



# ETUDE DE DETERMINATION DES VOLUMES PRELEVABLES SUR LE BASSIN VERSANT DE LA TILLE

Rapport de Phase 4 :  
Détermination des débits biologiques

Version finale (4.4)



# TABLE DES MATIERES

---

<b>1</b>	<b>Préambule sur le contexte de détermination des débits biologiques sur le bassin versant de la Tille .....</b>	<b>8</b>
1.1	Rappel du contexte général de l'étude .....	8
1.1.1	Objectifs visés par les études de détermination des volumes maximums prélevables .....	8
1.1.2	Phasage de l'étude .....	9
1.2	Définitions relatives aux Débits Biologiques .....	10
1.3	Contexte physique du bassin versant de la Tille .....	11
1.3.1	Rappel sur les caractéristiques générales du bassin versant de la Tille.	11
1.3.2	Déficit quantitatif sur le bassin versant de la Tille .....	12
1.4	Contexte réglementaire sur le bassin versant de la Tille .....	12
1.4.1	Le classement en Zone de Répartition des Eaux (ZRE).....	12
1.4.2	Le rôle du SAGE et de la CLE dans la gestion quantitative de la ressource en eau.....	13
1.4.3	Débits réservés des ouvrages .....	14
<b>2</b>	<b>Objectifs de la Phase 4 de l'étude.....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>Principe de détermination des débits biologiques .....</b>	<b>17</b>
3.1	Principe de la méthode retenue .....	17
3.2	Mise en œuvre du protocole Estimhab .....	18
3.3	Domaine de validité du protocole Estimhab .....	19
3.4	Interprétation des résultats du protocole Estimhab .....	20
3.5	Éléments pris en compte pour la définition du débit biologique avec la méthode Estimhab .....	21
3.6	Éléments pris en compte pour la définition du débit biologique de survie .....	24
<b>4</b>	<b>Mise en œuvre du protocole Estimhab pour la détermination des débits biologiques .....</b>	<b>25</b>
4.1	Localisation des stations d'étude.....	25

4.1.1	Principe.....	25
4.1.2	Identification des facteurs considérés pour la localisation des stations d'étude .....	26
4.1.3	Localisation des stations retenues pour la mise en œuvre du protocole Estimhab .....	36
4.2	Campagnes de terrain .....	41
4.3	Saisie des données d'entrée de la modélisation.....	42
4.4	Contrôle qualité a posteriori .....	44
<b>5</b>	<b>Résultats de la modélisation et détermination des DB et des DS .....</b>	<b>45</b>
5.1	Préambule sur les valeurs caractéristiques d'étiage utilisées pour la comparaison avec les DB et DS .....	45
5.2	Ignon à Diénay .....	46
5.2.1	Détermination du débit biologique .....	46
5.2.2	Détermination du débit de survie .....	48
5.3	Norges à Orgeux.....	49
5.3.1	Détermination du débit biologique .....	49
5.3.2	Détermination du débit de survie .....	54
5.4	Tille à Villey-sur-Tille.....	55
5.4.1	Détermination des débits biologiques .....	55
5.4.2	Détermination du débit de survie .....	59
5.5	Tille à Fouchanges.....	60
5.5.1	Détermination du débit biologique .....	60
5.5.2	Détermination du débit de survie .....	65
5.6	Tille à Cessey-sur-Tille .....	66
5.6.1	Détermination du débit biologique .....	66
5.6.2	Détermination du débit de survie .....	71
5.7	Tille à Champdôtre .....	72
5.7.1	Détermination du débit biologique .....	72
5.7.2	Détermination du débit de survie .....	77
5.8	Synthèse des valeurs de BD et DS proposées .....	78
5.9	Débits biologiques et assecs .....	78
<b>6</b>	<b>Conclusion de la Phase 4.....</b>	<b>81</b>

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

---

## FIGURES

Figure 3-1 : Mise en œuvre du protocole Estimhab sur un tronçon de rivière donné (source : CEMAGREF, 2008) .....	19
Figure 3-2 : Présentation des éléments pris en compte pour la détermination des DB . .....	23
Figure 4-1 : Carte des tronçons homogènes définis par SOGREAH sur le bassin versant de la Tille.....	27
Figure 4-2 : Carte de synthèse des facteurs physiques à intégrer pour la localisation des stations de détermination des débits biologiques .....	30
Figure 4-3 : Carte de synthèse des dispositifs du suivi quantitatif sur le bassin versant de la Tille .....	32
Figure 4-4 : Synthèse du bilan annuel prélèvements / rejets pour l'année 2006 par sous bassin versant.....	34
Figure 4-5 : Carte de localisation des stations retenues pour la mise en œuvre du protocole Estimhab .....	40
Figure 5-1 : Évolution de la SPU pour la truite adulte et juvénile sur l'Ignon à Diénay .....	47
Figure 5-2 : Propositions de débits biologiques à la station de l'Ignon à Diénay .....	48
Figure 5-3 : Évolution de la SPU pour la truite adulte et juvénile sur la Norges à Orgeux .....	51
Figure 5-4 : Propositions de débits biologiques à la station de la Norges à Orgeux .	52
Figure 5-5 : Comparaison des valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs à la station de la Norges à Saint-Julien (2002-2009).....	52
Figure 5-6 : Évolution de la SPU pour la truite adulte et juvénile sur la Tille à Villey-sur-Tille .....	56
Figure 5-7 : Propositions de débits biologiques à la station de la Tille à Villey-sur-Tille .....	57
Figure 5-8 : Comparaison des valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs à la station de la Tille à Crecey-sur-Tille (2001-2009).....	57
Figure 5-9 : Évolution de la SPU pour la truite adulte et juvénile et pour les guildes « radier » et « chenal » sur la Tille à Fouchanges.....	62
Figure 5-10 : Propositions de débits biologiques à la station de la Tille à Fouchanges .....	63
Figure 5-11 : Comparaison des valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs à la station de la Tille à Arceau (2001-2009) .....	63

Figure 5-12 : Évolution de la SPU pour la truite adulte et juvénile et les guildes « radier » et « chenal » sur la Tille à Cessey-sur-Tille .....	68
Figure 5-13 : Propositions de débits biologiques à la station de la Tille à Cessey-sur-Tille .....	69
Figure 5-14 : Comparaison des valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs à la station de la Tille à Cessey-sur-Tille (2001-2009).....	69
Figure 5-15 : Évolution de la SPU pour les guildes « radier » et « chenal » sur la Tille à Champdâtre .....	74
Figure 5-16 : Propositions de débits biologiques à la station de la Tille à Champdâtre .....	75
Figure 5-17 : Comparaison des valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs à la station de la Tille à Champdâtre (2001-2009).....	75

## TABLES

Tableau 3-1 : Limites de validité du protocole Estimhab pour les simulations par espèces .....	20
Tableau 3-2 : Limites de validité du protocole Estimhab pour les simulations par guildes .....	20
Tableau 4-1 : Récapitulatif des tronçons morphologiques homogènes déterminés sur le bassin versant de la Tille (source : SOGREAH, 2010).....	26
Tableau 4-2 : Bilan de l'état du patrimoine piscicole du bassin versant de la Tille (source : PDPG Côte d'Or, 1998).....	35
Tableau 4-3 : Synthèse et croisement des éléments pour la détermination des tronçons morphologiques homogènes où sont déterminés les DB et les DS.....	37
Tableau 4-4 : Description des stations retenues pour la mise en œuvre du protocole Estimhab .....	38
Tableau 4-5 : Comparaison des débits jaugés lors des campagnes Estimhab et des débits journaliers aux stations hydrométriques les plus proches .....	41
Tableau 4-6 : Synthèse des données d'entrée de la modélisation d'habitats .....	43
Tableau 4-7 : Synthèse des paramètres du « contrôle qualité » a posteriori sur les mesures Estimhab .....	44
Tableau 5-1: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de $DB_H$ proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Norges à Saint-Julien .....	53
Tableau 5-2: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de $DB_B$ proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Norges à Saint-Julien .....	53
Tableau 5-3 : Gain maximum de SPU (en %) espéré en considérant les valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans naturelles (hydrologie desinfluencée) en lieu et place des valeurs mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Norges à Saint-Julien .....	54
Tableau 5-4: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de $DB_H$ proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Crecey-sur-Tille .....	58
Tableau 5-5: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de $DB_B$ proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Crecey-sur-Tille .....	58
Tableau 5-6 : Gain maximum de SPU (en %) espéré en considérant les valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans naturelles (hydrologie desinfluencée) en lieu et place des valeurs mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Crecey-sur-Tille .....	59
Tableau 5-7: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de $DB_H$ proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Arceau .....	64
Tableau 5-8: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de $DB_B$ proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Arceau .....	64
Tableau 5-9 : Gain maximum de SPU (en %) espéré en considérant les valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans naturelles (hydrologie desinfluencée) en lieu et place des valeurs mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Arceau	65

Tableau 5-10: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de $DB_H$ proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Cessey-sur-Tille .....	70
Tableau 5-11: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de $DB_B$ proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Cessey-sur-Tille .....	71
Tableau 5-12 : Gain maximum de SPU (en %) espéré en considérant les valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans naturelles (hydrologie désinfluencée) en lieu et place des valeurs mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Cessey-sur-Tille .....	71
Tableau 5-13: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de $DB_H$ proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Champdâtre.....	76
Tableau 5-14: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de $DB_B$ proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Champdâtre.....	77
Tableau 5-15 : Gain maximum de SPU (en %) espéré en considérant les valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans naturelles (hydrologie désinfluencée) en lieu et place des valeurs mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Champdâtre .....	77
Tableau 5-16 : Synthèse des valeurs de DB et de DS proposées sur le bassin versant de la Tille .....	78
Tableau 5-28 : Débits sur les secteurs de la Tille sensibles aux assecs pour différents scénarios de débits amont .....	79

## TABLE DES ANNEXES

---

<b>Annexe 1</b>	<b>Bibliographie.....</b>	<b>82</b>
<b>Annexe 2</b>	<b>Guide méthodologique pour la mise en œuvre de ESTIMHAB .....</b>	<b>84</b>

# 1

## **Préambule sur le contexte de détermination des débits biologiques sur le bassin versant de la Tille**

### **1.1 Rappel du contexte général de l'étude**

#### **1.1.1 Objectifs visés par les études de détermination des volumes maximums prélevables**

Lors des dix dernières années, les restrictions d'utilisation de la ressource en eau en France se sont multipliées à la suite d'épisodes de sécheresse particulièrement marqués. Les arrêtés sécheresse, censés limiter l'utilisation de la ressource lors d'épisodes climatiques exceptionnels, sont devenus des outils de gestion courante des ressources en déficits chroniques.

Les études de détermination des volumes maximums prélevables à l'échelle d'un bassin versant s'inscrivent comme action de connaissance de l'objectif du retour à l'équilibre entre l'offre et la demande en eau, objectif souligné par ailleurs par le plan national de gestion de la rareté de la ressource. La connaissance des volumes prélevables est également nécessaire à la gestion collective de l'irrigation promue par la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de décembre 2006.

Les objectifs généraux visés pour la résorption des déficits quantitatifs et la gestion collective de l'irrigation sont fixés par la circulaire 17-2008 du 30 juin 2008. Ils consistent à :

- ✓ Mettre en cohérence des autorisations de prélèvements et des volumes prélevables (au plus tard fin 2014) ;
- ✓ Constituer des organismes uniques regroupant les irrigants sur un périmètre adapté et répartissant les volumes d'eau d'irrigation, dans les bassins où le déficit est particulièrement lié à l'agriculture.

Les grandes étapes pour atteindre ces objectifs sont :

1. la détermination des volumes maximum prélevables et des débits biologiques;
2. la concertation entre les usagers pour établir la répartition des volumes ;

3. la mise en place de la gestion collective de l'irrigation, à partir des données des études volumes prélevables : définition des bassins nécessitant un organisme unique, leur périmètre, la désignation de l'organisme et enfin la révision des autorisations de prélèvement ;

**La présente étude porte uniquement sur la première étape : la détermination des volumes maximum prélevables et des débits biologiques.**

Les volumes prélevables doivent être compatibles avec le maintien :

- ✓ en cours d'eau, d'un débit d'objectif : le **Débit d'Objectif d'Étiage** (DOE). Les DOE sont définis dans le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) Rhône Méditerranée comme « débits pour lesquels sont simultanément satisfaits le bon état des eaux, et en moyenne huit années sur dix, l'ensemble des usages ». La définition des DOE sera donc basée sur les Débits Biologiques (DB) déterminés dans le cadre de la présente étude ;
- ✓ en nappe, d'un **Niveau Piézométrique d'Alerte** (NPA). Les NPA sont définis dans le SDAGE Rhône Méditerranée comme les « niveaux piézométriques de début de conflits d'usages et de premières limitations de pompages ». Dans le cadre de la présente étude, on considérera également que ce niveau doit garantir le bon fonctionnement quantitatif ou qualitatif de la ressource souterraine et des cours d'eau qu'elle alimente dans le respect des DOE des cours d'eau.

Les **volumes maximum prélevables** sont déclinés par saison, avec un point spécifique sur la saison d'étiage.

### 1.1.2 Phasage de l'étude

Dans le cadre de la mise en œuvre de la présente étude, les phases suivantes ont été définies par le CCTP :

- ✓ Phase 1 : Caractérisation des sous bassins et aquifères et recueil des données complémentaires ;
- ✓ Phase 2 : bilan des prélèvements existants et analyse de l'évolution ;
- ✓ Phase 3 : Impacts des prélèvements et quantification des ressources existantes ;
- ✓ Phase 3 bis : Identification et caractérisation des ressources à préserver pour l'usage AEP ;
- ✓ Phase 4 : Détermination des débits biologiques ;
- ✓ Phase 5 : Détermination des débits d'objectifs d'étiage, des objectifs de niveaux en nappe et des volumes prélevables ;
- ✓ Phase 6 : Proposition de répartition des volumes entre les usages et propositions de périmètre d'organisme unique.

Le présent rapport détaille la méthodologie et les résultats de la Phase 4 de l'étude, à savoir la détermination des Débits Biologiques.

## 1.2 Définitions relatives aux Débits Biologiques

*Nota : Le terme « Débit Minimum Biologique » DMB est réservé exclusivement à la procédure d'application du débit réservé au titre de l'article L214-18 de code de l'environnement. Son application et sa détermination dans le cadre de cette réglementation présentent des différences non négligeables par rapport à la démarche des Études d'Estimation des Volumes Prélevables Globaux (EPPVG), c'est pourquoi ce terme ne sera pas repris dans les EPPVG afin d'éviter toute confusion.*

Dans l'annexe 2 de la Circulaire du 5/7/2011 relative à l'application de l'article L. 214-18 du code de l'environnement, modifié par la loi n°2006-1772 du 30/12/2006 (dite loi LEMA), il est rappelé que la fixation de valeurs de débit minimum dans les cours d'eau constitue une mesure correctrice importante pour garantir le fonctionnement des écosystèmes soumis à des prélèvements et/ou dérivation d'eau. Les valeurs de débit minimum ont pour objectif de garantir a minima l'intégrité du cours d'eau soumis à de fortes pressions d'usages de l'eau.

L'Arrêté du 17 mars 2006 relatif au contenu des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE), modifié par Arrêté du 27 janvier 2009, définit dans son Article 6 les objectifs de quantité en période d'étiage à définir aux principaux points de confluence du bassin et autres points stratégiques pour la gestion de la ressource en eau [...]. [Ces débits] « sont constitués, d'une part, de **débits de crise** (DCR) en dessous desquels seules les exigences de la santé, de la salubrité publique, de la sécurité civile et de l'alimentation en eau potable de la population et les besoins des milieux naturels peuvent être satisfaits, d'autre part, dans les zones du bassin où un déficit chronique est constaté, de **débits objectifs d'étiage** (DOE) permettant de satisfaire l'ensemble des usages en moyenne huit années sur dix et d'atteindre le bon état des eaux ».

Dans sa note de Juillet 2011, le Groupe du bassin Rhône-Méditerranée « gestion quantitative » définit les DOE et les DCR comme suit :

- ✓ **Débits objectifs d'étiage** (DOE – établis sur la base de moyennes mensuelles) pour lesquels sont simultanément satisfaits le bon état des eaux et, en moyenne huit années sur dix, l'ensemble des usages. Il se compose de deux termes :

$$\text{DOE} = \quad \text{Débit Biologique} \quad + \quad \text{Débit prélevable par l'ensemble des usages}$$

Le DOE est un débit moyen mensuel.

- ✓ **Débits de crise renforcée** (DCR), débits en dessous desquels seules les exigences relatives à la santé, à la salubrité publique, à la sécurité civile, à l'alimentation en eau potable, et aux besoins des milieux naturels peuvent être satisfaites. **Les DCR sont des valeurs établies sur la base de débits caractéristiques ou d'un débit biologique minimum lorsque celui-ci peut être établi.** Il se compose de deux termes :

$$\text{DCR} = \text{Débit biologique de survie} + \text{Débit prélevable pour assurer les besoins sanitaires et la sécurité civile}$$

Le DCR est un débit journalier.

En complément, les éléments suivants sont apportés sur les débits minimums :

- ✓ **Débit biologique (DB):** Il satisfait, en étiage, les fonctionnalités biologiques du milieu. Il est visé en moyenne mensuelle, chaque année. Une défaillance d'intensité et de fréquence maîtrisée est admissible sur les débits journaliers.
- ✓ **Débit biologique de survie (DS) :** Il satisfait en étiage, les fonctionnalités biologiques du milieu en situation de survie à tout moment. Il est estimé sur la base d'un débit journalier.

**La présente phase de l'étude se consacrera donc à la définition de ces deux débits. Ils constitueront la base de détermination des DOE et des DCR, qui interviendra en Phase 5 de l'étude.**

## 1.3 Contexte physique du bassin versant de la Tille

### 1.3.1 Rappel sur les caractéristiques générales du bassin versant de la Tille

Le bassin versant de la Tille couvre la partie Nord Est du département de la Côte d'Or. Le bassin versant a une surface de 1300km<sup>2</sup>, drainée par un réseau hydrographique orienté Nord-Sud. L'exutoire du bassin versant se situe au niveau de la confluence avec la Saône.

Le bassin versant de la Tille est un système globalement très anthropisé et ayant fait l'objet historiquement de multiples aménagements liés à l'implantation d'activités industrielles et agricoles. La mise en place de multiples ouvrages sur les cours d'eau pour les activités de moulinage, le drainage de zones marécageuses pour le développement agricole et plus récemment l'urbanisation liée au développement de l'agglomération dijonnaise sur la partie aval du bassin versant sont autant de facteurs qui ont conduit à bouleverser en profondeur l'état physique et biologique des cours d'eau.

Ainsi, sur les seize masses d'eau superficielles identifiées sur le bassin versant par la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE), seules la moitié d'entre elles sont programmées pour atteindre le bon état écologique en 2015 sur le bassin versant (14 doivent atteindre le bon état chimique). Pour les autres masses d'eau, l'atteinte des objectifs de bon état écologique est reportée à 2021, voire 2027. L'hydrologie est identifiée comme l'un des paramètres de ce report, mais elle n'est pas la seule. La morphologie, l'ichtyofaune et le benthos sont également cités comme paramètres de report pour l'atteinte du bon état écologique.

Il est important à ce titre de préciser que **le maintien d'un débit minimum dans les cours d'eau ne permettra pas à lui seul de revenir à un bon état des systèmes aquatiques**. La gestion quantitative doit s'accompagner d'actions sur la qualité physique des cours d'eau (notamment la restauration de la connectivité longitudinale et latérale pour les espèces piscicoles et le transit sédimentaire et la diversité des habitats). De même, l'objectif d'atteinte de bon état des cours d'eau devra passer par la restauration de caractéristiques physico-chimiques de l'eau (température, concentration de polluants divers) acceptables pour les espèces biologiques présentes ou en mesure de l'être.

### **1.3.2 Déficit quantitatif sur le bassin versant de la Tille**

Le bassin versant est particulièrement sensible aux étiages. Cette sensibilité particulière à la sécheresse est notamment due à la particularité hydrogéologique du bassin versant. En effet, la nature karstique de la partie amont du bassin versant conduit à l'existence de plusieurs pertes et résurgences. A l'aval des zones de pertes, des secteurs d'assecs sont naturellement présents, leur étendue étant variable selon les années. Une déconnexion totale des parties amont et aval du bassin versant est fréquemment constaté pendant les périodes d'étiage.

Ce déficit structurel est illustré par les valeurs caractéristiques d'étiage calculées à partir des chroniques de débits mesurées aux différentes stations hydrométriques. En effet, la Tille et ses affluents font partie des 10% de cours d'eau français pour lesquels le débit mensuel minimum de récurrence quinquennale (QMNA5) est inférieur au 1/10<sup>e</sup> du module (Groupe « gestion quantitative » RM, 2011). Cette configuration est caractéristique des débits d'étiage très faibles naturellement. La note du groupe « Gestion quantitative » rappelle que « sur ces bassins, les étiages sont naturellement très sévères, pour autant les valeurs de débits minimum biologiques proposées doivent rester dans une gamme de débits observés à l'étiage hors prélèvements. Il ne s'agit pas de restituer un débit en période d'étiage qui peut être naturellement nul à certaines périodes. »

Malgré le constat d'étiages naturellement marqués présenté ci-dessus, il convient de souligner que le déficit quantitatif est amplifié, notamment sur la partie aval du bassin versant, par des prélèvements significatifs liés aux usages d'alimentation en eau potable, agricoles et industriels. A ce titre, les objectifs de l'étude de détermination des volumes prélevables visant à une gestion harmonieuse des prélèvements restent particulièrement pertinents : il convient d'assurer une gestion cohérente des prélèvements sans compromettre la qualité de milieux naturellement contraints par la faiblesse des débits d'étiage.

## **1.4 Contexte réglementaire sur le bassin versant de la Tille**

### **1.4.1 Le classement en Zone de Répartition des Eaux (ZRE)**

Le bassin versant de la Tille est identifié comme chroniquement déficitaire. A ce titre, il est classé en Zone de Répartition des Eaux (ZRE) depuis juin 2010. Les ZRE

sont définis dans le code de l'environnement comme des « zones présentant une insuffisance, autre qu'exceptionnelle, des ressources par rapport aux besoins ». Le classement en ZRE constitue donc une reconnaissance du déséquilibre durablement installé entre la ressource et les prélèvements existants (AERMC, 2010). Initialement, la délimitation des ZRE se faisait par décret (1994, 2003), avant d'être déconcentrée au niveau des bassins hydrographiques. Ainsi, le bassin versant de la Tille a été identifié comme territoire en déséquilibre quantitatif dû au prélèvement dans la ressource en eau dans le SDAGE Rhône-Méditerranée 2010-2015 avant de se voir classer en ZRE (par proposition concertée des services de Police de l'eau, des DREAL/DIREN, des délégations de l'agence de l'eau et des structures de gestion). En parallèle, la nappe profonde de la Tille a également fait l'objet d'un classement en ZRE.

Le classement d'une ressource en ZRE conduit à une gestion plus fine et renforcée des demandes d'autorisation de prélèvements. Ainsi, en ZRE, tout prélèvement supérieur ou égal à  $8\text{m}^3/\text{h}$  est soumis à autorisation, excepté les prélèvements soumis à une convention relative au débit affecté et les prélèvements inférieurs à  $1000\text{m}^3/\text{an}$  réputés domestiques. Tout prélèvement dans les ressources en eau est d'ailleurs soumis à déclaration à l'exception des prélèvements domestiques.

Le classement en ZRE permet donc une connaissance accrue des prélèvements existants et la gestion du régime des procédures d'autorisation/déclaration à l'échelle du bassin versant avec la prise en compte des effets cumulés de la somme des autorisations individuelles. Pour le cas du bassin versant de la Tille, les mesures complémentaires au classement en ZRE sont notamment les suivantes :

- ✓ Déterminer et suivre l'état quantitatif des cours d'eau et des nappes ;
- ✓ Définir des objectifs de quantité (débits, niveaux piézométriques, volumes prélevables) ;
- ✓ Etablir et adopter des protocoles de partage de l'eau ;
- ✓ Créer un ouvrage de substitution.

La présente étude s'inscrit pour tout ou partie dans les trois premières mesures complémentaires énoncées ci-dessus.

## **1.4.2 Le rôle du SAGE et de la CLE dans la gestion quantitative de la ressource en eau**

Un Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) est en cours d'élaboration sur le bassin versant de la Tille. Le rôle du SAGE et de la CLE dans la gestion quantitative de la ressource, découlant de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de 2006, ont été définies dans les circulaires du 21 avril 2008 et du 4 mai 2011 relatives à la mise en œuvre des SAGE. Le SAGE doit aboutir à l'élaboration d'un Plan d'Aménagement et de Gestion Durable de la ressource en eau et des milieux aquatiques (PAGD) qui définit les objectifs de gestion équilibrée de la ressource en eau ainsi que les priorités à retenir, les dispositions et les conditions de réalisation pour les atteindre. Il s'accompagnera d'un règlement, opposable aux tiers, qui définit des mesures précises permettant la réalisation des objectifs exprimés dans le PAGD, identifiés comme majeurs et nécessitant l'instauration de règles

complémentaires pour atteindre le bon état ou les objectifs de gestion équilibrée de la ressource. La répartition en pourcentage des volumes disponibles des masses d'eau superficielles ou souterraines entre les catégories d'utilisateurs peut par exemple être prévue dans le règlement du SAGE.

### **Répartition des volumes prélevables**

La Commission Locale de l'Eau (CLE) pourra donc utiliser les résultats de la présente étude pour définir, sur le périmètre du SAGE, le volume prélevable, qui est le volume que le milieu est capable de fournir dans des conditions écologiques satisfaisantes. Par la suite, elle pourra intégrer dans le règlement du SAGE les priorités d'usage de la ressource en eau ainsi que la répartition en pourcentage des prélèvements par usage (et non entre les différents utilisateurs).

Après approbation du SAGE, les services de l'État s'appuieront sur cette répartition des volumes pour réviser les autorisations de prélèvements qui ne se trouveraient pas en situation de compatibilité avec le PAGD et d'ajuster les volumes individuels prélevables aux volumes globalement prélevables selon la répartition retenue par le règlement du SAGE. Dans les zones de déficit chronique, ce qui est le cas de la Tille, il a été demandé aux préfets de réviser ces autorisations avant une date d'échéance [...] qui ne peut être postérieure au 31 décembre 2014.

### **Définition des débits réglementaires et débits d'objectif**

La circulaire du 4 mai 2011 rappelle que les SAGE doivent traduire les orientations et les orientations et dispositions du SDAGE permettant de satisfaire les grands principes d'une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau en objectifs territoriaux. Les objectifs quantitatifs aux points nodaux du SDAGE sont notamment cités comme éléments sur lesquels s'appuyer pour l'atteinte des objectifs de bon état écologique. Ceux-ci seront pris en compte dans le plan d'aménagement et de gestion durable (PAGD) et le règlement des SAGE.

Il est également précisé que les SAGE peuvent intégrer des points nodaux intermédiaires par rapport à ceux identifiés dans les SDAGE, en particulier si la fixation [de valeurs] en ces points a une utilité pour atteindre les objectifs du SDAGE. De la même manière que pour les points nodaux du SDAGE, ces objectifs figureront dans le règlement du SAGE à venir.

Le SDAGE Rhône-Méditerranée rappelle également que le PAGD devra nécessairement préciser les actions de gestion des ouvrages et des aménagements existants en vue de l'atteinte des objectifs environnementaux et dans le cadre de la réglementation, en particulier [celle relative] aux débits affectés et minimaux.

## **1.4.3 Débits réservés des ouvrages**

L'article L.214-18 du code de l'environnement impose à tout ouvrage transversal dans le lit mineur d'un cours (seuils et barrages) de laisser dans le cours d'eau à l'aval, un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces présentes. Ce débit, d'une manière générale, ne doit pas

être inférieur au 1/10<sup>ème</sup> du module<sup>1</sup>. Cependant, la définition de débits biologiques sur le bassin versant doit pouvoir servir de base à la définition de débits réservés non plus basés sur une seule valeur statistique (le 1/10ème du module par exemple), mais bien sur le besoin réel des populations piscicoles cibles en terme de vie, de circulation et de reproduction. Les obligations relatives au minimum légal prévues à l'article L.214-18 s'appliquent aux ouvrages existants, lors du renouvellement de leur titre d'autorisation ou, au plus tard, au 1er janvier 2014. La MISE de Côte d'Or a listé trois ouvrages dits « prioritaires » sur le bassin versant de la Tille pour lesquels le renouvellement du titre d'autorisation doit conduire à réviser le débit réservé :

- ✓ Le déversoir des Forges de Til-Châtel ;
- ✓ Le moulin d'Arc-sur-Tille ;
- ✓ Le martine à Pellerey.

---

<sup>1</sup> Extrait du site internet du Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement ([www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)).

## 2

### Objectifs de la Phase 4 de l'étude

L'objectif à terme de la présente étude est d'aboutir à la définition des volumes prélevables par les usagers sur différents tronçons du bassin versant. Le volume prélevable, par définition, est le résultat de la soustraction entre le débit naturel reconstitué et le débit biologique.

Dans le cadre de la Phase 3 de la présente étude, les débits naturels ont été reconstitués au droit de différents points du bassin versant. L'objectif de la présente phase est de déterminer les débits permettant d'obtenir un fonctionnement satisfaisant des milieux en étiage. Il s'agit de déterminer, pour les secteurs en déficit quantitatif sur le bassin versant, les débits biologiques (DB) et les débits de survie (DS) définis plus haut.

La méthodologie mise en œuvre pour déterminer ces débits s'appuie sur les éléments suivants :

- ✓ Le Cahier des charges de l'étude, et notamment son annexe 6 ;
- ✓ La Circulaire du 5 juillet 2011 relative à l'application de l'article L. 214-18 du code de l'environnement sur les débits réservés à maintenir en cours d'eau et notamment son annexe 2 (« les méthodes d'aide à la détermination de débit minimum » (Baran, 2011)) ;
- ✓ La note « Débits d'Objectif d'Étiage et Débits de Crise » de juillet 2011 rédigée par le Groupe de bassin Rhône-Méditerranée «gestion quantitative», la DREAL du bassin Rhône-Méditerranée, l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse et l'ONEMA.

## 3

# Principe de détermination des débits biologiques

La définition de débits biologiques peut être réalisée par trois types de méthodes (Baran, 2011). Il s'agit :

- ✓ Des **méthodes dites hydrologiques**, basées sur l'analyse des chroniques de débits ;
- ✓ Des **méthodes dites hydrauliques**, basées sur la relation entre les paramètres hydrauliques, la morphologie du cours d'eau et le débit minimum ;
- ✓ Des **méthodes dites d'habitats**, qui croisent l'évolution des caractéristiques hydrauliques avec les préférences biologiques d'espèces, de stades de développement ou de groupes d'espèces.

Le cahier des charges de l'étude préconise l'utilisation d'une méthode d'habitats pour la détermination des débits biologiques. Ces méthodes reposent sur le principe d'une relation entre les organismes aquatiques et les conditions hydrauliques. Elles se basent sur le postulat qu'en connaissant l'évolution des conditions hydrauliques dans un tronçon de cours d'eau en fonction du débit ainsi que les préférences des espèces présentes, il est donc possible d'établir une relation entre le potentiel d'accueil pour les espèces et la valeur de débit (Barran, 2011).

### 3.1 Principe de la méthode retenue

La méthode retenue pour la détermination des débits biologiques est le protocole Estimhab (ESTimation de l'Impact sur l'HABitat aquatique de la gestion hydraulique des cours d'eau), développé par le laboratoire d'hydroécologie quantitative du CEMAGREF (2008).

Le protocole Estimhab se base sur la géométrie hydraulique du cours d'eau (lois hauteur-débit, largeur-débit) et les courbes de préférence d'un certain nombre d'espèces piscicoles dites « repères » qui permettent d'aboutir à la définition des débits biologiques. Comme les autres méthodes d'habitats, Estimhab prédit l'évolution avec le débit d'une note de qualité de l'habitat (variant entre 0 et 1), ou d'une surface utilisable (note de qualité de l'habitat \* surface du tronçon).

Les espèces piscicoles sur lesquelles repose la méthode Estimhab sont les suivantes : truite fario (TRF) adulte et juvénile, barbeau fluviatile adulte (BAF), chabot adulte

(CHA), goujon adulte (GOU), loche franche adulte (LOF), vairon adulte (VAI), saumon atlantique (SAT) adulte et juvénile et ombre commun (OMB) alevin, juvénile et adulte.

Le protocole Estimhab permet également de simuler les conditions d'habitats par groupes d'espèces ayant des préférences d'habitat comparables (appelés « guildes »). Les guildes proposées dans Estimhab et les espèces associées à chacune d'entre elle sont :

- ✓ Guilde « radier » : loche franche, chabot, barbeau < 9cm ;
- ✓ Guilde « chenal » : barbeau > 9cm, blageon > 8cm (+ hotu, toxostome, vandoise, ombre) ;
- ✓ Guilde « mouille » : anguille, perche soleil, perche, gardon, chevesne > 17cm ;
- ✓ Guilde « berge » : goujon, blageon < 8cm, chevesne < 17cm, vairon.

En pratique, la mise en œuvre d'Estimhab permet d'obtenir, à partir de surfaces et largeurs mouillées moyennes relevées sur le terrain à deux débits différents sur un site d'étude, la valeur optimale de surface pondérée utile pour différentes espèces ou groupements d'espèces piscicoles dans la gamme de débit comprise entre les deux débits auxquels ont été réalisées les mesures.

Le guide d'utilisation d'Estimhab (2008) est présenté en Annexe 2 du rapport.

## **3.2 Mise en œuvre du protocole Estimhab**

La mise en œuvre de la méthode repose sur la mesure, à deux débits différents, d'environ 100 hauteurs d'eau locales et au moins 15 largeurs mouillées moyennes. La taille moyenne du substrat doit également être déterminée à l'un des deux débits.

La méthode retenue, celle décrite dans le guide d'utilisation, consiste à mesurer 15 largeurs mouillées du cours d'eau au droit de 15 transects, chacun d'entre eux étant distant de la largeur moyenne du cours d'eau sur le secteur considéré. La mesure de la hauteur d'eau et du substrat est ensuite réalisée à intervalle régulier le long de ces transects.

La Figure 3-1 présente la mise en œuvre du protocole Estimhab sur un tronçon de rivière considéré.

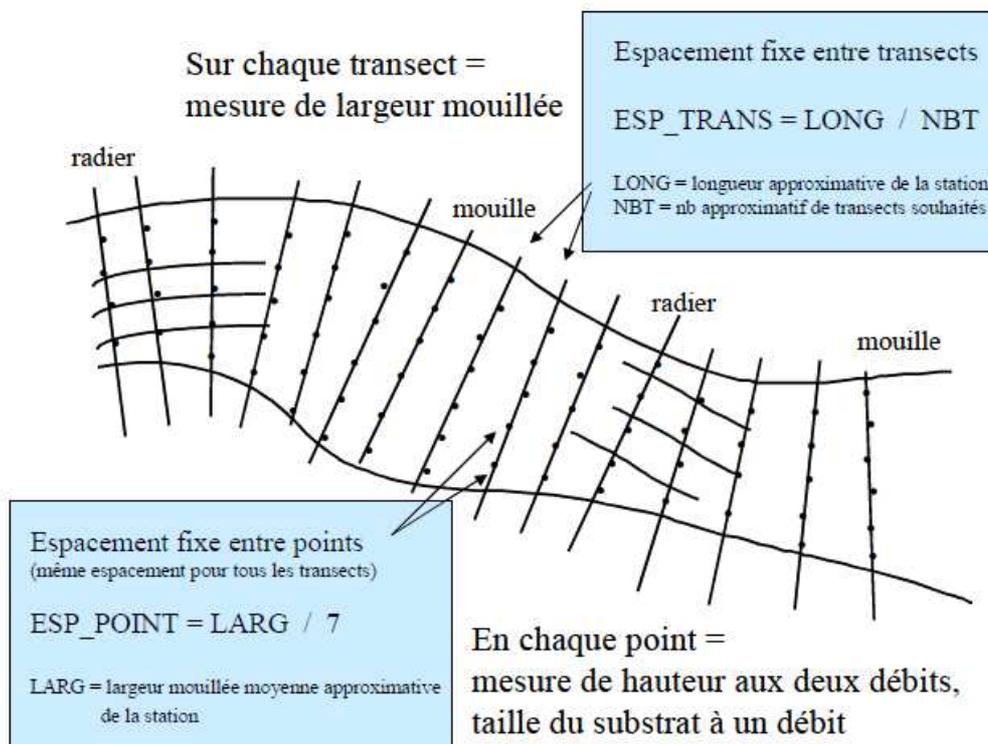


Figure 3-1 : Mise en œuvre du protocole Estimhab sur un tronçon de rivière donné (source : CEMAGREF, 2008)

Les deux débits (Q1 et Q2) auxquels doivent être réalisées les mesures de terrain doivent être le plus contrastés possibles, tout en respectant les règles suivantes :

- ✓  $Q2 > 2 \times Q1$  ;
- ✓ La simulation sera comprise entre  $Q1/10$  et  $5 \times Q2$  ;
- ✓ Le débit médian naturel est aussi compris entre  $Q1/10$  et  $5 \times Q2$  ;
- ✓ Q1 et Q2 sont inférieurs au débit de plein bord.

La mise en œuvre du protocole Estimhab, comme pour la plupart des méthodes d'habitat, nécessite quelques précautions d'usage. Ces précautions, décrites ci-après et extraites du guide méthodologique d'utilisation d'Estimhab, concernent notamment le domaine de validité de la méthode ainsi que la logique et le contexte d'interprétation.

### 3.3 Domaine de validité du protocole Estimhab

Estimhab est utilisable sur des cours d'eau de climats tempérés à morphologie naturelle ou peu modifiée, de pente  $< 5\%$ , et dont moins de 40% de la surface est hydrauliquement influencée par un ouvrage.

Pour les analyses par espèces, les gammes de validité du modèle définies par les auteurs de la méthode dans son guide d'utilisation sont décrites dans le Tableau 3-1.

**Tableau 3-1 : Limites de validité du protocole Estimhab pour les simulations par espèces**

Caractéristiques du cours d'eau	Minimum	Maximum
Débit Médian Q50 (m <sup>3</sup> /s)	0,20	13,10
Largeur à Q50 (m)	5,15	39,05
Hauteur à Q50 (m)	0,18	1,45
Substrat D50 (m)	0,02	0,64

Pour les analyses par guildes (groupements d'espèces), les gammes de validité du modèle définies par les auteurs de la méthode dans son guide d'utilisation sont décrites dans le Tableau 3-2.

**Tableau 3-2 : Limites de validité du protocole Estimhab pour les simulations par guildes**

Caractéristiques du cours d'eau	Minimum	Maximum
Débit Médian Q50 (m <sup>3</sup> /s)	1,00	152,00
Largeur à Q50 (m)	7,00	139,00
Hauteur à Q50 (m)	0,25	2,25
Substrat D50 (m)	0,01	0,33

En plus du domaine de validité physique, il est important de rappeler que la pertinence du modèle biologique est à remettre en cause lorsque la profondeur moyenne est supérieure à 2m.

### **3.4 Interprétation des résultats du protocole Estimhab**

L'interprétation que l'on peut faire des courbes est liée aux validations biologiques des modèles qui ont été réalisées (liste des références en annexe du guide méthodologique d'Estimhab) (Cemagref, 2008). Ces validations restent limitées du fait de la complexité des dynamiques des populations. Le rôle des variations de débits sur les différents cycles de vie des populations est parfois difficile à appréhender, et nécessite un « post-traitement » des données issues du modèle d'habitats à la lumière du contexte local d'application.

Malgré l'incertitude des simulations, il est important de souligner que les modèles d'habitats hydrauliques sont les seuls à avoir fourni des prédictions quantitatives des effets de modifications hydrauliques sur les peuplements. Leur utilisation se justifie donc totalement, tout en évitant d'en attendre des réponses magiques (débit réservé optimum) (Cemagref, 2008). A ce titre, dans le cadre de cette étude, la détermination

d'une gamme de débits biologiques sera recherchée au détriment d'une valeur unique.

Les principales leçons des validations des modèles d'habitats identifiées dans le guide méthodologique d'Estimhab sont les suivantes :

- ✓ **Les courbes reflètent l'impact des caractéristiques hydrauliques seules** : à ce titre, il convient de rappeler que les paramètres hydrauliques ne sont pas les seuls facteurs conditionnant la densité d'une espèce sur un secteur. D'autres facteurs (physico-chimiques, historiques,...) entrent également en ligne de compte, et ne sont pas appréhendés par le protocole Estimhab. Il conviendra donc de pondérer les résultats de l'analyse par la connaissance du contexte environnemental et socio-économique.
- ✓ **L'interprétation des courbes fournies par Estimhab doit se focaliser sur les débits faibles à moyens**, la pertinence du modèle n'étant pas validée pour les débits forts (notamment pour des vitesses supérieures à 1m/s). Il convient également de relativiser la notion de « débit optimum » suggéré par les courbes, mais plutôt d'identifier un débit en dessous duquel la qualité de l'habitat se dégrade rapidement.
- ✓ **La structure d'un peuplement est influencée par de nombreuses caractéristiques du régime hydraulique**, celles-ci variant en fonction du cycle de vie des espèces. L'utilisation des méthodes d'habitats a été essentiellement validée pour estimer l'impact des débits d'étiage. De manière général, **il est considéré qu'un débit d'étiage sur plusieurs semaines fait partie des débits structurants pour une population**.

### 3.5 Éléments pris en compte pour la définition du débit biologique avec la méthode Estimhab

Comme indiqué ci-dessous, les incertitudes pesant sur les résultats du protocole Estimhab nécessitent de travailler sur la définition de plages de débits biologiques plutôt que sur la définition d'une valeur unique. Cette nécessité est rappelée dans la note du groupe « gestion quantitative » du Bassin Rhône-Méditerranée de Juillet 2011, qui introduit une plage de débit biologique en étiage, encadrée par une valeur haute ( $DB_H$ , Débit Biologique en étiage de valeur haute) et une valeur basse ( $DB_B$ , Débit Biologique en étiage de valeur basse). La définition des valeurs basse et haute de débit biologique se fait sur la base d'une expertise qui synthétise plusieurs types de données. Ces éléments sont décrits ci-dessous puis récapitulés sur la Figure 3-2.

#### Courbe d'évolution de l'habitat en fonction du débit

La donnée maîtresse est l'élaboration d'une représentation de l'évolution de la qualité de l'habitat (via la Surface Pondérée Utile (SPU)) en fonction du débit. Cette représentation est obtenue grâce aux méthodes d'habitats, une modélisation de l'habitat en fonction de paramètres hydrauliques d'un secteur considéré (notamment largeur et surface mouillées). La courbe obtenue présente en général 3 parties présentées sur la Figure 3-2 :

1. Une zone de gain rapide ;
2. Une zone de gain régulier ;
3. Une zone de gain faible, de stabilité, et de régression.

On observe en général, un point de rupture/changement de pente assez net entre les zones 1 et 2 et moins bien défini entre les zones 2 et 3. Il faut noter que la Figure 3-2 constitue un exemple générique, et qu'à ce titre les positions relatives des valeurs hydrologiques peuvent varier en fonction des contextes locaux.

### **Hydrologie**

La connaissance de l'hydrologie naturelle et influencée est un autre élément essentiel. La position du QMNA5 naturel sur la courbe va permettre d'évaluer le potentiel naturel d'habitat de la rivière en étiage sévère qui peut être faible ou élevé. La position du QMNA5 influencé permettra de connaître l'état actuel du milieu. Enfin le positionnement du 1/10<sup>ème</sup> du module est un élément important de référence réglementaire.

### **Terrain**

La connaissance du terrain est un élément de confirmation important des résultats de modélisation. Les caractéristiques de la rivière doivent confirmer les formes des courbes obtenues.

### **Débit limite de franchissement**

Le débit limite de franchissement est le débit qui permet de maintenir sur les radiers ou les plats courants qui constituent les faciès limitant, une hauteur d'eau minimum qui garantit la circulation des poissons. Cette hauteur d'eau minimum varie selon les espèces et leurs stades de développement. Sa détermination nécessite de nombreuses observations de terrain en période d'étiage. Les observations réalisées dans le cadre des mesures (à deux débits d'étiage) sont trop ponctuelles pour permettre de proposer une valeur appropriée pour le débit de franchissement. Les hauteurs d'eau observées sur les secteurs de radier lors de la campagne de basses eaux seront mentionnées à titre indicatif dans l'analyse des résultats, mais celles-ci n'interviendront pas pour la détermination du débit biologique ou du débit de survie.

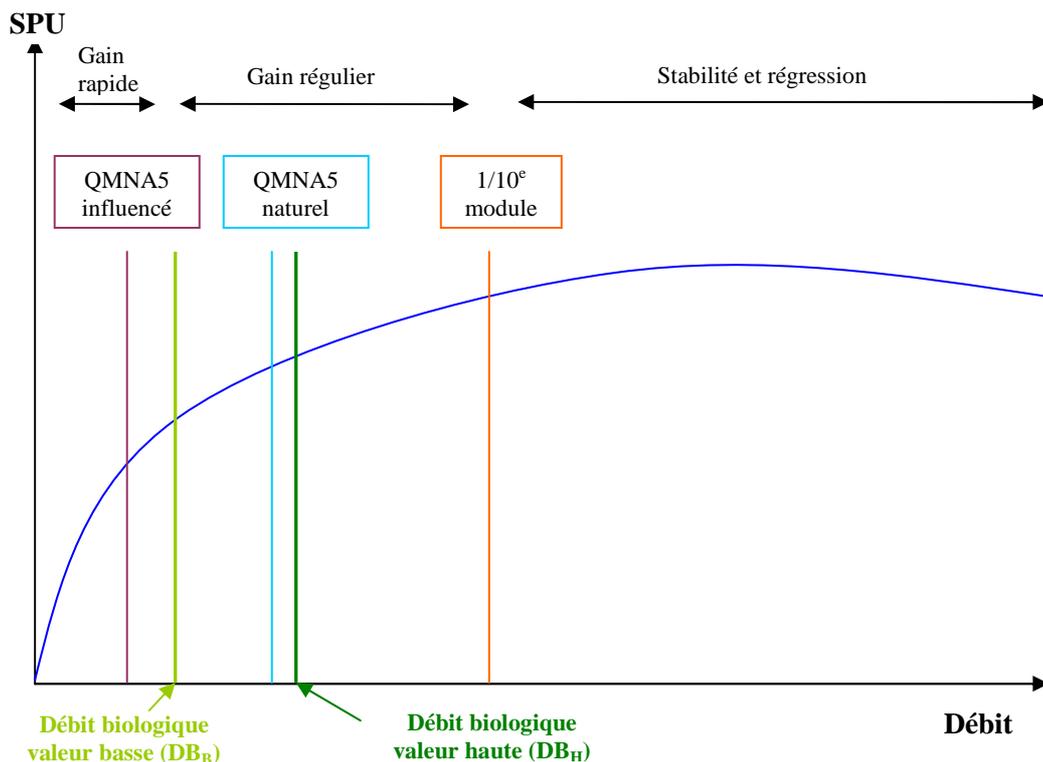


Figure 3-2 : Présentation des éléments pris en compte pour la détermination des DB

Sur la base de ces éléments, le  $DB_B$  est généralement défini autour du point de changement de pente entre la zone de gain rapide et la zone de gain régulier. Le  $DB_H$  est défini dans la zone de gain régulier, sans trop s'écarter toutefois du QMNA5, qui constitue le potentiel d'accueil naturel de la rivière en étiage sévère. Ces règles constituent un cadre général qui peut cependant varier selon les caractéristiques locales des stations considérées. Si les observations de terrain permettent d'estimer que les valeurs de débits proposées ne sont pas suffisantes d'un point de vue biologique (hauteur d'eau insuffisante sur les secteurs de radiers notamment), celles-ci seront corrigées de manière à garantir des conditions biologiques satisfaisantes pour les espèces considérées.

**En résumé, les modalités de définition des valeurs haute et basse de débit biologique sont les suivantes :**

- Par défaut, la valeur basse de débit biologique est située en limite supérieure de la zone d'accroissement rapide de la SPU pour l'espèce la plus exigeante. Si les observations de terrain montrent que cette valeur est insuffisante, la valeur de  $DB_B$  est augmentée de manière à respecter des conditions biologiques acceptables pour les populations piscicoles, ou est fixée au niveau du QMNA5 « naturel ».
- Par défaut, la valeur haute de débit biologique est fixée au niveau du QMNA5 « naturel », dans la mesure où cette valeur est cohérente avec le  $DB_B$ . Si la valeur de  $DB_B$  est supérieure ou égale au QMNA5 naturel, le  $DB_H$  est fixé à une valeur estimée permettant de satisfaire les besoins des espèces piscicoles cibles (potentiellement le débit auquel a été réalisée la mesure de basses eaux).

### 3.6 Éléments pris en compte pour la définition du débit biologique de survie

Le débit biologique de survie doit satisfaire, en étiage, les fonctionnalités biologiques du milieu en situation de survie à tout moment. Il est estimé sur la base d'un débit journalier. La note du groupe « gestion quantitative » du Bassin Rhône-Méditerranée de juillet 2011 propose, pour la définition du débit biologique de survie, « d'établir un indicateur basé sur la nécessité de circulation des espèces vers des zones refuges sans pertes massives. Cet indicateur peut se traduire par une hauteur d'eau critique, un débit correspondant, un nombre de jours limité d'acceptation de ce débit, une température de l'eau limite... Cette approche est également applicable pour les cours d'eau assecs, où seront rajoutés les critères de période, de durée et de linéaire d'assecs ».

Certains ces paramètres énoncés ci-dessus sont difficiles à estimer avec les données disponibles sur le bassin versant de la Tille. Ainsi, la définition de hauteurs d'eau critiques pour assurer la mobilité des espèces, tout comme la connaissance précise des caractéristiques des assecs nécessitent de disposer d'un suivi pluriannuel des conditions hydrauliques sur le bassin versant en étiage, ce qui n'est pas le cas (il n'existe pas de Réseau d'Observation des Crises d'Assecs (ROCA) ou équivalent sur le bassin versant de la Tille). Les observations de terrain réalisées lors de la mise en œuvre du protocole Estimhab ne peuvent constituer à elles seules une base suffisamment fiable pour en déduire un débit critique de franchissement (comme mentionné au paragraphe 3.5). Les seules informations disponibles sur les assecs sont issues d'études relativement anciennes, notamment l'étude du Service Régional d'Aménagement des Eaux (SRAE, aujourd'hui DREAL) de 1982 qui caractérise les assecs (étendue et période de retour) à Til-Châtel, Lux et Spoy en fonction des débits à Diénay et Crecey-sur-Tille.

De même l'absence de chroniques de température ne permet pas de définir de manière fiable de valeurs de débits seuils en dessous desquels l'échauffement du cours d'eau peut compromettre la survie des populations piscicoles en présence.

Ces constatations nous conduisent à proposer, comme évoqué dans la note du groupe « gestion quantitative » du Bassin Rhône-Méditerranée de juillet 2011, de baser la définition du débit de survie sur l'analyse croisée :

- ✓ Du débit biologique de valeur basse, potentiellement assimilable au débit de survie ;
- ✓ Et des calculs statistiques sur les valeurs journalières de débit naturel (désinfluencé des prélèvements), notamment le VCN3(5) et le VCN10(5).

**En résumé, la définition du débit de survie repose en premier lieu sur la valeur basse de débit biologique ( $DB_B$ ). Cette valeur sera revue à la hausse :**

- si des risques d'abaissement critique de la ligne d'eau ou d'échauffement des secteurs de mouilles (zones refuges) sont identifiés
- si la fréquence d'apparition d'un tel débit est faible au regard des chroniques passées (comparaison aux valeurs de VCN, évaluation du nombre de jours de franchissement de la valeur).

## 4

# Mise en œuvre du protocole Estimhab pour la détermination des débits biologiques

La mise en œuvre du protocole Estimhab passe par plusieurs étapes qui sont décrites ci-après, à savoir :

- ✓ Identification des stations d'étude ;
- ✓ Campagnes de terrain ;
- ✓ Saisie des données d'entrée dans le modèle d'habitat.

## 4.1 Localisation des stations d'étude

### 4.1.1 Principe

Il a été retenu dans le cadre de l'étude de déterminer des débits biologiques et des débits de survie sur 6 stations. Le nombre de stations peut paraître limitée au regard de la taille du territoire d'étude. Il convient donc de les positionner de manière pertinente.

Le choix de la localisation des stations d'étude repose sur l'analyse croisée de plusieurs paramètres :

- ✓ Le contexte morphologique du lit du cours d'eau, et notamment la conservation d'un aspect « naturel » autorisant la mise en œuvre du protocole ;
- ✓ L'absence de contraintes physiques rédhitratoires à la mise en œuvre du protocole, notamment l'existence d'assecs (impossibilité de réaliser des mesures) et l'influence d'ouvrages hydrauliques sur la ligne d'eau ;
- ✓ La proximité relative de stations hydrométriques permettant un suivi des débits dans le cours d'eau ;
- ✓ La pertinence de mise en œuvre du protocole vis-à-vis des enjeux socio-économiques en présence sur le bassin versant. Ainsi, la détermination d'un débit biologique en tête de bassin, où la pression sur la ressource est négligeable ne revêt que peu d'intérêt dans le cadre de la présente étude.

Une bonne connaissance du contexte piscicole est également nécessaire afin de déterminer les espèces repères qui pourront être utilisées dans la modélisation d'habitat pour déterminer les débits biologiques.

## 4.1.2 Identification des facteurs considérés pour la localisation des stations d'étude

### 4.1.2.1 Tronçons morphologiques homogènes

L'étude de restauration physique réalisée par SOGREAH sur le bassin versant de la Tille en 2010 a permis d'aboutir à une sectorisation de la Tille et de ses principaux affluents en 19 tronçons homogènes, tant du point de vue de leurs caractéristiques morphologiques que de leur qualité physique. Les tronçons ainsi déterminés sont présentés dans le Tableau 4-1.

Tableau 4-1 : Récapitulatif des tronçons morphologiques homogènes déterminés sur le bassin versant de la Tille (source : SOGREAH, 2010)

Masse d'eau principale	Rivière	Tronçon	Limite amont	Limite aval	Linéaire (en m)
Tille supérieure et Ignon	Tille	T1	Sources des Tilles	Confluence des Tilles aux Forges de Cussey	13450
		T2	Confluence des Tilles aux Forges de Cussey	Confluence avec l'Ignon à Til-Châtel	18100
	Creuse	Cre	Source	Confluence avec la Tille à Avot	6200
	Ignon	I1	Sources	Confluence avec la Riot à Frénois	15500
		I2	Confluence avec la Riot à Frénois	Confluence avec la Tille à Til-Châtel	31800
Riot	R	Source	Confluence avec l'Ignon à Frénois	2500	
Venelle	Venelle	V1	Source	Selongey	17700
		V2	Selongey	Véronnes	8800
		V3	Véronnes	Confluence avec la Tille à Lux	7000
Tille moyenne	Tille	T3	Confluence avec l'Ignon à Til-Châtel	Arc-sur-Tille	25000
		T4	Arc-sur-Tille	Confluence avec la Norges à Pluvet	17200
	Crône	Cro	Sources	Confluence avec la Tille à Pluvet	14000
Tille inférieure	Tille	T5	Confluence avec la Norges à Pluvet	Confluence avec Saône aux Maillys	13000
	Amison	A1	Sources	Longchamp	7400
		A2	Lonchamp	Confluence avec la Tille à Champdôtre	10100
Norges supérieure Norges inférieure	Norges	N1	Source	Saint-Julien	6600
		N2	Saint-Julien	Confluence avec le Bas-Mont à Coutemon	10600
		N3	Confluence avec le Bas-Mont à Coutemon	Confluence avec la Tille à Pluvet	16300
	Bas-Mont	BM	Source	Confluence avec la Norges à Coutemon	8000

Une carte des tronçons homogènes définis par SOGREAH (2010) est présentée sur la Figure 4-1.

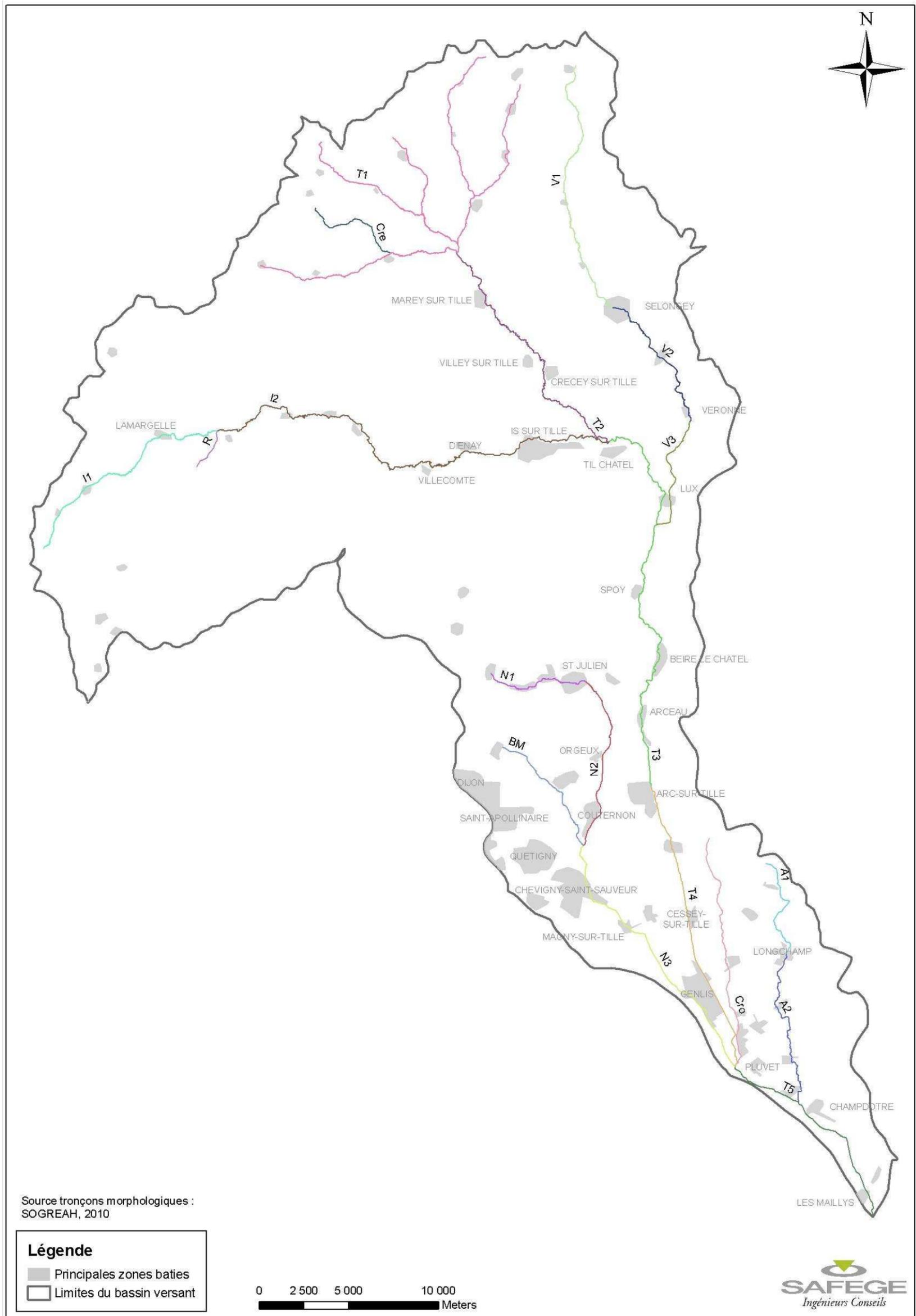


Figure 4-1 : Carte des tronçons homogènes définis par SOGREAH sur le bassin versant de la Tille

#### 4.1.2.2 Dégradation physique du lit

Le protocole Estimhab n'est pas approprié aux secteurs trop dégradés d'un point de vue morphologique. En effet, sur un profil de lit très uniforme, les variations des paramètres hydrauliques (surface et largeur mouillées) en fonction du débit sont moins importantes que sur des secteurs où l'on note une alternance de faciès.

La mise en œuvre du protocole Estimhab doit donc être privilégiée sur des secteurs où la qualité physique du milieu n'est pas trop dégradée : dans le cas d'une mise en œuvre sur un secteur très dégradé, il sera important d'en tenir compte pour l'analyse des résultats.

Cette problématique se pose particulièrement sur le bassin versant de la Tille, notamment sur la partie aval. En effet, sur ce secteur, la rivière a fait l'objet de nombreux aménagements et/ou recalibrages depuis le XVIII<sup>ème</sup> siècle. Il en résulte aujourd'hui des cours d'eau assez chenalisés, caractérisés par des berges raides et hautes et l'absence de connectivité entre les lits mineur et majeur.

La mise en œuvre du protocole Estimhab sera privilégiée, dans la mesure du possible, sur des secteurs où la qualité physique du milieu reste acceptable. Pour juger de ces aspects, la cartographie de la qualité physique des cours d'eau établie par SOGREAH (2010) est utilisée. La synthèse des résultats établie par SOGREAH est présentée sur la carte en Figure 4-2.

#### 4.1.2.3 Localisation des zones d'assecs

Le bassin versant de la Tille est soumis à des assecs naturels sévères sur plusieurs secteurs. Ces assecs sont liés à la présence de pertes dues à la nature karstique de la géologie locale. La pertinence de la détermination de débits biologiques sur les secteurs d'assecs naturels est nulle, d'une part car le protocole Estimhab y sera très difficilement applicable, d'autre part car le débit biologique ne pourra pas être maintenu quels que soient les niveaux de prélèvements à l'amont. L'application des débits biologiques et des débits de survie dans les secteurs sous influence de zones de pertes devra être menée avec la plus grande prudence, en tenant compte du déficit quantitatif lié à l'existence de conditions hydrogéologiques particulières. Les secteurs visés, localisés sur la Figure 4-2, sont :

- ✓ le secteur de l'Ignon à l'amont de Villecomte ;
- ✓ le secteur de la Tille entre Til-Chatel et Beire-le-Chatel ;
- ✓ le secteur de la Venelle à l'aval de Lux.

Le Service Régional d'Aménagement des Eaux (SRAE, aujourd'hui DREAL) a produit en 1982 un rapport sur les caractéristiques des étiages de la Tille, où il décrit qualitativement les étiages sur la Tille et la Venelle :

- ✓ La Venelle montre des infiltrations graduelles à partir de Selongey tant en étiage qu'en crue et se perd totalement [...] à l'amont immédiat de Lux. Seules les fortes crues ne peuvent être absorbées.
- ✓ Sur la Tille, les infiltrations sont sensibles à l'aval immédiat de Crecey-sur-Tille, la rivière pouvant s'assécher périodiquement en étiage au niveau des forges de

Til-Châtel. Ce n'est qu'entre Beire-le-Châtel et Fouchanges que la Tille reprend un écoulement de surface (drainage de la nappe de la Tille moyenne).

Des compléments sur les caractéristiques des assecs de la Tille, pour lesquels des données sont disponibles, sont présentés au paragraphe 5.9.

#### **4.1.2.4 Secteurs influencés par les ouvrages**

La méthodologie du protocole Estimhab stipule que les mesures ne doivent pas être mises en œuvre sur une station dont plus de 40% de la longueur est sous l'influence d'un ouvrage hydraulique. Sur le bassin versant de la Tille, où de nombreux ouvrages liés aux anciennes activités de moulinage existent, la localisation des stations d'étude doit donc être minutieusement étudiée afin de satisfaire à ce prérequis. L'étude SOGREAH de 2010 a identifié les zones influencées par les ouvrages hydrauliques sur le bassin versant. Les secteurs sous influence d'ouvrages hydrauliques sont présentés sur la carte en Figure 4-2.

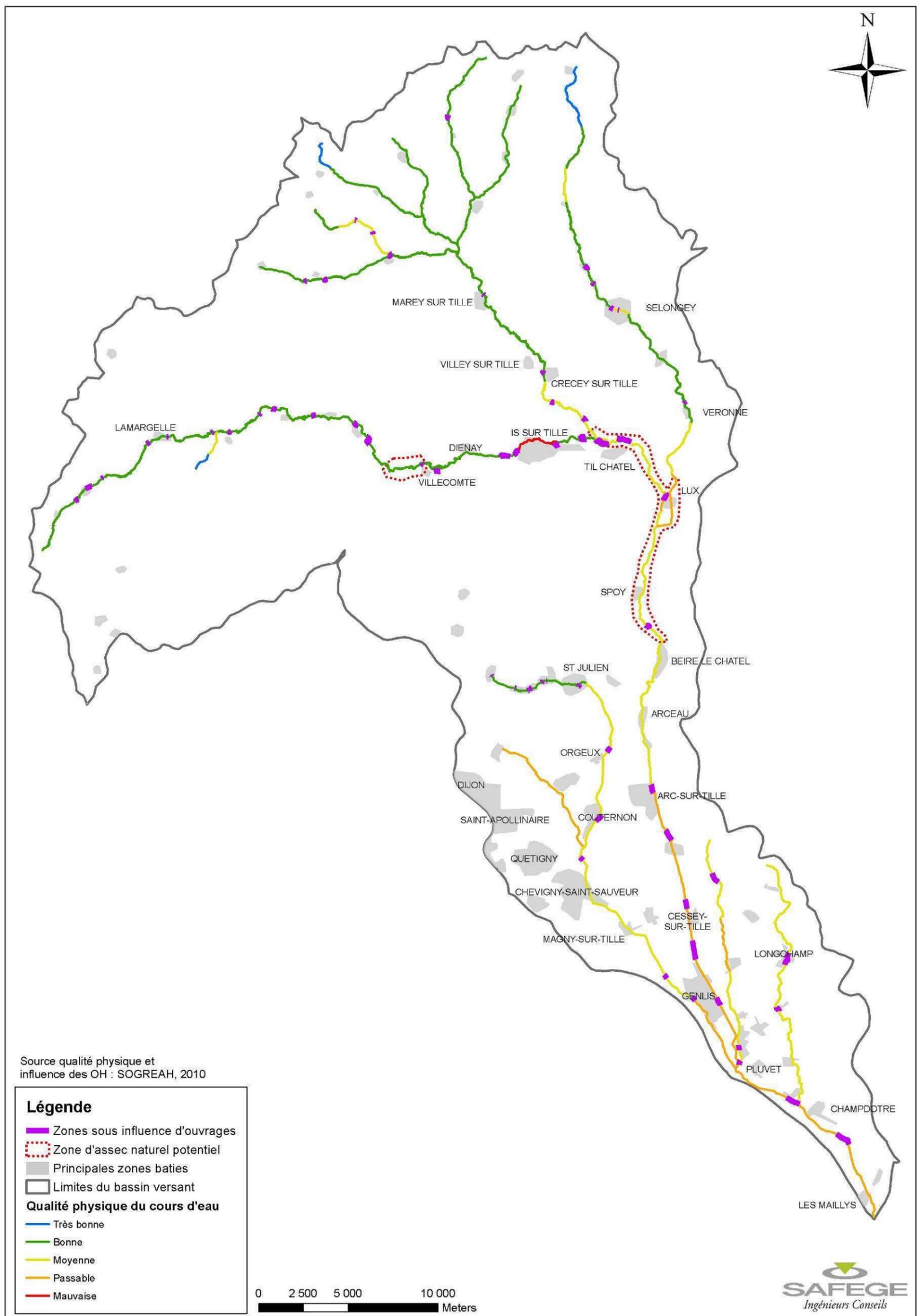


Figure 4-2 : Carte de synthèse des facteurs physiques à intégrer pour la localisation des stations de détermination des débits biologiques

#### 4.1.2.5 Dispositif de suivi quantitatif existant sur le bassin versant

La localisation des stations où seront déterminés les débits biologiques doit s'inscrire dans une optique de gestion de la ressource dans le futur, pouvant s'appuyer sur des dispositifs de mesure (stations hydrométriques). L'hydrologie d'étiage est généralement bien connue au droit des stations hydrométriques existantes, qu'il s'agisse du régime influencé (via l'analyse des données mesurées aux stations hydrométriques dans le passé) ou du régime désinfluencé (via l'analyse menée en phase 3 de la présente étude). En disposant de mesures fiables à proximité des stations de détermination des débits biologiques, on s'assure :

- ✓ De la disponibilité de données hydrologiques pouvant être utilisées comme éléments de comparaison pour assurer la détermination des débits biologiques et des débits de survie ;
- ✓ De la possibilité de vérifier le bon respect des débits objectifs d'étiage et des débits de crise définis au cours de la présente phase de l'étude dans le futur.

Le réseau des stations hydrométriques est particulièrement dense sur le bassin versant de la Tille, puisqu'on compte 13 stations en activité. Les caractéristiques de ces stations sont décrites dans le rapport de phase 3. Quelques unes des stations hydrométriques du bassin versant sont utilisées comme points de référence pour le suivi quantitatif sur le bassin versant :

- ✓ Les stations de la Tille à Crecey-sur-Tille (U1204010) et de la Tille à Arceau (U1224010) servent de support à la gestion des situations de sécheresse par le comité sécheresse piloté par la Préfecture de Côte-d'Or (dispositifs d'alerte et de crise entraînant des restrictions sur les usages) ;
- ✓ Les stations de la Tille à Arceau (U1224010) et de la Tille à Champdôte (U1244040) sont inscrites comme points nodaux<sup>2</sup> dans le SDAGE Rhône-Méditerranée.

La possibilité de déterminer les débits biologiques et les débits de survie sur ces sites – ou à proximité – est à privilégier pour assurer la cohérence des résultats de la présente étude avec le cadre institutionnel et réglementaire existant. La carte présentée en Figure 4-3 synthétise la localisation des stations hydrométriques en activité et des points de référence décrits ci-dessus sur le bassin versant.

---

<sup>2</sup> Les points nodaux décrits dans le SDAGE sont des points de repère sur lesquels doivent être définis des objectifs de quantité dans le temps et dans l'espace. A ce titre, ils constituent les sites repères sur lesquels est vérifiée la bonne atteinte des objectifs fixés par le SDAGE. Les points nodaux regroupent les principaux points de confluence et les autres points stratégiques de référence. Ces derniers sont implantés seulement dans les bassins présentant un déficit chronique constaté, ce qui est le cas du bassin versant de la Tille.

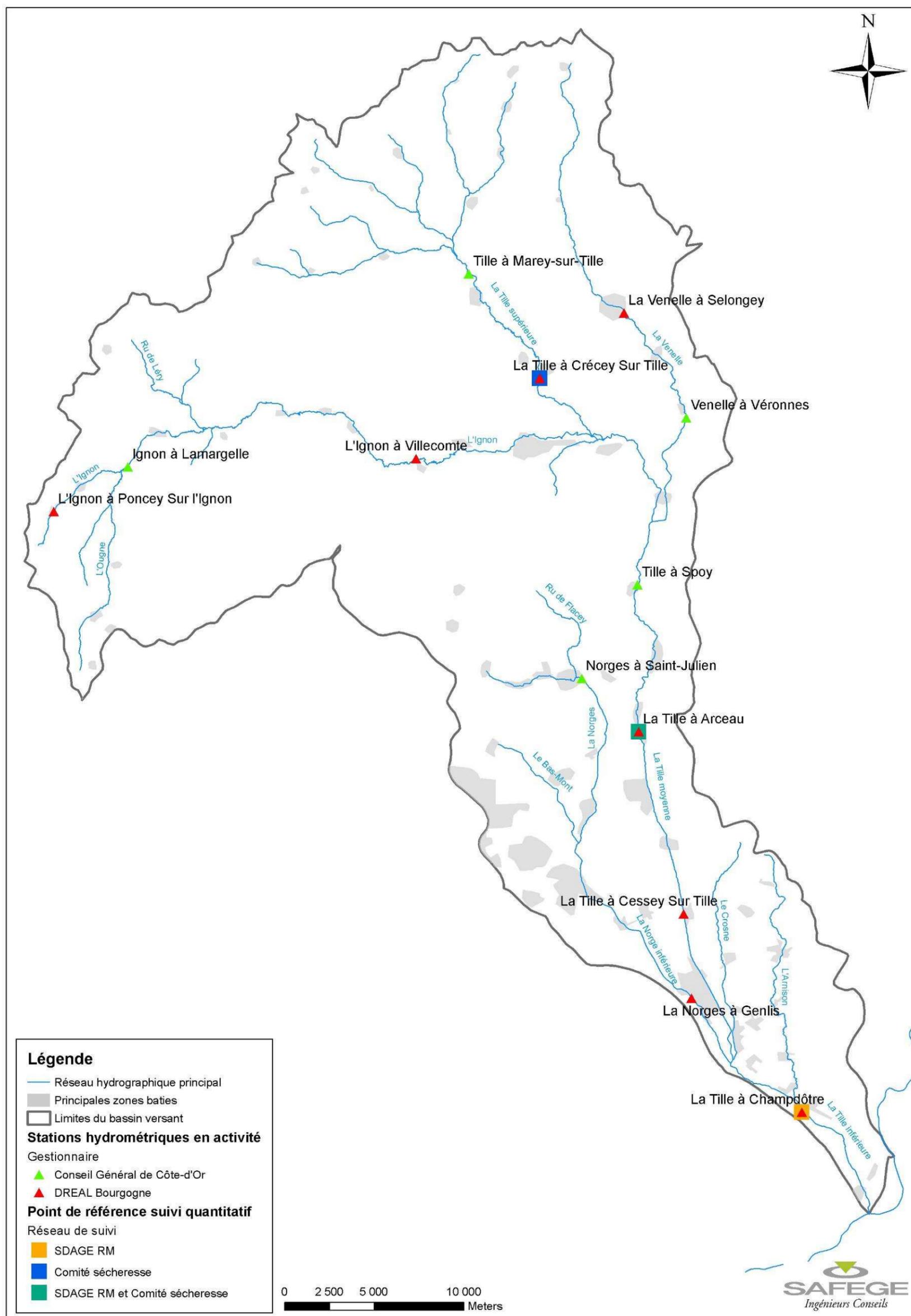


Figure 4-3 : Carte de synthèse des dispositifs du suivi quantitatif sur le bassin versant de la Tille

#### 4.1.2.6 Identification des zones à enjeux

La répartition des enjeux sur le bassin versant et des prélèvements et rejets associés est assez inégale sur le bassin versant : la partie amont du bassin versant est relativement peu soumise aux prélèvements, hormis localement pour l'alimentation en eau potable. A l'inverse, la partie aval du bassin versant, du fait des fortes concentrations de population dans l'est de l'agglomération dijonnaise et de la pression agricole élevée sur la plaine alluviale de la Tille, est nettement plus sollicitée en terme d'usages de l'eau.

La détermination de débits biologiques conditionnant la définition des débits objectifs d'étiage et des volumes prélevables, il est préférable de la mettre en œuvre sur des secteurs où les enjeux sont importants. Les analyses menées dans le cadre des phases précédentes (reconstruction des chroniques temporelles de prélèvement/rejet et calcul de l'hydrologie désinfluencée) permettent de localiser les secteurs où sont localisés les enjeux, notamment en terme de prélèvements au milieu.

La répartition des volumes annuels prélevés et rejetés au milieu en 2006 (potentiellement considérée par le Comité de Pilotage de l'étude comme « année de référence » sur la période 2000-2009) par sous bassins versants est présentée sur la carte en Figure 4-4.

Il apparaît clairement que les niveaux de prélèvements et de rejets sont nettement plus significatifs sur la partie aval du bassin versant (aval de la confluence Tille-Venelle). A ce titre, la détermination des débits biologiques sera privilégiée sur ce secteur. Sur l'amont du bassin versant, les niveaux de prélèvements sur les trois sous bassins versants de tête de bassin – Igon, Tille supérieure et Venelle – sont nettement plus importants sur les deux premiers cités. A ce titre, il paraît pertinent de privilégier ces sous bassins versants pour la détermination de valeurs de débit biologique au détriment du sous bassin versant de la Venelle.

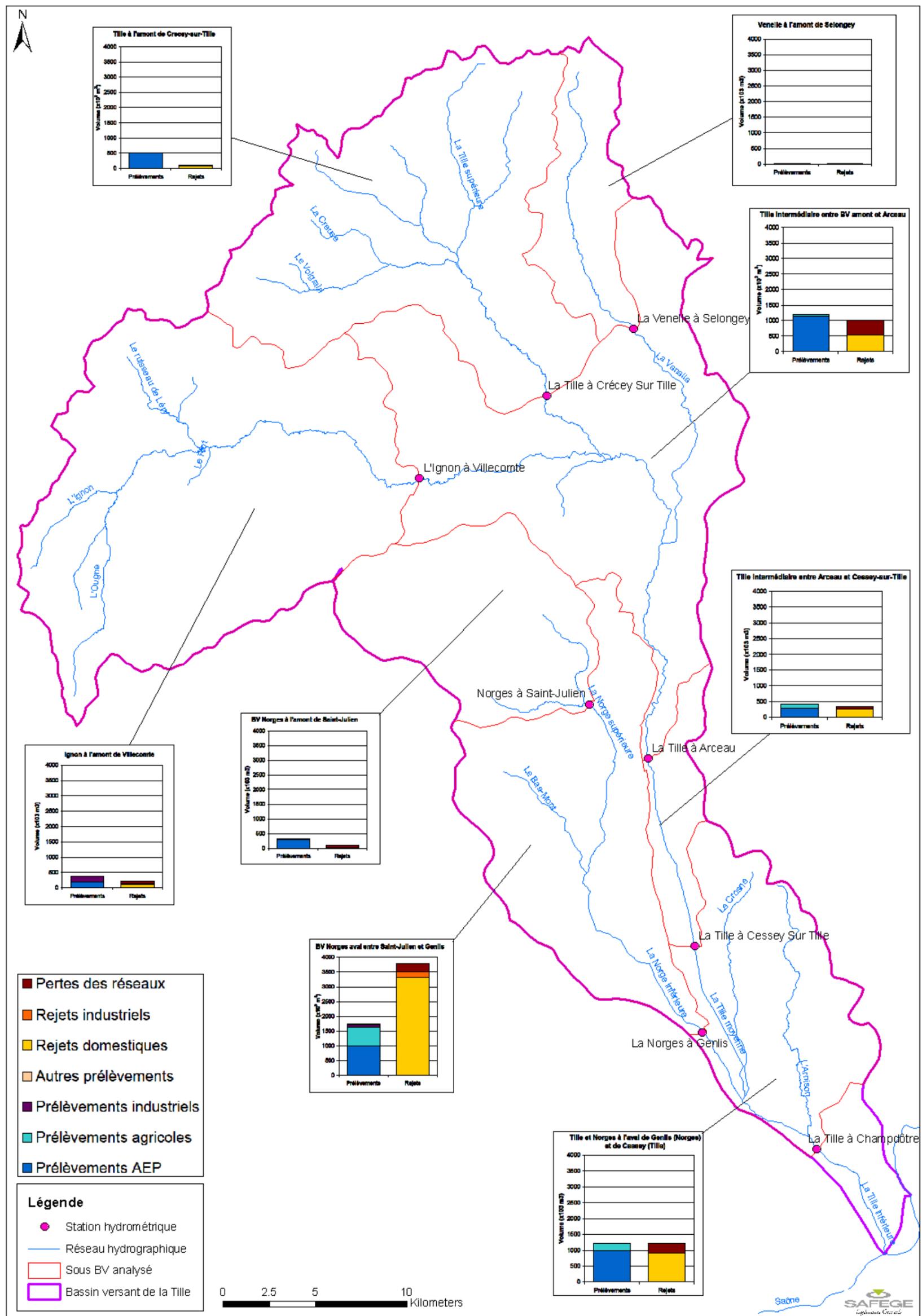


Figure 4-4 : Synthèse du bilan annuel prélèvements / rejets pour l'année 2006 par sous bassin versant

#### 4.1.2.7 Rappel sur le contexte piscicole

Le Tableau 4-2 rappelle l'état du patrimoine piscicole sur différents tronçons du bassin versant de la Tille tel que défini dans le PDPG de Côte d'Or en 1998. Les données présentées dans ce tableau sont confirmées par les résultats des inventaires piscicoles réalisés par l'ONEMA entre 2007 et 2009 sur le bassin versant.

**Tableau 4-2 : Bilan de l'état du patrimoine piscicole du bassin versant de la Tille (source : PDPG Côte d'Or, 1998)**

Cours d'eau	Tronçon concerné	Contexte	Espèce repère	Conformité des fonctions			Espèces représentées
				Reproduction	Éclosion	Croissance	
Tille	Tilles jusqu'à Crecey s/ Tille	Salmonicole conforme	Truite	Conforme	Conforme	Conforme	BLN, CHA, CHE, GOU, LPP, LOF, TRF, VAI, GAR
Ignon	Ignon et affluents jusqu'à Is s/ Tille	Salmonicole conforme	Truite	Perturbé	Conforme	Perturbé	BLN, CHA, LPP, LOF, TRF, BAI, OBR
Ougne	Ougne	Salmonicole perturbé	Truite	Perturbé	Perturbé	Perturbé	TRF, CHE, BLN, GOU, VAI, LOF
Tille & Ignon	Tille de Crecey à Genlis, Ignon à l'aval d'Is s/ Tille	Salmonicole perturbé	Truite	Dégradé	Dégradé	Dégradé	TRF, LOF, VAI, ROT, PER, BLN
Tille	Tille de Genlis à confluence	Cyprinicole dégradé	Brochet	Dégradé	Dégradé	Dégradé	HOT, GOU, BLN, GAR, BAF, CHE, LOT, VAI, PER, BRO, CHE, BLA, BOU, BRO, CHE, BLA, BOU, EPI, LOF, TAN
Norges	Norges de la source à Couternon, la Flacière, Fontaine aux Lions	Salmonicole conforme	Truite	Perturbé	Conforme	Conforme	TRF, CHA, CHE, VAN, GOU, LOF, VAI, LPP
Norges	Aval de Couternon et affluents	Cyprinicole dégradé	Truite	Perturbé	Dégradé	Dégradé	TRF, VAI, LOF, LPP, CHA, GOU, BLA

### **4.1.3 Localisation des stations retenues pour la mise en œuvre du protocole Estimhab**

Le choix des 6 secteurs sur lesquels déterminer les débits biologiques est basé sur les éléments décrits précédemment. Une synthèse qualitative du croisement des analyses menées est présentée dans le Tableau 4-3. Les tronçons exclus du fait de la faible pertinence vis-à-vis des objectifs de l'étude (faibles niveaux de prélèvements et/ou faible représentativité du bassin versant) sont surlignés en rouge, ceux présentant un intérêt particulier mais non retenus sont surlignés en orange (avec une justification du choix de les écarter), et ceux retenus en vert.

Par la suite, la localisation précise des stations sur les tronçons d'analyse retenus a été discutée lors d'une réunion d'échanges avec les membres du secrétariat technique de l'étude le 1<sup>er</sup> octobre 2010. Ces échanges ont permis d'identifier six stations d'étude pertinentes. Toutes les stations ont ensuite été validées par une reconnaissance de terrain réalisée avec les personnels de l'EPTB Saône-Doubs le 11 octobre 2010.

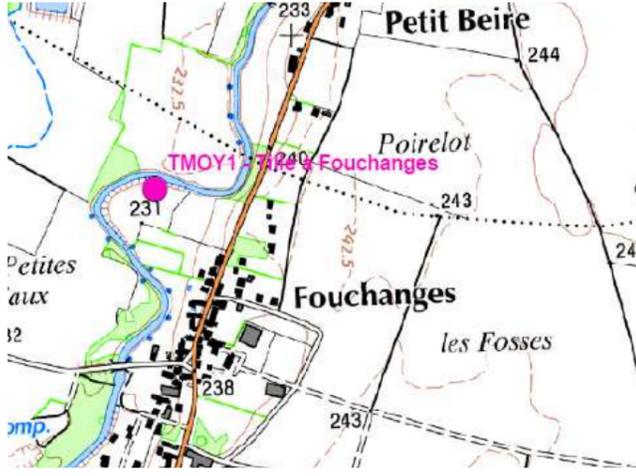
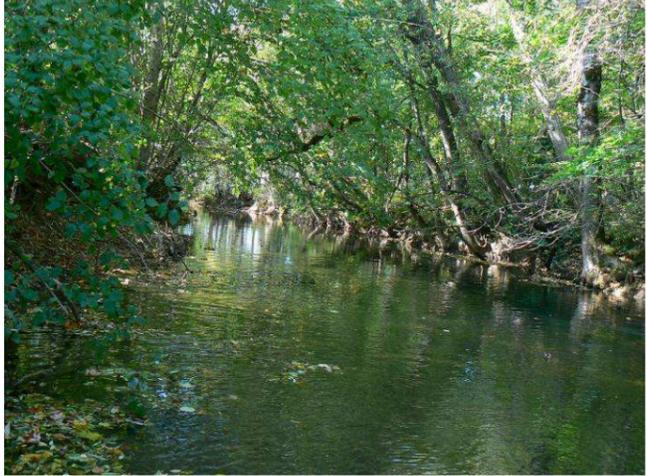
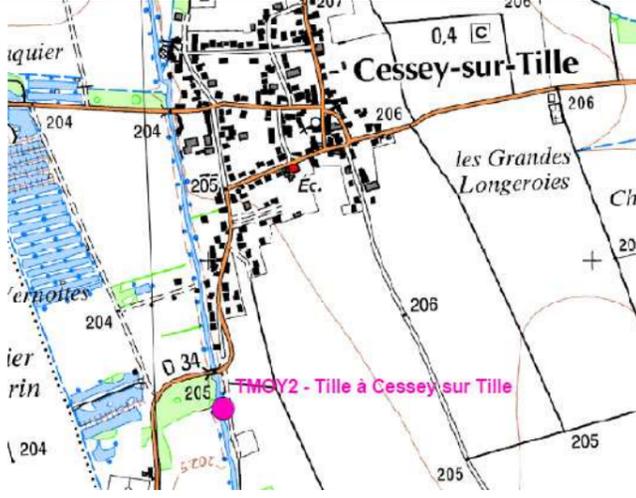
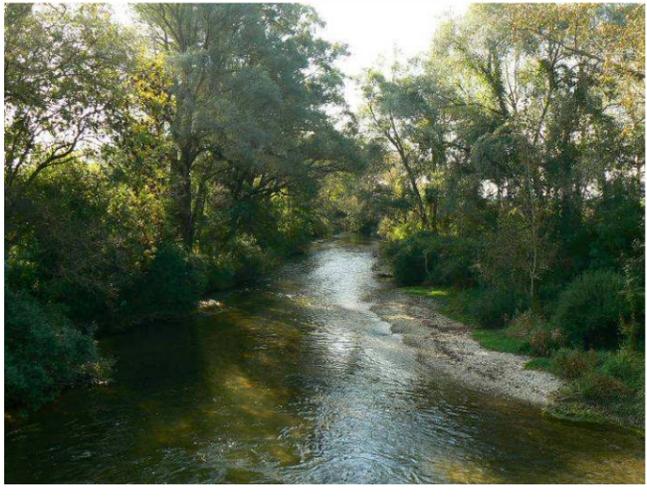
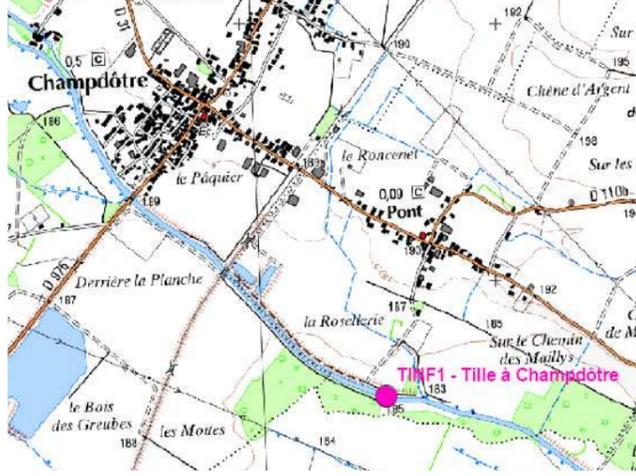
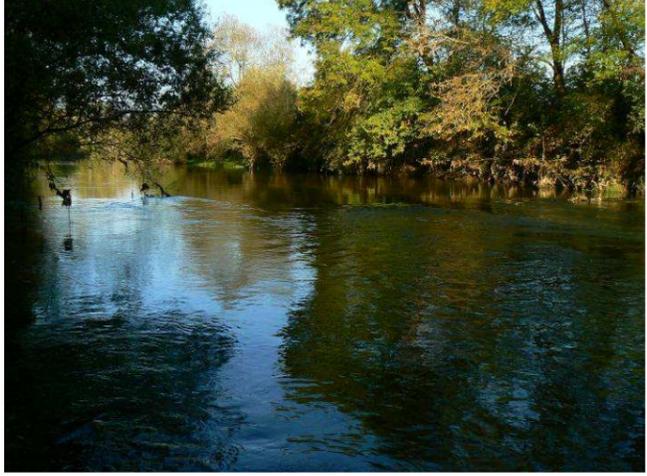
Les caractéristiques des stations retenues pour la détermination des débits biologiques – et donc pour le déploiement du protocole Estimhab – sont décrites dans le Tableau 4-4. La localisation des stations sur le bassin versant est présentée sur la carte en Figure 4-5.

Tableau 4-3 : Synthèse et croisement des éléments pour la détermination des tronçons morphologiques homogènes où sont déterminés les DB et les DS

Cours d'eau	Tronçon morphologique homogène	Contexte piscicole	Espèce repère	Qualité physique	Existence d'assec naturels	Pertinence / enjeux de l'étude (existence prélèvements ?)	Pertinence / réseau de suivi quantitatif existant (Existence stations ? Longueur chronique ?)	Remarques
Tille	T1	Salmonicole	Truite fario	Très Bonne à Bonne	Non	Faible	Faible	
Tille	T2	Salmonicole	Truite fario	Bonne à Moyenne	Oui (aval)	Moyenne	Forte	
Tille	T3	Salmonicole	Truite fario	Moyenne à Passable	Oui (amont)	Forte	Forte	
Tille	T4	Salmonicole	Truite fario	Passable	Non	Forte	Forte	
Tille	T5	Cyprinicole	Brochet	Passable	Non	Forte	Forte	
Creuse	Cre	Salmonicole	Truite fario	Bonne à moyenne	Non	Faible	Faible	
Venelle	V1	Salmonicole	Truite fario	Très Bonne à Moyenne	Non	Faible	Forte	
Venelle	V2	Salmonicole	Truite fario	Bonne à moyenne	Non	Faible	Forte	Non retenu car peu d'enjeux sur le BV Venelle
Venelle	V3	Salmonicole	Truite fario	Moyenne à Passable	Oui (aval)	Moyenne	Moyenne	Non retenu car peu d'enjeux sur le BV Venelle
Ignon	I1	Salmonicole	Truite fario	Bonne	Non	Moyenne	Moyenne	Non retenu car tronçon I2 préféré (permet analyse plus globale sur le BV Ignon)
Ignon	I2	Salmonicole	Truite fario	Bonne à Mauvaise	Oui	Moyenne	Forte	
Norges	N1	Salmonicole	Truite fario	Bonne	Non	Moyenne	Moyenne	Non retenu car peu d'enjeux sur partie amont du BV Norges
Norges	N2	Salmonicole	Truite fario	Moyenne	Non	Moyenne	Moyenne	
Norges	N3	Cyprinicole	Brochet	Moyenne à Passable	Non	Forte	Forte	Non retenu car difficile de mettre en œuvre protocole Estimhab (problème de qualité physique)
Bas Mont	BM	Salmonicole	Truite fario	Passable	Non	Forte	Faible	Non retenu car manque de données hydrologiques difficile de mettre en œuvre protocole Estimhab
Crosne	Cro	Inconnu	Truite fario	Moyenne à Passable	Non	Forte	Faible	Non retenu car manque de données hydrologiques
Arnison	A1	Inconnu	Truite fario	Moyenne	Non	Forte	Faible	Non retenu car manque de données hydrologiques
Arnison	A2	Inconnu	Truite fario	Moyenne	Non	Forte	Faible	Non retenu car manque de données hydrologiques

Tableau 4-4 : Description des stations retenues pour la mise en œuvre du protocole Estimhab

Code Station	Rivière / Site	Largeur plein bord (m)	Vitesse estimée (m/s) à l'étiage	Caractéristiques générales	Localisation	Photo
IGNO1	Ignon à Diénay	18 m	0,5 m/s	Belle hétérogénéité de faciès et de vitesses. Granulo relativement hétérogène. Peu de ripisylve (quelques saules). Vieux enrochements du lit encore visibles.		
NORG1	Norges à Orgeux	7 m	0,4 m/s	Granulométrie fine et vase. Alternance de mouilles et radiers. Berges plutôt escarpées. Ripisylve dense.		
TSUP1	Tille à Villey-sur-Tille	9 m	0,4 m/s	Alternance mouilles / radiers, profils de vitesse variables pour chaque section. Berges plutôt encaissées. Ripisylve arbustive et arborée.		

<p>TMOY1</p>	<p>Tille à Fouchanges</p>	<p>15 m</p>	<p>0,3 m/s</p>	<p>Relativement calme et plat, plutôt homogène en terme de vitesses. Granulométrie relativement hétérogène. Berges très encaissées, accès à la rivière « difficile ». Ripisylve arbustive et arborée plutôt dense.</p>		
<p>TMOY2</p>	<p>Tille à Cessey-sur-Tille</p>	<p>15 m</p>	<p>0,4 m/s</p>	<p>Station située à l'aval du pont, à l'aval du seuil de stabilisation de l'ouvrage. Granulométrie assez homogène. Berges plutôt encaissées mais existence d'une plage de dépôts en RD. Présence d'une ripisylve arbustive / arborée plutôt dense.</p>		
<p>TINF1</p>	<p>Tille à Champdôtre</p>	<p>20 m</p>	<p>0,4 m/s</p>	<p>Lit large, profils de vitesse plutôt homogènes. Profil de lit peu variable (légères incisions et légers remous créés par des blocs). Présence de végétation en fond de lit. Berges hautes (environ 2.5m)</p>		

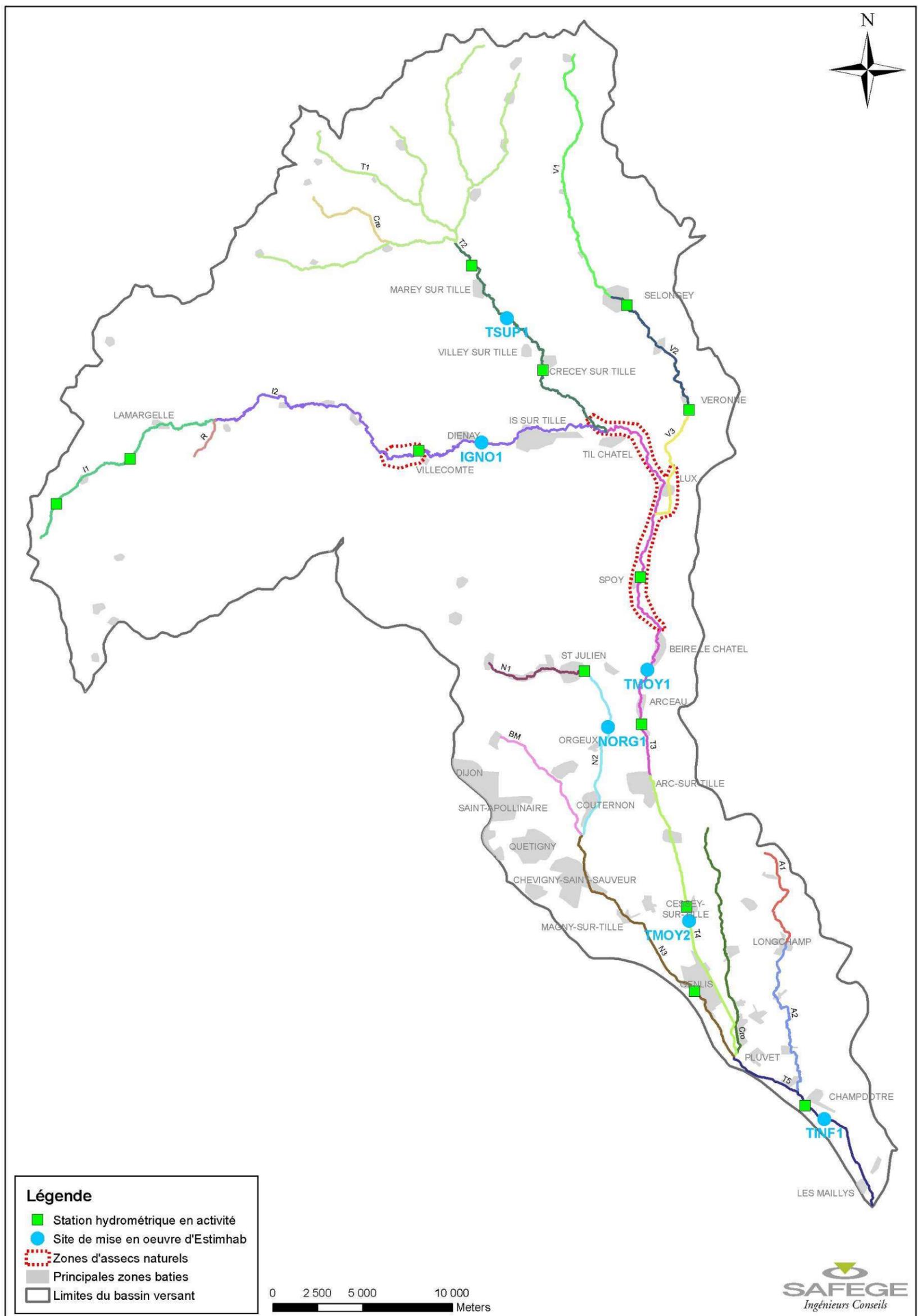


Figure 4-5 : Carte de localisation des stations retenues pour la mise en œuvre du protocole Estimhab

## 4.2 Campagnes de terrain

Le protocole Estimhab nécessite de strictes conditions de débits pour les deux campagnes. Trois campagnes ont été nécessaires afin de respecter ces conditions de débit sur l'ensemble des stations :

- ✓ 30-31 Mars 2011 (campagne moyennes eaux n°1) ;
- ✓ 20-21 Avril 2011 (campagne moyennes eaux n°2) ;
- ✓ 2-4 Juillet 2011 (campagne basses eaux).

Les 3 campagnes de terrain ont permis de respecter les conditions de débits (telles que décrites au paragraphe 3.3) sur toutes les stations. Les écarts sont la plupart du temps bien supérieurs à la limite minimale requise, garantissant ainsi une bonne qualité de modélisation. Il apparaît au dépouillement des données que toutes les stations présentent des données exploitables relativement au champ d'application du protocole Estimhab.

Une comparaison des débits jaugés dans le cadre des mesures du protocole Estimhab ont été comparées aux débits journaliers mesurés aux stations hydrométriques de la Banque Hydro et du CG21 les plus proches des sites d'étude. Les résultats de cette comparaison sont présentés dans le Tableau 4-5.

**Tableau 4-5 : Comparaison des débits jaugés lors des campagnes Estimhab et des débits journaliers aux stations hydrométriques les plus proches**

Station Estimhab	Station hydrométrique retenue pour comparaison	Q1 jaugeage (m <sup>3</sup> /s)	Q1 station hydro (m <sup>3</sup> /s)	Écart relatif Q1	Q2 jaugeage (m <sup>3</sup> /s)	Q2 station hydro (m <sup>3</sup> /s)	Écart relatif Q2
Ignon à Diénay	N/A	0.521	N/A	N/A	1.59	N/A	N/A
Tille à Villey-s/-Tille	Tille à Crecey-sur-Tille	0.153	0.156	2%	0.899	0.956	6%
Tille à Fouchanges	Tille à Arcelot	0.083	0.227	63%	2.33	2.52	8%
Tille à Cessey-s/-Tille	Tille à Cessey-sur-Tille	0.282	0.213	-32%	3.02	2.52	-20%
Tille à Champdôtre	Tille à Champdôtre	0.713	0.786	9%	7.459	6.77	-10%
Norges à Orgeux	Norges à Saint-Julien	0.106	0.094	-13%	0.773	0.782	1%

Les valeurs présentées dans le tableau ci-dessus indiquent pour la plupart des stations une bonne cohérence (écart entre les débits inférieurs ou voisins de 10%) entre les débits jaugés sur les stations Estimhab et les débits journaliers mesurés aux stations hydrométriques voisines. Des écarts supérieurs à 10% sont notés sur le site de Cessey-sur-Tille, les écarts étant respectivement de 20% et 32% pour la mesure de

moyennes eaux (Q2) et de basses eaux (Q1). Cependant, la cohérence des écarts constatés sur les deux campagnes de mesures ne compromettent pas la qualité des jaugeages, et donc des valeurs d'entrée du modèle d'habitats.

Il faut également noter que les conditions de jaugeage sur le site de Fouchanges lors de la campagne de basses eaux (vitesses très faibles) n'ont pas permis d'obtenir une valeur de débit cohérente avec celle mesurée à la station hydrométrique d'Arcelot, pourtant située quelques centaines de mètres à l'aval. Afin de ne pas dégrader la qualité des résultats, il a été retenu d'utiliser le débit moyen journalier mesuré le jour de la mesure à la station hydrométrique de la Tille à Arcelot comme débit de la Tille sur le site de Fouchanges.

### **4.3 Saisie des données d'entrée de la modélisation**

Les valeurs de mesures de terrain ont été saisies dans un classeur Estimhab spécifique à chaque station d'étude. A partir des données de jaugeage et des données physiques (hauteurs, largeurs, granulométrie) mesurées, les paramètres d'entrée de la modélisation Estimhab ont été déterminés, à savoir :

- ✓ Débits jaugés à pour les campagnes basses eaux (Q1) et moyennes eaux (Q2) ;
- ✓ Hauteurs d'eau moyennes à Q1 et Q2 ;
- ✓ Largeurs moyennes du cours d'eau à Q1 et Q2 ;
- ✓ Granulométrie moyenne sur le tronçon d'étude.

Les données d'entrée de la modélisation d'habitats sous Estimhab sont récapitulées dans le Tableau 4-6.

Tableau 4-6 : Synthèse des données d'entrée de la modélisation d'habitats

Nom station	Code station	Nbre de transects	Écart entre transects (m)	Longueur station (m)	Date mesure	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Largeur (m)	Hauteur (m)	Taille substrat (m)
Ignon à Diénay	IGNO1	15	18	270	04/07/2011	0,521	13,13	0,569	0,041
					21/04/2011	1,59	14,67	1,284	
Norges à Orgeux	NORG1	16	7	112	03/07/2011	0,106	5,41	0,235	0,089
					31/03/2011	0,773	6,34	0,426	
Tille à Villey-sur-Tille	TSUP1	17	9	153	04/07/2011	0,153	7,76	0,38	0,04
					21/04/2011	0,899	8,28	0,51	
Tille à Fouchanges	TMOY1	15	15	225	03/07/2011	0,083	11,36	0,483	0,061
					20/04/2011	2,33	12,94	0,666	
Tille à Cessey-sur-Tille	TMOY2	15	15	225	02/07/2011	0,282	9,61	0,312	0,02
					20/04/2011	3,02	11,64	0,496	
Tille à Champdôtre	TINF1	16	20	320	03/07/2011	0,713	17,6	0,23	0,017
					31/03/2011	7,46	19,7	0,77	

## 4.4 Contrôle qualité a posteriori

Le guide méthodologique Estimhab précise qu'un « contrôle qualité » a posteriori peut être exercé sur les données. Ce contrôle repose sur les l'analyse des paramètres suivants :

- ✓ Les hauteurs et largeurs mesurées sont généralement supérieures au débit le plus fort ;
- ✓ Les exposants de géométrie hydraulique (exposants reliant la largeur et la hauteur au débit) varient généralement entre 0 et 0,3 pour la largeur et 0,2 et 0,6 pour la hauteur ;
- ✓ Les valeurs de hauteurs et de largeurs au débit médian (Q50) doivent être réalistes. Le nombre de Froude à Q50 est généralement entre 0 et 0,5.

Les hauteurs et largeurs moyennes à Q2 sont supérieures à celles calculées à Q1 pour l'ensemble des stations d'étude (Tableau 4-6). Une synthèse des autres paramètres du « contrôle qualité » décrit ci-dessous est présentée dans le Tableau 4-7.

**Tableau 4-7 : Synthèse des paramètres du « contrôle qualité » a posteriori sur les mesures Estimhab**

Station Estimhab	Exposant géométrie hydraulique - Largeur	Exposant géométrie hydraulique - Hauteur	H à Q50 (m)	L à Q50 (m)	Nbre Froude à Q50
Ignon à Diénay	0.099	0.078	0.622	16.407	0.195
Tille à Villey-sur-Tille	0.037	0.164	0.603	8.590	0.066
Tille à Arceau	0.056	0.138	0.778	13.783	0.243
Tille à Cessey-sur-Tille	0.081	0.196	0.581	12.429	0.394
Tille à Champdôtre	0.048	0.515	0.940	20.071	0.192
Norges à Orgeux	0.080	0.299	0.386	6.174	0.120

Les paramètres listés dans le tableau sont conformes aux valeurs recommandées, hormis pour l'exposant hauteur sur les sites de Diénay, Villey et Arceau. Le fait que la valeur de l'exposant soit inférieure à 0,2 est représentatif du caractère relativement chenalisé des lits des cours, et des faibles variations de hauteurs avec le débit. Ces paramètres ne remettent cependant pas en cause la qualité des résultats de la modélisation (la valeur 0,2 étant plus une valeur guide qu'une valeur discriminante).

## 5

# Résultats de la modélisation et détermination des DB et des DS

## 5.1 Préambule sur les valeurs caractéristiques d'étiage utilisées pour la comparaison avec les DB et DS

Les valeurs caractéristiques d'étiage utilisées comme éléments de comparaison dans les paragraphes ci-dessous sont celles issues de l'analyse présentées dans le rapport de Phase 3. A ce titre, elles sont calculées sur la période 2001-2009, période sur laquelle a été réalisée la reconstitution du cycle hydrologique désinfluencé des prélèvements et des rejets.

Elles diffèrent donc des valeurs calculées au droit de chaque station hydrométrique sur l'ensemble de la chronique disponible des débits mesurés (et présentées sur la Banque Hydro). La comparaison des valeurs montre que les valeurs caractéristiques d'étiage sur la période 2001-2009 sont généralement inférieures de 5 à 15% de celles calculées sur l'ensemble des chroniques disponibles. Pour les stations de Villecomte et de Cessey-sur-Tille, les valeurs de QMNA5 calculées sur 2001-2009 sont inférieures de plus de 25% de celles calculées sur l'ensemble de la chronique disponible.

Pour la station de Diénay, les valeurs caractéristiques d'étiage présentées ci-après sont celles calculées à la station de Diénay sur sa chronique disponible, soit de 1972 à 1987. En effet, l'absence de corrélation pertinente entre les stations de Diénay et de Villecomte pour leur période d'ouverture commune (1986-1987) sur toute la gamme des débits observable ne permet pas de dériver les débits à Diénay de ceux mesurés à Villecomte. Les valeurs caractéristiques d'étiage présentées sont donc indiquées comme élément de comparaison (en terme d'ordre de grandeur, et pas de valeurs absolues) avec les débits biologiques.

## 5.2 Ignon à Diénay

### 5.2.1 Détermination du débit biologique

#### 5.2.1.1 Présentation de la station

La station d'étude est située à l'aval du village de Diénay. Sur ce secteur, des alternances de faciès marquées sont identifiables, avec environ 40% de mouilles, 40% de plats courants et 20% de radiers. La ripisylve est quasiment absente sur la station d'étude. Sur certains secteurs de mouilles, les profondeurs sont très importantes, y compris lors de la mesure de basses eaux, ce qui laisse présager le maintien de profondeurs importantes pour des débits d'étiage très sévères.

Le contexte piscicole au droit de la station d'étude est salmonicole, comme décrit dans le Tableau 4-2. La truite fario aux stades adulte et juvénile est donc retenue comme espèce repère sur cette station. L'utilisation de l'ombre commun, également présente sur l'Ignon d'après l'ONEMA, comme espèce repère a été envisagée, cette espèce étant particulièrement exigeante en terme de débit. Cependant, les courbes de SPU obtenues avec Estimhab pour l'ensemble des stades de développement de l'espèce conduisent à des valeurs de débits minimum très élevées au regard de l'hydrologie naturelle locale. A ce titre, il est choisi de ne pas retenir cette espèce pour la détermination du débit biologique.

#### 5.2.1.2 Modélisation de l'habitat

L'observation des courbes Estimhab (Figure 5-1) permet d'identifier, par lecture graphique :

- Pour la truite fario adulte :
  - Une zone de gain rapide entre 0 et 250l/s, la SPU augmentant de 45% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone d'accroissement régulier important entre 250l/s et 1m<sup>3</sup>/s, avec un gain de SPU de l'ordre de 30% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone de gain faible à nul, au delà de 1m<sup>3</sup>/s, l'optimum de SPU se situant autour de 2,5m<sup>3</sup>/s.
- Pour la truite fario juvénile :
  - Une zone de gain rapide entre 0 et 170l/s, la SPU augmentant de 20% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone d'accroissement régulier important entre 170l/s et 500l/s, avec un gain de SPU de l'ordre de 10% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone de gain faible à nul, au delà de 0,5m<sup>3</sup>/s, l'optimum de SPU se situant autour de 750l/s.

La valeur de QMNA5 doit être prise avec précaution dans la mesure où elle est calculée sur une chronique ancienne (1972-1987). Elle fournit cependant un ordre de grandeur valable, et est positionnée entre 450 et 500 l/s.

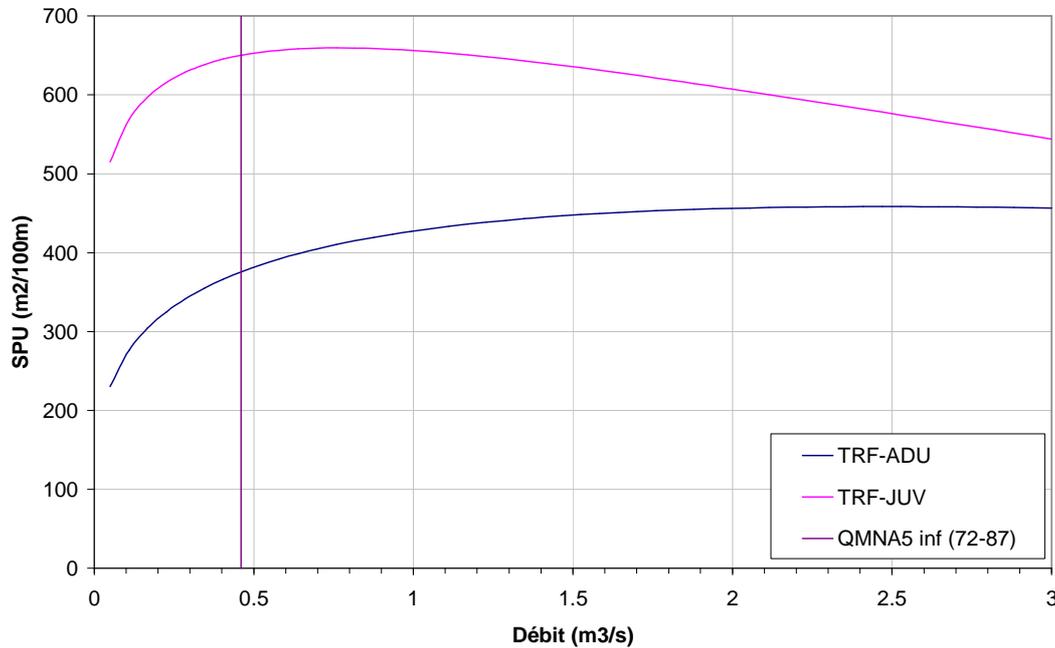


Figure 5-1 : Évolution de la SPU pour la truite adulte et juvénile sur l'Ignon à Diénay

### 5.2.1.3 Observations de terrain

La mesure de basses eaux a été faite à un débit de 0,52 m<sup>3</sup>/s, soit en limite supérieure de la zone d'accroissement régulier. Aucun dysfonctionnement biologique notable n'est constaté à ce débit, indiquant qu'il est bien supérieur au débit de survie. Sur les secteurs de radier les plus critiques, la lame d'eau minimale est d'environ 20cm.

### 5.2.1.4 Proposition de débits biologiques

Comme décrit précédemment, il est proposé de fournir une fourchette de débits pour le débit biologique, encadré par le débit biologique d'étiage – valeur basse (DB<sub>B</sub>) et par le débit biologique d'étiage – valeur haute (DB<sub>H</sub>). La valeur basse de débit biologique est proposée à la limite supérieure de la zone d'accroissement rapide de la SPU pour la truite fario adulte, l'espèce la plus contraignante, soit à 250 l/s. La valeur haute de débit biologique est proposée au niveau de la valeur de QMNA5 influencé (période d'analyse 1972-1986) à la station de Diénay, soit 450 l/s. Cette valeur est à la limite supérieure de la zone d'accroissement rapide de la SPU pour la truite fario juvénile et se situe dans la zone d'accroissement régulier de la SPU pour la truite fario adulte. L'absence de sensibilité très marquée aux faibles débits du cours d'eau sur le secteur étudié permet de supposer que la valeur de DB<sub>H</sub> est compatible avec le maintien d'une continuité biologique pour une truite fario adulte sur le tronçon, notamment sur les secteurs de radier. La valeur de DB<sub>B</sub> ne remet a priori pas en cause

la pérennité de secteurs refuges (mouilles) sur le secteur d'étude, mais pourrait s'avérer insuffisante avec le maintien d'une température satisfaisante sur les secteurs lotiques vue la quasi-absence de ripisylve.

Les valeurs de  $DB_B$  et de  $DB_H$  proposées sont présentées sur la Figure 5-2 avec les courbes d'évolution de la SPU pour la truite adulte et juvénile.

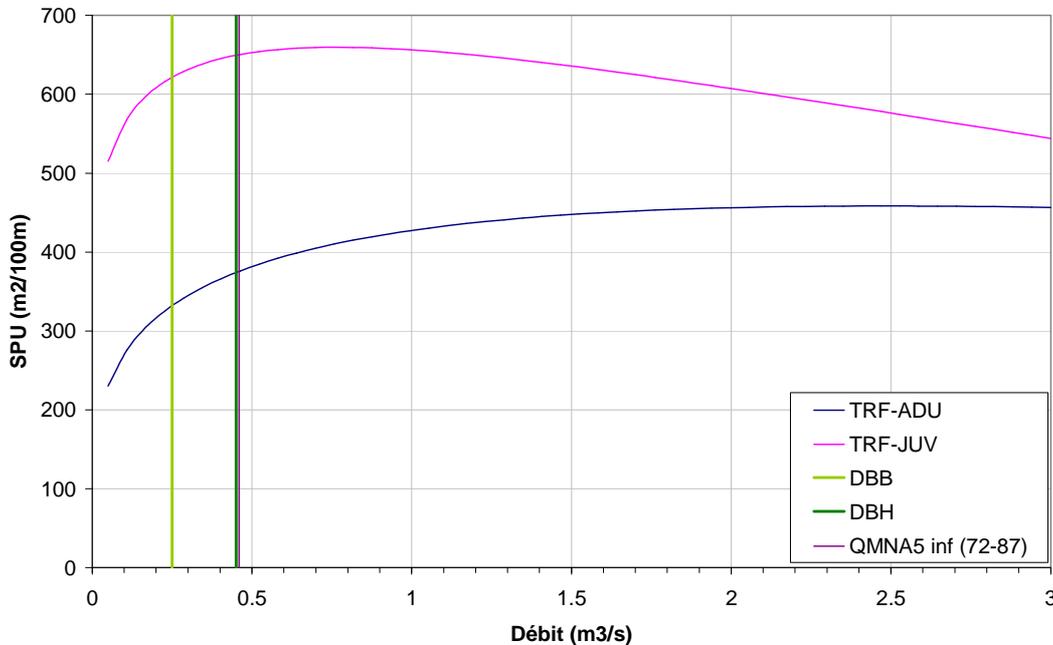


Figure 5-2 : Propositions de débits biologiques à la station de l'Ignon à Diénay

### 5.2.1.5 Mise en perspective des valeurs proposées

L'absence de chronique hydrométrique à Diénay ne permet pas de proposer une mise en perspective des valeurs de débits biologiques proposées, comme c'est le cas pour les autres stations du bassin versant. Il est cependant possible de dire la mise en correspondance des débits journaliers les plus bas disponibles à Diénay et Villecomte (débit inférieur à 600l/s) semblent indiquer que l'assèchement de la rivière au droit de Villecomte se produit quand le débit s'abaisse sous 500l/s à Diénay. En proposant une valeur de débit biologique haute de 450l/s, il est envisageable de limiter l'assèchement de l'Ignon à Villecomte. La faisabilité du maintien d'un tel débit en rivière compte tenue des conditions hydrogéologiques ne peut cependant être complètement assurée.

### 5.2.2 Détermination du débit de survie

La note du groupe gestion quantitative du Bassin RM laisse entendre que la valeur basse de débit biologique peut être reprise pour la détermination du débit de survie. Cette valeur, dont la détermination est explicitée plus haut, est de 250l/s.

L'absence de données hydrométriques récentes à Diénay rend difficile tout recoupement de cette valeur avec des valeurs journalières de débit d'étiage. Il est cependant d'utiliser les éléments suivants comme base de comparaison :

- ✓ Les valeurs de VCN3(5) et VCN10(5) calculées sur la chronique disponible à la station hydrométrique de Diénay (1972-1986) sont respectivement de 354l/s et 364l/s. En calculant les VCN3(5) et VCN10(5) sur la même période à la station de Crecey-sur-Tille, et en les comparant à ceux calculés sur l'ensemble de la chronique à la même station (1971-2009), il apparaît que les valeurs calculées sur la période 1972-1986 sont supérieures d'environ 20% à ceux de la chronique totale. Ainsi, les valeurs calculées à Diénay sur la chronique disponible peuvent être estimés sous évalués. En diminuant les valeurs de VCN3 de 20% pour les assimiler à ceux calculés à Crecey-sur-Tille, la valeur de 250l/s proposée à Diénay apparaît comme ayant un temps de retour d'environ 7 à 8 ans. En appliquant la même méthode aux VCN10, le temps de retour d'un débit de 250l/s est du même ordre de grandeur ;
- ✓ Les valeurs de VCN3 les plus critiques sur la chronique disponible à Diénay sont de 274l/s en 1976 et de 256l/s en 1985. Par analogie avec la station de Crecey-sur-Tille, il apparaît que l'année 1976 est assimilable en terme de criticité du VCN3 à l'année 2003, soit la plus sévère jamais observée sur la période 1971-2009 à Crecey-sur-Tille. Cette gamme de valeurs (250 à 300 l/s) constitue donc une limite inférieure à ne pas dépasser pour la définition du débit de survie ;
- ✓ En considérant une valeur de débit de survie de 250l/s, celle-ci n'aurait jamais été franchie sur la période 1972-1986 à Diénay. En considérant un débit de 300l/s (légèrement supérieure au VCN3 les plus faibles mesurés sur la période 1972-1986), celui aurait été franchi sur seulement 45 jours (39 en 1976, 6 en 1985).

Compte tenu des éléments ci-dessus, il est proposé de conserver une valeur de débit de survie de 300l/s pour la station de l'Ignon à Diénay.

## 5.3 Norges à Orgeux

### 5.3.1 Détermination du débit biologique

#### 5.3.1.1 Présentation de la station

La station d'étude est située en bordure du remblai de l'A31, en amont du village d'Orgeux. La station est caractérisée par une pente faible et une alternance de mouilles et de plats courants.

Le contexte piscicole au droit de la station d'étude est salmonicole, comme décrit dans le Tableau 4-2. La truite fario aux stades adulte et juvénile est donc retenue comme espèce repère sur cette station.

#### 5.3.1.2 Modélisation de l'habitat

L'observation des courbes Estimhab (Figure 5-3) permet d'identifier, par lecture graphique :

- Pour la truite fario adulte :
  - Une zone de gain rapide entre 0 et 60l/s, la SPU augmentant de 50% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone d'accroissement régulier important entre 60l/s et 400l/s, avec un gain de SPU de l'ordre de 40% sur cette gamme de débit ;
  - Une zone de gain faible à nul, au delà de 400l/s, l'optimum de SPU se situant autour de 800l/s ;
  - La SPU reste faible avec l'augmentation du débit, ne dépassant jamais 200m<sup>2</sup>/100ml, confirmant ainsi le faible potentiel d'accueil de la Norges amont.
- Pour la truite fario juvénile :
  - Une zone de gain rapide entre 0 et 50l/s, la SPU augmentant de 20% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone d'accroissement régulier important entre 50l/s et 200l/s, avec un gain de SPU de l'ordre de 12% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone de gain faible à nul, au delà de 200l/s, l'optimum de SPU se situant autour de 280l/s ;
  - La SPU, si elle est plus importante que pour l'individu adulte, reste faible, ne dépassant jamais 320m<sup>2</sup>/100ml.

Les valeurs de QMNA5 influencé et désinfluencé sont très proches et légèrement supérieures à 30 l/s, indiquant la faible influence des prélèvements sur les débits d'étiage sur la station d'étude. Ces valeurs sont situées en deça de la rupture de pente identifiée pour les truites fario adulte et juvénile.

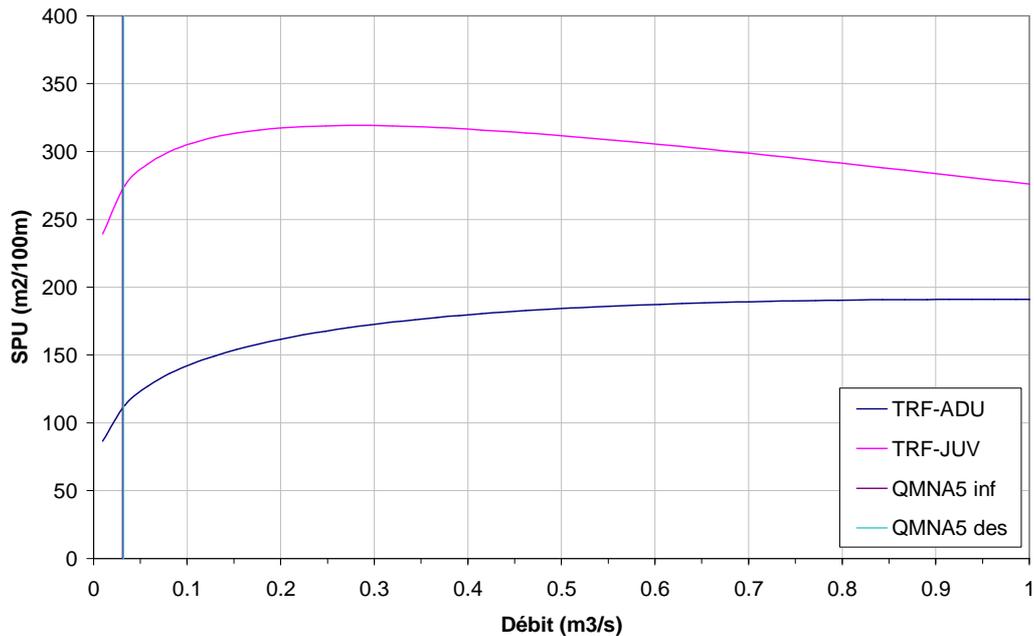


Figure 5-3 : Évolution de la SPU pour la truite adulte et juvénile sur la Norges à Orgeux

### 5.3.1.3 Observations de terrain

La mesure de basses eaux a été faite à un débit de 0,106 m<sup>3</sup>/s, soit dans la zone d'accroissement régulier. Sur certains transects, la hauteur d'eau maximale est seulement légèrement supérieure à 10 cm, valeur qui devient critique pour la mobilité d'un certain nombre d'espèces vers les zones refuges. La valeur haute de débit biologique ne pourra donc pas être inférieure à cette valeur pour ne pas altérer la continuité piscicole sur la station.

### 5.3.1.4 Propositions de valeurs de débits biologiques

La valeur basse de débit biologique devrait être proposée à la limite supérieure de la zone d'accroissement rapide de la SPU pour la truite fario adulte, soit à 60l/s. Cependant, vue la faiblesse des débits naturels et le potentiel abaissement critique de la lame d'eau sur certains transects pour un débit inférieur à celui mesuré lors de la campagne de basses eaux, il n'est pas envisageable de fixer une valeur basse de débit biologique inférieure à 80l/s, même si cette valeur est dans les ordres de grandeur du QMNA2 désinfluencé, et très largement supérieure au QMNA5 désinfluencé.

La valeur haute de débit biologique est proposée à 110l/s, valeur de débit à pour laquelle a été réalisée la mesure de basses eaux. Ce débit constitue la valeur en dessous de laquelle la continuité piscicole n'est pas garantie pour les individus adultes.

Les valeurs de DB<sub>B</sub> et de DB<sub>H</sub> proposées sont présentées sur la Figure 5-4 avec les courbes d'évolution de la SPU pour la truite adulte et juvénile.

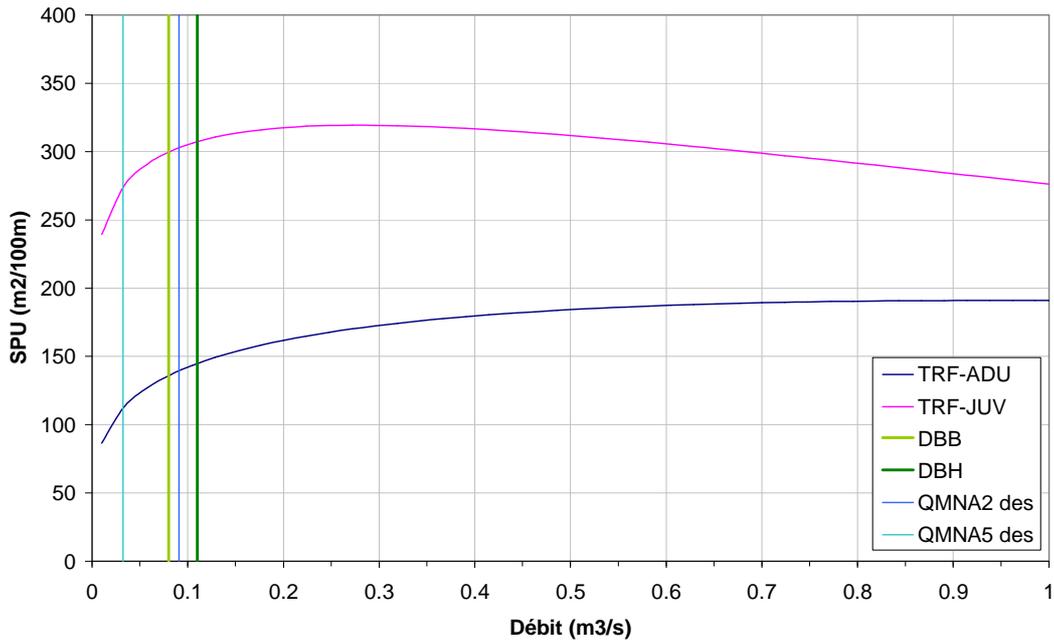


Figure 5-4 : Propositions de débits biologiques à la station de la Norges à Orgeux

### 5.3.1.5 Mise en perspective des valeurs proposées

La Figure 5-5 compare les valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs influencés et désinfluencés à la station de la Norges à Saint-Julien sur la période 2002-2009.

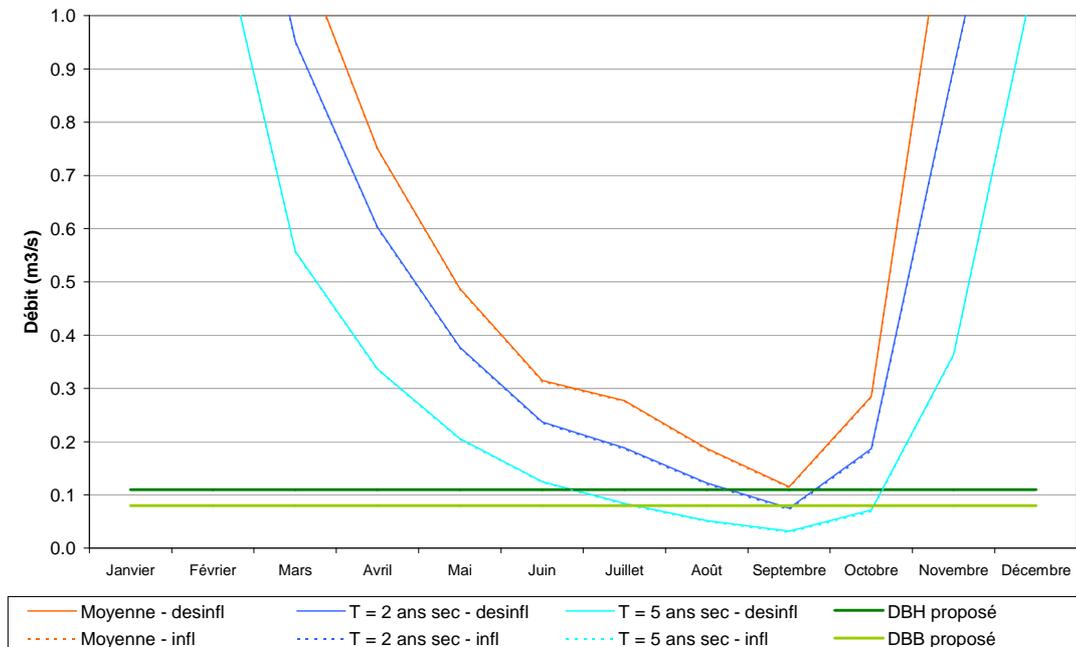


Figure 5-5 : Comparaison des valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs à la station de la Norges à Saint-Julien (2002-2009)

Le graphique montre :

- ✓ Que les débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs sont très proches avec l'hydrologie influencée et désinfluencée. Cela démontre que les possibilités d'intervention sur les prélèvements pour maintenir des débits minimums dans la rivière restent très limitées, le régime hydrologique de la Norges amont étant naturellement très contraint ;
- ✓ Que le  $DB_H$  proposé est inférieur au débit mensuel moyen pour l'ensemble des mois hormis pour septembre, tant en hydrologie naturelle qu'influencée. Le  $DB_B$  proposé est lui inférieur au débit mensuel moyen toute l'année ;
- ✓ Que le  $DB_H$  proposé est supérieur au débit mensuel biennal sec pour les mois d'août et de septembre, tant en hydrologie naturelle qu'influencée. Le  $DB_B$  proposé est lui supérieur au débit mensuel biennal sec seulement pour le mois de septembre;
- ✓ Que le  $DB_H$  proposé est supérieur, tant en hydrologie naturelle qu'influencée, au débit mensuel quinquennal sec pour les mois de juillet, août et septembre, tandis que le  $DB_B$  proposé l'est pour les mois d'août, septembre et octobre.

Les Tableau 5-1 et Tableau 5-2 montrent le gain théorique de SPU pour la truite adulte et juvénile (en %) qu'on pourrait attendre en appliquant stricto sensu le  $DB_H$  et  $DB_B$  proposés, par comparaison avec les valeurs de débit mensuel sec de temps de retour 5 ans calculés sur la base des chroniques « influencées » mesurées sur la Norges à Saint-Julien. Le Tableau 5-3 montre le gain théorique de SPU pour la truite adulte et juvénile (en %) entre les situations hydrologiques « influencée » et « naturelle ». La comparaison repose sur les valeurs de débit mensuel sec de temps de retour 5 ans.

Gain de SPU espéré pour	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Truite fario adulte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	18%	32%	10%	0%	0%
Truite fario juvénile	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	7%	14%	4%	0%	0%

**Tableau 5-1: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de  $DB_H$  proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Norges à Saint-Julien**

Gain de SPU espéré pour	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Truite fario adulte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	11%	24%	3%	0%	0%
Truite fario juvénile	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	11%	1%	0%	0%

**Tableau 5-2: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de  $DB_B$  proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Norges à Saint-Julien**

Gain de SPU espéré pour	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Truite fario adulte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	1%	0%	0%
Truite fario juvénile	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%

**Tableau 5-3 : Gain maximum de SPU (en %) espéré en considérant les valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans naturelles (hydrologie desinfluencée) en lieu et place des valeurs mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Norges à Saint-Julien**

Il ressort très clairement de ces tableaux que si les gains de SPU sont théoriquement élevés en appliquant l'une ou l'autre des valeurs de débits biologiques telles que déterminées par la méthode d'habitats, ceux-ci ne pourront être que marginaux en considérant une suppression totale des prélèvements et rejets sur le sous bassin versant de la Norges amont.

### 5.3.2 Détermination du débit de survie

La note du groupe gestion quantitative du Bassin RM laisse entendre que la valeur basse de débit biologique peut être reprise pour la détermination du débit de survie. Cette valeur, dont la détermination est explicitée plus haut, est de 80l/s.

Par comparaison avec les débits journaliers auxquels le débit de survie se rapporte, les éléments de comparaison suivant peuvent être apportés :

- ✓ Le VCN3(5) calculé sur la période 2002-2009 à la station de Saint-Julien sur la Norges est de 17l/s, le VCN3(2) étant de 50l/s. Si la série temporelle est trop courte pour tirer de véritable enseignement, la comparaison des VCN3(5) et VCN3(2) calculés à la station de la Norges à Genlis sur la chronique totale de Genlis (1964-2009) et celle de Saint-Julien (2002-2009) sont les mêmes. A ce titre, les valeurs de VCN3 calculées à Saint-Julien constituent des éléments de repère robustes pour la proposition d'une valeur de débit de survie ;
- ✓ L'analyse des chroniques des débits journaliers mesurés à Saint-Julien montre qu'un débit de survie de 80l/s aurait été dépassé sur près de 60 jours consécutifs pour les étiages 2002, 2003, 2004 et 2005, sans être plus dépassé sur la période 2006-2009. L'analyse des chroniques de débits « naturels » sur la même période montre que le nombre de jours pour lequel le débit de survie aurait été franchi sur la période 2002-2009 n'aurait diminué que de 5% environ par rapport à la chronique mesurée. Cela illustre le fait que le régime de la Norges amont est naturellement contraint, l'impact des prélèvements sur le régime hydrologique étant relativement mineur ;
- ✓ Les observations du cours d'eau lors de la campagne de basses eaux, soit à un débit d'environ 100l/s, laissent penser que la Norges amont sur le secteur d'Orgeux peut difficilement constituer un secteur refuge pour les espèces piscicoles pour un débit très faible, cette notion de « faible débit » étant difficile à apprécier sur la base des informations disponibles.

Compte tenu des éléments ci-dessus, il est proposé de retenir une valeur de débit de survie de 80l/s pour la station de la Norges à Orgeux.

## 5.4 Tille à Villey-sur-Tille

### 5.4.1 Détermination des débits biologiques

#### 5.4.1.1 Présentation de la station

La station d'étude est située entre Marey-sur-Tille et Villey-sur-Tille. Elle est caractérisée par une pente très faible et une alternance de mouilles (70%), de plats courants (20%) et de radiers (10%). Le lit mineur est assez encaissé, présageant une sensibilité assez faible aux variations de débits. La station présente de nombreux trous d'eau qui restent profonds en basses eaux.

Le contexte piscicole au droit de la station d'étude est salmonicole, comme décrit dans le Tableau 4-2. La truite fario aux stades adulte et juvénile est donc retenue comme espèce repère sur cette station.

#### 5.4.1.2 Modélisation de l'habitat

L'observation des courbes Estimhab (Figure 5-6) permet d'identifier, par lecture graphique :

- Pour la truite fario adulte :
  - Une zone de gain rapide entre 0 et 80l/s, la SPU augmentant de 35% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone d'accroissement régulier important entre 80l/s et 400l/s, avec un gain de SPU de l'ordre de 27% sur cette gamme de débit ;
  - Une zone de gain faible à nul, au delà de 400l/s, l'optimum de SPU se situant autour de 1m<sup>3</sup>/s ;
  - La SPU reste faible avec l'augmentation du débit, ne dépassant jamais 250m<sup>2</sup>/100ml.
- Pour la truite fario juvénile :
  - Une zone de gain rapide entre 0 et 50l/s, la SPU augmentant de 10% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone d'accroissement régulier important entre 50l/s et 150l/s, avec un gain de SPU de l'ordre de 6% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone de gain faible à nul, au delà de 150l/s, l'optimum de SPU se situant autour de 230l/s.

Les valeurs de QMNA5 influencé et désinfluencé sont proches, autour de 100 l/s.

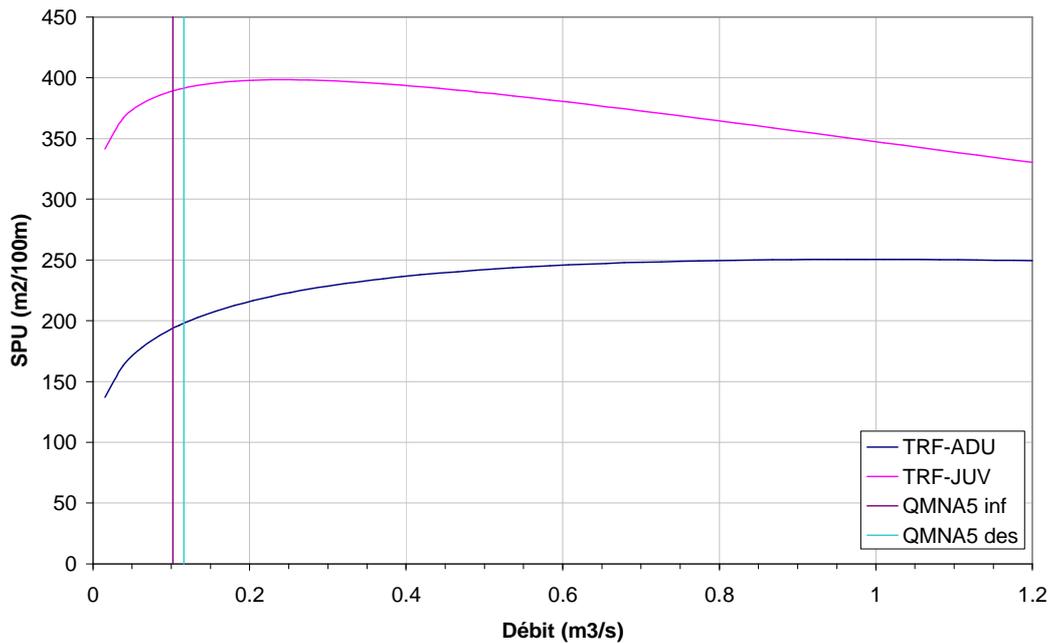


Figure 5-6 : Évolution de la SPU pour la truite adulte et juvénile sur la Tille à Villey-sur-Tille

### 5.4.1.3 Observations de terrain

La mesure de basses eaux a été faite à un débit de 0,150 m<sup>3</sup>/s, soit dans la zone d'accroissement régulier. Sur les transects critiques, la lame d'eau n'est jamais inférieure à 20cm, et la forme du lit (assez encaissée) conduit à garder une concentration de l'écoulement dans le lit mineur.

### 5.4.1.4 Propositions de valeurs de débits biologiques

La valeur basse de débit biologique est proposée à la limite supérieure de la zone d'accroissement rapide de la truite fario adulte, soit à 80l/s. La valeur haute de débit biologique est proposée au niveau du QMNA5 désinfluencé, soit à 120l/s. Cette valeur est dans la zone d'accroissement régulier de la SPU pour la truite fario adulte et juvénile.

Les valeurs de DB<sub>B</sub> et de DB<sub>H</sub> proposées sont présentées sur la Figure 5-7 avec les courbes d'évolution de la SPU pour la truite adulte et juvénile.

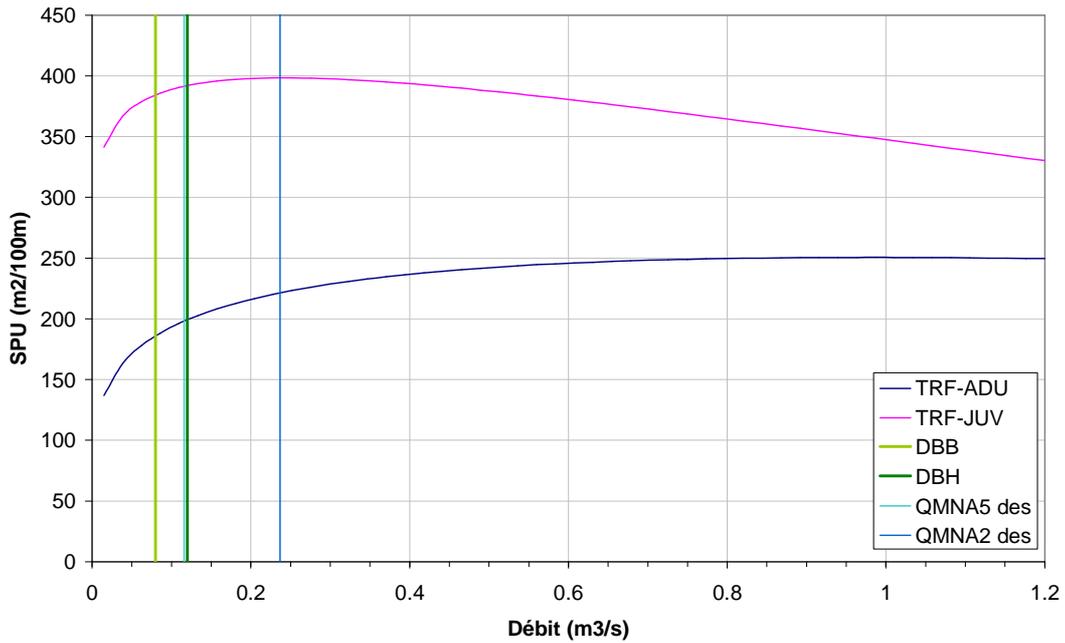


Figure 5-7 : Propositions de débits biologiques à la station de la Tille à Villey-sur-Tille

### 5.4.1.5 Mise en perspective des valeurs proposées

La Figure 5-8 compare les valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs influencés et désinfluencés à la station de la Tille à Crecey-sur-Tille sur la période 2001-2009.

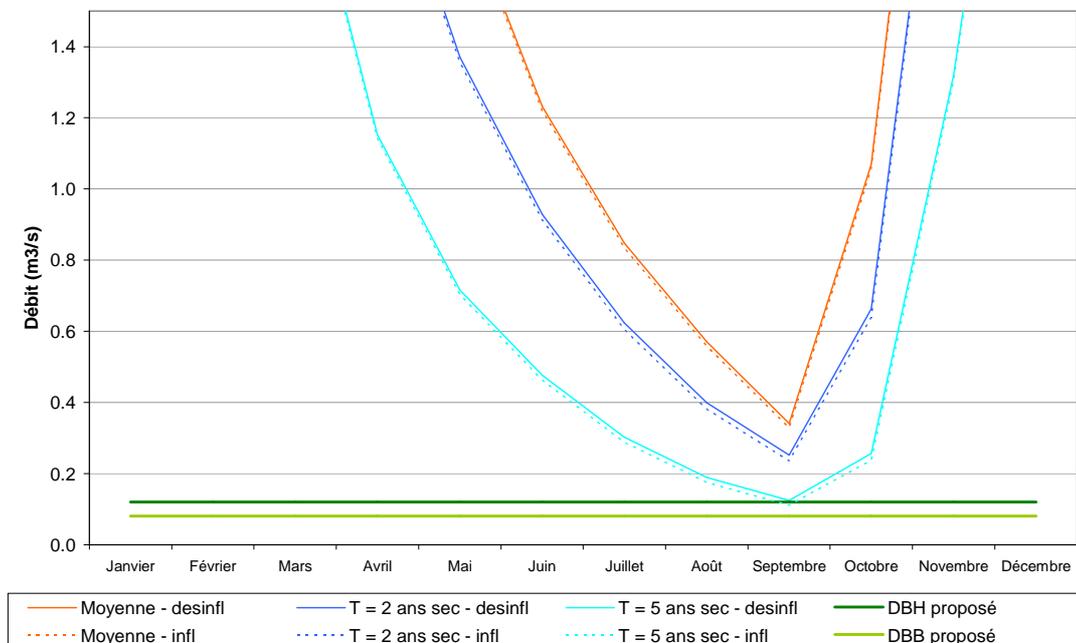


Figure 5-8 : Comparaison des valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs à la station de la Tille à Crecey-sur-Tille (2001-2009)

Le graphique montre :

- ✓ Que les débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs sont assez proches avec l'hydrologie influencée et désinfluencée. Cela démontre que les possibilités d'intervention sur les prélèvements pour maintenir des débits minimums dans la rivière restent plutôt limitées, le régime hydrologique de la Tille amont étant naturellement très contraint ;
- ✓ Que les  $DB_H$  et  $DB_B$  proposés sont inférieurs au débit mensuel moyen et biennal sec pour l'ensemble des mois, tant en hydrologie naturelle qu'influencée ;
- ✓ Que le  $DB_H$  proposé est supérieur au débit mensuel quinquennal sec « influencé » pour le mois de septembre (mais inférieur au même débit en hydrologie naturelle), tandis que le  $DB_B$  est systématiquement inférieur aux débits mensuels quinquennaux secs, influencés ou non.

Les Tableau 5-4 et Tableau 5-5 montrent le gain théorique de SPU pour la truite adulte et juvénile (en %) qu'on pourrait attendre en appliquant stricto sensu le  $DB_H$  et  $DB_B$  proposés, par comparaison avec les valeurs de débit mensuel sec de temps de retour 5 ans calculés sur la base des chroniques « influencées » mesurées sur la Tille à Crecey-sur-Tille. Le Tableau 5-6 montre le gain théorique de SPU pour la truite adulte et juvénile (en %) entre les situations hydrologiques « influencée » et « naturelle ». La comparaison repose sur les valeurs de débit mensuel sec de temps de retour 5 ans.

Gain de SPU espéré pour	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Truite fario adulte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
Truite fario juvénile	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

**Tableau 5-4: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de  $DB_H$  proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Crecey-sur-Tille**

Gain de SPU espéré pour	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Truite fario adulte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Truite fario juvénile	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

**Tableau 5-5: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de  $DB_B$  proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Crecey-sur-Tille**

Gain de SPU espéré pour	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Truite fario adulte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	2%	1%	0%	0%
Truite fario juvénile	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

**Tableau 5-6 : Gain maximum de SPU (en %) espéré en considérant les valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans naturelles (hydrologie désinfluencée) en lieu et place des valeurs mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Crecey-sur-Tille**

Il ressort très clairement de ces tableaux que les gains théoriques de SPU en appliquant les valeurs de débit biologique haute et basse déterminées par la méthode d'habitats en lieu et place des débits mensuels quinquennaux secs sont quasiment nuls.

La comparaison des gains de SPU entre hydrologie influencée et désinfluencée montrent par ailleurs que le milieu est naturellement très contraint, et que la suppression totale des prélèvements et rejets sur le sous bassin versant de la Tille amont ne conduirait de toute façon qu'à des gains marginaux pour le milieu, notamment pour l'espèce repère identifiée.

## 5.4.2 Détermination du débit de survie

La note du groupe gestion quantitative du Bassin RM laisse entendre que la valeur basse de débit biologique peut être reprise pour la détermination du débit de survie. Cette valeur, dont la détermination est explicitée plus haut, est de 80l/s.

Les points suivant peuvent être apportés comme éléments de comparaison pour la détermination du débit de survie :

- ✓ Le VCN3(5) calculé sur la chronique disponible (1971-2009) à la station de Crecey-sur-Tille est de 70l/s, le VCN3(2) étant de 140l/s. En extrapolant les valeurs « naturelles » calculées sur la période 2001-2009 à l'ensemble de la chronique, les VCN3 « naturels » de période de retour 2 et 5 ans sont respectivement de 155 et 85l/s. Ces chiffres sont conformes avec le débit équivalent aux prélèvements (AEP) sur la Tille amont, qui s'établit entre 13 et 16 l/s selon les années ;
- ✓ Le VCN10(5) calculé sur la chronique disponible (1971-2009) à la station de Crecey-sur-Tille est de 80l/s, le VCN10(2) étant de 160l/s.
- ✓ Sur la période 2001-2009, une valeur de 80l/s aurait été dépassée sur quasiment 60 jours consécutifs en 2003 et quasiment 30 jours en 2002. Aucun dépassement de cette valeur n'est constaté pour les autres années sur la période considérée. En régime « naturel » le nombre de jours pour lesquels ce débit aurait été franchi est divisé par 2 ;
- ✓ La configuration de la rivière observée lors des campagnes de terrain a montré que la rivière conserve, à des débits de l'ordre de 150l/s, de beaux secteurs de

mouilles (vasques, sur-profondeurs,...) qui peuvent constituer des zones refuges pour les populations piscicoles. Aucun problème de connectivité hydraulique n'est constaté à ce débit. Vu la forme relativement encaissée du lit mineur, il est probable qu'un abaissement du débit ne se traduise pas, jusqu'à un certain niveau, par un abaissement trop préjudiciable de la ligne d'eau.

Sur la base de ces éléments, il est proposé une valeur de débit de survie de 80/s.

## 5.5 Tille à Fouchanges

### 5.5.1 Détermination du débit biologique

#### 5.5.1.1 Présentation de la station

La station d'étude est située à l'entrée de Fouchanges, en arrivant de Beire-le-Châtel. Elle est limitée à l'amont par un seuil et est caractérisée par un lit très encaissé, des berges raides et une pente très faible. L'alternance de faciès est peu marquée, avec 70% de mouilles et 30% de plats courants. La forme du lit mineur (encaissée) permet de présager une sensibilité assez faible aux variations de débits.

Le contexte piscicole au droit de la station d'étude est salmonicole, comme décrit dans le Tableau 4-2. La truite fario aux stades adulte et juvénile est donc retenue comme espèce repère sur cette station. Cependant, les inventaires piscicoles de l'ONEMA sur la Tille moyenne montrent également la présence de cyprinicoles rhéophiles, notamment le blageon, le goujon et le chevesne. Les espèces d'accompagnement de la truite fario – vairon et loche franche – sont également très présentes. La présence de ces espèces incite à considérer également une approche par guildes dans le cadre de l'analyse, notamment les courbes d'habitats des guildes « radier » et « chenal ». La présence de l'ombre sur la Tille moyenne pourrait également conduire à l'intégrer à l'analyse, cette espèce étant particulièrement exigeante en terme de débit. Cependant, la pertinence d'intégrer les courbes d'habitat obtenues pour cette espèce sur le site de Fouchanges n'est pas avérée, les besoins en eau pour assurer une SPU supérieure à 30m<sup>2</sup>/100m étant largement supérieure aux gammes de débits naturels sur le secteur.

Il est à noter que la présence d'un seuil non franchissable à l'amont de la station d'étude rend impossible toute connexion aval-amont dans les gammes de débits analysés.

#### 5.5.1.2 Modélisation de l'habitat

L'observation des courbes Estimhab (Figure 5-9) permet d'identifier, par lecture graphique :

- Pour la truite fario adulte :

- Une zone de gain rapide entre 0 et 100l/s, la SPU augmentant de 38% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone d'accroissement régulier important entre 100l/s et 400l/s, avec un gain de SPU de l'ordre de 32% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone d'accroissement régulier moindre entre 400l/s et 800l/s, avec un gain de SPU de l'ordre de 18% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone de gain faible à nul, au delà de 800l/s, l'optimum de SPU se situant autour de 1,4m<sup>3</sup>/s.
- Pour la truite fario juvénile :
    - Une zone de gain rapide entre 0 et 80l/s, la SPU augmentant de 13% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
    - Une zone d'accroissement régulier important entre 80l/s et 240l/s, avec un gain de SPU de l'ordre de 7% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
    - Une zone de gain faible à nul, au delà de 240l/s, l'optimum de SPU se situant autour de 450l/s.
  - Pour la guilda « radier » :
    - La courbe d'habitat est une quasi-translation de la courbe obtenue pour la truite fario adulte, indiquant des points d'inflexion et un optimum à des débits similaires.
  - Pour la guilda « chenal » :
    - Une zone de gain rapide entre 0 et 100l/s, la SPU augmentant de 55% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
    - Une zone d'accroissement régulier important entre 100l/s et 600l/s, avec un gain de SPU de l'ordre de 100% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
    - Une zone d'accroissement régulier moindre mais constante au delà de 600l/s.

Les valeurs de QMNA5 influencé et désinfluencé sont respectivement de 100 l/s et 130 l/s, et se situent en limite inférieure de la zone d'accroissement régulier pour les deux stades de croissance de la truite fario étudiés.

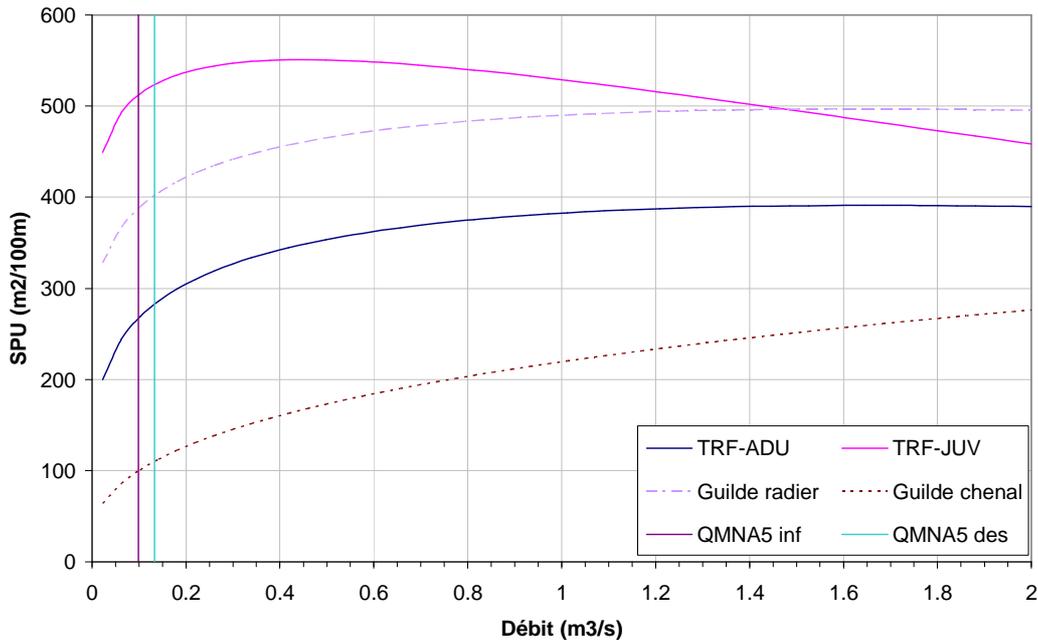


Figure 5-9 : Évolution de la SPU pour la truite adulte et juvénile et pour les guildes « radier » et « chenal » sur la Tille à Fouchanges

### 5.5.1.3 Observations de terrain

La mesure de basses eaux a été faite à un débit d'environ 220 l/s, soit dans la zone d'accroissement régulier des espèces et guildes considérés. Aucun dysfonctionnement notoire du milieu n'est constaté à ce débit.

### 5.5.1.4 Propositions de valeurs de débit biologique

La valeur basse de débit biologique est proposée à la limite supérieure de la zone d'accroissement rapide de la SPU pour la truite fario juvénile (et la guildes radier), espèces/guildes les plus contraignantes, soit à 100l/s. La valeur haute de débit biologique est proposée au niveau du QMNA5 désinfluencé, soit 140l/s.

Les valeurs de  $DB_B$  et de  $DB_H$  proposées sont présentées sur la Figure 5-10 avec les courbes d'évolution de la SPU pour la truite adulte et juvénile et les guildes « radier » et « chenal ».

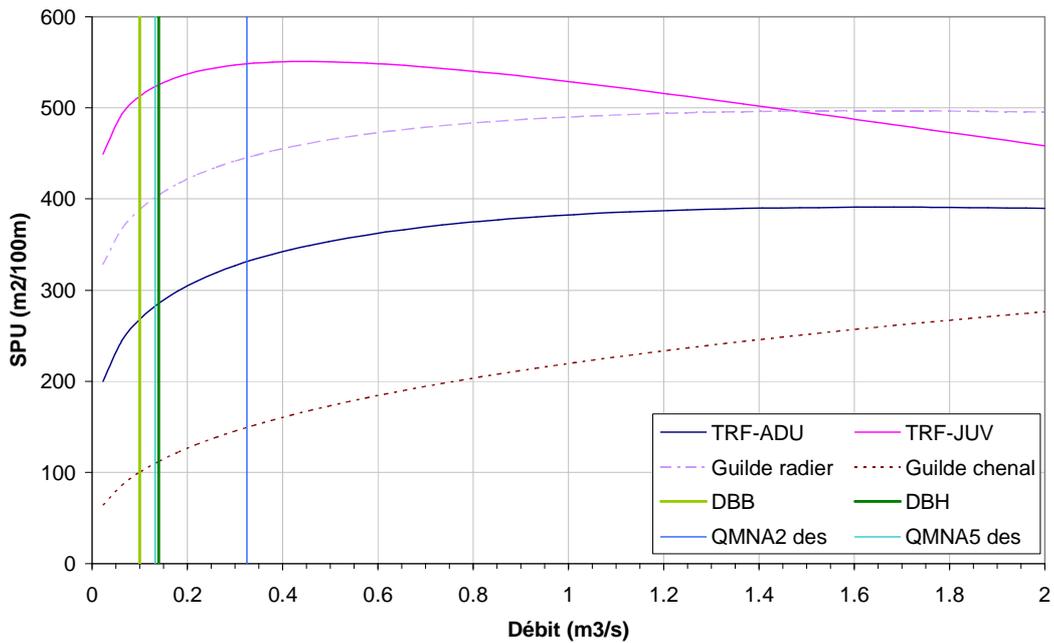


Figure 5-10 : Propositions de débits biologiques à la station de la Tille à Fouchanges

### 5.5.1.5 Mise en perspective des valeurs proposées

La Figure 5-11 compare les valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs influencés et désinfluencés à la station de la Tille à Arceau sur la période 2001-2009.

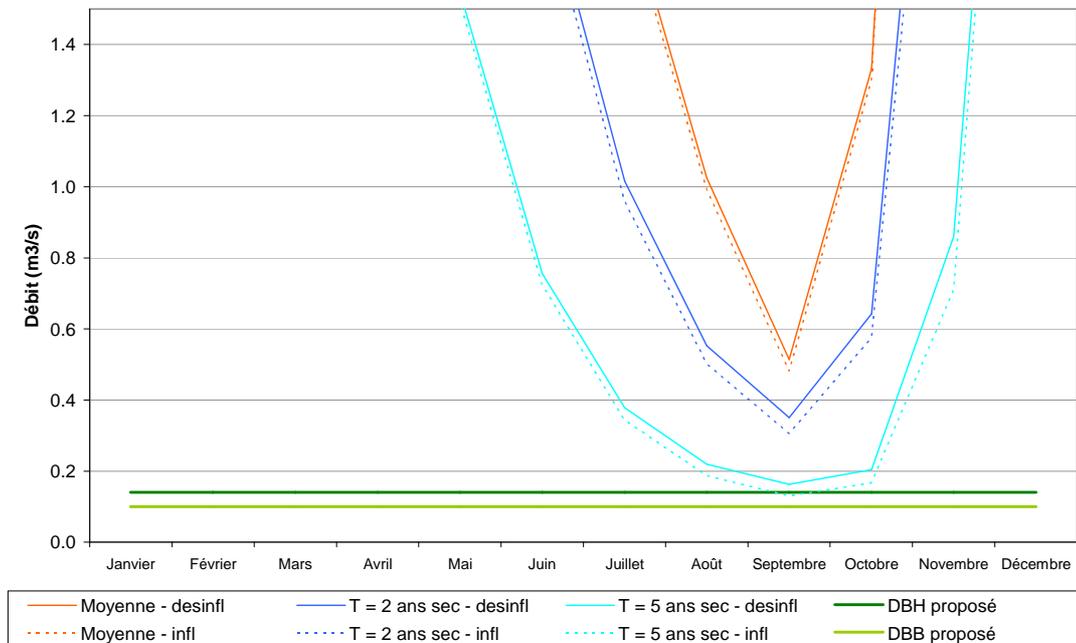


Figure 5-11 : Comparaison des valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs à la station de la Tille à Arceau (2001-2009)

Le graphique montre :

- ✓ Que les débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs sont assez proches avec l'hydrologie influencée et désinfluencée pour les mois d'hiver. En revanche, pour les mois d'été, les débits « naturels » sont supérieurs de 5 à 25% aux débits « influencés » pour l'été quinquennal. Sur ces mois d'été, une limitation des prélèvements peut potentiellement conduire à une augmentation significative des débits moyens mensuels en rivière ;
- ✓ Que les  $DB_H$  et  $DB_B$  proposés sont inférieurs au débit mensuel moyen et biennal sec pour l'ensemble des mois, tant en hydrologie naturelle qu'influencée ;
- ✓ Que le  $DB_H$  est supérieur au débit mensuel quinquennal sec « influencé » pour le mois de septembre, alors que le  $DB_B$  proposé est systématiquement inférieur aux débits mensuels de temps de retour 5 ans.

Les Tableaux 5-7 et 5-8 montrent le gain théorique de SPU pour la truite adulte et juvénile et pour les guildes « radier » et « chenal » (en %) qu'on pourrait attendre en appliquant stricto sensu le  $DB_H$  et  $DB_B$  proposés, par comparaison avec les valeurs de débit mensuel sec de temps de retour 5 ans calculés sur la base des chroniques « influencées » mesurées sur la Tille à Arceau. Le Tableau 5-9 montre le gain théorique de SPU pour la truite adulte et juvénile et pour les guildes « radier » et « chenal » (en %) entre les situations hydrologiques « influencée » et « naturelle ». La comparaison repose sur les valeurs de débit mensuel sec de temps de retour 5 ans.

Gain de SPU espéré pour	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Truite fario adulte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
Truite fario juvénile	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
Guilde chenal	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%
Guilde radier	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%

**Tableau 5-7: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de  $DB_H$  proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Arceau**

Gain de SPU espéré pour	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Truite fario adulte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Truite fario juvénile	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Guilde chenal	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Guilde radier	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

**Tableau 5-8: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de  $DB_B$  proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Arceau**

Gain de SPU espéré pour	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Truite fario adulte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	3%	4%	4%	2%	0%
Truite fario juvénile	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	1%	0%	0%
Guilde chenal	0%	0%	0%	0%	1%	2%	3%	6%	8%	7%	7%	0%
Guilde radier	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	3%	2%	1%	0%

**Tableau 5-9 : Gain maximum de SPU (en %) espéré en considérant les valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans naturelles (hydrologie désinfluencée) en lieu et place des valeurs mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Arceau**

Il ressort de ces tableaux que les gains théoriques de SPU en appliquant la valeur de débit biologique haute déterminée par la méthode d'habitats sont très faibles quelles que soient les espèces ou groupements d'espèces considérés. Ils sont les plus élevés pour la guilde « chenal », guilde la plus favorisée par les augmentations de débits (Cemagref, 2008). Ces gains sont systématiquement nuls en considérant la valeur basse de débit biologique.

La comparaison des gains de SPU entre hydrologie influencée et désinfluencée montre de toute façon que le milieu reste assez contraint en terme de débits « naturels » disponibles, et qu'à ce titre le gain maximal de SPU en considérant un régime complètement naturel est très limité. Le Tableau 5-9 montre également qu'une augmentation de débit ne conduit pas forcément à une augmentation proportionnelle de la SPU. Par exemple, l'augmentation de 25% du débit mensuel quinquennal pour septembre en passant d'un régime « influencé » à un régime « naturel » se traduit par des augmentations assez faibles de SPU, de 2% pour la truite fario juvénile à 8% pour la guilde « chenal ».

### 5.5.2 Détermination du débit de survie

La note du groupe gestion quantitative du Bassin RM laisse entendre que la valeur basse de débit biologique peut être reprise pour la détermination du débit de survie. Cette valeur, dont la détermination est explicitée plus haut, est de 100l/s.

Les points suivant peuvent être apportés comme éléments de comparaison pour la détermination du débit de survie :

- ✓ Le VCN3(5) calculé sur la chronique disponible (1967-2009) à la station d'Arceau est de 76l/s, le VCN3(2) étant de 160l/s. Le VCN10(5) calculé sur la même période est de 83l/s, le VCN10(2) étant de 173l/s. En extrapolant les valeurs « naturelles » calculées sur la période 2001-2009 à l'ensemble de la chronique, le VCN3(5) et VCN10(5) « naturels » sont respectivement de 105l/s et 115l/s.
- ✓ Sur la période 2001-2009, une valeur de 100l/s aurait été dépassée sur 60 jours consécutifs en 2003, 30 jours consécutifs en 2002, et moins de 15 jours en 2004

et 2005, sans être plus franchie sur la période 2006-2009. En régime « naturel » le nombre de jours pour lesquels ce débit aurait été franchi diminue d'environ 50% ;

- ✓ Les observations lors des campagnes de terrain ont montré que, pour des débits de l'ordre de 220l/s, la rivière conserve de beaux secteurs de mouilles propices à constituer des zones refuges pour les espèces piscicoles. En effet, le lit de la rivière est assez chenalisé et peu pentu, conduisant à conserver l'écoulement concentré dans le lit mineur, et à maintenir des zones assez profondes. L'existence d'une ripisylve dense constitue un facteur limitatif au réchauffement du cours d'eau sur les secteurs lenticues.

Sur la base de ces éléments, il est proposé de retenir une valeur de débit de survie de 100l/s.

## 5.6 Tille à Cessey-sur-Tille

### 5.6.1 Détermination du débit biologique

#### 5.6.1.1 Présentation de la station

La station d'étude est située à l'aval immédiat de Cessey-sur-Tille. La station est délimitée à l'amont par un pont. De l'amont vers l'aval, on constate globalement une réduction de la largeur du lit mineur (notamment en hautes eaux), conduisant à une augmentation des profondeurs. L'alternance de faciès est marquée, avec 40% de radiers, 30% de plats courants et 30% de mouilles/chenaux lotiques.

Le contexte piscicole au droit de la station d'étude est salmonicole, comme décrit dans le Tableau 4-2. La truite fario aux stades adulte et juvénile est donc retenue comme espèce repère sur cette station. Cependant, les inventaires piscicoles de l'ONEMA sur la Tille moyenne montrent également la présence de cyprinicoles rhéophiles, notamment le blageon, le goujon et le chevesne. Les espèces d'accompagnement de la truite fario – vairon et loche franche – sont également très présentes. La présence de ces espèces incite à considérer également une approche par guildes dans le cadre de l'analyse, notamment les courbes d'habitats des guildes « radier » et « chenal ».

#### 5.6.1.2 Modélisation de l'habitat

L'observation des courbes Estimhab (Figure 5-12) permet d'identifier, par lecture graphique :

- Pour la truite fario adulte :
  - Une zone de gain rapide entre 0 et 150l/s, la SPU augmentant de 60% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone d'accroissement régulier important entre 150l/s et 600l/s, avec un gain de SPU de l'ordre de 35% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;

- Une zone de gain faible à nul, au delà de 600l/s, l'optimum de SPU se situant autour de 1,6m<sup>3</sup>/s.
- La SPU reste faible avec l'augmentation du débit, ne dépassant jamais 220m<sup>2</sup>/100ml.
- Pour la truite fario juvénile :
  - Une zone de gain rapide entre 0 et 100l/s, la SPU augmentant de 20% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone d'accroissement régulier important entre 100l/s et 270l/s, avec un gain de SPU de l'ordre de 10% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone de gain faible à nul, au delà de 270l/s, l'optimum de SPU se situant autour de 460l/s.
- Pour la guilda « radier » :
  - Une zone de gain rapide entre 0 et 150l/s, la SPU augmentant de 35% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone d'accroissement régulier important entre 150l/s et 350l/s, avec un gain de SPU de l'ordre de 10% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone de gain faible à nul, au delà de 350l/s, l'optimum de SPU se situant autour de 500l/s.
- Pour la guilda « chenal » :
  - Une zone de gain rapide entre 0 et 100l/s, la SPU augmentant de 75% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone d'accroissement régulier important entre 100l/s et 400l/s, avec un gain de SPU de l'ordre de 120% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone d'accroissement moindre mais constant au delà de 400l/s.

Les valeurs de QMNA5 influencé et désinfluencé sont respectivement de 120l/s et 170l/s, et se situent dans la partie inférieure de la zone d'accroissement régulier.

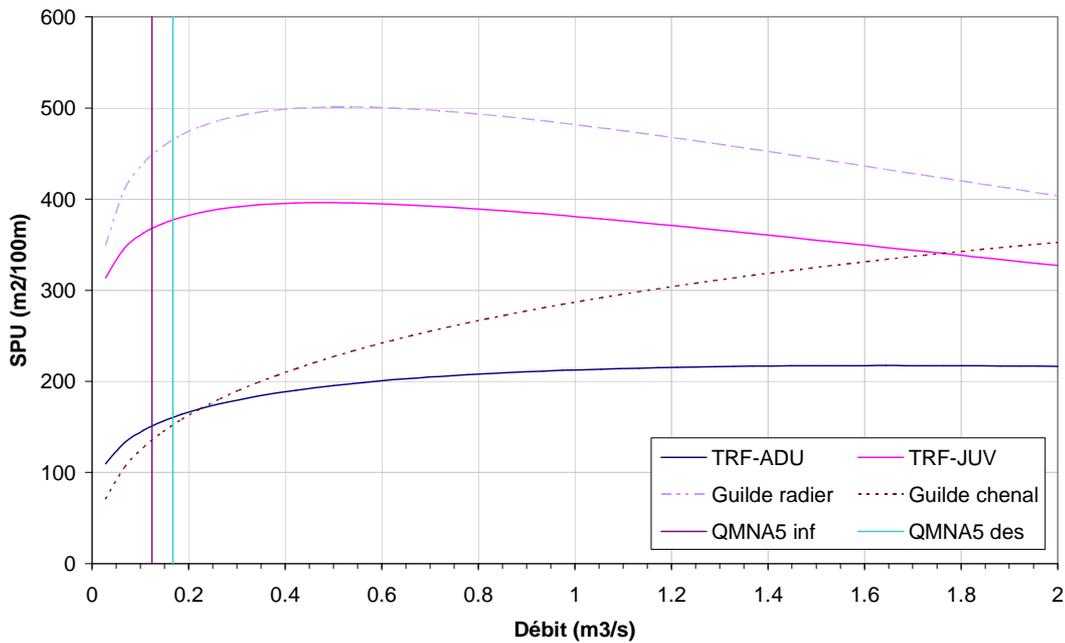


Figure 5-12 : Évolution de la SPU pour la truite adulte et juvénile et les guildes « radier » et « chenal » sur la Tille à Cessey-sur-Tille

### 5.6.1.3 Observations de terrain

La mesure de basses eaux a été faite à un débit d'environ 280l/s, soit en limite supérieure de la zone d'accroissement régulier pour la truite fario juvénile. Aucun dysfonctionnement notable du milieu n'est constaté à ce débit, les lames d'eau sur les transects les plus sensibles (situés sur la partie amont de la station) n'étant jamais inférieures à 20cm.

### 5.6.1.4 Propositions de valeurs de débits biologiques

La valeur basse de débit biologique est proposée à la limite supérieure de la zone d'accroissement rapide de la SPU pour la truite fario adulte et la guildes « radier », les plus exigeantes, soit à 150l/s. La valeur haute de débit biologique est proposée au niveau du QMNA5 désinfluencé, soit 170l/s.

Les valeurs de  $DB_B$  et de  $DB_H$  proposées sont présentées sur la Figure 5-13 avec les courbes d'évolution de la SPU pour la truite adulte et juvénile et les guildes « radier » et « chenal ».

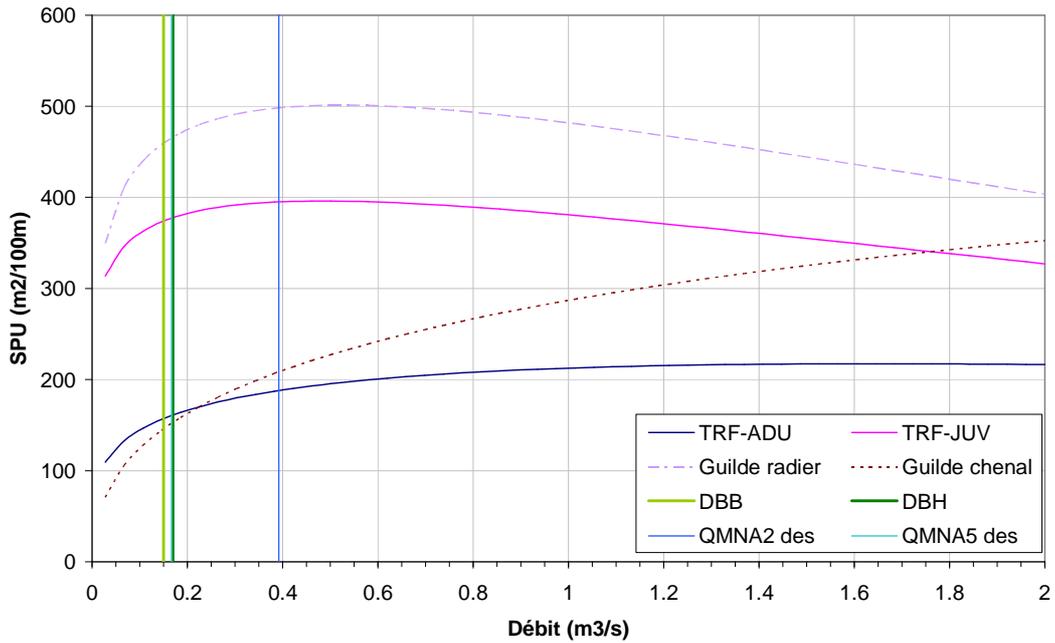


Figure 5-13 : Propositions de débits biologiques à la station de la Tille à Cessey-sur-Tille

### 5.6.1.5 Mise en perspective des valeurs proposées

La Figure 5-14 compare les valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs influencés et désinfluencés à la station de la Tille à Cessey-sur-Tille sur la période 2001-2009.

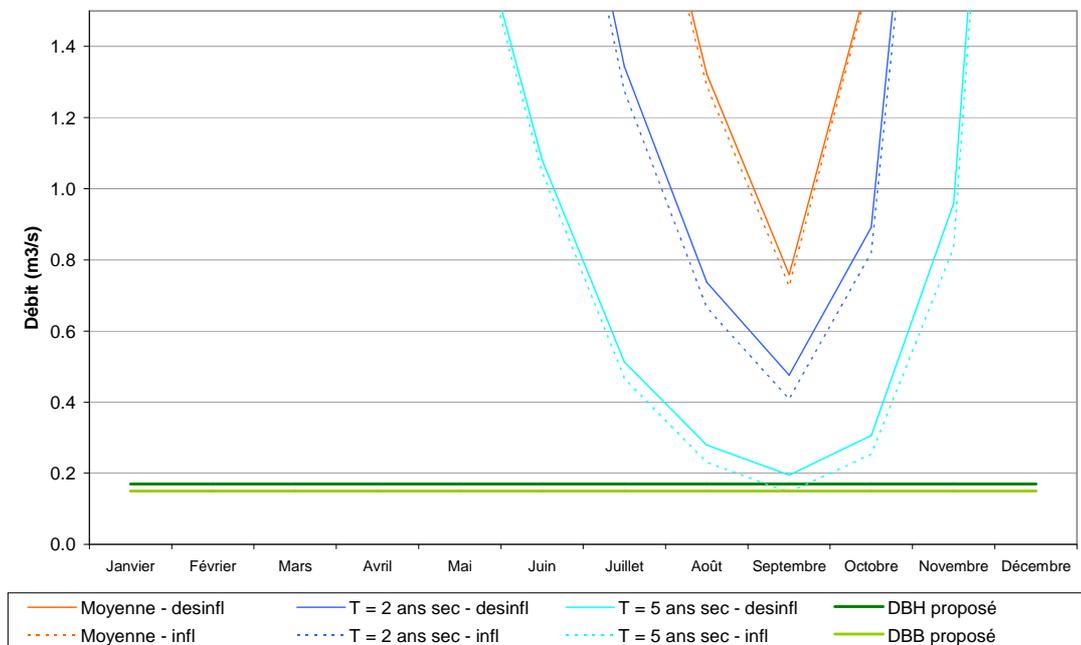


Figure 5-14 : Comparaison des valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs à la station de la Tille à Cessey-sur-Tille (2001-2009)

Le graphique montre :

- ✓ Que les débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs sont assez proches avec l'hydrologie influencée et désinfluencée pour les mois d'hiver. En revanche, pour les mois d'été, les débits « naturels » sont supérieurs de 5 à 35% aux débits « influencés » pour l'été quinquennal. Sur ces mois d'été, une limitation des prélèvements peut potentiellement conduire à une augmentation significative des débits moyens mensuels en rivière ;
- ✓ Que les  $DB_H$  et  $DB_B$  proposés sont inférieurs au débit mensuel moyen et biennal sec pour l'ensemble des mois, tant en hydrologie naturelle qu'influencée ;
- ✓ Que le  $DB_H$  proposé est supérieur au débit mensuel quinquennal sec « influencé » pour le mois d'août, le  $DB_B$  étant inférieur au débit mensuel quinquennal sec « influencé » et « naturel » pour tous les mois de l'année.

Les Tableau 5-10 et Tableau 5-11 montrent le gain théorique de SPU pour la truite adulte et juvénile et pour les guildes « radier » et « chenal » (en %) qu'on pourrait attendre en appliquant stricto sensu le  $DB_H$  et  $DB_B$  proposés, par comparaison avec les valeurs de débit mensuel sec de temps de retour 5 ans calculés sur la base des chroniques « influencées » mesurées sur la Tille à Cessey-sur-Tille. Le Tableau 5-12 montre le gain théorique de SPU pour la truite adulte et juvénile et pour les guildes « radier » et « chenal » (en %) entre les situations hydrologiques « influencée » et « naturelle ». La comparaison repose sur les valeurs de débit mensuel sec de temps de retour 5 ans.

Gain de SPU espéré pour	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Truite fario adulte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%
Truite fario juvénile	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
Guilde chenal	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	0%	0%	0%
Guilde radier	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%

**Tableau 5-10: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de  $DB_H$  proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Cessey-sur-Tille**

Gain de SPU espéré pour	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Truite fario adulte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Truite fario juvénile	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Guilde chenal	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
Guilde radier	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

**Tableau 5-11: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de  $DB_B$  proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Cessey-sur-Tille**

Gain de SPU espéré pour	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Truite fario adulte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	3%	4%	4%	2%	0%
Truite fario juvénile	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	1%	0%	0%
Guilde chenal	0%	0%	0%	0%	0%	1%	3%	7%	12%	7%	5%	0%
Guilde radier	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	3%	1%	0%	0%

**Tableau 5-12 : Gain maximum de SPU (en %) espéré en considérant les valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans naturelles (hydrologie désinfluencée) en lieu et place des valeurs mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Cessey-sur-Tille**

Comme pour la station de Fouchanges, les gains théoriques de SPU en appliquant les valeurs de débit biologique haute et basse déterminées par la méthode d'habitats varient selon les espèces mais restent globalement faibles (entre 0 et 6% selon les espèces ou groupements d'espèces considérés).

La comparaison des gains de SPU entre hydrologie influencée et désinfluencée montrent cependant que le milieu reste contraint en terme de débits « naturels » disponibles. Tout comme à Fouchanges, une augmentation de débit ne conduit pas forcément à une augmentation proportionnelle de la SPU. Ainsi, l'augmentation de 35% du débit mensuel quinquennal pour septembre en passant d'un régime « influencé » à un régime « naturel » se traduit par des augmentations de SPU de l'ordre de 2% pour la truite fario juvénile, 4% pour la truite fario adulte et 12% pour la guilde « chenal ».

## 5.6.2 Détermination du débit de survie

La note du groupe gestion quantitative du Bassin RM laisse entendre que la valeur basse de débit biologique peut être reprise pour la détermination du débit de survie. Cette valeur, dont la détermination est explicitée plus haut, est de 150l/s.

Les points suivant peuvent être apportés comme éléments de comparaison pour la détermination du débit de survie :

- ✓ Le VCN3(5) calculé sur la chronique disponible (1964-2009) à la station de Cessey-sur-Tille est de 105l/s, le VCN3(2) étant de 213l/s. Le VCN10(5) calculé sur la même période est de 126l/s, le VCN10(2) étant de 245l/s. En extrapolant les valeurs « naturelles » calculées sur la période 2001-2009 à l'ensemble de la chronique, le VCN3(5) et VCN10(5) « naturels » sont respectivement de 150l/s et 175l/s.
- ✓ Sur la période 2001-2009, une valeur de 150l/s aurait été dépassée sur quasiment 100 jours consécutifs en 2003 et 2004, 70 jours consécutifs en 2002, et 2005, sans être franchie en 2001 et sur la période 2006-2009. En régime « naturel » le nombre de jours pour lesquels ce débit aurait été franchi diminue d'environ 25% ;
- ✓ Les observations lors des campagnes de terrain ont été faites pour des débits de l'ordre de 280l/s. A l'aval de Cessey-sur-Tille, la rivière est plutôt courante dans ces gammes de débits, avec des profondeurs moyennes voisines d'une vingtaine de centimètres. Plus à l'aval, la pente du cours d'eau diminue, générant des profondeurs plus importantes, plus propices à la survie des espèces en période d'étiage sévère. Comme dans le secteur de Fouchanges, l'existence d'une ripisylve dense constitue un facteur limitatif au réchauffement du cours d'eau sur les secteurs de mouilles. L'existence de secteurs lotiques assimilables à des zones refuges sur l'aval du tronçon d'étude permet d'envisager le maintien des conditions propices à la survie des espèces piscicoles en présence pour la gamme de valeurs proposées (environ 150l/s)

Sur la base de ces éléments, il est proposé une valeur de débit de survie de 150l/s.

## 5.7 Tille à Champdôtre

### 5.7.1 Détermination du débit biologique

#### 5.7.1.1 Présentation de la station

La station d'étude est située à l'aval de Champdôtre, en amont de la zone d'influence de l'ouvrage des Maillys. Sur ce secteur, le cours d'eau est assez rectiligne, avec des berges assez raides. L'alternance de faciès est peu marquée, avec une majorité de plats courants et quelques secteurs de chenal lotique.

#### 5.7.1.2 Modélisation de l'habitat

Le contexte piscicole sur le secteur de la Tille aval est cyprinicole dégradé, avec le brochet comme espèce repère. Les inventaires piscicoles de l'ONEMA montrent que les espèces présentes sont caractéristiques de la zone moyenne. Il s'agit de cyprinicoles rhéophiles, notamment le blageon, le barbeau fluviatile, le goujon, le hotu et le chevesne (au total 35% des effectifs inventoriés à Champdôtre en 2009).

Les espèces d'accompagnement de la truite fario – vairon et loche franche – sont également très présentes (55% des effectifs inventoriés à Champdôtre en 2009).

Du fait des peuplements en présence et des caractéristiques de la station, il est retenu de conserver les courbes des guildes « chenal » et « radier » pour l'analyse, ces guildes d'espèces étant les plus exigeantes en terme de débit. L'observation des courbes Estimhab (Figure 5-15) permet d'identifier :

- Pour la guildes « chenal » :
  - Une zone de gain rapide entre 0 et 300l/s, la SPU augmentant de 65% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
  - Une zone d'accroissement régulière importante entre 250l/s et 1m<sup>3</sup>/s, la SPU atteignant 300 m<sup>2</sup>/100m à 1m<sup>3</sup>/s ;
  - Une poursuite régulière de l'accroissement au delà de 1m<sup>3</sup>/s, mais dans une moindre mesure que pour les gammes de débits inférieures (atteinte d'une SPU de 400m<sup>2</sup>/100m pour un débit de 2,5m<sup>3</sup>/s).
- Pour la guildes « radier » :
  - Un changement de pente marquée à 250l/s ;
  - Une zone d'accroissement régulier entre 250l/s et 650l/s ;
  - Un optimum à 1,5m<sup>3</sup>/s.

Les valeurs de QMNA5 influencé et désinfluencé sont très proches, autour de 450l/s. Il faut noter que la valeur de QMNA5 influencé est plus importante que celle du QMNA5 désinfluencé du fait du soutien d'étiage engendré par les rejets de STEP situées sur la partie aval du bassin versant de la Tille. Ces valeurs de QMNA5 sont semblables à la valeur en deçà de laquelle la SPU chute brutalement pour les deux guildes d'espèces considérées dans l'analyse. Le 1/10<sup>ème</sup> du module est de 1,1m<sup>3</sup>/s, soit dans la zone d'accroissement régulier de la SPU la guildes « chenal », et proche de l'optimum pour la guildes « radier ».

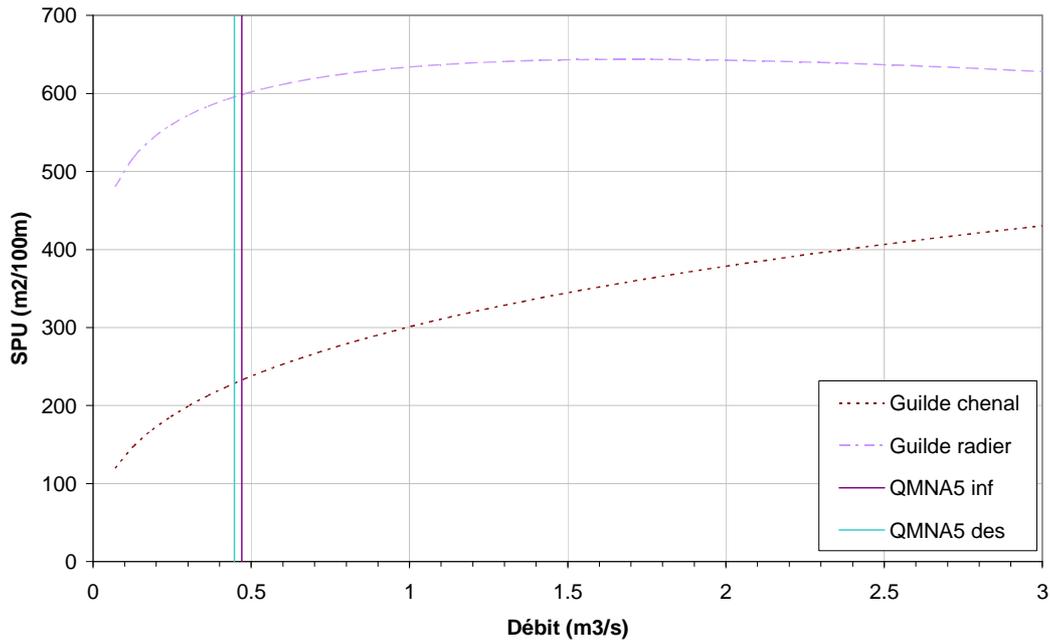


Figure 5-15 : Évolution de la SPU pour les guildes « radier » et « chenal » sur la Tille à Champdôtre

### 5.7.1.3 Observations de terrain

La mesure de basses eaux a été faite à un débit d'environ 700l/s, soit dans la zone d'accroissement régulier. Aucun dysfonctionnement notable du milieu n'est constaté à ce débit, malgré quelques sections où la lame d'eau minimum ne dépasse pas 20cm.

### 5.7.1.4 Propositions de valeurs de débits biologiques

La valeur basse de débit biologique est initialement proposée en limite supérieure de la zone d'accroissement rapide de la guilde « chenal », la plus contraignante, soit à 300l/s. Cependant, vues les observations de terrain réalisées lors de la campagne de basses eaux (débit en rivière de 700l/s), il est probable qu'un débit de 300l/s en rivière conduisent à des lames d'eau non compatibles avec des conditions piscicoles acceptables. A ce titre, il est proposé de positionner la valeur basse de débit biologique aux environs du QMNA5, soit à 500l/s. La valeur haute de débit biologique est proposée au niveau de la valeur de débit à laquelle a été réalisée la campagne de mesure d'étiage, soit 700l/s. En effet, aucun dysfonctionnement notable du milieu n'est constaté à ce débit. Cette valeur bien que supérieure au QMNA5 « naturel » reste inférieure au QMNA2 « naturel ».

Les valeurs de  $DB_B$  et de  $DB_H$  proposées sont présentées sur la Figure 5-16 avec la courbe d'évolution de la SPU pour les guildes « chenal » et « radier ».

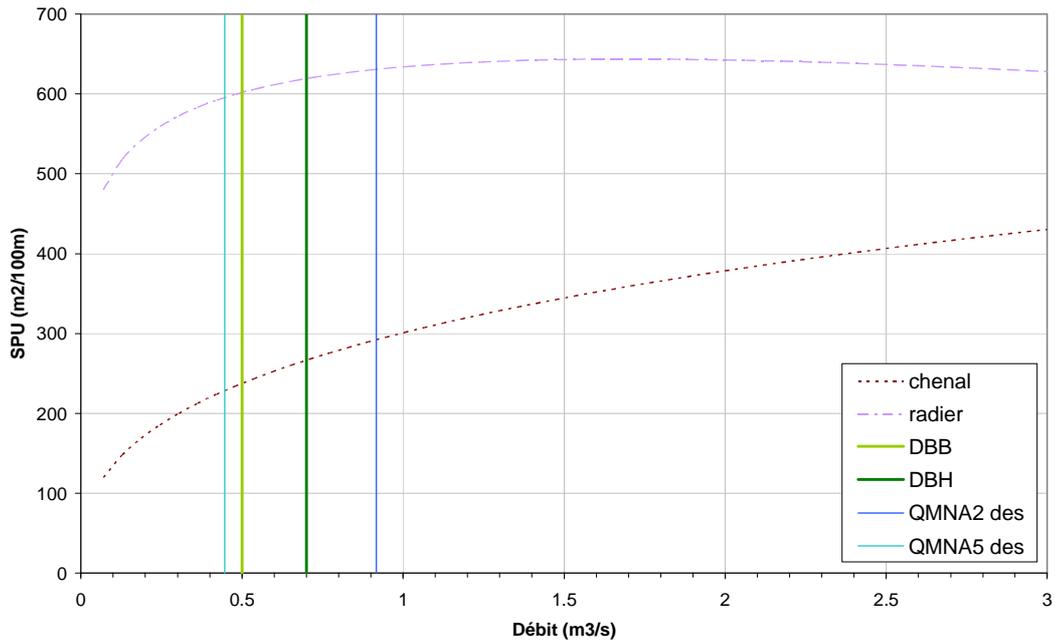


Figure 5-16 : Propositions de débits biologiques à la station de la Tille à Champdôtre

### 5.7.1.5 Mise en perspective des valeurs proposées

La Figure 5-17 compare les valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs influencés et désinfluencés à la station de la Tille à Champdôtre sur la période 2001-2009.

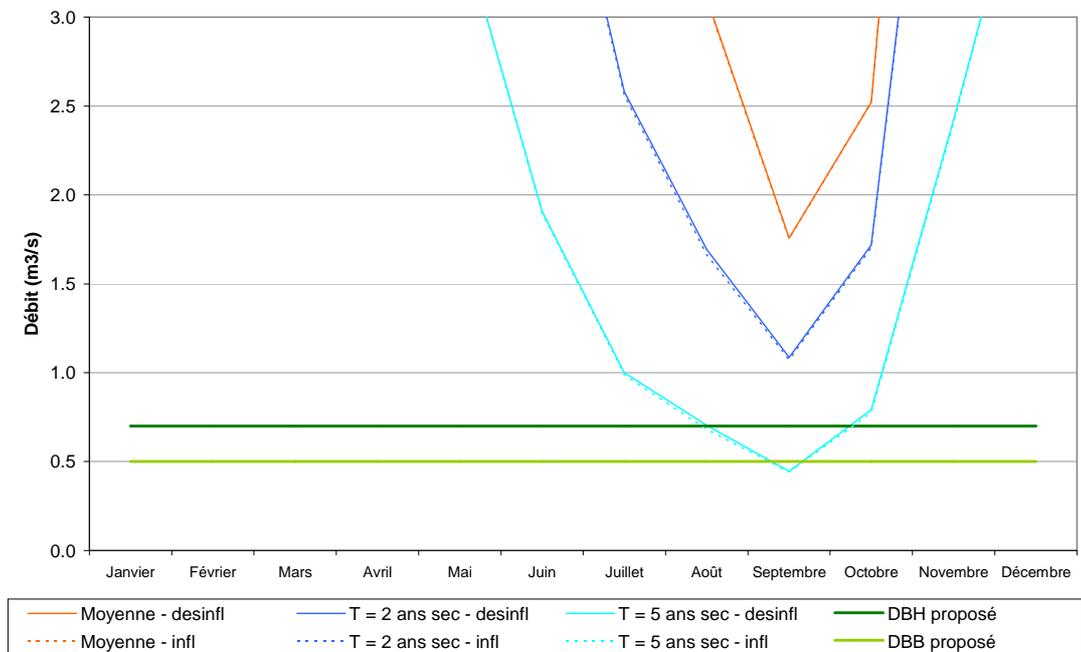


Figure 5-17 : Comparaison des valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs à la station de la Tille à Champdôtre (2001-2009)

Le graphique montre :

- ✓ Que les débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs sont assez proches avec l'hydrologie influencée et désinfluencée pour l'ensemble des mois de l'année. Ainsi, le gain maximal de débit mensuel quinquennal sec entre hydrologie « influencée » et « naturelle » est de 3% pour le mois d'août. Cette similarité s'explique par le fait que les prélèvements importants sur le bassin versant sont compensés par un soutien d'étiage des importantes stations d'épuration de l'aval du bassin versant. La compensation des volumes prélevés est due à l'import de 1,5mM<sup>3</sup> d'eau à usage domestique et industriel sur le bassin versant depuis un bassin versant voisin, ces débits étant restitués au milieu via le réseau d'assainissement et les stations d'épurations susmentionnées. A ce titre, les débits naturels reconstitués sont très semblables aux débits influencés ;
- ✓ Que les DB<sub>H</sub> et DB<sub>B</sub> proposés sont inférieurs au débit mensuel moyen et biennal sec pour l'ensemble des mois, tant en hydrologie naturelle qu'influencée ;
- ✓ Que le DB<sub>H</sub> proposé est supérieur au débit mensuel quinquennal sec « influencé » et « naturel » pour les mois d'août et septembre, le DB<sub>B</sub> l'étant seulement pour le mois d'août.

Les Tableau 5-13 et Tableau 5-14 montrent le gain théorique de SPU pour les guildes « radier » et « chenal » (en %) qu'on pourrait attendre en appliquant stricto sensu le DB<sub>H</sub> et DB<sub>B</sub> proposés, par comparaison avec les valeurs de débit mensuel sec de temps de retour 5 ans calculés sur la base des chroniques « influencées » mesurées sur la Tille à Champdôtre. Le Tableau 5-15 montre le gain théorique de SPU pour la truite adulte et juvénile et pour les guildes « radier » et « chenal » (en %) entre les situations hydrologiques « influencée » et « naturelle ». La comparaison repose sur les valeurs de débit mensuel sec de temps de retour 5 ans.

Gain de SPU espéré pour	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Guilde chenal	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	17%	0%	0%	0%
Guilde radier	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%

**Tableau 5-13: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de DB<sub>H</sub> proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Champdôtre**

Gain de SPU espéré pour	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Guilde chenal	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%
Guilde radier	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%

**Tableau 5-14: Gain théorique de SPU (en %) en considérant la valeur de  $DB_B$  proposée en lieu et place des valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Champdôtre**

Gain de SPU espéré pour	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Guilde chenal	0%	0%	0%	0%	0%	2%	4%	7%	9%	6%	2%	0%
Guilde radier	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

**Tableau 5-15 : Gain maximum de SPU (en %) espéré en considérant les valeurs mensuelles sèches de retour 5 ans naturelles (hydrologie désinfluencée) en lieu et place des valeurs mesurées (hydrologie influencée) à la station de la Tille à Champdôtre**

Les gains théoriques de SPU en appliquant les valeurs de débit biologique haute et basse déterminées par la méthode d'habitats sont variables selon que l'on considère la guilde « radier » ou « chenal ». Pour cette dernière, l'augmentation de SPU est de 1 à 17% en considérant le  $DB_H$ . Pour la guilde « radier », cette augmentation est visible seulement en septembre, et est de l'ordre de 4% en considérant le  $DB_H$ .

La sensibilité de la guilde « chenal » aux augmentations de débit est ici parfaitement illustrée : en effet, pour une augmentation de 1% du débit quinquennal sec d'août entre situation « naturelle » et « influencée », le gain de SPU est de l'ordre de 9% pour ce groupement d'espèces.

## 5.7.2 Détermination du débit de survie

La note du groupe gestion quantitative du Bassin RM laisse entendre que la valeur basse de débit biologique peut être reprise pour la détermination du débit de survie. Cette valeur, dont la détermination est explicitée plus haut, est de 500l/s.

Les points suivant peuvent être apportés comme éléments de comparaison pour la détermination du débit de survie :

- ✓ Le VCN3(5) calculé sur la chronique disponible (1968-1989, puis 1994-2009) à la station de Champdôtre (chronique construite par reconstitution à partir de la station des Maillys pour la période 1968-1989) est de 330l/s, le VCN3(2) étant de 625l/s. Le VCN10(5) calculé sur la même période est de 380l/s, le VCN10(2) étant de 700l/s. En extrapolant les valeurs « naturelles » calculées sur la période 2001-2009 à l'ensemble de la chronique, le VCN3(5) et VCN10(5) « naturels » sont très proches des valeurs « influencées », notamment du fait du soutien d'étiage par les rejets des stations d'épuration de l'aval du bassin versant ;
- ✓ Sur la période 2001-2009, une valeur de 500l/s aurait été dépassée sur quasiment 90 jours en 2003, 40 jours en 2002 et 2005, et une vingtaine de jours en 2004. Cette valeur n'a pas été franchie la période 2006-2009. En régime « naturel » le nombre de jours pour lesquels ce débit aurait été franchi diminue d'environ 10% ;
- ✓ Les observations lors des campagnes de terrain ont été faites pour des débits de l'ordre de 700l/s. Si la largeur relativement importante du cours d'eau constitue un risque certain d'atteindre une lame d'eau critique si le débit devait trop

s'abaisser, ce n'est pas le cas aux gammes de débits observées lors de la mesure de basses eaux. Il n'est pas possible sans modélisation hydraulique de définir le débit au-dessous duquel la survie des espèces serait compromise.

Cependant, compte tenu des observations faites, et de la fréquence de retour relativement élevée sur des périodes courtes d'une valeur de débit de 500l/s (cf. valeurs de VCN), il paraît intéressant de conserver cette valeur pour le débit de survie.

## 5.8 Synthèse des valeurs de BD et DS proposées

Les valeurs de débit biologique et de débit de survie proposées ci-dessus sont récapitulées dans le Tableau 5-16.

Tableau 5-16 : Synthèse des valeurs de DB et de DS proposées sur le bassin versant de la Tille

Code station	Nom station	Débit biologique - valeur haute (m <sup>3</sup> /s)	Débit biologique - valeur basse (m <sup>3</sup> /s)	Débit de survie proposée (m <sup>3</sup> /s)
IGNO1	Ignon à Diénay	0,45	0,25	0,3
NORG1	Norges à Orgeux	0,11	0,08	0,08
TSUP1	Tille à Villey-s/-Tille	0,12	0,08	0,08
TMOY1	Tille à Fouchanges	0,14	0,1	0,1
TMOY2	Tille à Cessey-s/-Tille	0,17	0,15	0,15
TINF1	Tille à Champdôtre	0,7	0,5	0,5

## 5.9 Débits biologiques et assecs

Dans la mesure du possible, sur les bassins versants soumis à des assecs naturels, il est recommandé de caractériser l'impact des débits biologiques sur les linéaires et les durées d'assèchement. Cette estimation n'est pas facile à réaliser si les caractéristiques des assecs ne sont pas bien documentées. L'absence d'un suivi des assecs sur le bassin versant de la Tille ne permet pas de disposer de données récentes relatives aux processus d'assèchements.

En revanche, les investigations menées par le Service Régional d'Aménagement des Eaux (SRAE, aujourd'hui DREAL) en 1982 ont permis de caractériser les assecs à Til-Châtel, Lux et Spoy en fonction des débits à Diénay et Crecey-sur-Tille. L'étude du SRAE fournit notamment des fréquences de retour pour différentes durées d'assèchement au niveau des trois sites mentionnés ci-dessus. Celles-ci sont présentées dans le Tableau 5-17.

**Tableau 5-17 : Fréquences et durées d'assèchement sur la Tille à Til-Châtel, Lux et Spoy**  
(source : SRAE Bourgogne)

Durées d'assèchement (en jours consécutifs)	Fréquence de l'assèchement		
	Forges de Til-Châtel	Lux	Spoy
3	4 années sur 10	6 années sur 10	7 années sur 10
10	3 à 4 années sur 10	5 à 6 années sur 10	6 à 7 années sur 10
30	2 à 3 années sur 10	4 années sur 10	5 années sur 10
60	2 années sur 10	3 années sur 10	3 à 4 années sur 10

De plus, le SRAE, sur la base de campagnes de jaugeages menées sur les étiages 1980 et 1981, a établi des formules permettant de calculer le débit à Til-Châtel, Lux et Spoy en fonction de la somme des débits à Crecey-sur-Tille et Diénay. Ces formules sont les suivantes :

- ✓ Tille à l'aval des forges de Til-Châtel :
  - $Q_i = 1,30 * Q (\text{Diénay} + \text{Crecey}) - 0,92$  (en  $\text{m}^3/\text{s}$ ).
  - L'extrapolation de la droite montre que la rivière s'assèche à ce niveau quand le débit amont descend sous  $0,7\text{m}^3/\text{s}$ .
- ✓ Tille à Lux :
  - $Q_i = 1,27 * Q (\text{Diénay} + \text{Crecey}) - 1,19$  (en  $\text{m}^3/\text{s}$ ).
  - L'extrapolation de la droite montre que la rivière s'assèche à ce niveau quand le débit amont descend sous  $0,94\text{m}^3/\text{s}$ .
- ✓ Tille à Spoy :
  - $Q_i = 1,22 * Q (\text{Diénay} + \text{Crecey}) - 1,40$  (en  $\text{m}^3/\text{s}$ ).
  - L'extrapolation de la droite montre que la rivière s'assèche à ce niveau quand le débit amont descend sous  $1,15\text{m}^3/\text{s}$ .

Sur la base de ces éléments, il est notamment possible de déterminer, à partir de scénarios de débits à sur l'Ignon à Diénay et la Tille à Crecey-sur-Tille, les débits de la Tille à Til-Châtel, Lux et Spoy. Les résultats sont présentés dans le

Tableau 5-18.

**Tableau 5-18 : Débits sur les secteurs de la Tille sensibles aux assecs pour différents scénarios de débits amont**

$Q_{\text{Crecey}} + Q_{\text{Diénay}}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Secteur	Q ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
<b>0,33m<sup>3</sup>/s</b> (somme des DB <sub>B</sub> proposés)	A Til-Châtel	0 - sec
	A Lux	0 - sec
	A Spoy	0 - sec
<b>0,57m<sup>3</sup>/s</b> (somme des DB <sub>H</sub> proposés)	A Til-Châtel	0 - sec

	A Lux	0 - sec
	A Sпой	0 - sec
<b>0,68m<sup>3</sup>/s</b> (somme des DB <sub>H</sub> proposés + 20%)	A Til-Châtel	0 - sec
	A Lux	0 - sec
	A Sпой	0 - sec
<b>0,86m<sup>3</sup>/s</b> (somme des DB <sub>H</sub> proposés + 50%)	A Til-Châtel	0,19
	A Lux	0 - sec
	A Sпой	0 - sec

Il est clair que le débit sur la partie amont du bassin versant doit être maintenu à un niveau très élevé (en tout cas au regard des valeurs de débits biologiques proposées) pour assurer la continuité hydraulique sur le secteur d'assec. Ainsi le débit amont doit être au minimum de 1,2m<sup>3</sup>/s pour éviter l'assèchement de la rivière à Sпой (SRAE, 1982), soit plus de deux fois la somme des débits biologiques (valeurs hautes) proposés à Diénay et Crecey-sur-Tille.

## 6

### Conclusion de la Phase 4

A l'issue de cette phase de détermination, l'analyse des résultats apportés par la méthode d'habitats et leur confrontation avec des chroniques et statistiques hydrologiques a permis sur les 6 stations retenues sur le bassin versant de proposer :

- ✓ Des valeurs haute et basse de débit biologique ;
- ✓ Une valeur de débit de survie.

Les éléments déterminés à ce stade constituent une estimation des besoins du milieu naturel en terme de débit. Ces données seront valorisées lors de la Phase 5 de l'étude, où seront définis, entre autres, des Débits Objectif d'Étiage (DOE) et des Débits de Crise (DCR). La valeur haute de débit biologique sera utilisée comme base de calcul du DOE, alors que le débit de survie le sera pour le DCR.

Le DOE et le DCR intègrent la problématique « usages de l'eau » en plus de la problématique « qualité du milieu » abordée dans la phase 4. Le croisement des données issues de la Phase 4 avec la connaissance des besoins des différents usagers définis au cours de la Phase 2 de l'étude permettra la définition des débits de gestion courante et de crise sur le bassin versant. La phase finale de l'étude verra la définition des volumes prélevables découlant des DOE et leur répartition entre les différents groupes d'usagers.

L'analyse concernant les usages sera évidemment poussée en phase 5, mais il est déjà possible, sur la base de la comparaison des valeurs définies avec les données statistiques des débits mesurés aux stations hydrométriques, de différencier les secteurs suivants sur le bassin versant :

- ✓ Les stations sur les parties amont des bassins versants (notamment Crecey-sur-Tille et Saint-Julien) pour lesquels les milieux sont naturellement très contraints, et le gain potentiel en terme de débits et de qualité de l'habitat est faible compte tenu du peu de leviers d'actions disponibles (peu de prélèvements à réduire, voir supprimer) ;
- ✓ Les stations sur la partie médiane du bassin versant (Fouchanges, Cessey-sur-Tille), pour lesquels des possibilités d'augmentation des débits, et d'amélioration de la qualité du milieu sont envisageables en agissant sur les prélèvements ;
- ✓ La station de Champdâtre à l'aval du bassin versant, où le rôle des stations d'épuration sur le soutien d'étiage est important, et où la suppression de toute action anthropique sur le bassin versant ne conduit pas à une augmentation des débits du fait de ces stations d'épuration.

## **ANNEXE 1**

### **BIBLIOGRAPHIE**

---

**Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse (2010) :** *Révision du classement en zone de répartition des eaux.* 10 Février 2010.

**Baran P. (2011) :** *Les méthodes d'aide à la détermination de valeur de débit minimum.* Annexe 2 de la Circulaire relative à l'application de l'article L. 214-18 du code de l'environnement, modifié par la loi n°2006-1772 du 30/12/2011 dite loi sur l'eau et les milieux aquatiques.

**CEMAGREF (2008) :** *Estimation de l'impact sur l'habitat aquatique de la gestion hydraulique des cours d'eau.* Guide mis à jour en juin 2008.

**Comité de Bassin Rhône-Méditerranée (2009) :** *Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin Rhône-Méditerranée 2010-2015.* Approuvé par le Préfet coordonateur de bassin le 20/11/2009.

**DIREN Rhône-Alpes et bassin Rhône-Méditerranée (2007) :** *Note relative aux zones de répartition des eaux – Aspects juridiques et techniques.* Document de travail. Août 2007.

**DREAL Rhône-Alpes, Agence de l'Eau RM&C et ONEMA (2011) :** *Débits d'Objectif d'Etiage et Débits de crise : Note du groupe de bassin Rhône-Méditerranée « gestion quantitative ».* Version 2. Juillet 2011.

**Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'aménagement du territoire (2008) :** *Circulaire relative aux schémas d'aménagement et de gestion des eaux.* 21 Avril 2008.

**Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement (2011) :** *Circulaire relative à la mise en œuvre des schémas d'aménagement et de gestion des eaux.* 4 Mai 2011.

**Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement (2011) :** *Circulaire relative à l'application de l'article L. 214-18 du code de l'environnement sur les débits réservés à maintenir dans les cours d'eau.* 5 Juillet 2011.

**SOGREAH (2010) :** *Restauration physique des milieux aquatiques et gestion des risques inondations sur le bassin de la Tille – Phase 1 : État des lieux & Diagnostic.* Rapport d'étude, version provisoire, pour l'EPTB Saône-Doubs. Février 2010.

**SRAE Bourgogne (1982) :** *Essai de prédétermination des débits sur les cours d'eau présentant des pertes en région calcaire. L'exemple de la Tille entre Til-Châtel et Spoy.* Mars 1982.

## **ANNEXE 2**

# **GUIDE MÉTHODOLOGIQUE POUR LA MISE EN ŒUVRE DE ESTIMHAB**

---

# Estimhab

## Estimation de l'impact sur l'habitat aquatique de la gestion hydraulique des cours d'eau

Guide mis à jour en Juin 2008

SERA ACTUALISE FIN JUILLET 2008

après commentaires des participants au séminaire d'échange de Novembre 2007 - Létra en Beaujolais

Estimhab est un modèle statistique pour estimer les impacts écologiques de la gestion hydraulique des cours d'eau (modification des débits, ajout/suppression de seuils). Il donne des résultats très proches de ceux fournis par les méthodes conventionnelles des 'microhabitats' (logiciels Phabsim, Evha), à partir de variables d'entrée simplifiées (mesures de largeurs et hauteurs à deux débits). Par souci de simplicité et de facilité d'évolution, Estimhab est présenté sur tableur (Excel).

Estimhab est téléchargeable gratuitement à l'adresse suivante

<http://www.lyon.cemagref.fr/bea/dynam/logiciels.shtml>

C'est un outil évolutif : ajouts d'espèces prises en compte et simplifications supplémentaires se font au cours du temps. L'évolution est permise par le retour des informations de la part des utilisateurs : une fois le modèle calé sur un tronçon de rivière, merci de l'envoyer à :

[nicolas.lamouroux@cemagref.fr](mailto:nicolas.lamouroux@cemagref.fr)

### SOMMAIRE

#### 1 - Présentation générale

1.1 - Contexte scientifique	p.2
1.2 - Les éléments d'Estimhab	p.5
1.3 - Le domaine de validité	p.6

#### 2 - Notice d'utilisation

2.1 - Variables d'entrée et protocole de terrain	p.8
2.2 - Variables prédites et interprétation des courbes	p.13
2.3 - La prise en compte du contexte et des objectifs	p.15
2.4 - Rappel des points clés	p.17

Annexe 1 - Cas particulier des modifications de seuils p.18

Annexe 2 - Extrait loi sur l'eau 2006 p.19

Annexe 3 - Pour en savoir plus : références p.20

#### Citation :

Lamouroux N. (2002) Estimhab: estimating instream habitat quality changes associated with hydraulic river management. Shareware & User's guide. Cemagref Lyon - Onema.

# 1 - Présentation générale

## 1.1 – Contexte

Afin d'apporter une aide scientifique au choix d'un débit réservé ou à la gestion du lit des cours d'eau, des modèles quantitatifs de la qualité de l'habitat des espèces aquatiques ont été développés dans les années 80 (logiciels Phabsim, Evha – Ginot 1998). Ces modèles d'habitat conventionnels, essentiellement utilisés pour les poissons, décrivent les conditions physiques dans un cours d'eau à l'aide d'un modèle hydraulique, puis estiment la qualité de l'habitat des espèces à l'aide de modèles de préférence des espèces pour ces conditions physiques (Figure 1). Les prédictions sont exprimées en terme de **valeur d'habitat** (note entre 0 et 1) ou de **surface utilisable** (valeur d'habitat \* surface mouillée), qui varient en fonction du débit pour chacune des espèces considérées.

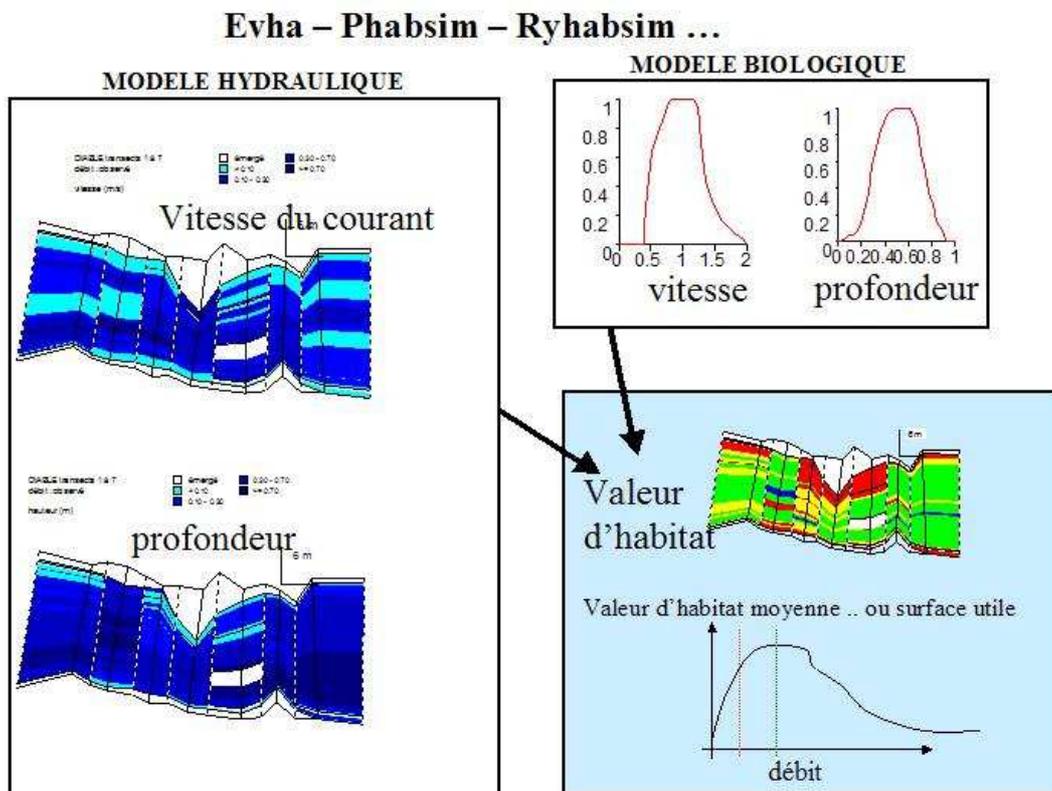


Figure 1 : les modèles d'habitat conventionnels couplent un modèle hydraulique du cours d'eau avec des modèles de préférences biologiques

Ces modèles de qualité de l'habitat ont été essentiellement utilisés pour les salmonidés, et sont relativement lourds à mettre en œuvre localement. La mise en œuvre des modèles conventionnels nécessite des relevés topographiques et hydrauliques importants, ainsi que l'expérience du calage d'un modèle hydraulique. Il est donc difficile de les appliquer sur de nombreux sites ou à l'ensemble d'un bassin versant. C'est là une limite à la gestion intégrée de la biodiversité dans les cours d'eau d'un bassin, et à la définition de priorités de gestion.

Estimhab est un modèle d'habitat statistique, alternative aux modèles d'habitat conventionnels du type 'EVHA'. C'est un modèle de 'seconde génération' car il est issu des enseignements tirés de l'application des modèles conventionnels dans plusieurs centaines de cours d'eau. L'analyse de sensibilité de l'application des modèles conventionnels, en France et à l'étranger, a mis en évidence que la sortie de ces modèles (courbes reliant une valeur d'habitat ou une surface utile au débit) dépend essentiellement des caractéristiques hydrauliques moyennes des cours d'eau (Lamouroux et Capra, 2002). Estimhab s'appuie sur ce résultat. En conséquence, l'utilisation d'Estimhab est simplifiée, elle nécessite la connaissance des caractéristiques hydrauliques moyennes des cours d'eau (débit, hauteur, largeur, taille du substrat ...). Plus précisément, c'est essentiellement la géométrie hydraulique du cours d'eau (lois hauteur-débit, largeur-débit) qu'il faudra mesurer sur le terrain pour appliquer Estimhab.

L'utilisation du logiciel Estimhab engendre une perte d'information faible par rapport à l'utilisation d'un modèle conventionnel de type 'Evha' (les deux méthodes ont été comparées sur une large gamme de cours d'eau : >80 % des variations de valeurs d'habitat sont reflétées par Estimhab, selon les espèces prises en compte, Figure 2).

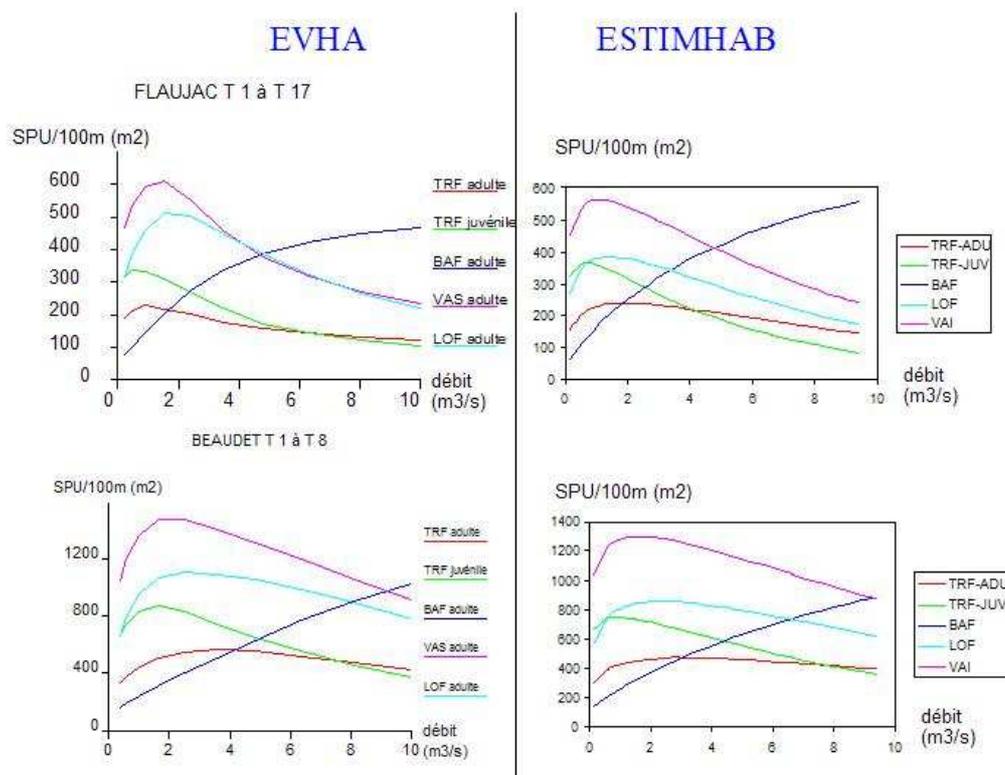


Figure 2 : exemples de comparaisons entre Evha et Estimhab

En revanche, Estimhab ne permet pas de cartographier les valeurs d'habitat prédites sur le cours d'eau, et ne pourra être utilisé que dans des morphologies quasi-naturelles (le débit, lui, peut être modifié). Des points de vue complémentaires sur les différents modèles sont visibles sur le site de l'application (<http://www.lyon.cemagref.fr/bea/dynam/estimhab.shtml>). On retiendra également qu' Estimhab hérite de toutes les limites et difficultés associées aux modèles conventionnels de type 'Evha' (domaine de validité, logique et contexte d'interprétation) dont certains points sont abordés dans les pages suivantes.

Estimhab est maintenant utilisé largement en France et dans plusieurs pays étrangers (Suisse, Allemagne, Espagne, Canada, Nouvelle-Zélande où un équivalent a été développé ...). Idéalement, sa simplicité d'application devrait améliorer les études d'impact de la gestion des débits en permettant de se focaliser moins sur l'application du modèle elle-même, et plus sur la prise en compte du contexte environnemental, biologique et socio-économique. Les axes du contexte à prendre en compte sont rappelés dans ce guide (définition des objectifs, prises en compte des espèces en place sur le site et régionalement, multiplication des tronçons étudiés ...).

Penser à renvoyer vos classeurs Estimhab au Cemagref (pour permettre l'amélioration des méthodes) et à les annexer à vos études (par soucis de transparence et pour permettre le contrôle).

## 1.2 – Les éléments d'Estimhab

Estimhab évolue, c'est pourquoi son habillage informatique est léger. C'est un classeur Excel qui comporte trois feuilles

- 1) feuille 'simulations-populations'
- 2) feuille 'simulations-guildes'
- 3) feuille 'données-terrain'

Pour faire une simulation sur un tronçon, il est conseillé de dupliquer Estimhab.xls, de le renommer puis de le remplir.

### *La feuille 'simulations-populations'*

C'est sur cette feuille que l'on réalise les simulations de qualité de l'habitat. Elle comporte

- un cadre où sont saisies les variables d'entrée (exemple : largeur, hauteur d'eau moyenne sur le tronçon mesurées à deux débits différents, cf. 2.1).
- des graphiques indiquant la qualité de l'habitat en fonction du débit, automatiquement simulée pour différentes espèces/stades.

Les simulations pour la truite sont valables pour les cours d'eau à truite seuls. Pour les autres espèces, les simulations sont valables pour tous les cours d'eau dans la limite du domaine de validité décrit plus loin. Les espèces actuellement prises en compte sont : TRF = truite Fario adultes et juvéniles, les simulations pour les juvéniles de truite restent valables pour les alevins de l'année; BAF = barbeau fluviatile adulte; CHA = chabot adulte; GOU = goujon adulte; LOF = loche franche adulte; VAI = vairon adulte; SAT = saumon atlantique (alevin et juvénile); OMB = ombre commun (alevin, juvénile, adulte).

### *La feuille 'simulations-guildes'*

Même feuille, donnant des estimations de qualité de l'habitat moyennées par groupes d'espèces ayant des préférences d'habitat comparables (Lamouroux et Cattaneo, 2006). Si une espèce n'est pas prise en compte dans la feuille 'simulations-populations', on pourra simuler sa réponse typique en l'associant à la guildes la plus adaptée.

Guilde 'radier' : loche franche, chabot, barbeau <9cm

Guilde 'chenal' : barbeau >9cm, blageon >8cm ( + hotu, toxostome, vandoise, ombre)

Guilde 'mouille' : anguille, perche soleil, perche, gardon, chevesne >17cm

Guilde 'berge' : goujon, blageon <8cm, chevesne <17cm, vairon

La guildes 'chenal' correspond aux espèces d'eau courante ; c'est la guildes la plus favorisée par les augmentations de débit (et la plus affectée historiquement par la réduction des débits dans les cours d'eau aménagés). Les modifications de morphologie concerneront surtout les guildes 'radier' et 'mouille'. Le ralentissement général des écoulements liés aux aménagements réduit la proportion des espèces de la guildes 'radier'.

### *La feuille 'données-terrain'*

Il est conseillé de s'en servir pour saisir les données de terrain (cf. protocole de terrain). Ainsi, cette feuille pourra être utilisée pour calculer les variables d'entrée nécessaires aux simulations (sur les feuilles 'simulations'). Elle sera également très utile pour poursuivre le développement et la simplification des modèles si vous envoyez une copie du classeur au Cemagref après calage sur le tronçon, ce que nous vous encourageons à faire (même en cas de confidentialité ; n'indiquez pas, dans ce cas, le nom de la rivière).

### 1.3 – Le domaine de validité

#### *Le domaine de validité 'physique'*

Estimhab est utilisable sur des cours d'eau de climats tempérés à morphologie naturelle ou peu modifiée (le débit, lui, peut être modifié), de pente < 5%. On évitera en pratique de l'utiliser sur des tronçons dont plus de 40% de la surface est hydrauliquement influencée par des seuils, enrochements, épis ou autres aménagements.

Les simulations par espèces (sauf celles de SAT et OMB) sont tout à fait comparables à celles d'EVHA (>80% de variance en valeur d'habitat expliquée) dans une gamme de cours d'eau dont les caractéristiques hydrologiques et hydrauliques sont données ci-dessous

Caractéristique du cours d'eau	Minimum	Maximum
Débit médian Q50 (m <sup>3</sup> /s)	0.20	13.10
Largeur à Q50 (m)	5.15	39.05
Hauteur à Q50 (m)	0.18	1.45
Substrat D50 (m)	0.02	0.64

Les simulations par guildes (plus celles de SAT, OMB) sont comparables à celles d'EVHA dans une gamme plus large :

Caractéristique du cours d'eau	Minimum	Maximum
Débit médian Q50 (m <sup>3</sup> /s)	1.00	152.00
Largeur à Q50 (m)	7.00	139.00
Hauteur à Q50 (m)	0.25	2.25
Substrat D50 (m)	0.01	0.33

Il est possible qu'Estimhab soit adapté à d'autres types de cours d'eau mais ceci demande des analyses complémentaires. La pertinence d'Estimhab repose sur l'existence de propriétés statistiques très générale des cours d'eau (forme des distributions de vitesses et de hauteurs) qu'il convient de vérifier lorsque l'on s'écarte du domaine de calibration du logiciel.

#### *Le domaine de validité 'biologique'*

Les résultats d'Estimhab sont inféodés à la pertinence des courbes de préférences hydrauliques des espèces qui ont été utilisées pour construire le modèle. Dans tous les cas, la pertinence du modèle biologique est à mettre en cause lorsque la profondeur moyenne est > 2m (limite de la pêche électrique). Les courbes de préférences impliquées dans le logiciel sont

- TRF, SAT : courbes Cemagref-CSP, cf. DOC EVHA. Les courbes de la truite sont une adaptation des courbes d'Amérique du Nord par un panel d'experts Français.
- OMB : courbes de Mallet J.P., Lamouroux N., Sagnes P., Persat H. (2000) Habitat preferences of European grayling in a medium-size stream, the Ain river, France. *Journal of Fish Biology*, 56, 1312-1326. Réalisées sur l'Ain à Gévrieux (module de l'ordre de 120 m<sup>3</sup>/s). Testées et validées sur un bras secondaire. Ces courbes peuvent surestimer les vitesses utilisées par l'ombre dans des petits cours d'eau.
- Autres espèces : Leurs préférences sont étudiées dans Lamouroux et Capra (2002), téléchargeable sur <http://www.lyon.cemagref.fr/bea/dynam/lamouroux.shtml>. Ces courbes sont des courbes 'moyennes' provenant de différents cours d'eau (Ardèche, Loire, Rhône, Ain, Garonne, Drome). Elles sont transférables entre sites d'étude et donc utilisables sur une large gamme de cours d'eau.

## 2 - Notice d'utilisation

### 2.1 - Variables d'entrée et protocole de mesure de la géométrie hydraulique

ATTENTION AUX UNITES, tout est en m, m<sup>3</sup>/s

*Choix du tronçon* : Estimhab réalise des simulations sur des tronçons (ou segments) de cours d'eau, une étude comprenant idéalement plusieurs tronçons (cf. 2.3). Le choix des tronçons dépend de l'objectif de la simulation. Cependant, l'application d'Estimhab suppose que le tronçon reflète la diversité des faciès hydrauliques se succédant localement sur le cours d'eau (radiers, plats, mouilles). En moyenne le long des cours d'eau, les séquences de faciès "radier-mouille" se succèdent tous les 6-7 fois la largeur de plein bord. En conséquence, nous recommandons d'appliquer la méthode sur des tronçons de longueur > 15 fois la largeur du cours d'eau à pleins bords. Il est recommandé d'effectuer une cartographie sommaire à plus large échelle avant de choisir des tronçons représentatifs. Choisir des tronçons longs > 15 fois la largeur ne pose pas de problèmes. En revanche, choisir des tronçons plus courts ne devrait être fait qu'en cas de nécessité (ex : section court-circuitée courte, description d'une station de pêche plus courte) : il faudra justifier alors que le tronçon contient une diversité de faciès hydraulique représentative du cours d'eau localement.

#### Entrées

<b>débit (m3/s)</b>	<b>largeur (m)</b>	<b>hauteur (m)</b>
24	63	0.73
80	83	1.2
<b>débit médian naturel Q50 (m3/s)</b>		
90		
<b>taille du substrat (m)</b>		
0.2		
<b>gamme de modélisation (débits, m3/s)</b>		
2		37

*Le cadre contenant les variables d'entrée* : les variables d'entrée d'Estimhab sont celles du cadre ci-dessus (reproduit à partir des feuilles 'simulations'). Ces variables sont celles qui permettent d'estimer les valeurs d'habitat à tout débit. L'essentiel des mesures de terrain consiste donc à estimer, à 2 débits différents (Q1 et Q2) les largeurs mouillées (L1 et L2) et les hauteurs d'eau moyennes (H1 et H2) du tronçon de cours d'eau. Ces mesures de terrain permettent d'estimer la géométrie hydraulique du tronçon. A un des débits doit également être mesurée la taille moyenne des éléments du substrat. Un protocole de mesure de terrain est proposé ci-dessous.

*L'estimation du débit médian naturel Q50* : Outre les mesures de terrain, l'estimation du débit journalier médian du cours d'eau (Q50) en conditions naturelles (ex : s'il n'y avait pas de barrage) fait aussi partie des variables d'entrée du modèle. Estimhab est moins sensible à l'estimation de Q50 que celles des débits de mesures sur le terrain Q1 et Q2 (cf. ci-dessous), mais celle-ci doit néanmoins rester précise (erreur < 20%). On pourra se référer à une station de jaugeage proche. Dans le cas contraire, il faut extrapoler à partir d'une autre station, réaliser des mesures de terrain répétées, ou utiliser des modèles hydrologiques pertinents. L'extrapolation des débits d'une station voisine est souvent délicate et peut générer des erreurs

importantes, c'est pourquoi nous recommandons fortement de l'accompagner de mesures complémentaires adéquates (VOIR le guide des bonnes pratiques en la matière : [http://www.ecologie.gouv.fr/article.php3?id\\_article=1069](http://www.ecologie.gouv.fr/article.php3?id_article=1069), nous ne décrivons pas les méthodes utilisables ici). Il est important de spécifier la méthode utilisée, et d'apprécier son incertitude.

*Autres estimations hydrologiques* : Outre l'estimation du Q50, nécessaire au calage d'Estimhab, il est difficile d'envisager une étude d'impact de la gestion des débits qui ne comporterait pas l'estimation des caractéristiques hydrologiques synthétiques du tronçon (module, débits de crue et d'étiage). En particulier, le module (débit moyen inter-annuel naturel) est la caractéristique de référence de la loi sur l'eau. L'histoire des débits est nécessaire à l'interprétation des simulations, au vu du cycle de vie des espèces. Comme pour Q50, l'estimation de ces caractéristiques hydrologiques est un point crucial de l'étude d'impact. Il est essentiel de bien décrire la méthode utilisée, sa validation et son incertitude.

*Choix des 2 débits pour les mesures de terrain* : Si tenté que l'on puisse "choisir" .... Les largeurs et hauteurs moyennes à tout débit sont extrapolées à partir des mesures faites à Q1 et Q2, après ajustement de lois puissances reliant la largeur et la hauteur au débit (lois dites de "géométrie hydraulique"). Les extrapolations devront être correctes à la fois dans la gamme de simulation et au débit naturel médian Q50 de la rivière, car Estimhab va estimer des valeurs de largeur et hauteur à Q50. Des simulations d'incertitudes sur le choix des débits suggèrent d'utiliser des débits aussi contrastés que possibles, avec les règles suivantes :

a)  $Q2 > 2 * Q1$

b) la simulation sera comprise entre  $Q1 / 10$  et  $5 * Q2$

c) le débit médian naturel Q50 est aussi compris entre  $Q1 / 10$  et  $5 * Q2$

d) 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).

*La mesure des débits Q1 et Q2* : Pour estimer Q1 et Q2, s'il y a une station de jaugeage à proximité immédiate et des apports négligeables entre la station d'étude et la jauge, on pourra s'y référer. Dans le cas contraire, il faut mesurer Q1 et Q2 dans une section adaptée (la plus rectangulaire possible, courante, pas nécessairement sur la station d'étude). Les résultats d'Estimhab sont TRES sensibles à l'estimation de Q1 et Q2, qui doit donc être précise (erreur < 10%).

*Gamme de modélisation* : La gamme de modélisation est celle qui intéresse l'utilisateur, mais doit être cohérente avec les valeurs de Q1 et Q2 comme expliqué ci-dessus. Les notes de qualité de l'habitat et les surfaces utiles seront estimées par le logiciel entre les deux valeurs de débit précisées ici.

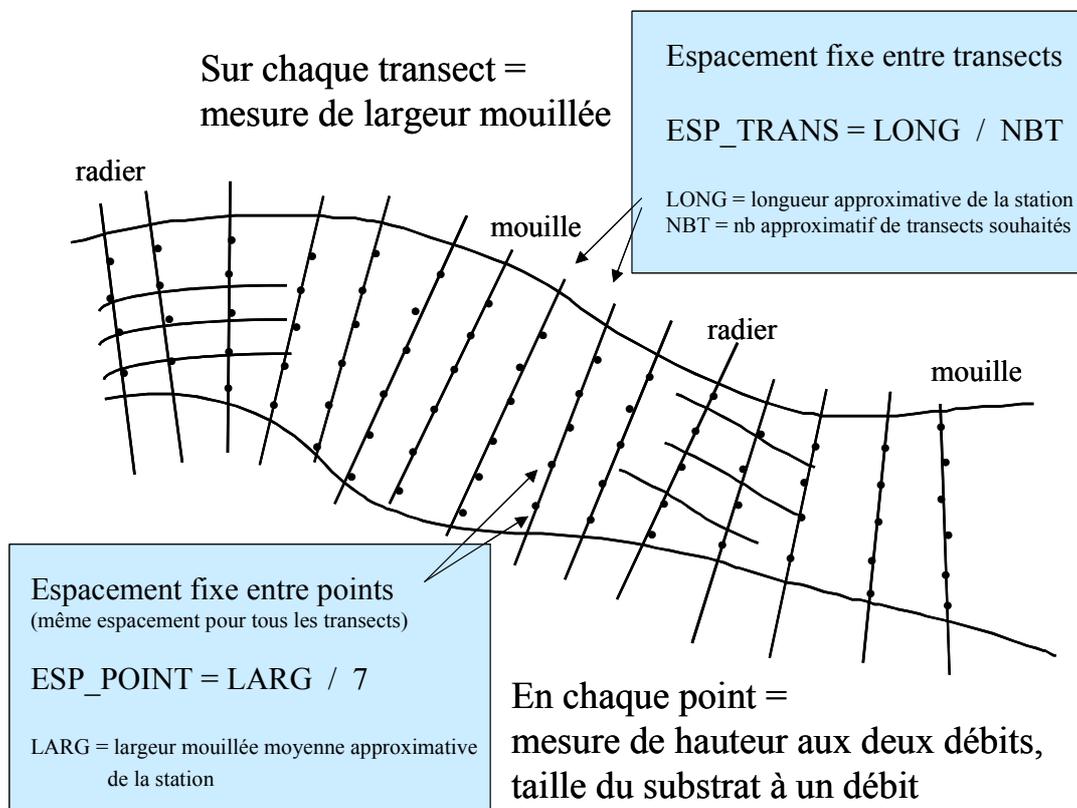
## Mesures de terrain proposées pour estimer la géométrie hydraulique du cours d'eau :

mesure des hauteurs et largeurs moyennes du tronçon à deux débits Q1 et Q2,  
mesure de la taille moyenne du substrat à 1 des 2 débits

*principe général* : A chacun des deux débits de mesure Q1 et Q2 (cf. plus haut concernant le choix et la mesure de ces débits), le but du jeu est de mesurer environ 100 hauteurs d'eau locales et >15 largeurs mouillées réparties régulièrement sur le tronçon afin d'estimer la moyenne de ces variables. La taille moyenne du substrat dominant doit également être estimée à un des deux débits.

Nous proposons dans ce but de répartir > 15 transects (nombre de transect = NBT > 15) perpendiculaires à l'écoulement le long du tronçon, de mesurer la largeur mouillée de chacun de ces transects, puis de mesurer la hauteur d'eau et la granulométrie à intervalles réguliers le long de ces transects. Lors de ces opérations, la localisation des points n'a pas besoin d'être précise, puisque le but est d'estimer la valeur moyenne des mesures. Il est important en revanche que les points de mesures ne soient pas choisis par l'opérateur.

*matériel nécessaire* : le seul matériel nécessaire est une tige graduée pour mesurer les hauteurs d'eau, un décamètre (ou un distance-mètre dans les grands cours d'eau) pour mesurer la largeur mouillée. Un bateau est généralement nécessaire dans les cours d'eau profonds et/ou rapides.



*Définir un espacement constant entre les transects ESP\_TRANS* : Le moyen le plus 'objectif' de répartir régulièrement les transects de mesures est d'évaluer approximativement (par exemple en nombre de pas) la longueur du tronçon LONG. On définira alors un espacement constant entre transects en nombre de pas :  $ESP\_TRANS = LONG / NBT$ , où NBT est le nombre de transects prévu. Les transects seront échantillonnés d'un bout à l'autre du tronçon, jusqu'à ce que l'on atteigne la limite de tronçon (il est possible qu'il n'y ait pas exactement le nombre NBT de transects prévu, ce n'est pas gênant). Le nombre de transect NBT choisi gagnera à être augmenté dans les cours d'eau hétérogènes où la largeur est très variable.

*Définir un espacement entre points de mesures le long des transects ESP\_POINT* : Le long de chaque transect sont placés des points de mesure de la hauteur d'eau, à intervalles réguliers (ESP\_POINT), l'espacement étant le même pour l'ensemble des transects. Ainsi, il y aura plus de points de mesure sur les transects larges que sur les transects étroits. Nous recommandons d'estimer de façon approximative, avant toute mesure, la largeur mouillée moyenne du tronçon entier (LARG). L'espacement entre deux points de mesure le long des transects sera alors fixé pour l'ensemble du cours d'eau à  $ESP\_POINT = LARG/7$  le long de la largeur mouillée (les parties émergées sont "sautées"). Ceci donnera environ  $15 \times 7 = 105$  points de mesures de hauteurs d'eau sur l'ensemble du tronçon.

*Mesure de la largeur mouillée de chaque transect* : Sur chacun des transects, la largeur mouillée est mesurée perpendiculairement à l'écoulement principal, notion parfois un peu floue ...Il s'agit bien de la largeur mouillée, c'est à dire de la largeur effectivement occupée par de l'eau.

\* Si un bloc de 2m de large est émergent au milieu du cours d'eau, la largeur mouillée est égale à la largeur totale moins 2m. Ainsi, la largeur mouillée est estimée en retranchant la largeur "émergée" de la largeur totale du transect.

\* Si le cours d'eau comporte plusieurs bras, il faut sommer les largeurs mouillées de ces bras. Les mesures le long du transect se feront le long de la largeur mouillée de l'ensemble des bras.

*Mesures de hauteur d'eau le long de chaque transect* :

Une tige graduée est suffisante pour réaliser les mesures de hauteur d'eau. Cheminer précisément le long du transect perpendiculaire à l'écoulement n'est pas toujours facile dans les faciès courants : ce n'est pas très grave de dériver vers l'aval lors des mesures de hauteurs (cheminer en biais en s'éloignant légèrement du transect). Il est important cependant de ne pas 'choisir' les points de mesures de hauteur : on plonge la tige graduée à l'aveugle tous les LARG/7 pas, si celle-ci tombe au sommet d'un bloc, on mesurera la hauteur d'eau au-dessus du bloc. On ne cherchera donc pas à viser les interstices dans le substrat.

Le premier point de mesure de hauteur le long de chaque transect est choisi "au hasard" entre le bord et LARG/7 du bord. On arrête les mesures lorsqu'on arrive sur l'autre rive. Il est préférable d'estimer une valeur difficilement accessible (et de le notifier) que d'omettre un point de mesure.

*Mesures des tailles de substrat* : la taille de substrat dominante est mesurée à un seul débit et aux mêmes points que la hauteur d'eau (en pratique, en même temps). Nous recommandons d'estimer le diamètre de l'axe secondaire (dit axe 'b') de la particule sur laquelle la tige graduée s'est posée. Note : il y a ici un changement par rapport aux premières versions du protocole.

*Exemple* : sur un tronçon long de 100 pas et large de 15 pas, on choisira un transect tous les 7 pas (environ 100/15), dont on mesurera la largeur mouillée (décamètre ou mire) ; le long de chaque transect on fera une mesure de hauteur (tige graduée) et de granulométrie (estimation visuelle) tous les 2 pas (environ 15/7). Le long d'un transect, on commencera la première mesure de hauteur 'au hasard', c'est à dire parfois tout près de la berge, parfois à 1 pas de la berge, parfois à 2 pas. Les points suivants sont faits tous les 2 pas, jusqu'à ce que l'on se trouve hors de l'eau.

*Précisions* : Noter qu'il n'y a ni mesure de vitesse, ni besoin de tendre de câble. Noter également que ce protocole est insensible à une erreur de 5% sur les mesures de hauteurs et largeurs. L'opération dans son ensemble doit durer, pour chaque débit de mesure, au maximum 2 h à 2 personnes dans un cours d'eau traversable à pied (un peu plus en bateau). Pour chaque débit, les mesures sont notées dans un fichier, au mieux dans la feuille 'données-terrain' de Estimhab.

transect	largeur (m)	hauteur (m)	granu (m)
1	18	0.05	0.15
		0.15	0.07
		0.22	0.05
		0.81	0.12
		1.00	0.00
		0.07	0.08
		0.10	0.20
2	15	0.50	0.12
		etc ...	etc ...

*Le "contrôle qualité" a posteriori* : Quelques éléments permettent de repérer des problèmes techniques probables dans l'utilisation d'Estimhab, une fois le classeur rempli :

- \* les hauteurs et largeurs mesurées sont généralement supérieures au débit le plus fort. Si cela n'est pas le cas, il faut comprendre pourquoi ou remettre en cause les mesures.
- \* les exposants de géométrie hydraulique (exposants reliant la hauteur et la largeur au débit) ont généralement des valeurs de l'ordre 0.15 (0 à 0.3) pour la largeur (case S13 du classeur) et de l'ordre de 0.4 (0.2 à 0.6) pour la hauteur (case T13)
- \* les valeurs de hauteur et de largeur estimées au Q50 doivent être réalistes (cases B66, C66, D66). Le Froude à Q50 (case F66) est généralement entre 0 et 0.5.
- \* Les photos des tronçons à chaque débits de mesures permettent d'identifier d'autres problèmes. La fourniture des données en annexe est nécessaire pour permettre des vérifications.

## 2.2 - Variables prédites et interprétation des courbes

Comme 'Phabsim', 'Evha' ou d'autres méthodes dites 'des microhabitats' (couplage entre modèle hydraulique et connaissance des préférences des espèces), Estimhab prédit l'évolution avec le débit d'une note de qualité de l'habitat (variant entre 0 et 1), ou d'une surface utilisable (note de qualité de l'habitat \* surface du tronçon).

L'interprétation que l'on peut faire des courbes simulées est liée aux validations biologiques des modèles qui ont été réalisées (cf. références en annexe 3). Ces validations restent limitées du fait de la complexité des dynamiques de populations, et les simulations sont donc par essence incertaines : il est encore difficile de hiérarchiser le rôle des variations de débits à chaque période du cycle de vie de chaque espèce, et l'expert devra dans ce domaine faire avec ses connaissances locales et savoir jouer de 'principes de précaution' pour les espèces sensibles.

Malgré l'incertitude de leurs simulations, il est important de noter que les modèles d'habitat hydrauliques sont les seuls à avoir fourni des prédictions quantitatives des effets de modifications hydrauliques sur les peuplements. Ainsi, leur utilisation se justifie totalement, tout en évitant d'en attendre des réponses magiques (le débit réservé optimum ...). Les leçons majeures des validations des modèles d'habitat sont les suivantes :

### 1) les courbes reflètent l'impact des caractéristiques hydrauliques seules

Quand on travaille au niveau de l'espèce, il faut se souvenir que l'abondance d'une espèce dans un site est liée à de nombreux facteurs environnementaux (température, qualité d'eau ...) ou historiques qui ne sont pas pris en compte dans les simulations. La "surface utilisable", liée aux conditions hydrauliques seules, est donc bien une surface potentielle qui n'est pas toujours directement reliée à la densité de l'espèce. Les autres éléments du contexte (cf. 2.3) sont à prendre en compte. Au niveau plus agrégé des guildes, des relations entre les surfaces utiles et les abondances relatives des guildes ont été plus fréquemment observées.

### 2) Quelle partie de la courbe interpréter ?

En général la partie 'bas à moyens débits'. Qu'une courbe 'redescende' pour un débit élevé est en partie lié aux difficultés d'échantillonnage des poissons à haut débit. Ainsi, les courbes ont une tendance 'artéfactuelle' à redescendre pour des forts débits, notamment dès que la vitesse dépasse 1 m/s ou que la hauteur moyenne dépasse 1.5 m. Il faut éviter d'interpréter les courbes dans la gamme haute de débits où ces valeurs sont dépassées. Il est souvent pour la même raison important de relativiser la notion de débit 'optimum' suggéré par les courbes pour une espèce donnée. Les courbes sont plus utiles pour identifier un débit seuil en dessous duquel la qualité de l'habitat peut chuter dangereusement. Notons également qu'il est fréquent que les courbes n'aient pas d'optimum, d'où l'importance d'utiliser les courbes pour rechercher des compromis de façon relative (et non un chiffre magique) en comparant des valeurs d'habitat associées à différents scénarios.

### 3) Positions relatives des courbes pour différentes espèces

C'est l'interprétation la mieux validée biologiquement. Si, entre deux scénarios et pour un niveau de débit considéré comme structurant, la surface utilisable par l'espèce A double tandis que celle de l'espèce B stagne, on peut s'attendre à ce que le changement double la proportion de A par rapport à celle de B. L'augmentation du débit favorise généralement l'abondance relative d'espèces d'eau courantes comme le barbeau, le hotu, la vandoise, l'ombre commun.

#### 4) Quels débits influencent la structure du peuplement ?

Le peuplement est influencé par de nombreuses caractéristiques du régime hydraulique, et les simulations doivent s'interpréter dynamiquement, en fonction du cycle de vie des espèces. L'utilisation des méthodes des microhabitats a cependant été essentiellement validée pour estimer l'impact des débits d'étiage : typiquement, le débit réservé ou le débit mensuel sec. Dans tous les cas, on peut considérer qu'un débit d'étiage présent "plusieurs semaines" fait partie des débits structurants pour les populations. En revanche, le critère sur-utilisé de garder une surface utile équivalente à "80% de la valeur d'habitat au QMNA5" n'a pas de validation biologique et peut être oublié. Ce type de recette magique n'a pas encore été mis en évidence et leur utilisation est néfaste : le débit associé au débit quinquennal sec QMNA5 est souvent associé à des surfaces utiles très faibles (en gros on pourrait mettre à sec des cours d'eau intermittents ...). Au delà du débit d'étiage, l'étude des dynamiques de populations suggère que les débits extrêmes, forts et faibles, ont fréquemment un effet négatif en période de reproduction.

#### 5) Les hypothèses sous-jacentes

Estimhab, comme tout outil de gestion, ne remplace ni l'expertise ni le bon sens. L'outil quantifie l'impact attendu de changements hydrauliques. Les modèles supposent donc implicitement un fonctionnement équilibré des autres conditions environnementales (équilibre morphodynamique, thermique ...) que l'expert ne devra pas perdre de vue.

### 2.3 - La prise en compte du contexte et des objectifs

La prise en compte de différents contextes est essentielle dans toute utilisation d'Estimhab, comme lors de l'utilisation d'autres modèles d'habitat (ex : Richter et al. 2003). Nous rappelons ici quelques éléments de ce contexte, en soulignant que la simplicité d'utilisation d'Estimhab devrait favoriser leur prise en compte.

*Les objectifs de gestion, le contexte socio-économique :*

Une formulation claire des objectifs de gestion, qui s'appuie sur le contexte décrit ci-dessous, facilite l'interprétation des simulations. Un objectif de protection d'une espèce cible ou rare, un objectif d'équité de plusieurs sites en termes d'écart au naturel, un objectif d'évolution d'un indicateur d'"état écologique" ou un objectif de limitation d'espèces invasives conduisent à des lectures différentes des simulations. Les usages ont généralement une influence forte sur les objectifs de gestion. Il est souvent efficace d'utiliser Estimhab pour comparer l'impact sur les valeurs d'habitat de différents scénarios de gestion.

*Le contexte physico-chimique, thermique, biologique, morphologique :*

Estimhab aide à quantifier les variations de qualité de l'habitat au vu des caractéristiques hydrauliques seules, et pour quelques espèces de poissons. C'est donc un outil parmi d'autres, qui ne doit pas faire oublier :

- \* que le contexte physico-chimique/thermique/morphologique/toxicologique/sédimentaire peut être le contexte limitant au vu des exigences des espèces à différents stades de leur vie.

- \* qu'il est important de discuter des exigences potentielles d'autres espèces présentes dans le cours d'eau (invertébrés, amphibiens, plantes etc ...). Les simulations par guildes peuvent aider à estimer la qualité de l'habitat pour d'autres espèces. Il n'y a en général aucune raison *a priori* de se désintéresser d'une espèce parce qu'elle est abondante (elle pourrait l'être plus) ou parce qu'elle a disparu (si elle peut s'établir à nouveau).

*Le contexte spatial : l'amont, l'aval, les connexions :*

La description du cours d'eau à plus large échelle (amont, aval), d'éventuels seuils ou barrages, des aménagements, de l'environnement régional sont autant d'éléments qui permettent de cerner la pertinence des objectifs de gestion et de l'interprétation des courbes associées. Par exemple, il est important de savoir si un peuplement observé sur une rivière a des caractéristiques importantes pour la biodiversité "régionale" ...

*Le contexte temporel : l'hydrologie et les dynamiques :*

Si plusieurs validations biologiques ont montré qu'un débit minimum présent "plusieurs semaines" (la durée exacte est inconnue) a une influence importante sur la structure des communautés, d'autres ont montré l'importance des conditions hydrauliques à différents stades de vie (reproduction, émergence, croissance) sur la dynamique des populations. Ainsi, l'interprétation des résultats d'Estimhab est idéalement dynamique : elle couple des valeurs d'habitat saisonnières à la connaissance du cycle de vie des espèces (Capra et al. 1995).

La connaissance de l'hydrologie naturelle et artificielle de la rivière permet de repérer les périodes pendant lesquelles les valeurs d'habitat peuvent être naturellement critiques, les durées et les fréquences de ces périodes. C'est un élément essentiel pour apprécier l'écart aux conditions dans lesquelles les peuplements observés ont évolué.

Sur une échelle de temps plus grande, l'ensemble des observations biologiques ou physiques réalisées sur la rivière s'inscrivent dans un contexte de changement temporel à long terme. La description de ces changements (ex : connaissance de données historiques) aide à construire le référentiel d'interprétation.

## 2.4 - Rappel des points critiques

### *L'application technique de la méthode*

- \* Est-on dans la gamme de validation des modèles ?
- \* Les tronçons sont-ils assez longs (> 15 fois la largeur de plein bord) ?
- \* L'estimation des débits (Q50, modules, débits de mesures) est-elle précise et explicitée ?
- \* Les débits de mesures sont-ils contrastés ?
- \* Les points de mesures (> 15 transects et points) sont-ils régulièrement répartis ?
- \* Les données brutes sont-elles transmises / vérifiables ?
- \* Que donne le contrôle *a posteriori* ?
- \* Y a-t-il cohérence entre données et photos ?

### *L'interprétation des courbes*

- \* Le choix des espèces prises en compte / courbes retenues est-il justifié ?
- \* Les résultats sont-ils interprétés en fonction du cycle de vie des espèces ?

### *La prise en compte du contexte*

- \* Les objectifs de gestion sont-ils explicités ?
- \* L'écosystème est-il replacé dans son contexte spatial (cours d'eau voisins, aménagements) ?
- \* L'hydrologie naturelle est-elle bien décrite ? le contexte historique ?

## Annexe 1 - Cas particulier des modifications de seuils

Par défaut, Estimhab donne les variations de qualité de l'habitat avec des modifications de débits. Bien qu'il ne soit pas développé dans ce but, il est cependant possible d'utiliser Estimhab pour estimer grossièrement l'impact de modifications de seuils. Dans ce cas, il faut procéder comme suit :

- 1) Choisir si possible un tronçon assez long pour que l'influence hydraulique du seuil se limite à moins de 40 % du linéaire.
- 2) Estimer la largeur mouillée L1, la hauteur d'eau moyenne H1, et la taille moyenne du substrat D1 sur le tronçon dans la situation actuelle, au débit journalier médian Q50. On peut pour cela s'inspirer ou non du protocole de terrain ci-dessus.
- 3) Estimer Q2, L2, H2 dans la situation future, par les moyens que vous jugez appropriés (ex : calage de formules hydrauliques sur seuil pour évaluer la nouvelle ligne d'eau)
- 4) Dans la feuille 'simulations', remplir le cadre d'entrée en indiquant :

### Entrées

<b>débit (m3/s)</b>	<b>largeur (m)</b>	<b>hauteur (m)</b>
Q50	L1	H1
Q50*1.1	L2	H2
<b>débit médian naturel Q50 (m3/s)</b>		
Q50		
<b>taille du substrat (m)</b>		
D1		
<b>gamme de modélisation (débits, m3/s)</b>		
Q50	Q50*1.1	

- 5) Résultats : La différence entre les extrémités droite des courbes et leurs extrémités gauche donne alors une estimation de l'effet de la modification du seuil sur les valeurs d'habitat.

## **Annexe 2 - Extrait de la loi sur l'eau - 2006**

Article L. 214-18 du code de l'environnement  
(Loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006, article 6)

I. - Tout ouvrage à construire dans le lit d'un cours d'eau doit comporter des dispositifs maintenant dans ce lit un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage ainsi que, le cas échéant, des dispositifs empêchant la pénétration du poisson dans les canaux d'amenée et de fuite.

Ce débit minimal ne doit pas être inférieur au dixième du module du cours d'eau en aval immédiat ou au droit de l'ouvrage correspondant au débit moyen interannuel, évalué à partir des informations disponibles portant sur une période minimale de cinq années, ou au débit à l'amont immédiat de l'ouvrage, si celui-ci est inférieur.

Pour les cours d'eau ou parties de cours d'eau dont le module est supérieur à 80 mètres cubes par seconde, ou pour les ouvrages qui contribuent, par leur capacité de modulation, à la production d'électricité en période de pointe de consommation et dont la liste est fixée par décret en Conseil d'Etat pris après avis du Conseil supérieur de l'énergie, ce débit minimal ne doit pas être inférieur au vingtième du module du cours d'eau en aval immédiat ou au droit de l'ouvrage évalué dans les mêmes conditions ou au débit à l'amont immédiat de l'ouvrage, si celui-ci est inférieur. Toutefois, pour les cours d'eau ou sections de cours d'eau présentant un fonctionnement atypique rendant non pertinente la fixation d'un débit minimal dans les conditions prévues ci-dessus, le débit minimal peut être fixé à une valeur inférieure.

II. - Les actes d'autorisation ou de concession peuvent fixer des valeurs de débit minimal différentes selon les périodes de l'année, sous réserve que la moyenne annuelle de ces valeurs ne soit pas inférieure aux débits minimaux fixés en application du I. En outre, le débit le plus bas doit rester supérieur à la moitié des débits minimaux précités.

Lorsqu'un cours d'eau ou une section de cours d'eau est soumis à un étiage naturel exceptionnel, l'autorité administrative peut fixer, pour cette période d'étiage, des débits minimaux temporaires inférieurs aux débits minimaux prévus au I.

III. - L'exploitant de l'ouvrage est tenu d'assurer le fonctionnement et l'entretien des dispositifs garantissant dans le lit du cours d'eau les débits minimaux définis aux alinéas précédents.

IV. - Pour les ouvrages existant à la date de promulgation de la loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques, les obligations qu'elle institue sont substituées, dès le renouvellement de leur concession ou autorisation et au plus tard le 1er janvier 2014, aux obligations qui leur étaient précédemment faites. Cette substitution ne donne lieu à indemnité que dans les conditions prévues au III de l'article L. 214-17.

V. - Le présent article n'est applicable ni au Rhin ni aux parties internationales des cours d'eau partagés.

## **Annexe 3 - Pour en savoir plus : références**

### **... sur les bases scientifiques d'Estimhab**

- Lamouroux N., Capra H., Pouilly M., Souchon Y. (1999). Fish habitat preferences at the local scale in large streams of southern France. *Freshwater Biology*, 42, 673-687.
- Lamouroux N., Capra H. (2002) Simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. *Freshwater Biology* 47, 1543-1556.
- Lamouroux N., Souchon Y. (2002) Lessons from instream habitat modelling for fish communities. *Freshwater Biology* 47, 1531-1542.
- Lamouroux N., Jowett I.G. (2005) Generalized instream habitat models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62, 7-14.

### **... sur les modèles d'habitats**

- Bovee K.D. (1982) *A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology*. Instream Flow Information Paper 12, U.S. Fish and Wildlife Service, Fort Collins, CO.
- Ginot V. (1998). *Logiciel EVHA. Evaluation de l'habitat physique des poissons en rivière (version 2.0)*. Cemagref Lyon BEA/LHQ et Ministère de l'aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de l'Eau, Paris.
- Capra H., Breil P., Souchon Y. (1995). A new tool to interpret magnitude and duration of fish habitat variations. *Regulated Rivers: Research and Management*, 10(2-4): 281-289.
- Capra H., Sabaton C., Gouraud V., Souchon Y. & Lim P. 2003. A population dynamics model and habitat simulation as a tool to predict brown trout demography in natural and bypassed stream reaches. *River Research and Applications*, 19: 551-568.
- Lamouroux N. (2008) Hydraulic geometry of stream reaches and ecological implications. In *Developments in Earth Surface Processes*, volume 11, **Gravel Bed Rivers 6: From Process Understanding to the Restoration of Mountain Rivers**, edited by H. Habersack, H. Piégay, M. Rinaldi, Elsevier
- Richter, B. D., R. Mathews, et al. (2003) Ecologically sustainable water management: Managing river flows for ecological integrity. *Ecological Applications*, 13, 206-224.

### **... sur la validation biologique des modèles d'habitat**

- Jowett I.G. (1992) Models of the abundance of large brown trout in New Zealand rivers. *North American Journal of Fisheries Management*, 12, 417-432.
- Lamouroux N., Olivier J.M., Persat H., Pouilly M., Souchon Y., Statzner B. (1999) Predicting community characteristics from habitat conditions: fluvial fish and hydraulics. *Freshwater Biology*, 42, 275-299.
- Lamouroux N., Poff N.L., Angermeier P.L. (2002) Intercontinental convergence of stream fish community traits along geomorphic and hydraulic gradients. *Ecology*, 83, 1792-1807.
- Lamouroux N., Cattaneo F. (2006). Fish assemblages and stream hydraulics: consistent relations across spatial scales and regions. *River Research and Applications*, 22, 727-737.
- Lamouroux N., Olivier J.M., Capra H., Zylberblat M., Chandresris A., Roger P. (2006) Fish community changes after minimum flow increase: testing quantitative predictions in the Rhône River at Pierre-Bénite, France. *Freshwater Biology*, 51, 1730-1743.
- Sabaton C., Souchon Y., Lascaux J.M., Vandewalle F., Baran P., Baril D., Capra H., Gouraud V., Lauters F., Lim P., Merle G. & Paty G. (2004) The "Guaranteed Flow Working Group": a French evaluation of microhabitat component. *Hydroécologie Appliquée*, 14: 245-270.