur débit modifié. Concernant Q90 et Q95 sur une année moyenne, on observe une perte de SPU comprise entre 10 et 14 % pour le guilde chenal avec le facteur débit modifié.

7.8.1.4 Synthèse

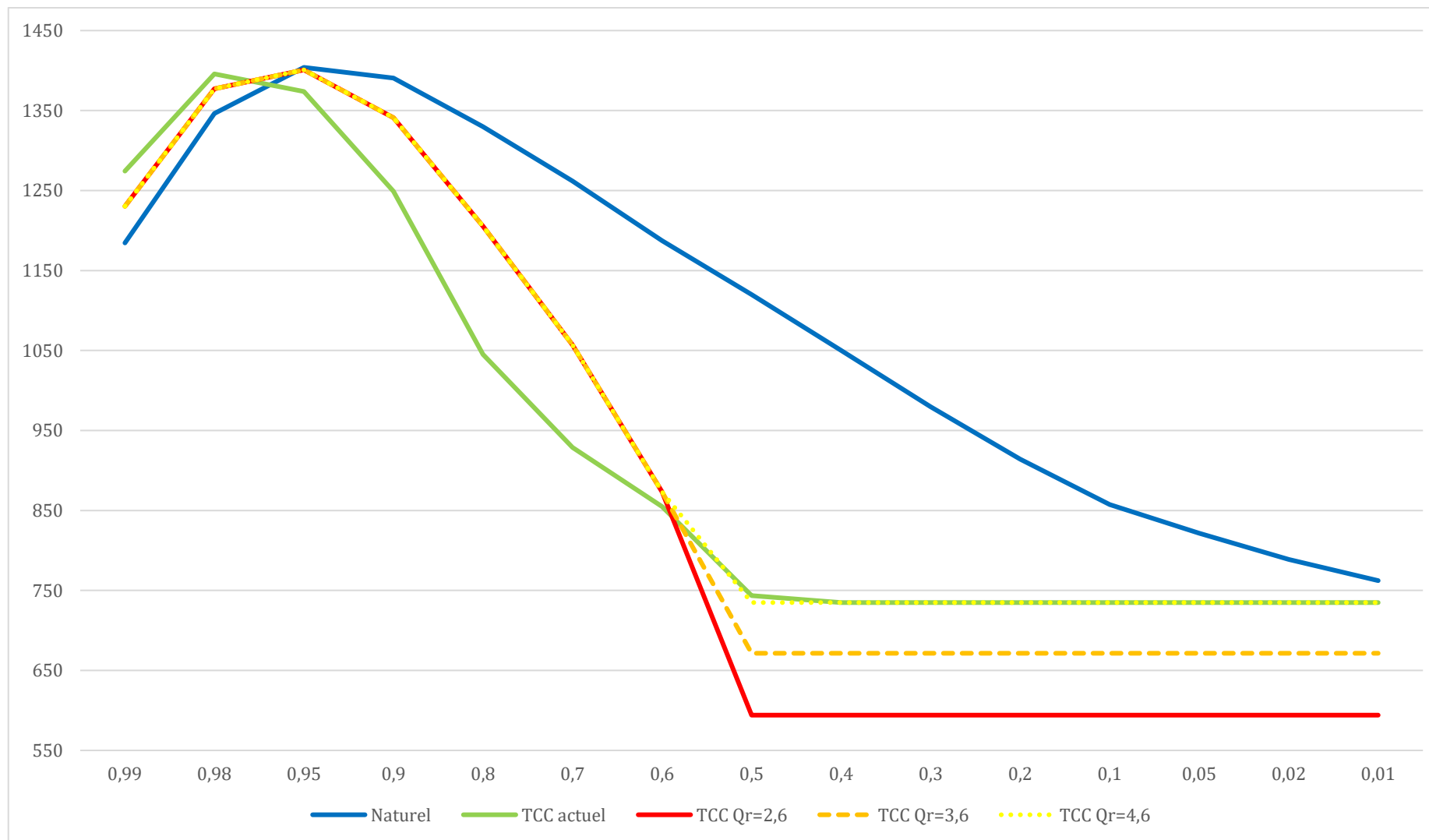


Figure 12 : Evolution de la SPU en fonction de la courbe des débits classés des différents scénarios de débit réservé – Guilde chenal

7.8.2 Guilde rive

Le goujon, le chevaine juvénile et le chevaine alevin peuvent être rattachés au guilde rive.

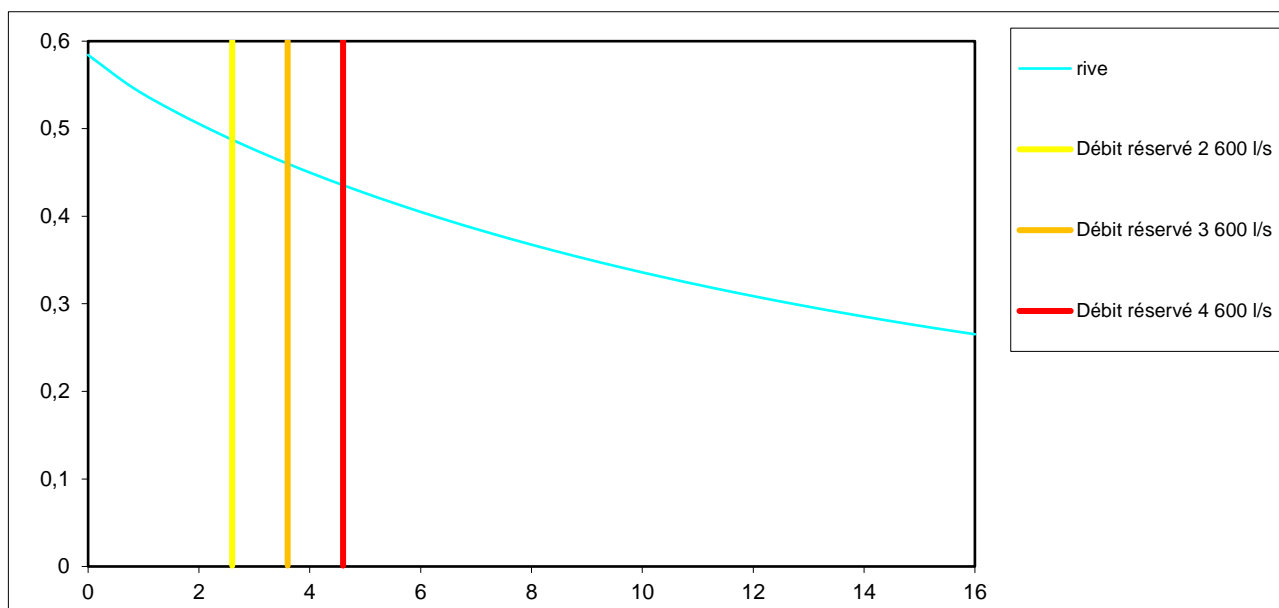


Figure 13 : Evolution des valeurs d'habitat en fonction du débit – Rive

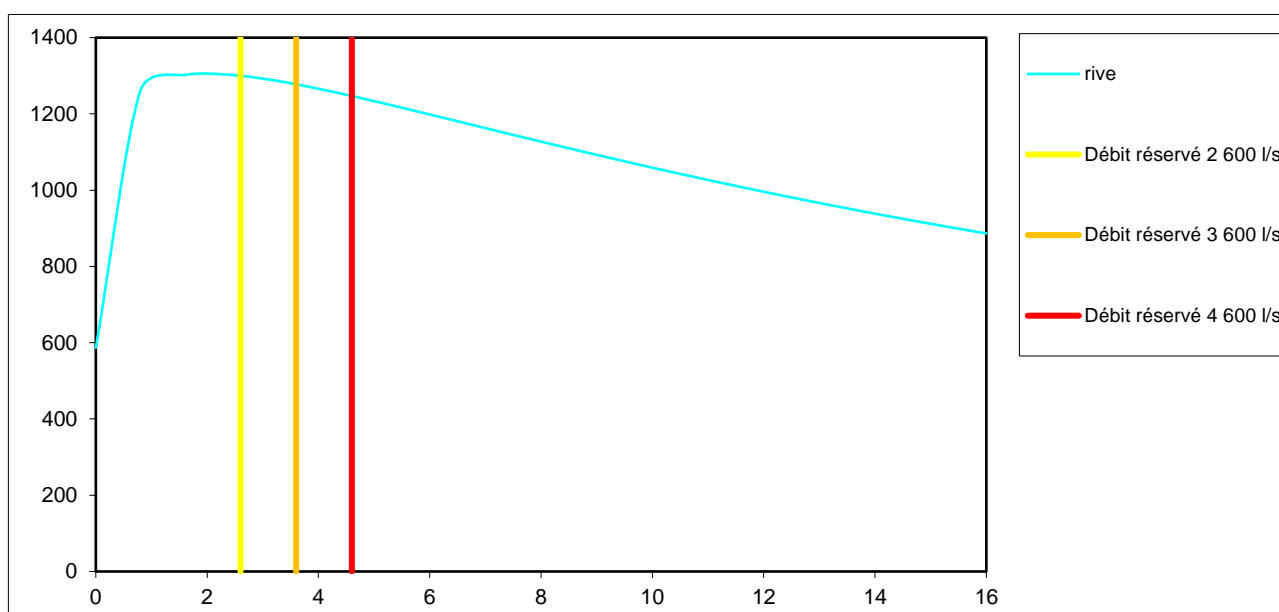


Figure 14 : Evolution de la surface utile pour 100 m de cours d'eau – Rive

Concernant le Tableau 4, il représente le pourcentage de la surface utile pour 100 m de cours d'eau par rapport à différents débits.

Tableau 8 : Pourcentage de SPU en fonction du débit – Guilde rive

Type de débit	Valeur débit en l/s	SPUmax/100m
		rive
Module	26 000	53,49%
QMNA5	4 500	95,79%
QMNA2	6 100	91,56%

Type de débit	Valeur débit en l/s	SPUmax/100m
		rive
Q30	26 510	52,96%
Q90	7 100	88,82%
Q95	6 280	91,07%
VCN3_2	4 200	96,53%
VCN3_5	3 200	98,69%
VCN10_2	4 600	95,54%
VCN10_5	3 600	97,90%
100% SPU max chenal	63 900	100,00%
Débit réservé proposé 1	2 600	99,61%
Débit réservé proposé 2	3 600	97,90%
Débit réservé proposé 3	4 600	95,54%

7.8.2.1 Débit réservé = 2 600 l/s

Pour le scénario du débit réservé de 2 600 l/s, nous avons réalisé les calculs suivants :

- ✓ Reconstitution du débit naturel et de la courbe des débits classés dans le futur TCC ;
- ✓ Reconstitution du débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le débit dérivé maximum actuel (26 m³/s), le débit réservé actuel (4 600 l/s) et le débit d'armement actuel des turbines (1 000 l/s) ;
- ✓ Reconstitution du futur débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le futur débit dérivé maximum (13 m³/s), le débit réservé projeté (2 600 l/s) et le débit d'armement futur des turbines (600 l/s).

Une fois ces calculs effectués, nous avons ensuite procédé à l'estimation des SPU du guilde rive pour le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur. Ensuite, cette opération nous a permis de calculer le pourcentage de perte de SPU entre le débit naturel et le débit modifié dans le TCC.

L'ensemble des résultats sont disponibles dans les tableaux suivants.

Tableau 9 : Perte de SPU pour le guilde rive entre le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur pour différents débits - débit réservé 2 600 l/s

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
Module	26,00	13,76	15,79	-35,36%	-27,73%
0,99	150,88	124,88	137,88	2,01%	1,00%
0,98	101,12	77,28	88,07	0,17%	0,45%
0,95	68,71	43,77	55,71	-12,16%	-3,85%
0,9	49,62	25,32	36,62	-35,85%	-12,83%
0,8	34,78	13,02	21,78	-60,35%	-26,97%
0,7	26,51	8,99	13,51	-58,14%	-37,74%
0,6	20,49	7,04	7,49	-47,25%	-45,21%
0,5	16,48	4,75	2,6	-41,95%	-48,59%
0,4	13,23	4,60	2,6	-29,90%	-35,43%
0,3	10,58	4,60	2,6	-19,87%	-24,98%
0,2	8,57	4,60	2,6	-12,60%	-17,39%

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
0,1	7,10	4,60	2,6	-7,57%	-12,15%
0,05	6,28	4,60	2,6	-4,92%	-9,38%
0,02	5,60	4,60	2,6	-2,83%	-7,21%
0,01	5,09	4,60	2,6	-1,34%	-5,66%

Le Tableau 5 permet de mettre en avant que pour le débit moyen annuel, la différence de SPU entre le débit naturel et le débit modifié futur est égale à -28 %, c'est-à-dire que le guilde rive bénéficie d'une SPU plus importante pour le facteur débit modifié. Concernant Q90 et Q95 sur une année moyenne, on observe une augmentation de SPU comprise entre 9 et 12 % pour le guilde rive avec le facteur débit modifié.

7.8.2.2 Débit réservé = 3 600 l/s

Pour le scénario du débit réservé de 3 600 l/s, nous avons réalisé les calculs suivants :

- ✓ Reconstitution du débit naturel et de la courbe des débits classés dans le futur TCC ;
- ✓ Reconstitution du débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le débit dérivé maximum actuel (26 m³/s), le débit réservé actuel (4 600 l/s) et le débit d'armement actuel des turbines (1 000 l/s) ;
- ✓ Reconstitution du futur débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le futur débit dérivé maximum (13 m³/s), le débit réservé projeté (3 600 l/s) et le débit d'armement futur des turbines (600 l/s).

Une fois ces calculs effectués, nous avons ensuite procéder à l'estimation des SPU du guilde rive pour le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur. Ensuite, cette opération nous a permis de calculer le pourcentage de perte de SPU entre le débit naturel et le débit modifié dans le TCC.

L'ensemble des résultats sont disponibles dans les tableaux suivants.

Tableau 10 : Perte de SPU pour le guilde rive entre le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur pour différents débits - débit réservé 3 600 l/s

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
Module	26,00	13,76	16,28	-35,36%	-26,00%
0,99	150,88	124,88	137,88	2,01%	1,00%
0,98	101,12	77,28	88,07	0,17%	0,45%
0,95	68,71	43,77	55,71	-12,16%	-3,85%
0,9	49,62	25,32	36,62	-35,85%	-12,83%
0,8	34,78	13,02	21,78	-60,35%	-26,97%
0,7	26,51	8,99	13,51	-58,14%	-37,74%
0,6	20,49	7,04	7,49	-47,25%	-45,21%
0,5	16,48	4,75	3,6	-41,95%	-46,03%
0,4	13,23	4,60	3,6	-29,90%	-33,10%
0,3	10,58	4,60	3,6	-19,87%	-22,83%
0,2	8,57	4,60	3,6	-12,60%	-15,37%
0,1	7,10	4,60	3,6	-7,57%	-10,22%
0,05	6,28	4,60	3,6	-4,92%	-7,50%
0,02	5,60	4,60	3,6	-2,83%	-5,36%

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
0,01	5,09	4,60	3,6	-1,34%	-3,84%

Le Tableau 5 permet de mettre en avant que pour le débit moyen annuel, la différence de SPU entre le débit naturel et le débit modifié futur est égale à -26 %, c'est-à-dire que le guilde rive bénéficie d'une SPU plus importante pour le facteur débit modifié. Concernant Q90 et Q95 sur une année moyenne, on observe une augmentation de SPU comprise entre 7 et 10 % pour le guilde rive avec le facteur débit modifié.

7.8.2.3 Débit réservé = 4 600 l/s

Pour le scénario du débit réservé de 4 600 l/s, nous avons réalisé les calculs suivants :

- ✓ Reconstitution du débit naturel et de la courbe des débits classés dans le futur TCC ;
- ✓ Reconstitution du débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le débit dérivé maximum actuel (26 m³/s), le débit réservé actuel (4 600 l/s) et le débit d'armement actuel des turbines (1 000 l/s) ;
- ✓ Reconstitution du futur débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le futur débit dérivé maximum (13 m³/s), le débit réservé projeté (4 600 l/s) et le débit d'armement futur des turbines (600 l/s).

Une fois ces calculs effectués, nous avons ensuite procéder à l'estimation des SPU du guilde rive pour le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur. Ensuite, cette opération nous a permis de calculer le pourcentage de perte de SPU entre le débit naturel et le débit modifié dans le TCC.

L'ensemble des résultats sont disponibles dans les tableaux suivants.

Tableau 11 : Perte de SPU pour le guilde rive entre le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur pour différents débits - débit réservé 4 600 l/s

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
Module	26,00	13,76	16,8	-35,36%	-24,23%
0,99	150,88	124,88	137,88	2,01%	1,00%
0,98	101,12	77,28	88,07	0,17%	0,45%
0,95	68,71	43,77	55,71	-12,16%	-3,85%
0,9	49,62	25,32	36,62	-35,85%	-12,83%
0,8	34,78	13,02	21,78	-60,35%	-26,97%
0,7	26,51	8,99	13,51	-58,14%	-37,74%
0,6	20,49	7,04	7,49	-47,25%	-45,21%
0,5	16,48	4,75	4,6	-41,95%	-42,52%
0,4	13,23	4,60	4,6	-29,90%	-29,90%
0,3	10,58	4,60	4,6	-19,87%	-19,87%
0,2	8,57	4,60	4,6	-12,60%	-12,60%
0,1	7,10	4,60	4,6	-7,57%	-7,57%
0,05	6,28	4,60	4,6	-4,92%	-4,92%
0,02	5,60	4,60	4,6	-2,83%	-2,83%
0,01	5,09	4,60	4,6	-1,34%	-1,34%

Le Tableau 5 permet de mettre en avant que pour le débit moyen annuel, la différence de SPU entre le débit naturel et le débit modifié futur est égale à -24 %, c'est-à-dire que le guilde rive bénéficie d'une SPU plus importante pour le facteur débit modifié. Concernant Q90 et Q95 sur une année moyenne, on observe une augmentation de SPU comprise entre 5 et 7 % pour le guilde rive avec le facteur débit modifié.

7.8.2.4 Synthèse

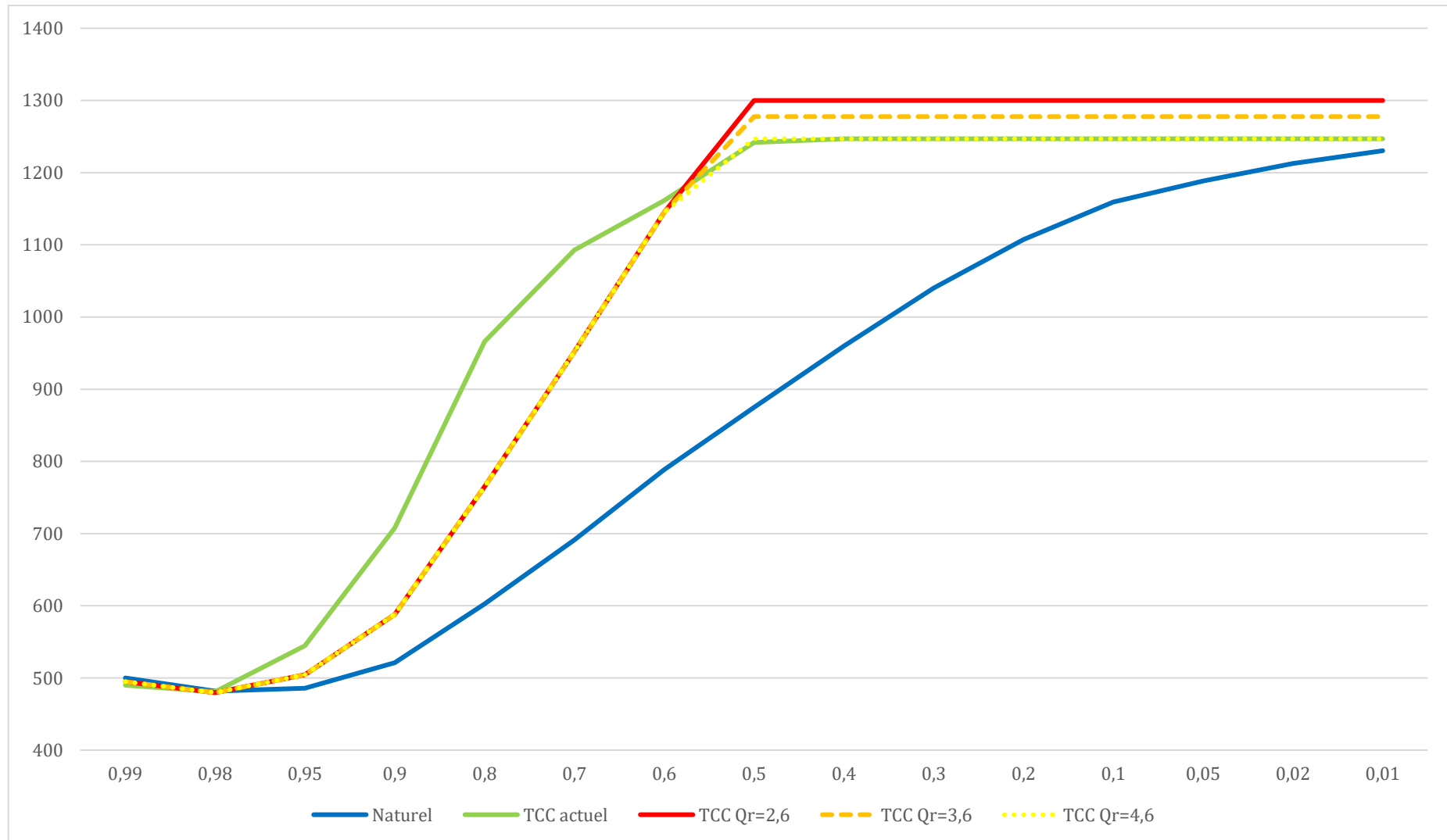


Figure 15 : : Evolution de la SPU en fonction de la courbe des débits classés des différents scénarios de débit réservé – Guilde rive

7.8.3 Guilde mouille

Le gardon et le chevaïne adulte peuvent être rattachés au guilde mouille.

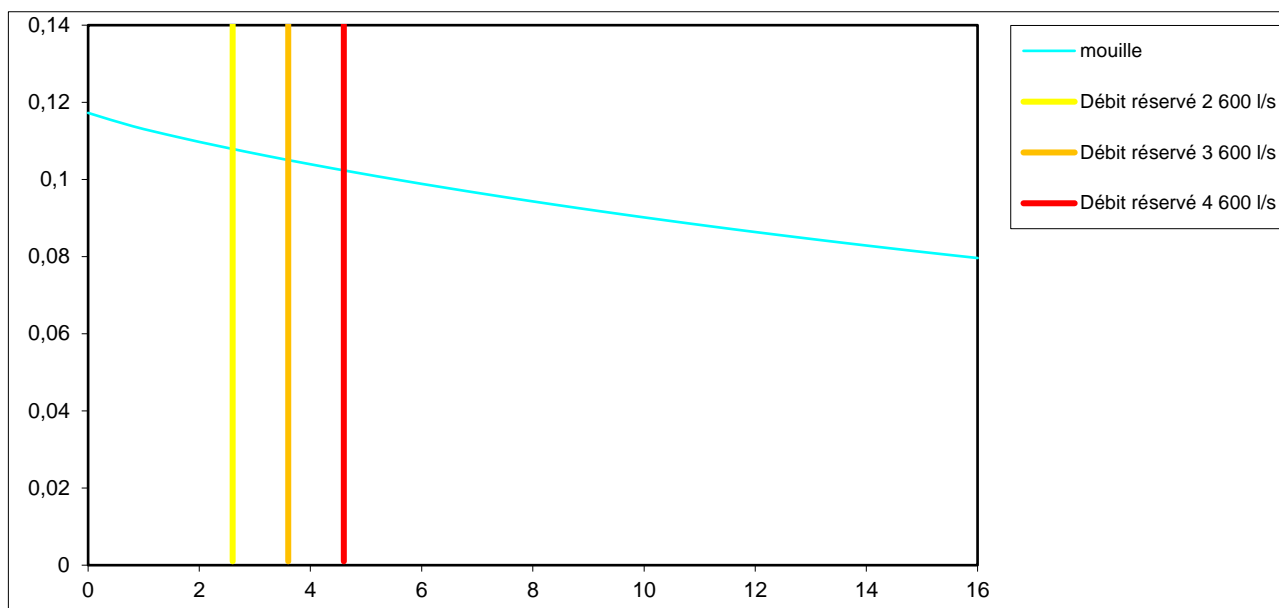


Figure 16 : Evolution des valeurs d'habitat en fonction du débit – Guilde mouille

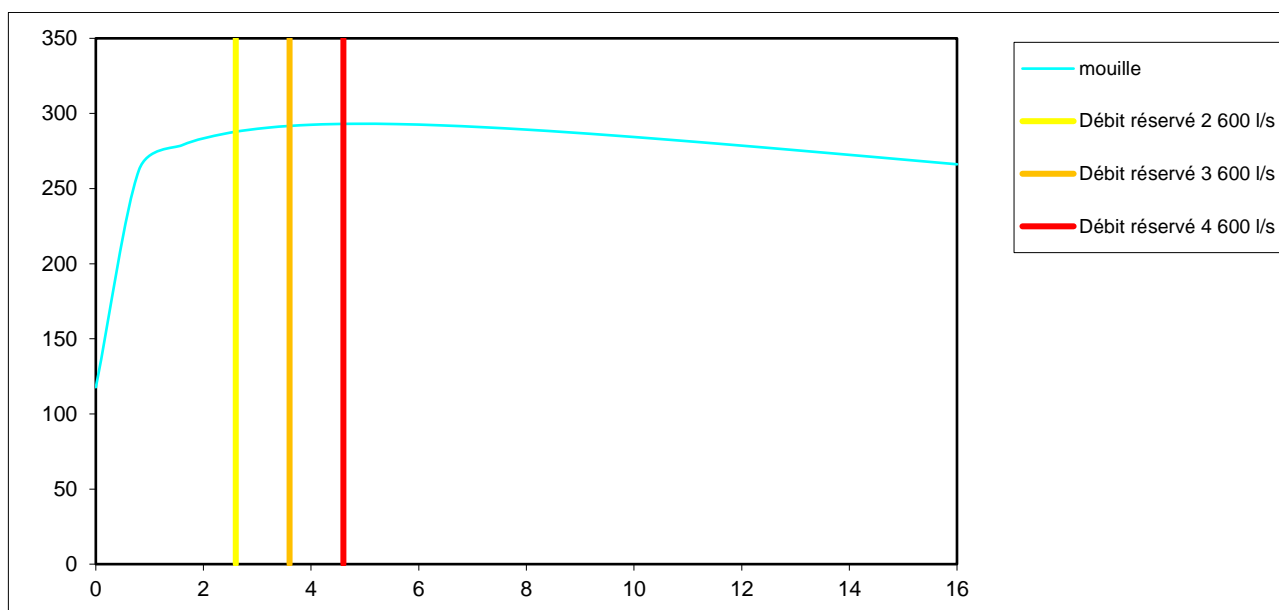


Figure 17 : Evolution de la surface utile pour 100 m de cours d'eau – Guilde mouille

Concernant le Tableau 4, il représente le pourcentage de la surface utile pour 100 m de cours d'eau par rapport à différents débits.

Tableau 12 : Pourcentage de SPU en fonction du débit – Guilde mouille

Type de débit	Valeur débit en l/s	SPUmax/100m
		Mouille
Module	26 000	80,48%
QMNA5	4 500	99,95%
QMNA2	6 100	99,77%

		SPUmax/100m
Type de débit	Valeur débit en l/s	Mouille
Q30	26 510	80,00%
Q90	7 100	99,27%
Q95	6 280	99,70%
VCN3_2	4 200	99,86%
VCN3_5	3 200	99,11%
VCN10_2	4 600	99,97%
VCN10_5	3 600	99,51%
100% SPU max chenal	63 900	100,00%
Débit réservé proposé 1	2 600	98,18%
Débit réservé proposé 2	3 600	99,51%
Débit réservé proposé 3	4 600	99,97%

7.8.3.1 Débit réservé = 2 600 l/s

Pour le scénario du débit réservé de 2 600 l/s, nous avons réalisé les calculs suivants :

- ✓ Reconstitution du débit naturel et de la courbe des débits classés dans le futur TCC ;
- ✓ Reconstitution du débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le débit dérivé maximum actuel (26 m³/s), le débit réservé actuel (4 600 l/s) et le débit d'armement actuel des turbines (1 000 l/s) ;
- ✓ Reconstitution du futur débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le futur débit dérivé maximum (13 m³/s), le débit réservé projeté (2 600 l/s) et le débit d'armement futur des turbines (600 l/s).

Une fois ces calculs effectués, nous avons ensuite procéder à l'estimation des SPU du guild mouille pour le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur. Ensuite, cette opération nous a permis de calculer le pourcentage de perte de SPU entre le débit naturel et le débit modifié dans le TCC.

L'ensemble des résultats sont disponibles dans les tableaux suivants.

Tableau 13 : Perte de SPU pour le guild mouille entre le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur pour différents débits - débit réservé 2 600 l/s

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
Module	26,00	13,76	15,79	-15,80%	-13,10%
0,99	150,88	124,88	137,88	-3,34%	-1,32%
0,98	101,12	77,28	88,07	-10,99%	-5,17%
0,95	68,71	43,77	55,71	-22,61%	-10,07%
0,9	49,62	25,32	36,62	-29,49%	-13,79%
0,8	34,78	13,02	21,78	-29,18%	-16,40%
0,7	26,51	8,99	13,51	-22,36%	-16,83%
0,6	20,49	7,04	7,49	-15,45%	-15,13%
0,5	16,48	4,75	2,6	-10,75%	-8,75%
0,4	13,23	4,60	2,6	-6,63%	-4,72%
0,3	10,58	4,60	2,6	-3,66%	-1,80%
0,2	8,57	4,60	2,6	-1,77%	0,05%

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
0,1	7,10	4,60	2,6	-0,70%	1,10%
0,05	6,28	4,60	2,6	-0,28%	1,52%
0,02	5,60	4,60	2,6	-0,05%	1,74%
0,01	5,09	4,60	2,6	0,03%	1,81%

Le Tableau 5 permet de mettre en avant que pour le débit moyen annuel, la différence de SPU entre le débit naturel et le débit modifié futur est égale à -13 %, c'est-à-dire que le guilde mouille bénéficie d'une SPU plus importante pour le facteur débit modifié. Concernant Q90 et Q95 sur une année moyenne, on observe une perte de SPU comprise entre 1 et 2 % pour le guilde mouille avec le facteur débit modifié.

7.8.3.2 Débit réservé = 3 600 l/s

Pour le scénario du débit réservé de 3 600 l/s, nous avons réalisé les calculs suivants :

- ✓ Reconstitution du débit naturel et de la courbe des débits classés dans le futur TCC ;
- ✓ Reconstitution du débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le débit dérivé maximum actuel (26 m³/s), le débit réservé actuel (4 600 l/s) et le débit d'armement actuel des turbines (1 000 l/s) ;
- ✓ Reconstitution du futur débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le futur débit dérivé maximum (13 m³/s), le débit réservé projeté (3 600 l/s) et le débit d'armement futur des turbines (600 l/s).

Une fois ces calculs effectués, nous avons ensuite procéder à l'estimation des SPU du guilde mouille pour le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur. Ensuite, cette opération nous a permis de calculer le pourcentage de perte de SPU entre le débit naturel et le débit modifié dans le TCC.

L'ensemble des résultats sont disponibles dans les tableaux suivants.

Tableau 14 : Perte de SPU pour le guilde mouille entre le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur pour différents débits - débit réservé 3 600 l/s

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
Module	26,00	13,76	16,28	-15,80%	-12,44%
0,99	150,88	124,88	137,88	-3,34%	-1,32%
0,98	101,12	77,28	88,07	-10,99%	-5,17%
0,95	68,71	43,77	55,71	-22,61%	-10,07%
0,9	49,62	25,32	36,62	-29,49%	-13,79%
0,8	34,78	13,02	21,78	-29,18%	-16,40%
0,7	26,51	8,99	13,51	-22,36%	-16,83%
0,6	20,49	7,04	7,49	-15,45%	-15,13%
0,5	16,48	4,75	3,6	-10,75%	-10,22%
0,4	13,23	4,60	3,6	-6,63%	-6,14%
0,3	10,58	4,60	3,6	-3,66%	-3,18%
0,2	8,57	4,60	3,6	-1,77%	-1,30%
0,1	7,10	4,60	3,6	-0,70%	-0,24%
0,05	6,28	4,60	3,6	-0,28%	0,19%
0,02	5,60	4,60	3,6	-0,05%	0,41%

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
0,01	5,09	4,60	3,6	0,03%	0,49%

Le Tableau 5 permet de mettre en avant que pour le débit moyen annuel, la différence de SPU entre le débit naturel et le débit modifié futur est égale à -12 %, c'est-à-dire que le guilde mouille bénéficie d'une SPU plus importante pour le facteur débit modifié. Concernant Q90 et Q95 sur une année moyenne, une SPU comprise pour le guilde mouille quasi-identique avec le facteur débit modifié.

7.8.3.3 Débit réservé = 4 600 l/s

Pour le scénario du débit réservé de 4 600 l/s, nous avons réalisé les calculs suivants :

- ✓ Reconstitution du débit naturel et de la courbe des débits classés dans le futur TCC ;
- ✓ Reconstitution du débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le débit dérivé maximum actuel (26 m³/s), le débit réservé actuel (4 600 l/s) et le débit d'armement actuel des turbines (1 000 l/s) ;
- ✓ Reconstitution du futur débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le futur débit dérivé maximum (13 m³/s), le débit réservé projeté (4 600 l/s) et le débit d'armement futur des turbines (600 l/s).

Une fois ces calculs effectués, nous avons ensuite procéder à l'estimation des SPU du guilde mouille pour le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur. Ensuite, cette opération nous a permis de calculer le pourcentage de perte de SPU entre le débit naturel et le débit modifié dans le TCC.

L'ensemble des résultats sont disponibles dans les tableaux suivants.

Tableau 15 : Perte de SPU pour le guilde mouille entre le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur pour différents débits - débit réservé 4 600 l/s

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
Module	26,00	13,76	16,8	-15,80%	-11,75%
0,99	150,88	124,88	137,88	-3,34%	-1,32%
0,98	101,12	77,28	88,07	-10,99%	-5,17%
0,95	68,71	43,77	55,71	-22,61%	-10,07%
0,9	49,62	25,32	36,62	-29,49%	-13,79%
0,8	34,78	13,02	21,78	-29,18%	-16,40%
0,7	26,51	8,99	13,51	-22,36%	-16,83%
0,6	20,49	7,04	7,49	-15,45%	-15,13%
0,5	16,48	4,75	4,6	-10,75%	-10,73%
0,4	13,23	4,60	4,6	-6,63%	-6,63%
0,3	10,58	4,60	4,6	-3,66%	-3,66%
0,2	8,57	4,60	4,6	-1,77%	-1,77%
0,1	7,10	4,60	4,6	-0,70%	-0,70%
0,05	6,28	4,60	4,6	-0,28%	-0,28%
0,02	5,60	4,60	4,6	-0,05%	-0,05%
0,01	5,09	4,60	4,6	0,03%	0,03%

Le Tableau 5 permet de mettre en avant que pour le débit moyen annuel, la différence de SPU entre le débit naturel et le débit modifié futur est égale à -12 %, c'est-à-dire que le guilde mouille bénéficie d'une SPU plus importante pour le facteur débit modifié. Concernant Q90 et Q95 sur une année moyenne, une SPU comprise pour le guilde mouille quasi-identique avec le facteur débit modifié.

7.8.3.4 Synthèse

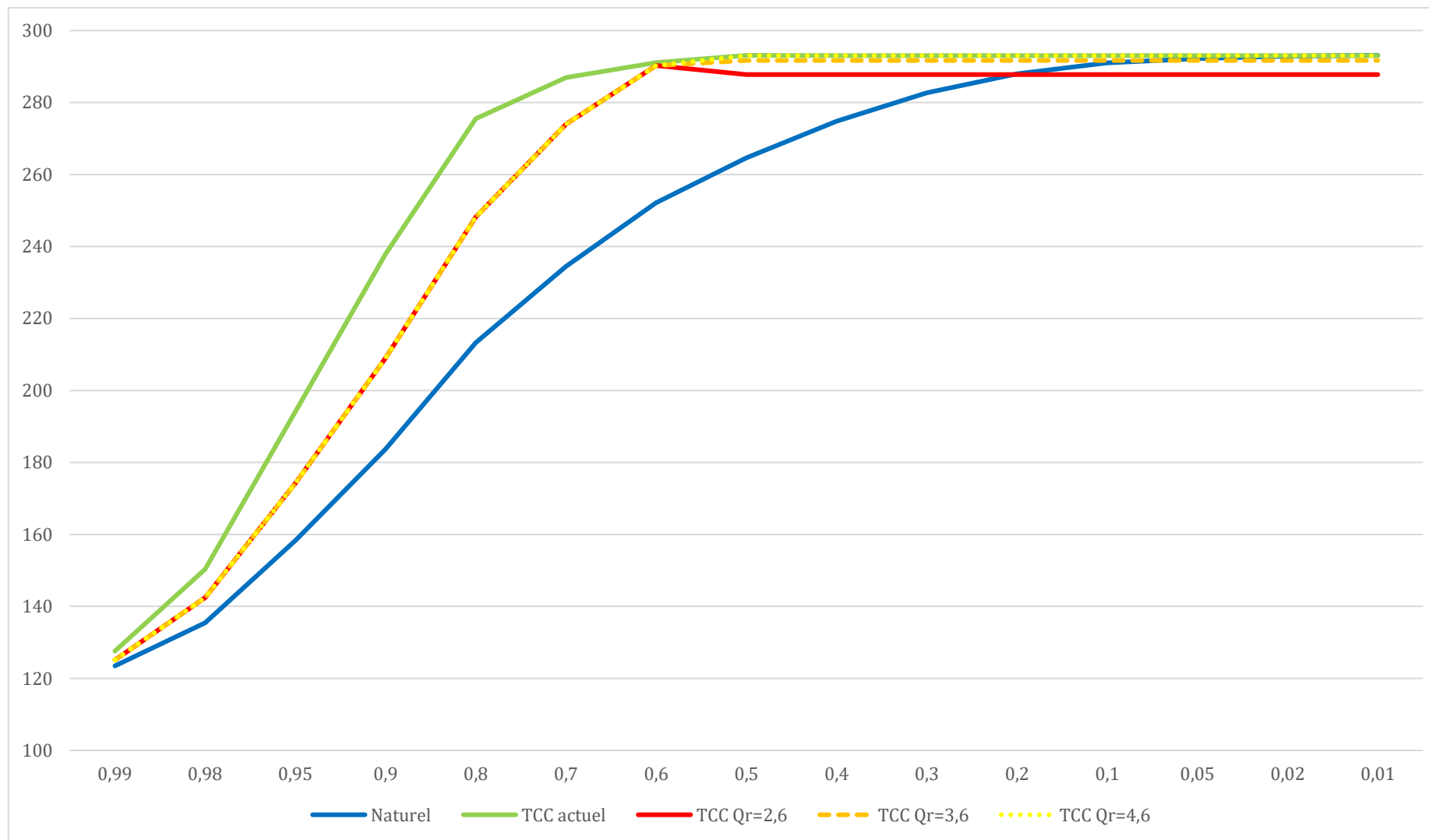


Figure 18 : Evolution de la SPU en fonction de la courbe des débits classés des différents scénarios de débit réservé – Guilde Mouille

7.8.4 Guilde radier

La loche franche et le barbeau alevin peuvent être rattachés au guilde radier.

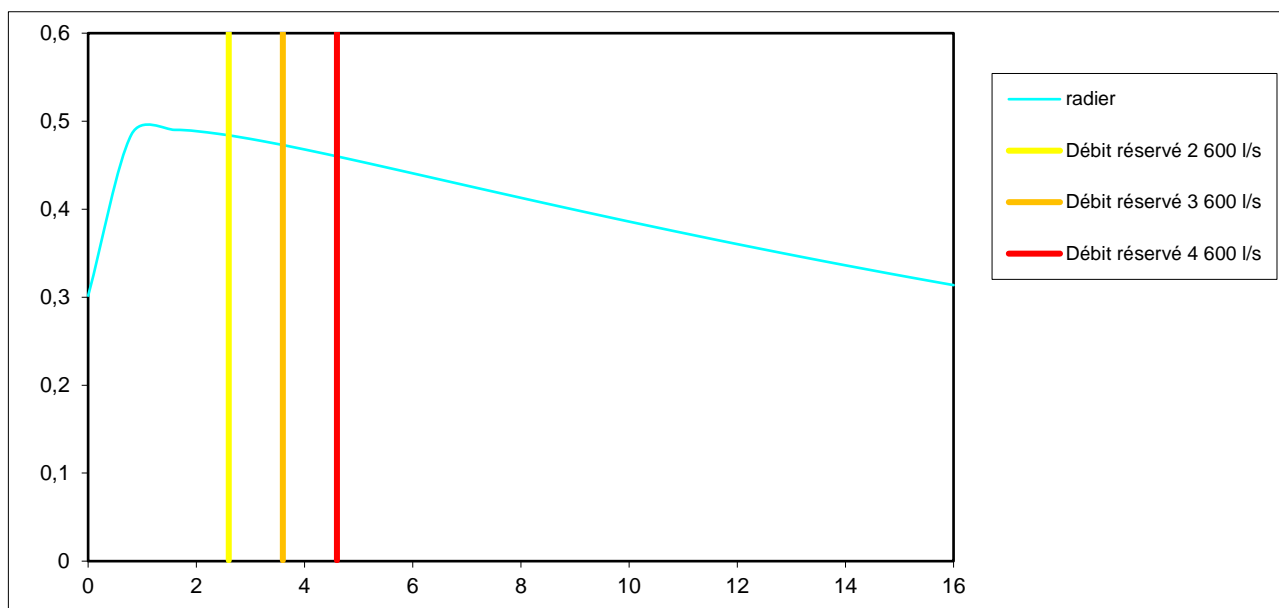


Figure 19 : Evolution des valeurs d'habitat en fonction du débit – Guilde radier

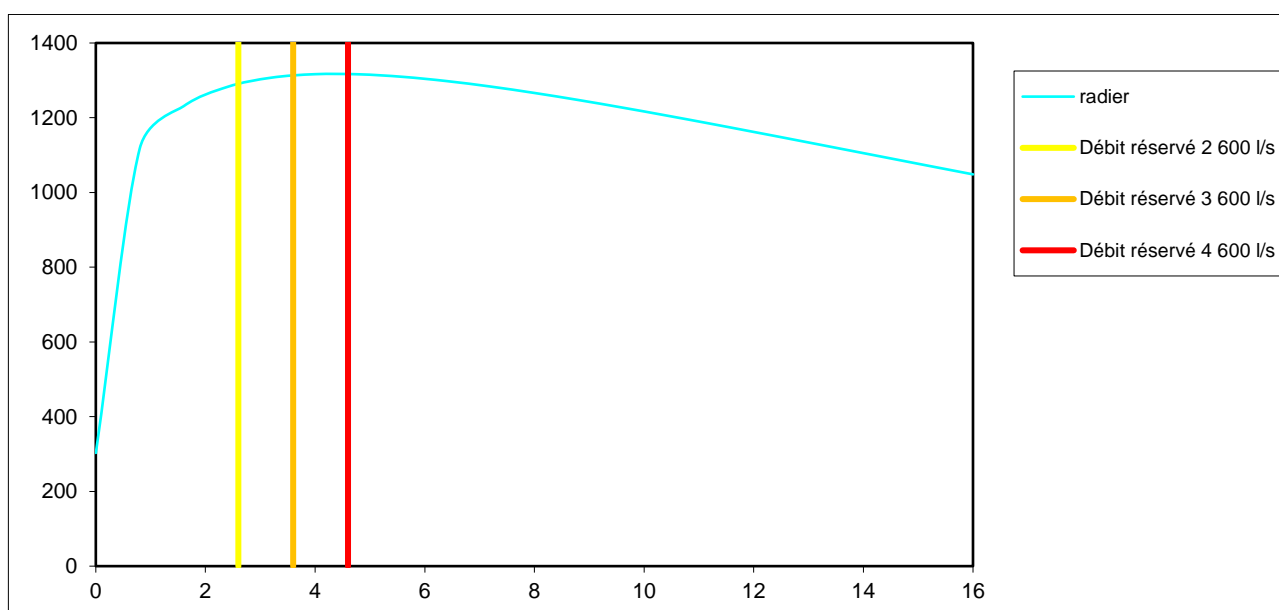


Figure 20 : Evolution de la surface utile pour 100 m de cours d'eau – Guilde radier

Concernant le Tableau 4, il représente le pourcentage de la surface utile pour 100 m de cours d'eau par rapport à différents débits.

Tableau 16 : Pourcentage de SPU en fonction du débit – Guilde radier

Type de débit	Valeur débit en l/s	SPUmax/100m
		Radier
Module	26 000	59,84%
QMNA5	4 500	99,99%
QMNA2	6 100	98,89%

Type de débit	Valeur débit en l/s	SPUmax/100m
		Radier
Q30	26 510	58,94%
Q90	7 100	97,57%
Q95	6 280	98,68%
VCN3_2	4 200	99,99%
VCN3_5	3 200	99,23%
VCN10_2	4 600	99,97%
VCN10_5	3 600	99,69%
100% SPU max chenal	63 900	100,00%
Débit réservé proposé 1	2 600	97,97%
Débit réservé proposé 2	3 600	99,69%
Débit réservé proposé 3	4 600	99,97%

7.8.4.1 Débit réservé = 2 600 l/s

Pour le scénario du débit réservé de 2 600 l/s, nous avons réalisé les calculs suivants :

- ✓ Reconstitution du débit naturel et de la courbe des débits classés dans le futur TCC ;
- ✓ Reconstitution du débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le débit dérivé maximum actuel (26 m³/s), le débit réservé actuel (4 600 l/s) et le débit d'armement actuel des turbines (1 000 l/s) ;
- ✓ Reconstitution du futur débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le futur débit dérivé maximum (13 m³/s), le débit réservé projeté (2 600 l/s) et le débit d'armement futur des turbines (600 l/s).

Une fois ces calculs effectués, nous avons ensuite procédé à l'estimation des SPU du guild radier pour le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur. Ensuite, cette opération nous a permis de calculer le pourcentage de perte de SPU entre le débit naturel et le débit modifié dans le TCC.

L'ensemble des résultats sont disponibles dans les tableaux suivants.

Tableau 17 : Perte de SPU pour le guild radier entre le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur pour différents débits - débit réservé 2 600 l/s

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
Module	26,00	13,76	15,79	-41,09%	-33,76%
0,99	150,88	124,88	137,88	-111,81%	-45,33%
0,98	101,12	77,28	88,07	-103,23%	-47,24%
0,95	68,71	43,77	55,71	-112,80%	-48,13%
0,9	49,62	25,32	36,62	-107,98%	-48,32%
0,8	34,78	13,02	21,78	-86,91%	-47,07%
0,7	26,51	8,99	13,51	-60,05%	-44,14%
0,6	20,49	7,04	7,49	-39,05%	-38,06%
0,5	16,48	4,75	2,6	-27,21%	-24,71%
0,4	13,23	4,60	2,6	-16,83%	-14,49%
0,3	10,58	4,60	2,6	-9,63%	-7,44%
0,2	8,57	4,60	2,6	-5,10%	-3,00%

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
0,1	7,10	4,60	2,6	-2,46%	-0,41%
0,05	6,28	4,60	2,6	-1,31%	0,72%
0,02	5,60	4,60	2,6	-0,58%	1,44%
0,01	5,09	4,60	2,6	-0,20%	1,81%

Le Tableau 5 permet de mettre en avant que pour le débit moyen annuel, la différence de SPU entre le débit naturel et le débit modifié futur est égale à -34 %, c'est-à-dire que le guilde radier bénéficie d'une SPU plus importante pour le facteur débit modifié. Concernant Q90 et Q95 sur une année moyenne, on observe une SPU pour le guilde radier quasi-identique avec le facteur débit modifié.

7.8.4.2 Débit réservé = 3 600 l/s

Pour le scénario du débit réservé de 3 600 l/s, nous avons réalisé les calculs suivants :

- ✓ Reconstitution du débit naturel et de la courbe des débits classés dans le futur TCC ;
- ✓ Reconstitution du débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le débit dérivé maximum actuel (26 m³/s), le débit réservé actuel (4 600 l/s) et le débit d'armement actuel des turbines (1 000 l/s).
- ✓ Reconstitution du futur débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le futur débit dérivé maximum (13 m³/s), le débit réservé projeté (3 600 l/s) et le débit d'armement futur des turbines (600 l/s).

Une fois ces calculs effectués, nous avons ensuite procéder à l'estimation des SPU du guilde radier pour le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur. Ensuite, cette opération nous a permis de calculer le pourcentage de perte de SPU entre le débit naturel et le débit modifié dans le TCC.

L'ensemble des résultats sont disponibles dans les tableaux suivants.

Tableau 18 : Perte de SPU pour le guilde radier entre le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur pour différents débits - débit réservé 3 600 l/s

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
Module	26,00	13,76	16,28	-41,09%	-32,00%
0,99	150,88	124,88	137,88	-111,81%	-45,33%
0,98	101,12	77,28	88,07	-103,23%	-47,24%
0,95	68,71	43,77	55,71	-112,80%	-48,13%
0,9	49,62	25,32	36,62	-107,98%	-48,32%
0,8	34,78	13,02	21,78	-86,91%	-47,07%
0,7	26,51	8,99	13,51	-60,05%	-44,14%
0,6	20,49	7,04	7,49	-39,05%	-38,06%
0,5	16,48	4,75	3,6	-27,21%	-26,90%
0,4	13,23	4,60	3,6	-16,83%	-16,51%
0,3	10,58	4,60	3,6	-9,63%	-9,32%
0,2	8,57	4,60	3,6	-5,10%	-4,81%
0,1	7,10	4,60	3,6	-2,46%	-2,17%
0,05	6,28	4,60	3,6	-1,31%	-1,02%
0,02	5,60	4,60	3,6	-0,58%	-0,30%

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
0,01	5,09	4,60	3,6	-0,20%	0,08%

Le Tableau 5 permet de mettre en avant que pour le débit moyen annuel, la différence de SPU entre le débit naturel et le débit modifié futur est égale à -32 %, c'est-à-dire que le guilde radier bénéficie d'une SPU plus importante pour le facteur débit modifié. Concernant Q90 et Q95 sur une année moyenne, on observe une augmentation de SPU comprise entre 1 et 2 % pour le guilde radier avec le facteur débit modifié.

7.8.4.3 Débit réservé = 4 600 l/s

Pour le scénario du débit réservé de 4 600 l/s, nous avons réalisé les calculs suivants :

- ✓ Reconstitution du débit naturel et de la courbe des débits classés dans le futur TCC ;
- ✓ Reconstitution du débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le débit dérivé maximum actuel (26 m³/s), le débit réservé actuel (4 600 l/s) et le débit d'armement actuel des turbines (1 000 l/s) ;
- ✓ Reconstitution du futur débit modifié actuel et de la courbe des débits classés. Pour mener à bien ces calculs, nous avons notamment utilisé le futur débit dérivé maximum (13 m³/s), le débit réservé projeté (3 600 l/s) et le débit d'armement futur des turbines (600 l/s).

Une fois ces calculs effectués, nous avons ensuite procéder à l'estimation des SPU du guilde radier pour le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur. Ensuite, cette opération nous a permis de calculer le pourcentage de perte de SPU entre le débit naturel et le débit modifié dans le TCC.

L'ensemble des résultats sont disponibles dans les tableaux suivants.

Tableau 19 : Perte de SPU pour le guilde radier entre le débit naturel, le débit modifié actuel et le débit modifié futur pour différents débits - débit réservé 4 600 l/s

Fréquence	Qclassé nat	Qclassé TCC actuel	Qclassé TCC futur	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié actuel	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié futur
Module	26,00	13,76	16,8	-41,09%	-30,15%
0,99	150,88	124,88	137,88	-111,81%	-45,33%
0,98	101,12	77,28	88,07	-103,23%	-47,24%
0,95	68,71	43,77	55,71	-112,80%	-48,13%
0,9	49,62	25,32	36,62	-107,98%	-48,32%
0,8	34,78	13,02	21,78	-86,91%	-47,07%
0,7	26,51	8,99	13,51	-60,05%	-44,14%
0,6	20,49	7,04	7,49	-39,05%	-38,06%
0,5	16,48	4,75	4,6	-27,21%	-27,26%
0,4	13,23	4,60	4,6	-16,83%	-16,83%
0,3	10,58	4,60	4,6	-9,63%	-9,63%
0,2	8,57	4,60	4,6	-5,10%	-5,10%
0,1	7,10	4,60	4,6	-2,46%	-2,46%
0,05	6,28	4,60	4,6	-1,31%	-1,31%
0,02	5,60	4,60	4,6	-0,58%	-0,58%
0,01	5,09	4,60	4,6	-0,20%	-0,20%

Le Tableau 5 permet de mettre en avant que pour le débit moyen annuel, la différence de SPU entre le débit naturel et le débit modifié futur est égale à -30 %, c'est-à-dire que le guilde radier bénéficie d'une SPU plus importante pour le facteur débit modifié. Concernant Q90 et Q95 sur une année moyenne, on observe une augmentation de SPU comprise entre 1 et 2 % pour le guilde radier avec le facteur débit modifié.

7.8.4.4 Synthèse

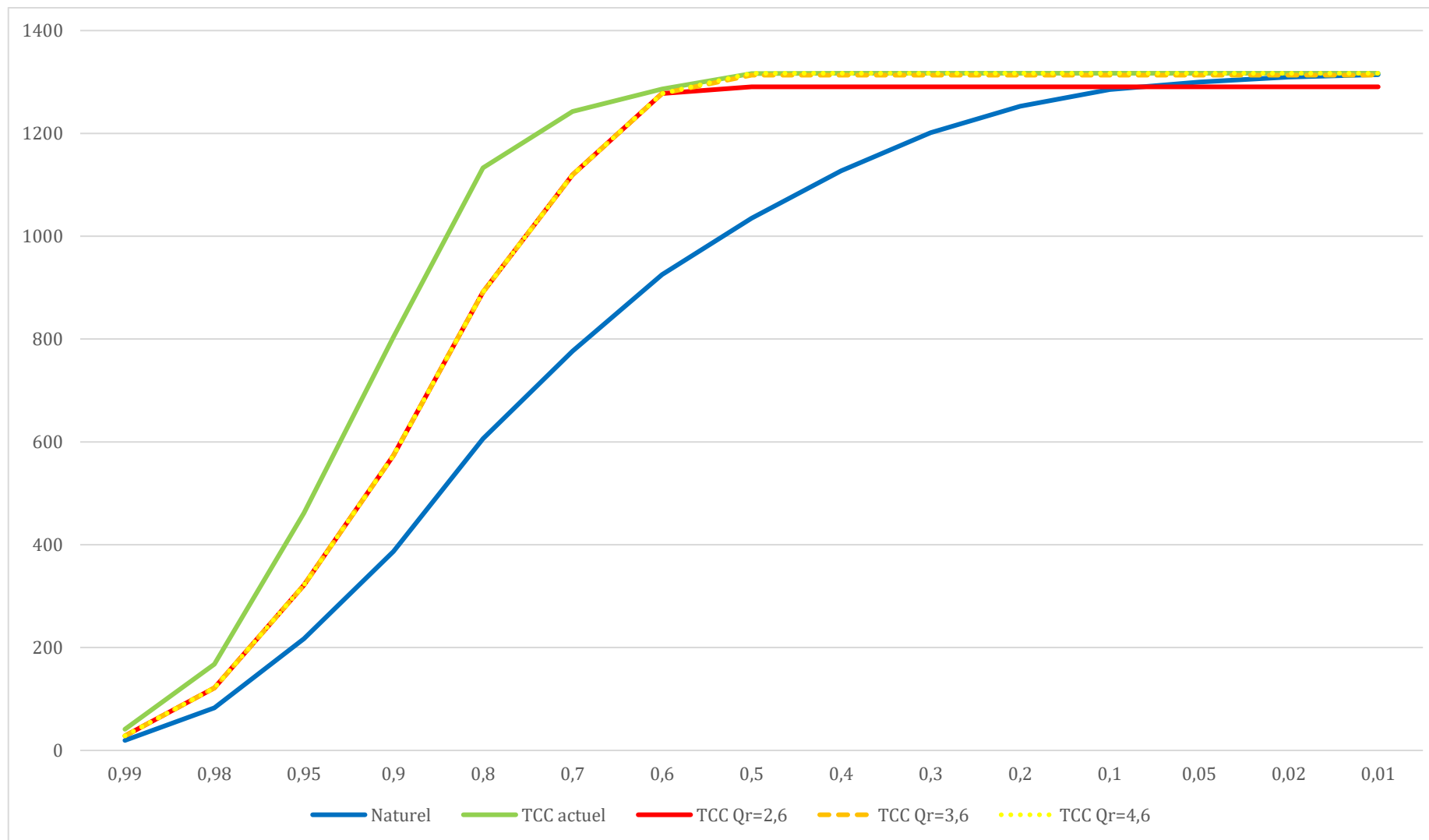


Figure 21 : : Evolution de la SPU en fonction de la courbe des débits classés des différents scénarios de débit réservé – Guilde radier

8 REPARTITION DES DEBITS

La représentation du débit naturel et du débit modifié dans le TCC ainsi que les courbes de débits classés ont été réalisées pour chaque scénario de débit réservé proposé. L'ensemble de ces résultats sont disponibles ci-dessous.

8.1 DEBIT RESERVE = 2 600 L/s

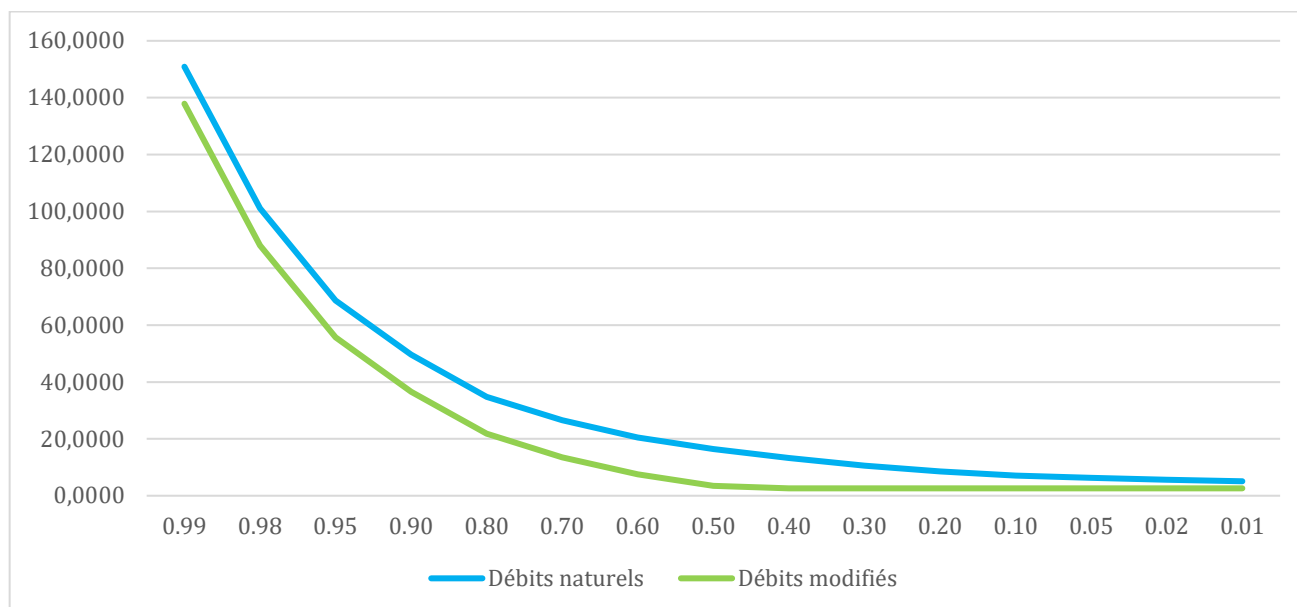


Figure 22 : Courbe des débits classés du débit naturel et du débit modifié dans le TCC - Débit réservé = 2 600 l/s

8.2 DEBIT RESERVE = 3 600 L/s

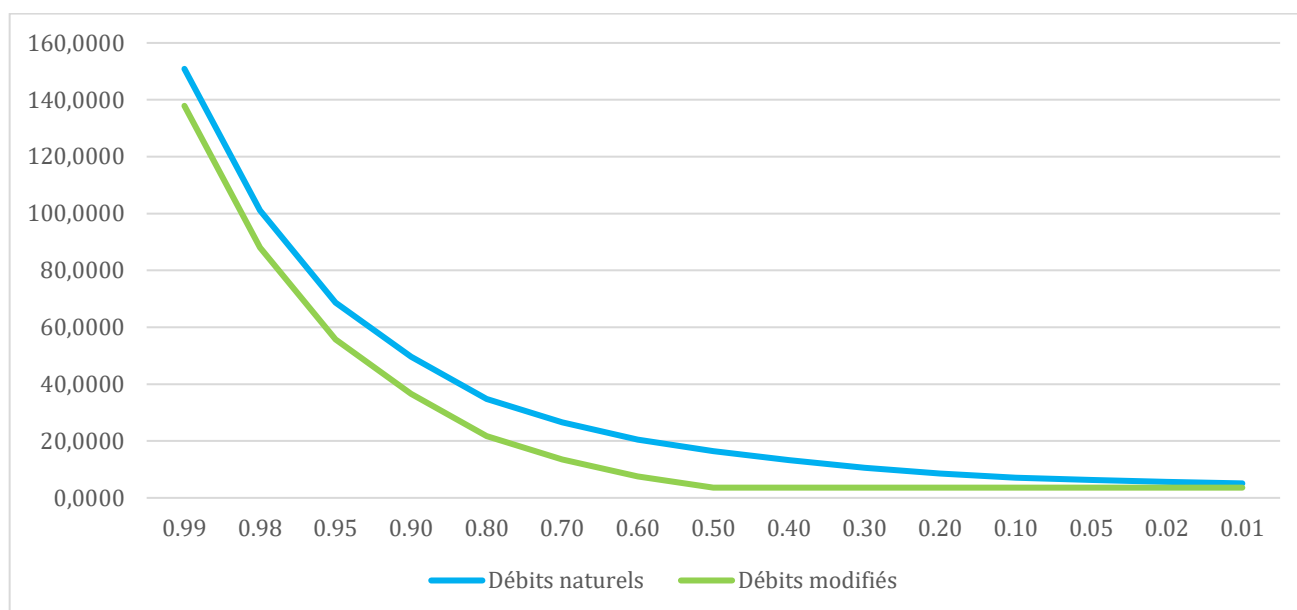


Figure 23 : Courbe des débits classés du débit naturel et du débit modifié dans le TCC - Débit réservé = 3 600 l/s

8.3 DEBIT RESERVE = 4 600 L/s

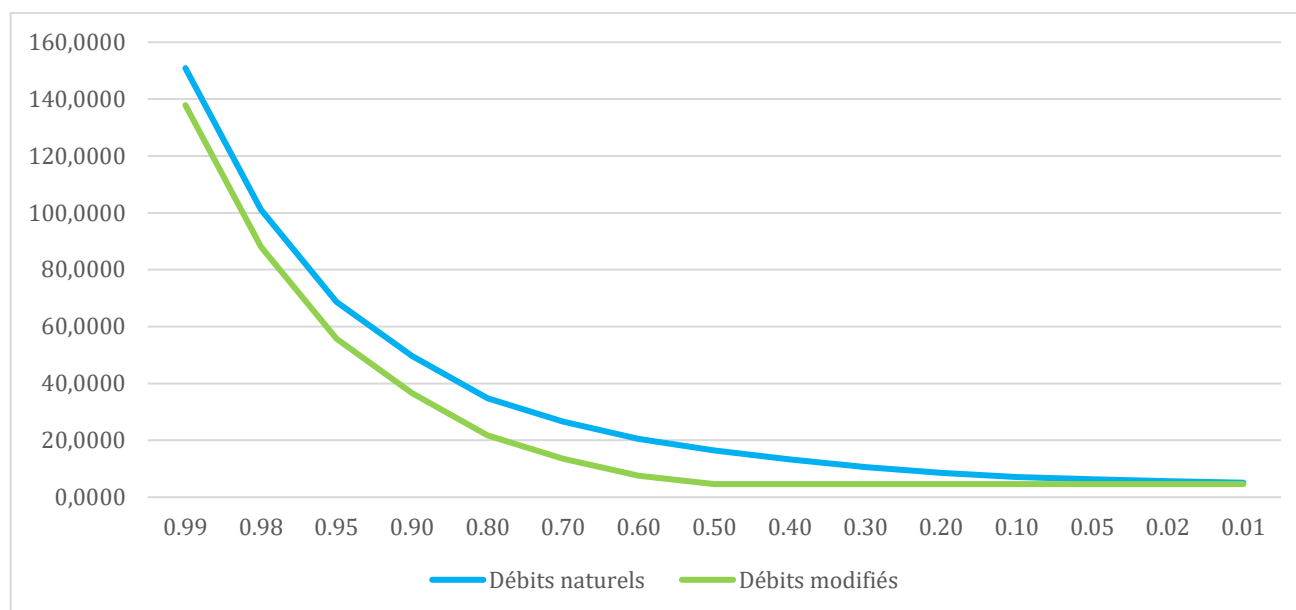


Figure 24 : Courbe des débits classés du débit naturel et du débit modifié dans le TCC - Débit réservé = 4 600 l/s

9 COMPARAISON DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE

La comparaison des différents scénarios de débit réservé proposé a été réalisé pour :

- ✓ La Courbe des débits classés du débit naturel et du débit modifié futur dans le TCC ;
- ✓ L'évolution de la SPU en fonction de la courbe des débits classés des différents scénarios de débit réservé ;
- ✓ La moyenne des débits journaliers naturels et la moyenne des débits journaliers modifiés futurs dans le TCC ;
- ✓ L'évolution de la SPU en fonction de la moyenne des débits journaliers des différents scénarios de débit réservé.

L'ensemble de ces résultats sont disponibles ci-dessous.

9.1 COURBE DES DEBITS CLASSES DU DEBIT NATUREL ET DU DEBIT MODIFIE FUTUR DANS LE TCC

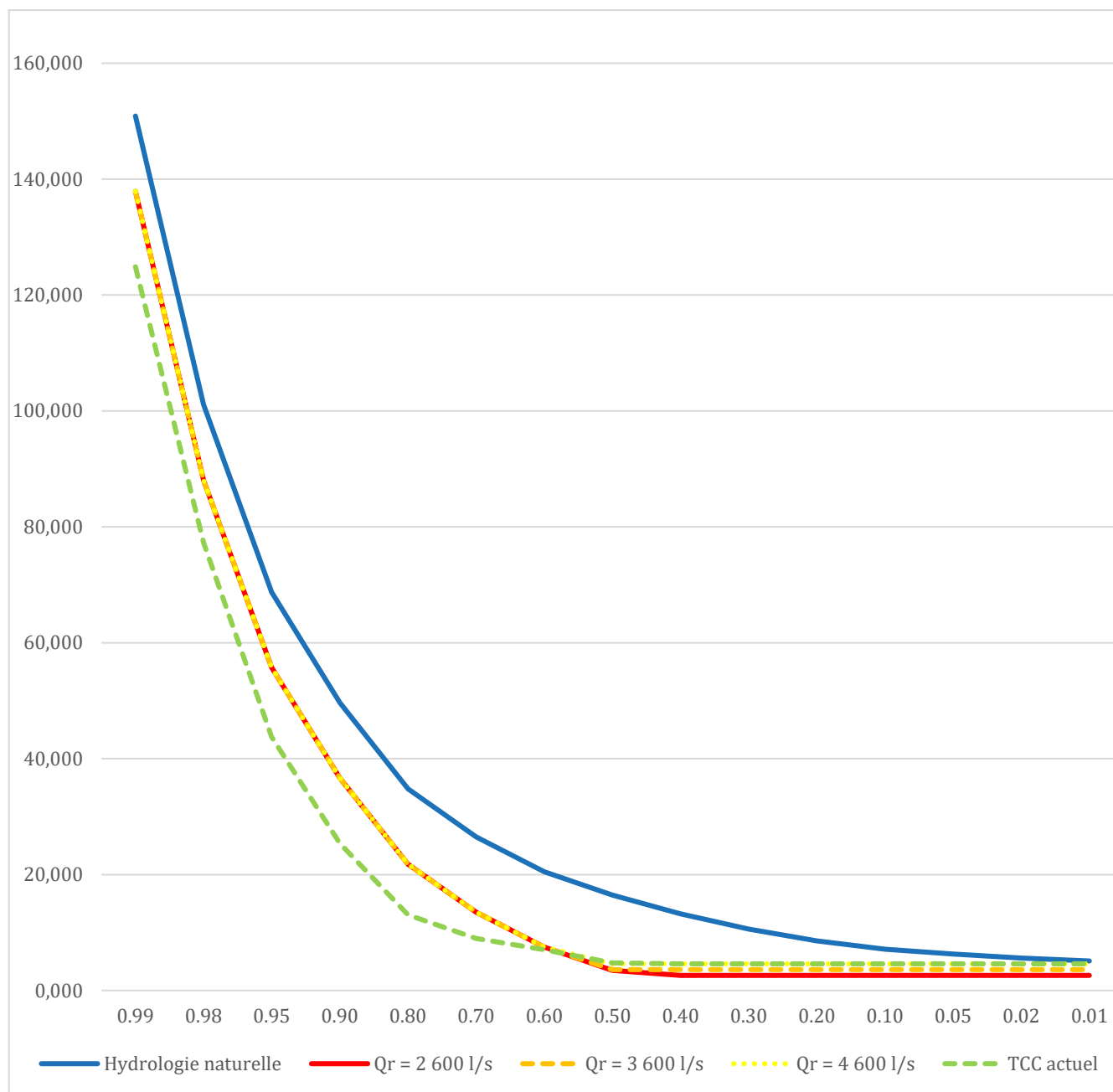


Figure 25 : Courbe des débits classés du débit naturel et du débit modifié dans le TCC pour chaque scénario de débit réservé



9.2 EVOLUTION DE LA SPU EN FONCTION DE LA COURBE DES DEBITS CLASSES DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE

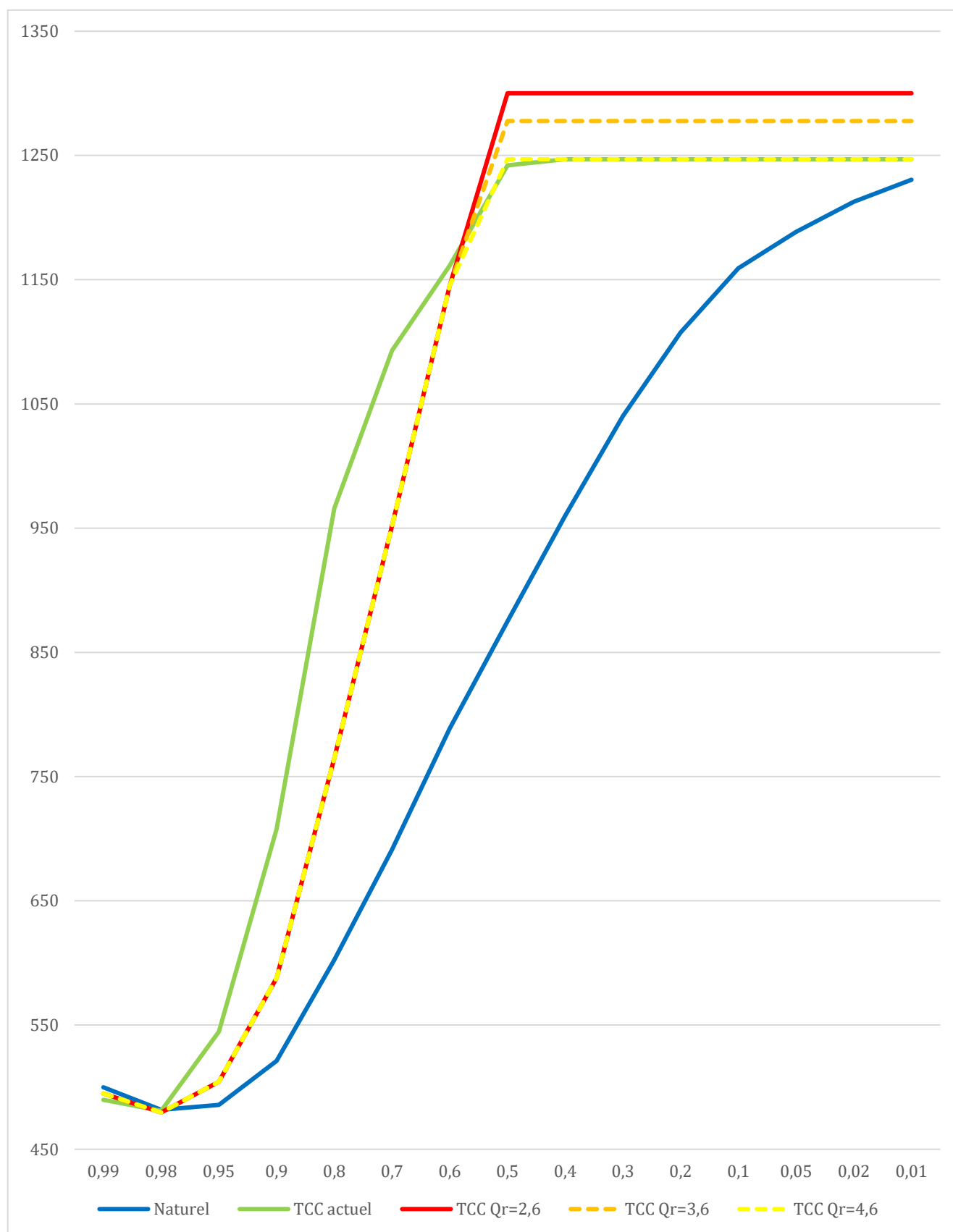


Figure 26 : Evolution de la SPU en fonction de la courbe des débits classés des différents scénarios de débit réservé – Guilde rive

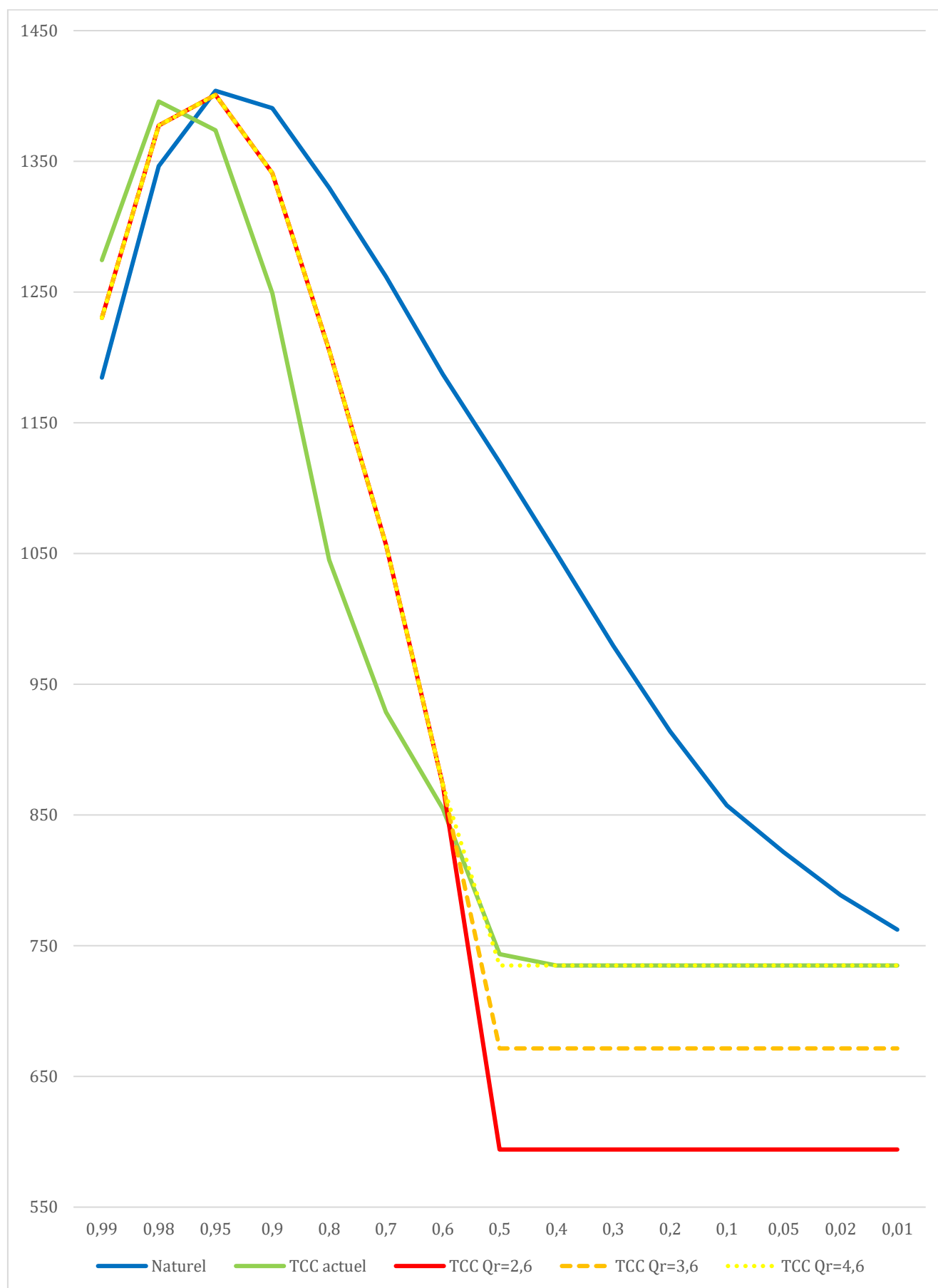


Figure 27 : Evolution de la SPU en fonction de la courbe des débits classés des différents scénarios de débit réservé – Guilde chenal

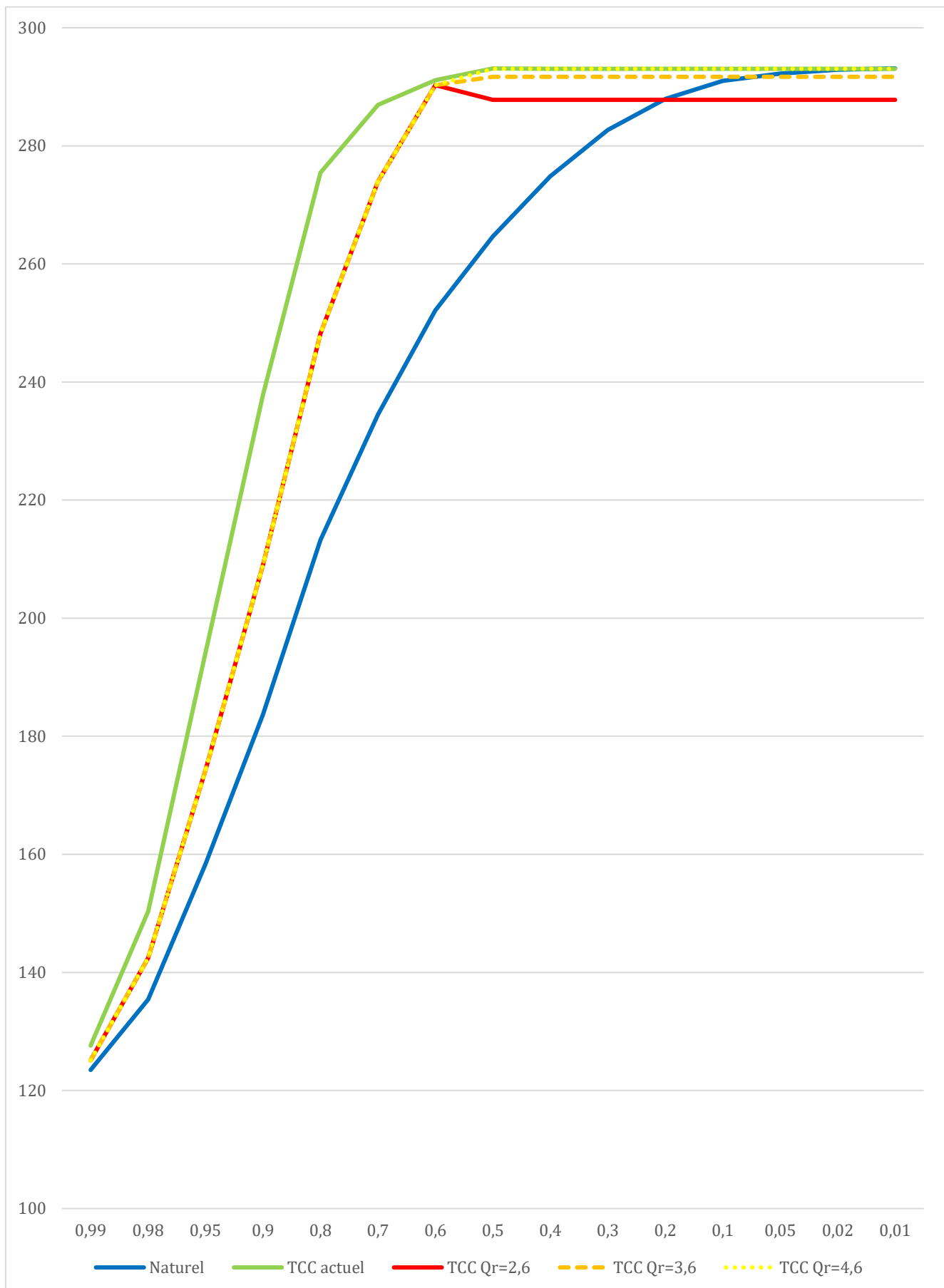


Figure 28 : Evolution de la SPU en fonction de la courbe des débits classés des différents scénarios de débit réservé – Guilde mouille

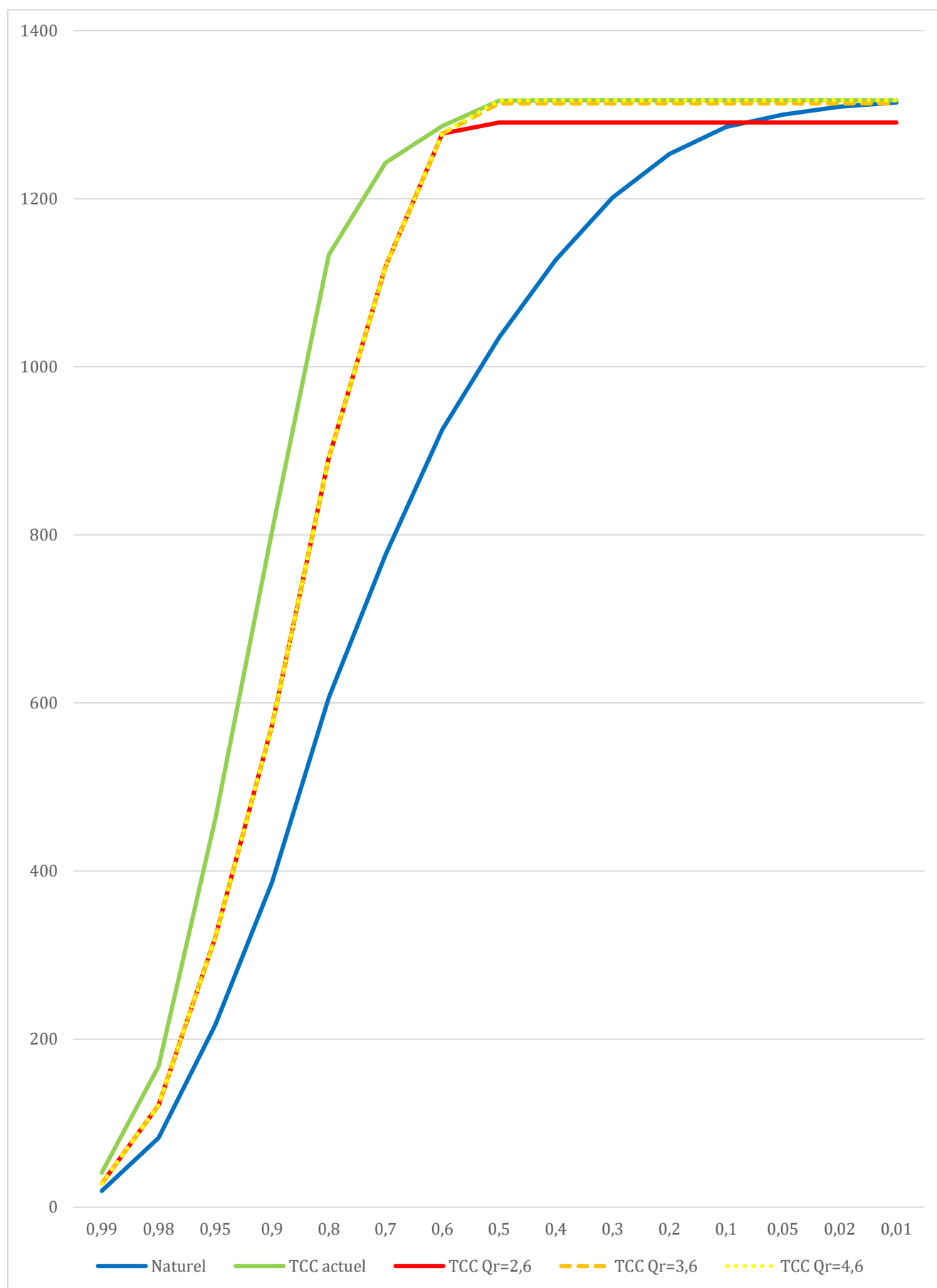


Figure 29 : Evolution de la SPU en fonction de la courbe des débits classés des différents scénarios de débit réservé – Guilde radier

9.3 MOYENNES DES DEBITS JOURNALIERS NATURELS ET DES DEBITS JOURNALIERS MODIFIES FUTURS DANS LE TCC

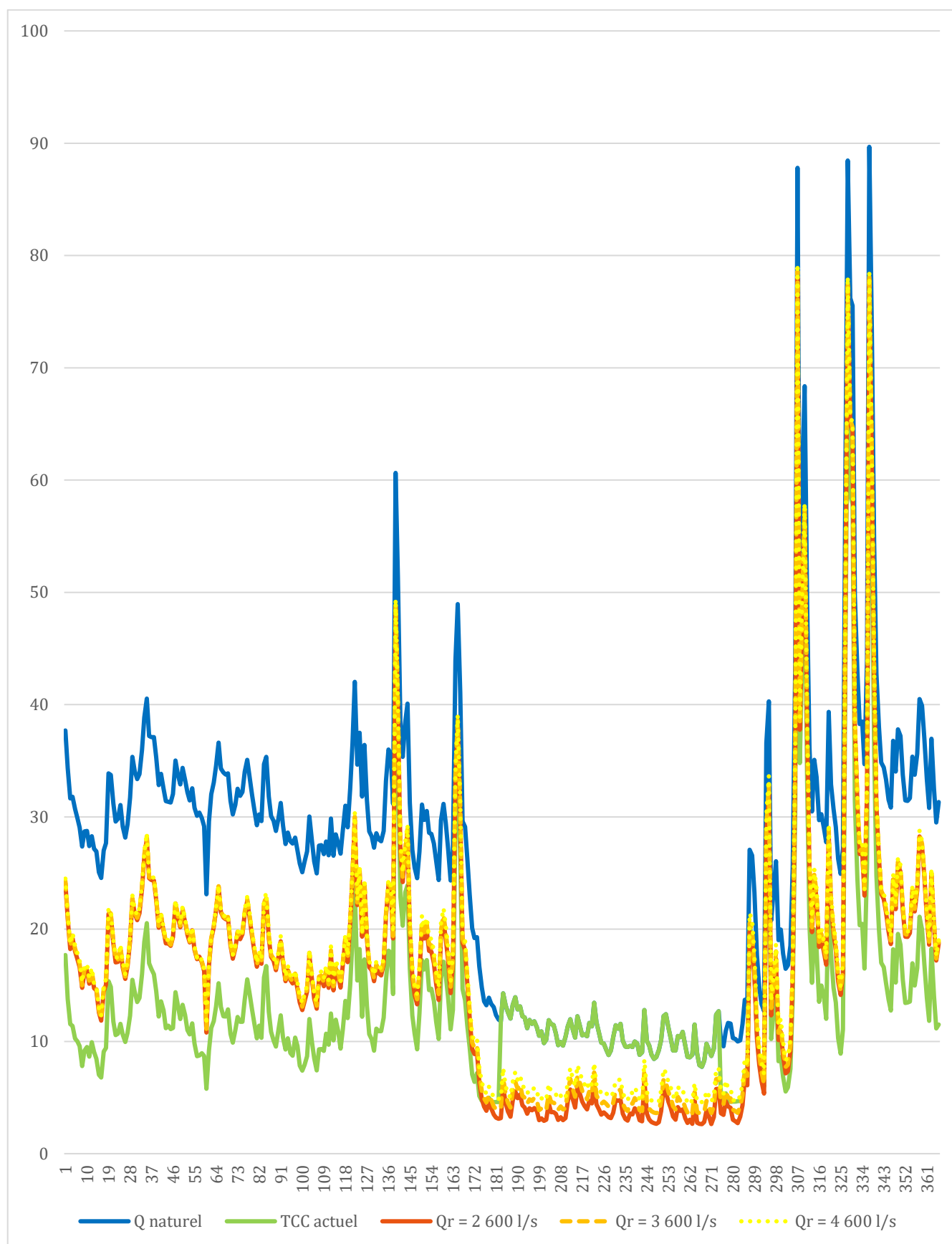


Figure 30 : Moyennes des débits journaliers naturels et des débits journaliers modifiés dans le TCC

9.4 EVOLUTION DE LA SPU EN FONCTION DE LA MOYENNE DES DEBITS JOURNALIERS DES DIFFERENTS SCENARIOS DE DEBIT RESERVE

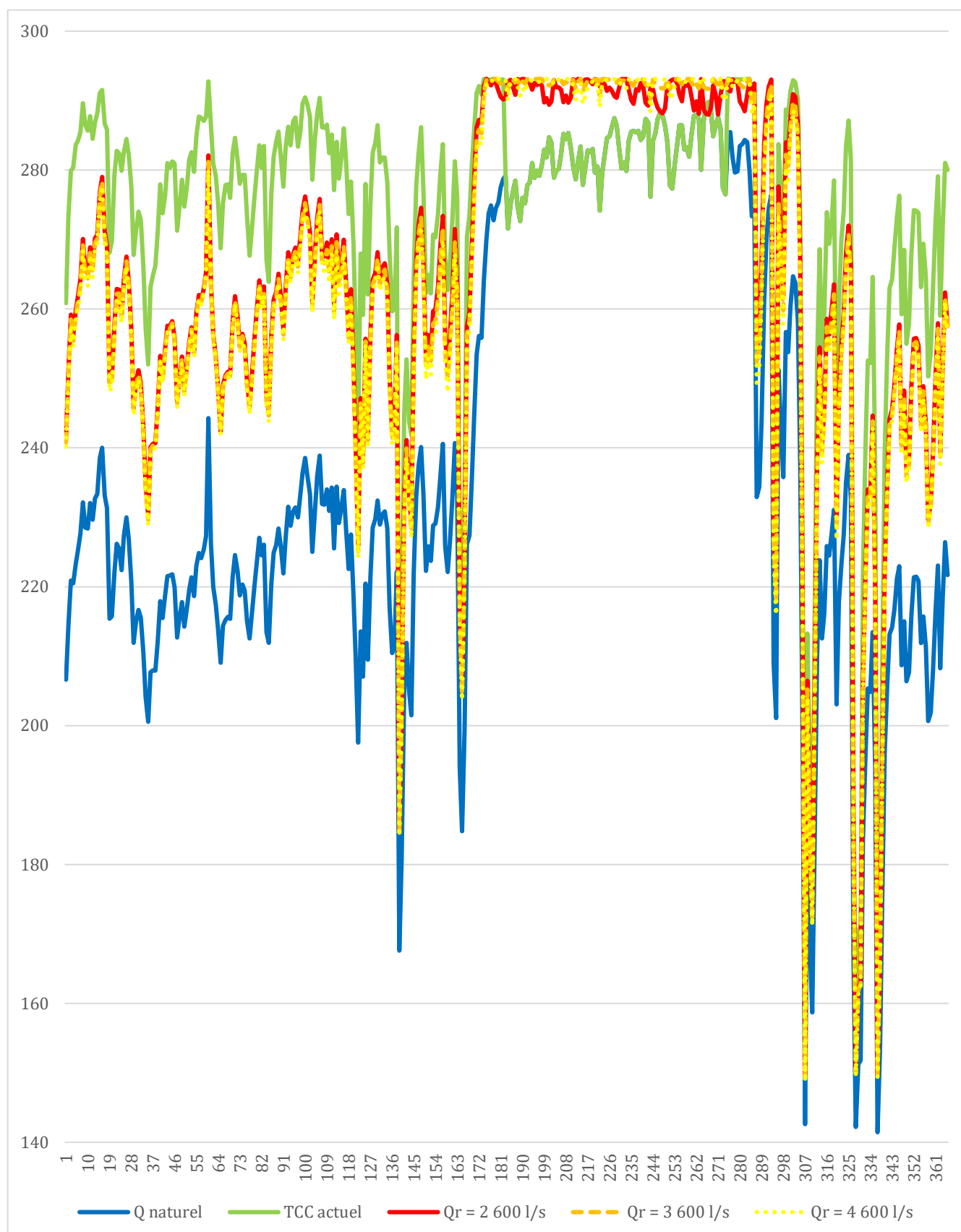


Figure 31 : Evolution de la SPU en fonction de la moyenne des débits journaliers des différents scénarios de débit réservé – guilde mouille

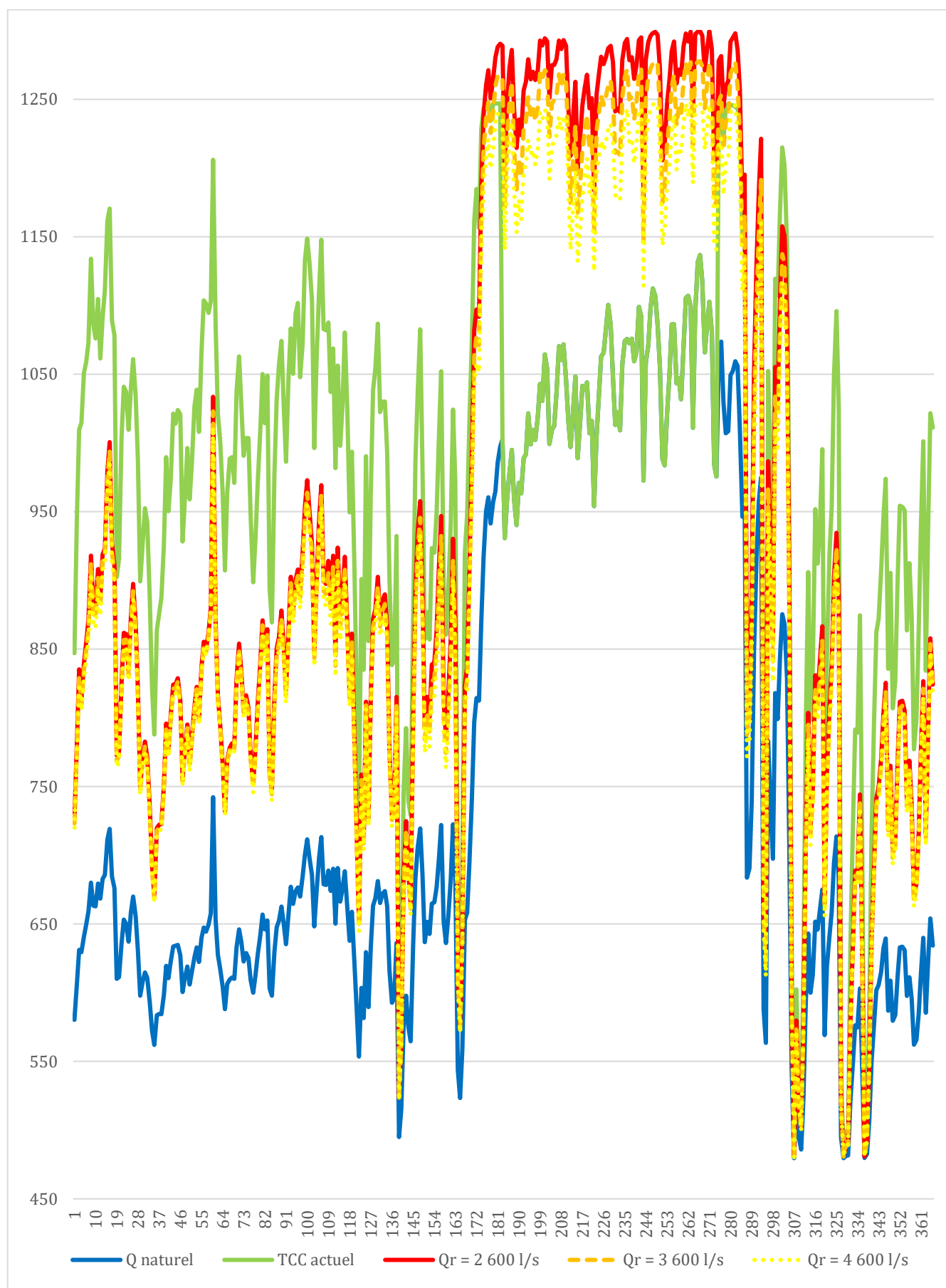


Figure 32 : Evolution de la SPU en fonction de la moyenne des débits journaliers des différents scénarios de débit réservé –
guilde rive

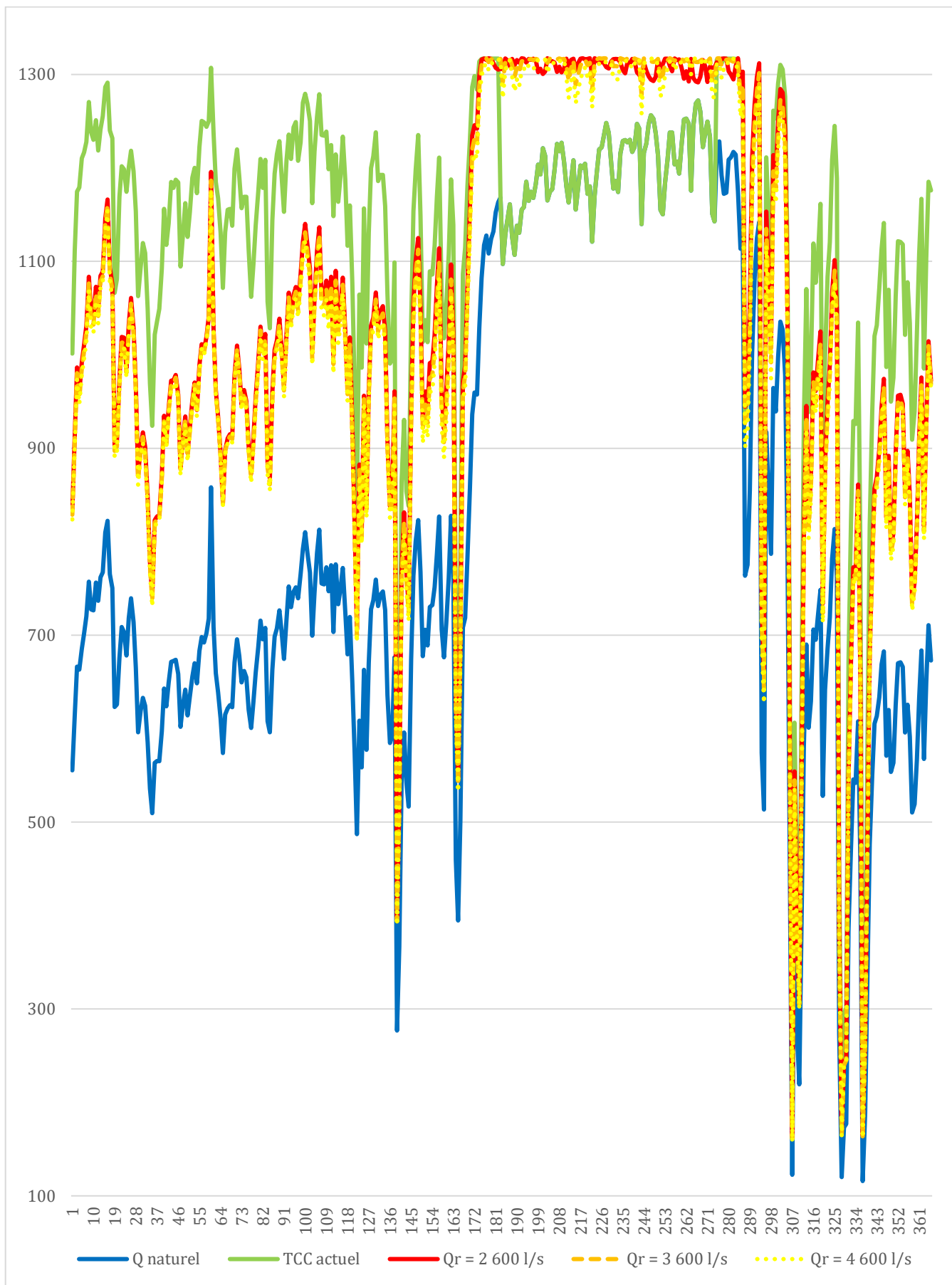


Figure 33 : Evolution de la SPU en fonction de la moyenne des débits journaliers des différents scénarios de débit réservé –
guilde radier

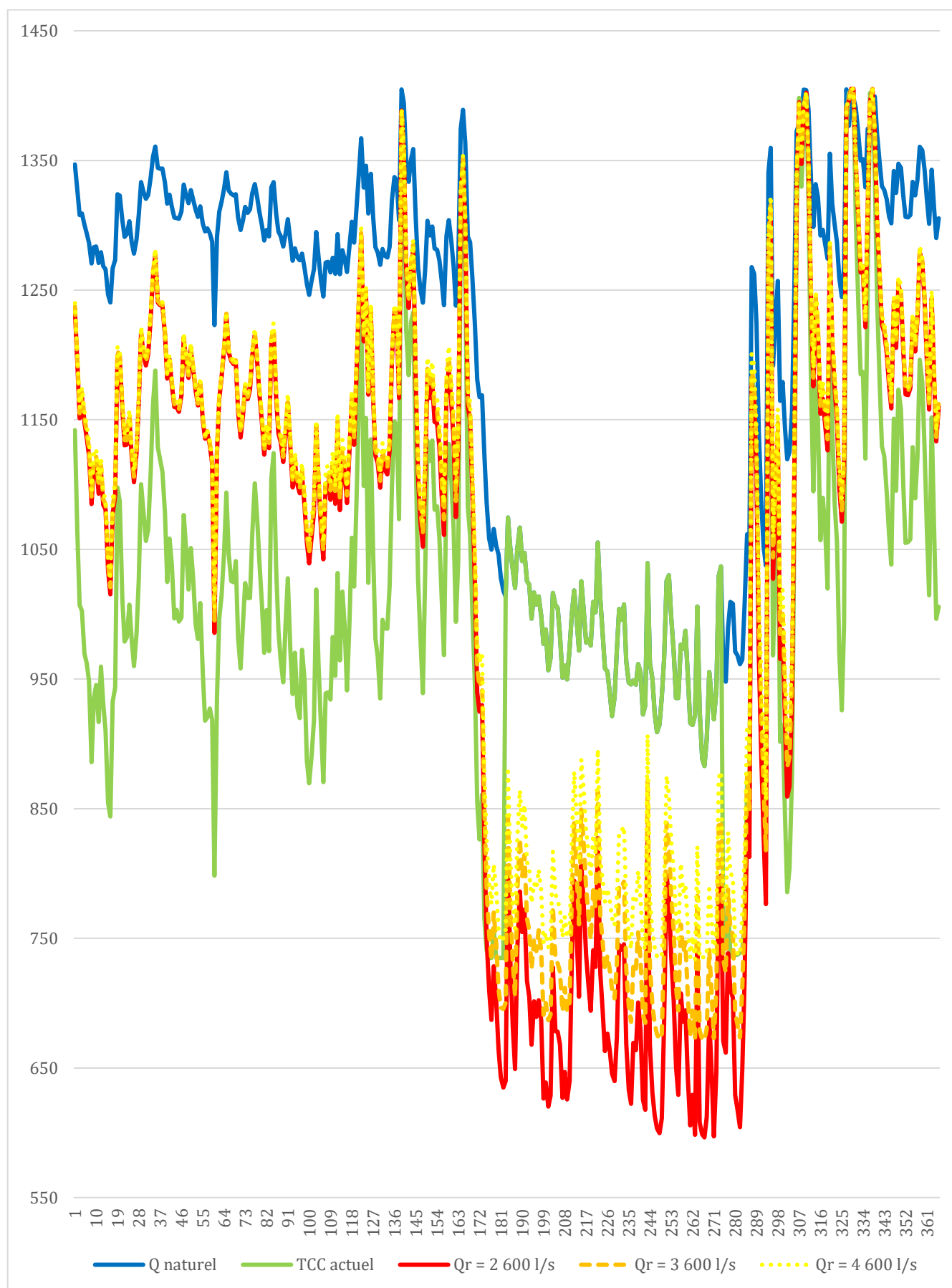


Figure 34 : Evolution de la SPU en fonction de la moyenne des débits journaliers des différents scénarios de débit réservé – guilde chenal

10 CHOIX DU DEBIT RESERVE

La synthèse des résultats obtenus pour chaque scénario de débit réservé, pour l'ensemble des guildes, est disponible dans les figures ci-dessous.

Tableau 20 : Perte de SPU entre le débit naturel et le débit modifié actuel pour différents débits

	Qnaturel	Qmodifié	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié			
			Mouille	Rive	Radier	Chenal
Débit moyen (l/s)	26 000	13 760	-15,80%	-35,36%	-41,09%	15,43%
Q90 (l/s)	7 100	4 600	-0,70%	-7,57%	-2,46%	14,29%
Q95 (l/s)	6,28	4 600	-0,28%	-4,92%	-1,31%	10,55%
Q30 (l/s)	26 510	8 990	-22,36%	-58,14%	-60,05%	26,40%

Tableau 21 : Perte de SPU entre le débit naturel et le scénario Qr = 2 600 l/s pour différents débits

	Qnaturel	Qmodifié	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié			
			Mouille	Rive	Radier	Chenal
Débit moyen (l/s)	26 000	15 790	-13,10%	-27,73%	-33,76%	11,96%
Q90 (l/s)	7 100	2 600	1,10%	-12,15%	-0,41%	30,71%
Q95 (l/s)	6,28	2 600	1,52%	-9,38%	0,72%	27,68%
Q30 (l/s)	26 510	13 510	-16,83%	-37,74	-44,14%	16,25%

Tableau 22 : Perte de SPU entre le débit naturel et le scénario Qr = 3 600 l/s pour différents débits

	Qnaturel	Qmodifié	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié			
			Mouille	Rive	Radier	Chenal
Débit moyen (l/s)	26 000	16 280	-12,44%	-26,00%	-32,00%	11,19%
Q90 (l/s)	7 100	3 600	-0,24%	-10,22%	-2,17%	21,69%
Q95 (l/s)	6,28	3 600	0,19%	-7,50%	-1,02%	18,27%
Q30 (l/s)	26 510	13 510	-16,83%	-37,74	-44,14%	16,25%

Tableau 23 : Perte de SPU entre le débit naturel et le scénario Qr = 4 600 l/s pour différents débits

	Qnaturel	Qmodifié	Différence de SPU entre Qnaturel et Qmodifié			
			Mouille	Rive	Radier	Chenal
Débit moyen (l/s)	26 000	16 800	-11,75%	-24,23%	-30,15%	10,40%
Q90 (l/s)	7 100	4 600	-0,70%	-7,57%	-2,46%	14,29%
Q95 (l/s)	6,28	4 600	-0,28%	-4,92%	-1,31%	10,55%
Q30 (l/s)	26 510	13 510	-16,83%	-37,74%	-44,14%	16,25%

Les résultats ci-dessus font apparaître qu'il n'existe pas un scénario significativement plus favorable que les autres. Le scénario débit réservé = 2 600 l/s, n'est donc pas plus impactant que les autres scénarios et permet d'obtenir 193 jours (53 %) de déversés en moyenne dans le TCC pour 172 jours de débit réservé strict (47%), ce qui sera plus favorable que la situation de fonctionnement actuel de la MCHE (Avec un débit dérivé = 26 m³/s et un débit réservé = 4,6 m³/s, on observe 91 jours (25 %) de déversés en moyenne dans le TCC pour 274 jours de débit réservé strict (75%)).

En raison des nombreux jours de déversés au barrage, notamment du fait d'un débit dérivé maximum inférieur de 2 fois à la valeur du module, le débit moyen observé dans le TCC sera ainsi égal à 15 790 l/s pour le scénario débit réservé = 2,6 m³/s, soit environ 6 fois le débit réservé projeté sur le TCC, ce qui est supérieur au fonctionnement actuel de la MCHE (débit dérivé = 26 m³/s et débit réservé = 4,6 m³/s, avec un débit moyen observé dans le TCC égal à 13 760 l/s).

On s'aperçoit ainsi que même si le scénario débit réservé = 2,6 m³/s entraîne une diminution du débit moyen annuel dans le TCC par rapport à une situation sans aménagement hydroélectrique, on observera sur la totalité de l'année des fluctuations saisonnières pour le débit modifié qui seront proportionnelles à celles observées pour le débit naturel. Cela s'explique en partie par le débit dérivé maximum (13,00 m³/s) qui sera nettement inférieur au débit moyen observé actuellement au barrage de la MCHE (26,00 m³/s). Ainsi, les débits moyens observés dans le TCC en période printanière, automnale et hivernale (période sensible pour le bon déroulement de la reproduction et de la migration des espèces à enjeux recensées sur la zone d'étude) sont nettement supérieurs au débit réservé projeté (2 600 l/s), ce qui permet de fortement limiter les impacts sur le milieu biologique aquatique.

Le scénario débit réservé égal à 2 600 l/s reste également supérieur au point d'inflexion des valeurs SPU pour la totalité des Guildes.

Enfin, le débit réservé de 2 600 l/s ne contraindra pas la circulation piscicole au sein du TCC puisqu'il n'y a pas eu d'obstacles identifiés dans la rivière avec ce débit.

En conséquence, et suite aux résultats de l'étude DMB, le SAS BARRAGE DE RANC souhaite retenir la valeur de 2 600 l/s comme nouveau débit réservé pour un fonctionnement toute l'année avec un débit dérivé maximum à 13 m³/s.