



Institution Interdépartementale du
BASSIN DE LA SARTHE

Version 4.0

Avril 2015



Étude sur la Détermination de débits de référence complémentaires sur le bassin versant de la Sarthe Amont

**Rapport de phase 3
Détermination des débits de référence**


SAFEGE
Ingénieurs Conseils

SIÈGE SOCIAL
PARC DE L'ÎLE - 15/27 RUE DU PORT
92022 NANTERRE CEDEX
Unité Hydraulique Fluviale

TABLE DES MATIERES

1 Préambule	7
1.1 Contexte général de l'étude	7
1.2 Périmètre d'étude.....	8
1.3 Déroulement de l'étude.....	9
2 Définitions et objectifs de la phase 3 de l'étude.....	10
2.1 Définitions relatives aux Débits Biologiques	10
2.2 Objectifs de la phase 3.....	11
3 Principe de détermination des débits biologiques.....	12
3.1 Principe de la méthode retenue	12
3.2 Mise en œuvre du protocole Estimhab	13
3.3 Domaine de validité du protocole Estimhab	14
3.4 Interprétation des résultats du protocole Estimhab	15
3.5 Éléments pris en compte pour la définition du débit biologique avec la méthode Estimhab	15
4 Mise en œuvre du protocole Estimhab pour la détermination des débits biologiques	18
4.1 Localisation des stations d'étude	18
4.1.1 Principe	18
4.1.2 Identification des facteurs considérés pour la localisation des stations d'étude	19
4.1.2.1 Dispositif de suivi quantitatif existant sur le bassin versant.....	19
4.1.2.2 Morphologie et dégradation physique du lit.....	19
4.1.2.3 Contexte piscicole sur le secteur d'étude.....	20
4.1.3 Localisation des stations retenues pour la mise en œuvre du protocole Estimhab.....	23
4.2 Campagnes de terrain.....	25
4.3 Saisie des données d'entrée de la modélisation	26
4.4 Contrôle qualité a posteriori.....	27

5 Résultats de la modélisation et détermination des débits biologiques	29
5.1 Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei	29
5.1.1 Présentation de la station	29
5.1.2 Modélisation de l'habitat.....	29
5.1.3 Observations de terrain	31
5.1.4 Propositions de débits biologiques.....	31
5.1.5 Mise en perspective des valeurs proposées.....	32
5.2 Orne Saosnoise à Montbizot.....	33
5.2.1 Présentation de la station.....	33
5.2.2 Modélisation de l'habitat.....	34
5.2.3 Observations de terrain	36
5.2.4 Propositions de débits biologiques.....	36
5.2.5 Mise en perspective des valeurs proposées.....	36
5.3 Conclusion sur les valeurs de débits biologiques	37
6 Détermination des débits d'objectif d'étiage et estimation des volumes prélevables	39
6.1 Considérations générales et approche méthodologique	39
6.1.1 Principe et définitions	39
6.1.2 Méthodologie générale.....	40
6.1.3 Tronçons considérés	41
6.2 Estimation des volumes prélevables	42
6.2.1 Principes et hypothèses	42
6.2.2 Volumes prélevables calculés par tronçon	43
6.2.2.1 Tronçon Sarthe Amont	44
6.2.2.2 Tronçon Orne Saosnoise.....	45
6.2.2.3 Tronçon Bienne.....	46
6.2.2.4 Tronçon Vaudelle.....	47
6.2.2.5 Tronçon Sarthe intermédiaire	48
6.3 Détermination des DOE	49
6.3.1 Méthodologie.....	49
6.3.2 Valeurs de DOE proposées.....	50
6.4 Restitution graphique	51
7 Détermination des Débits de Crise (DCR) et des Débits Seuils d'Alerte (DSA).....	55
7.1 Définition	55

7.2	Méthodologie générale proposée	55
7.3	Propositions de valeurs de DCR et de DSA	56
7.3.1	Termes utilisés pour le calcul des DCR planchers.....	56
7.3.2	Débits de Crise planchers proposés par SAFEGE	57
7.3.3	Synthèse des Débits de Crise et Débits Seuils d’Alerte planchers.....	57
7.3.4	Débits de Crise planchers et Débits Seuils d’Alerte progressifs	58

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURES

Figure 1-1 : Périmètre du Sage de la Sarthe Amont.....	8
Figure 3-1 : Mise en œuvre du protocole Estimhab sur un tronçon de rivière donné (source : CEMAGREF, 2008)	13
Figure 3-2 : Présentation des éléments pris en compte pour la détermination des DB.....	17
Figure 4-1 : Synthèse des pêches électriques réalisées par l'ONEMA sur la Sarthe à la station de Moulins-le-Carbonnel entre 2007 et 2011.....	20
Figure 4-2 : Synthèse des pêches électriques réalisées par le CSP puis l'ONEMA sur l'Orne Saosnoise à la station de Saint-Mars-sous-Ballon entre 2000 et 2011.....	22
Figure 4-3 : Gammes de débits sur la Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei lors des campagnes de terrain pour la mise en œuvre du protocole Estimhab.....	25
Figure 4-4 : Gammes de débits sur l'Orne Saosnoise à Montbizot lors des campagnes de terrain pour la mise en œuvre du protocole Estimhab	26
Figure 5-1 : Évolution de la SPU pour la Truite fario adulte et juvénile et les guildes « radier » et « chenal » sur la Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei.....	31
Figure 5-2 : Comparaison des valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs sur la Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei (2000-2010)	33
Figure 5-3 : Évolution de la SPU pour la Loche franche et les guildes « mouille », « berge » et « chenal » sur l'Orne Saosnoise à Montbizot.....	35
Figure 5-4 : Évolution de la SPU pour la Loche franche et la guildes « chenal » sur l'Orne Saosnoise à Montbizot (zoom)	35
Figure 5-5 : Comparaison des valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs sur l'Orne Saosnoise à Montbizot (2000-2010).....	37
Figure 6-1 : Schéma de principe pour la détermination du DOE (source : AERM&C)	39
Figure 6-2 : Tronçons et points de référence considérés pour la définition des débits de référence et l'estimation des volumes prélevables	42
Figure 6-3 : Schéma de principe pour la définition des DOE.....	50

Figure 6-4 : DOE proposé sur la Sarthe Amont à Saint-Cénéri-le-Gerei et volumes prélevables proposés sur le tronçon Sarthe Amont	52
Figure 6-5 : DOE proposés sur l'Orne Saosnoise à Monbizot et volumes prélevables proposés sur le tronçon Orne Saosnoise	52
Figure 6-6 : DOE proposés sur la Bienne à Thoiré-sous-Contensor et volumes prélevables proposés sur le tronçon Bienne	53
Figure 6-7 : DOE proposés sur la Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier et volumes prélevables proposés sur le Vaudelle	53
Figure 6-8 : DOE proposés sur la Sarthe à Neuville-Souillé et volumes prélevables proposés sur le tronçon Sarthe intermédiaire.....	54

TABLEAUX

Tableau 1-1 : Carte d'identité du périmètre d'étude.....	8
Tableau 3-1 : Limites de validité du protocole Estimhab pour les simulations par espèces.....	14
Tableau 3-2 : Limites de validité du protocole Estimhab pour les simulations par guildes	14
Tableau 4-1 : Description des stations retenues pour la mise en œuvre du protocole Estimhab.....	24
Tableau 4-2 : Débits jaugés aux stations Estimhab lors des deux campagnes de mesure.....	26
Tableau 4-3 : Synthèse des données d'entrée de la modélisation d'habitats	27
Tableau 4-4 : Synthèse des paramètres du « contrôle qualité » a posteriori sur les mesures Estimhab..	28
Tableau 6-1 : Exemple de tableau pour la restitution des résultats	44
Tableau 6-2 : Débits maximum prélevables pour le tronçon Sarthe Amont (m ³ /s).....	44
Tableau 6-3 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements de 2003 et de 2009 pour le tronçon Sarthe Amont (10 ³ m ³ /mois)	45
Tableau 6-4 : Débits maximum prélevables pour le tronçon Orne Saosnoise (m ³ /s)	45
Tableau 6-5 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements de 2003 et de 2009 pour le tronçon Orne Saosnoise (10 ³ m ³ /mois)	45
Tableau 6-6 : Débits maximum prélevables pour le tronçon Bienne (m ³ /s).....	46
Tableau 6-7 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements de 2003 et de 2009 pour le tronçon Bienne (10 ³ m ³ /mois)	47
Tableau 6-8 : Débits maximum prélevables pour le tronçon Vaudelle (m ³ /s)	47

Tableau 6-9 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements de 2003 et de 2009 pour le tronçon Vaudelle ($10^3 \text{ m}^3/\text{mois}$)	48
Tableau 6-10 : Débits maximum prélevables pour le tronçon Ouin (m^3/s).....	48
Tableau 6-11 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements de 2003 et de 2009 pour le tronçon Sarthe intermédiaire ($10^3 \text{ m}^3/\text{mois}$).....	49
Tableau 6-12 : Valeurs de DOE proposées pour les différents points de référence du bassin versant de la Sarthe Amont.....	51
Tableau 7-1 : Débits de Crise calculés selon la méthodologie générale sur les points de référence du bassin versant	57
Tableau 7-2 : Débits de Crise et Débits Seuils d'Alerte finaux sur les points de référence du bassin versant	57
Tableau 7-3 : Proposition de valeurs de DSA et DCR progressives sur la Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei..	58
Tableau 7-4 : Proposition de valeurs de DSA et DCR progressives sur la Sarthe à Neuville-Souillé	58
Tableau 7-5 : Proposition de valeurs de DSA et DCR progressives sur l'Orne Saosnoise à Montbizot.....	58
Tableau 7-6 : Proposition de valeurs de DSA et DCR progressives sur la Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier	59
Tableau 7-7 : Proposition de valeurs de DSA et DCR progressives sur la Bienne à Thoiré-sous-Contensor	59

1

Préambule

1.1 Contexte général de l'étude

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin Loire-Bretagne, approuvé le 18 novembre 2009, a défini des objectifs de débit en un point nodal du bassin versant de la Sarthe Amont pour la gestion quantitative de la ressource en eau en période d'étiage.

Pour ce point de référence, situé sur la Sarthe à la station hydrométrique de Neuville-Souillé, un débit d'objectif d'étiage (DOE), de seuil d'alerte (DSA) et de Crise (DCR) ont été fixés. Le franchissement de ces valeurs seuils entraîne la mise en place de mesures de restrictions des usages de l'eau.

Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de la Sarthe Amont, approuvé par arrêté préfectoral le 16 décembre 2011, préconise dans son Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD) la mise en place de points nodaux supplémentaires pour améliorer la connaissance et la gestion des situations d'étiage sur le bassin versant.

Extrait du PAGD - Disposition n°21 : « Déterminer des débits de référence quantitatifs complémentaires »

La mission lancée par l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sarthe a, ainsi pour objectif de **densifier le réseau de points nodaux et de définir une stratégie de gestion quantitative de la ressource en eau**. Il s'agit de diagnostiquer précisément l'état quantitatif de la ressource dans le but de proposer des éléments de gestion (DOE, DSA, DCR...) les plus appropriés aux points de référence retenus. L'étude constitue également un préalable important dans l'approfondissement des connaissances sur la thématique « gestion quantitative » sur le bassin versant.

1.2 Périmètre d'étude

Le périmètre de l'étude est celui du SAGE du bassin versant de la Sarthe Amont, défini par arrêté préfectoral le 28 février 2002.

Tableau 1-1 : Carte d'identité du périmètre d'étude

Carte d'identité du bassin de la Sarthe Amont	
Organisation administrative	Deux régions : Pays de la Loire et Basse Normandie Trois départements : Sarthe, Orne et Mayenne 255 communes
Superficie	2 882 km ² - De sa source à la confluence avec l'Huisne au Mans
Réseau hydrographique	2 673 km de linéaire cumulé de cours d'eau Principaux affluents de la Sarthe : la Tanche, la Vézone, la Briante, le Sarthon, l'Ornette, le Merdereau, la Vaudelle, l'Orthe, la Longueve, l'Autonnaire, l'Höene, l'Erine, le Rosay-Nord, la Bienne et l'Orne Saosnoise.

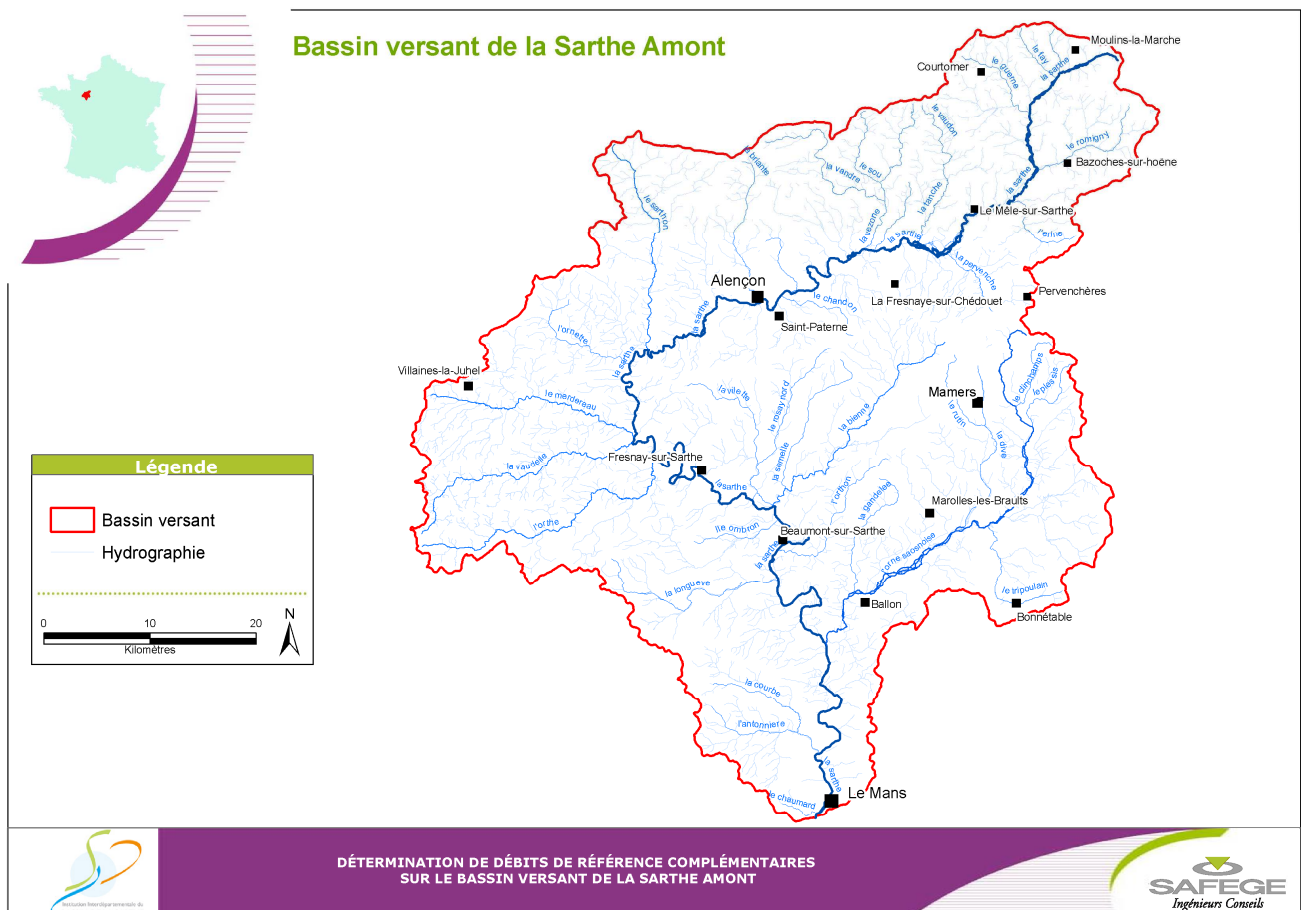


Figure 1-1 : Périmètre du Sage de la Sarthe Amont

1.3 Déroulement de l'étude

L'étude est décomposée en 4 phases :

- ✓ **Phase 1** : Caractérisation des sous bassins et des masses d'eau et recueil de données ;
- ✓ **Phase 2** : Bilan des facteurs influençant l'étiage et analyse de l'évolution ;
- ✓ **Phase 3** : Détermination des débits de référence ;
- ✓ **Phase 4** : Définition d'une stratégie de gestion de l'étiage.

Le présent document constitue un rapport de la phase 3 de l'étude.

2

Définitions et objectifs de la phase 3 de l'étude

2.1 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 (EEPVG), c'est pourquoi ce terme ne sera pas repris dans les EEPVG 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 ».

Les définitions des DOE et DCR dans le SDAGE Loire-Bretagne sont les suivantes :

- ✓ **Débit objectif d'étiage** (DOE – établi sur la base de moyennes mensuelles) : c'est un « débit moyen mensuel au dessus duquel il est considéré que, dans la zone d'influence du point nodal, l'ensemble des usages est possible en équilibre avec le bon fonctionnement du milieu aquatique. [...]. Il doit être respecté en moyenne huit années sur dix ». Le DOE est défini à un point de référence : il intègre de facto sur les prélèvements sur le tronçon amont, et doit également garantir les prélèvements à son aval tout en assurant les besoins du milieu naturel. Le DOE peut donc être appréhendé selon les termes suivants :

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

- ✓ **Débit de crise (DCR)** : « Le DCR est un débit moyen journalier. C'est la valeur du débit en dessous de laquelle 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 ». Le DCR fait référence au besoin critique (en valeur moyenne journalière) pour le milieu naturel. A ce titre, il paraît pertinent de l'aborder selon les termes suivants :

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

La présente phase de l'étude se consacrera donc à la définition du débit minimum sous la forme d'une fourchette de débits, celle-ci étant bornée par le débit biologique critique (valeur basse) et le débit biologique optimal (valeur haute). Ces valeurs constitueront la base de détermination des DOE et des DCR.

2.2 Objectifs de la phase 3

L'objectif à terme de la présente étude est d'aboutir à la définition des débits de référence sur deux points complémentaires du bassin versant de la Sarthe Amont, et de vérifier la pertinence des valeurs en vigueur sur les autres points de référence du bassin. Ces débits de référence incluent notamment le débit d'objectif d'étiage (DOE), le débit seuil d'alerte (DSA) et le débit de crise (DCR). Ces débits font intervenir dans leurs modalités de calcul les besoins des milieux aquatiques, tant en gestion « courante » (DOE) qu'en gestion de période de tension (DSA et DCR).

Dans le cadre de la Phase 2 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, notamment au droit de deux points de référence complémentaires. Il s'agit donc de déterminer, pour des sites, les débits biologiques (DB) et les débits de survie (DS) définis plus haut. Par la suite, ces valeurs sont utilisées pour calculer les débits de référence listés plus haut.

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

- ✓ Le Cahier des charges de l'étude ;
- ✓ 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)).

3

Principe de détermination des débits biologiques

La définition des débits biologiques peut être réalisée par trois types de méthodes. 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 et des préférences des espèces présentes, il est 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 1 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.

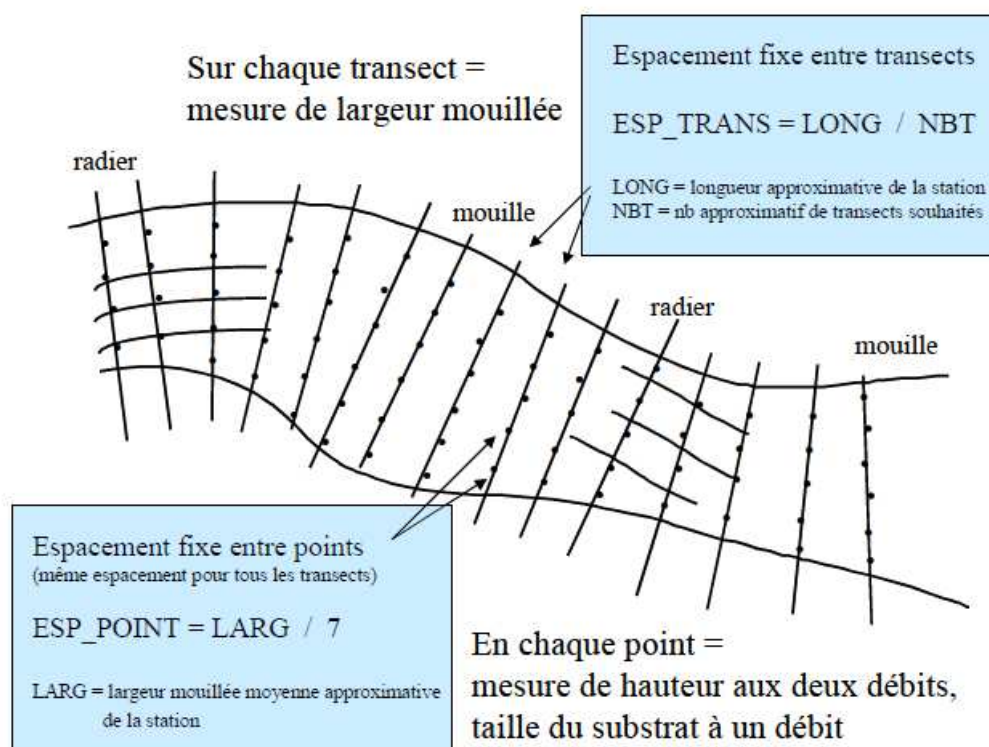


Figure 3-1 : Mise en œuvre du protocole Estimhab sur un tronçon de rivière donné (source : CEMAGREF, 2008)

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 ³ /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 ³ /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, conformément aux bonnes pratiques sur le sujet.

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 d'ailleurs rappelée dans le cahier des charges de l'étude. 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. Une valeur d'habitat obtenue par pondération de la SPU par la granulométrie sur les tronçons est également calculée par Estimhab.

Dans le cadre de la présente étude, on a privilégié l'analyse des courbes de SPU, celles-ci fournissant des résultats plus pertinents à analyser que ceux de valeurs d'habitats.

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 et de visualiser les éventuels efforts à faire pour respecter les débits biologiques. Le positionnement des valeurs de VCN3 et de VCN10 peuvent également être utilisées pour appuyer la définition des débits biologiques.

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.

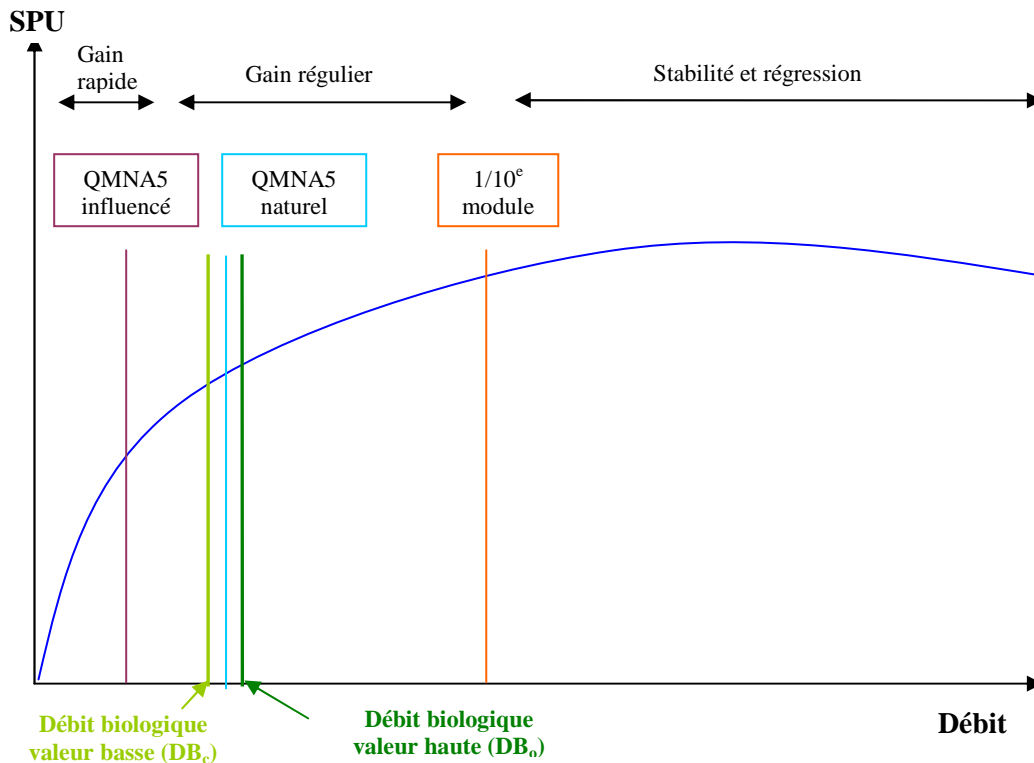


Figure 3-2 : Présentation des éléments pris en compte pour la détermination des DB

Sur la base de ces éléments, le DB_c est généralement défini autour du point de changement de pente entre la zone de gain rapide et la zone de gain régulier. Le DB_o 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.

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

Conformément au CCTP, deux sites ont été retenus pour la mise en œuvre du protocole Estimhab. Le choix de la localisation des stations d'étude repose tout d'abord sur la volonté de la CLE de disposer d'un maillage plus dense en terme de points de référence sur le bassin versant. L'aval du bassin étant couvert par le point de référence du SDAGE (Sarthe à Neuville-Souillé), il a été demandé de positionner :

- ✓ Un point sur la Sarthe à l'aval d'Alençon ;
- ✓ Un point du l'Orne Saosnoise.

Une fois pré-identifiés ces grands secteurs, la définition précise des sites où implanter le protocole Estimhab s'est basée sur l'analyse croisée de plusieurs paramètres :

- ✓ La proximité relative de stations hydrométriques permettant un suivi des débits dans le cours d'eau ;
- ✓ 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 rédhibitoires 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 pertinence de mise en œuvre du protocole vis-à-vis des enjeux socio-économiques en présence sur le bassin versant.

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 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 2 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.

Compte tenu de la localisation globale des sites pour la détermination exprimée par la CLE, et de la localisation des stations hydrométriques sur le bassin de la Sarthe Amont, il apparaît clair que les sites où sont déterminés les débits biologiques doivent être à proximité :

- ✓ De la station de Saint-Cénéri-le-Gérei sur la Sarthe ;
- ✓ De la station de Montbizot sur l'Orne Saosnoise.

4.1.2.2 Morphologie et 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 localement sur les cours d'eau étudiés (Sarthe et Orne Saosnoise), de nombreux aménagements et/ou recalibrages y ayant été réalisés historiquement. Il en résulte aujourd'hui des cours d'eau assez chenalisés, caractérisés par une continuité latérale et longitudinale altérée.

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, notre analyse s'est basée :

- ✓ sur les éléments issus des Contrats Restauration Entretien réalisés sur la Sarthe Amont et l'Orne Saosnoise réalisés respectivement par RIVE/SIGbea et Hydroconcept en 2006 ;

- ✓ sur le retour des acteurs de terrain, notamment les techniciens de rivière des secteurs considérés.

4.1.2.3 Contexte piscicole sur le secteur d'étude

Les informations sur le peuplement piscicole des cours d'eau ont été extraites des contrats restauration entretien réalisés sur les deux cours d'eau en 2006 et complétés par des inventaires locaux.

- ✓ La Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei

D'après l'étude pré-opérationnelle de restauration et d'entretien de la Sarthe Amont (RIVE/SIGbea, 2006), qui cite le PDPG de la Sarthe, le secteur entre Moulins-le-Carbonnel et Fresnay-sur-Sarthe est de type intermédiaire (peuplement théorique de Type B6/B7). Le peuplement existant inclut la Truite fario, le Vairon, le Chabot, la Loche France, l'Ablette, le Barbeau fluviatile, le Gardon, la Vandoise, le Chevsne, le Spirin, la Brème commune, le Goujon, le Brochet, la Perche, le Sandre. Les espèces repères seraient donc la Truite fario et le Brochet sur le secteur.

Plus en détail, des résultats de pêches électriques réalisées par l'ONEMA à la station de Moulins-le-Carbonnel (station n° 04720060) sur la période 2007-2011 donnent les résultats présentés sur le graphique suivant.

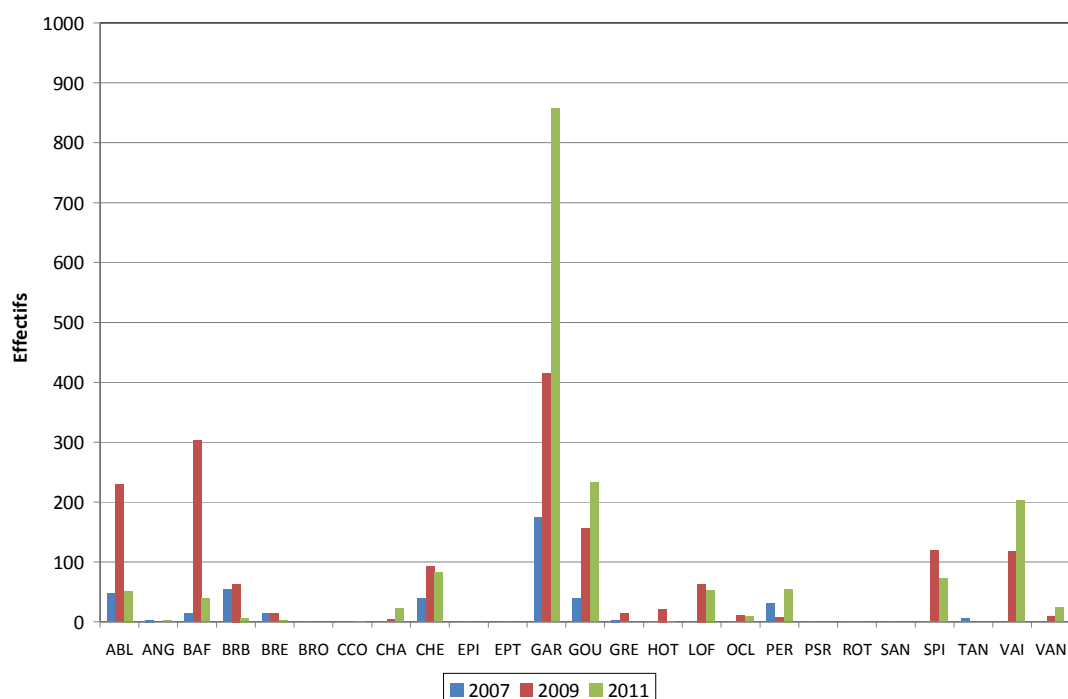


Figure 4-1 : Synthèse des pêches électriques réalisées par l'ONEMA sur la Sarthe à la station de Moulins-le-Carbonnel entre 2007 et 2011

Les résultats des pêches électriques confirment globalement le diagnostic posé en 2006. Un large spectre d'espèces est présent sur la station d'étude. En proportion, les espèces intermédiaires sont majoritaires (environ 50% des effectifs, notamment de gardon), les espèces d'accompagnement de la Truite fario et les cyprinicoles rhéophiles représentant respectivement 15 et 25% des effectifs en 2011. La Truite fario n'a jamais été capturée sur la station d'étude, mais la proportion de ses espèces d'accompagnement est en augmentation constante. Les espèces d'eaux calmes sont également représentées, mais dans des proportions moindres (moins de 10% des effectifs). A noter qu'entre

2007 et 2011, la proportion des espèces d'eaux calmes dans l'effectif total a largement diminué, notamment au profit des espèces d'accompagnement de la Truite.

Sur la base de ces éléments, il est proposé de retenir à la fois des salmonidés et des cyprinicoles rhéophiles comme espèces repères sur la Sarthe sur le secteur d'étude, à savoir : truite fario, loche franche, chabot, vandoise et barbeau. Les courbes d'habitats générées par Estimhab seront étudiées pour la truite fario adulte et juvénile et pour les guildes « radier » et « chenal », qui regroupent les cyprinidés rhéophiles listés ci-dessus.

✓ L'Orne Saosnoise à Montbizot

L'ensemble des cours d'eau du bassin de l'Orne Saosnoise est classé en 2ème catégorie piscicole. Néanmoins certains cours d'eau tels que le Rutin présentent sur leur bassin des secteurs propices au développement et à la reproduction de la truite fario et des espèces qui l'accompagnent habituellement sur les têtes de bassin. Le PDPG repris dans l'Étude diagnostique préalable aux travaux d'entretien et d'aménagement du bassin de l'Orne Saosnoise (Hydroconcept, 2006) indique que l'Orne Saosnoise abrite un peuplement principalement cyprinicole avec le brochet pour espèce repère. Le peuplement existant est le suivant : Brochet, sandre, perche, barbeau fluviatile, vandoise, goujon, chevesne, bouvière, grémille, gardon, tanche, carpe commune, ablette, rotengle, brème bordelière, brème, perche soleil. Selon le PDPG, il s'agit d'un peuplement en conformité avec les typologies d'écoulement actuelles, avec des densités de brochet intéressantes. Cependant, l'étude diagnostique réalisée par Hydroconcept en 2006 souligne le caractère très altéré de l'ensemble des compartiments des milieux aquatiques sur l'Orne Saosnoise aval : dès lors, il est peu surprenant que les espèces rhéophiles les plus exigeantes (Chabot, Vairon,...) sont quasi absentes de ce secteur.

Sur la période de suivi 1994-2004 à la station de Saint-Mars-sous-Ballon (station n° 04720052), les tendances d'évolution du peuplement piscicole ont été les suivantes :

- La population de carpes communes semble avoir définitivement disparue en 2000 ;
- La population de bouvière apparue en 1997, s'est stabilisée au sein du peuplement ;
- Les effectifs de vandoise et des brèmes communes et bordelières ont fortement diminué ;
- Les effectifs des autres espèces, bien que variable d'une année sur l'autre, sont relativement stables sur le long terme.

Il est possible de comparer ces tendances avec les pêches électriques réalisées par le CSP, puis l'ONEMA sur le même secteur sur la période 2000-2011. Les résultats de ces pêches électriques sont synthétisés sur le graphique suivant (les résultats sont présentés en terme de densité d'individus/100m², les surfaces prospectées ayant été modifiées entre les analyses réalisées avant et après 2004).

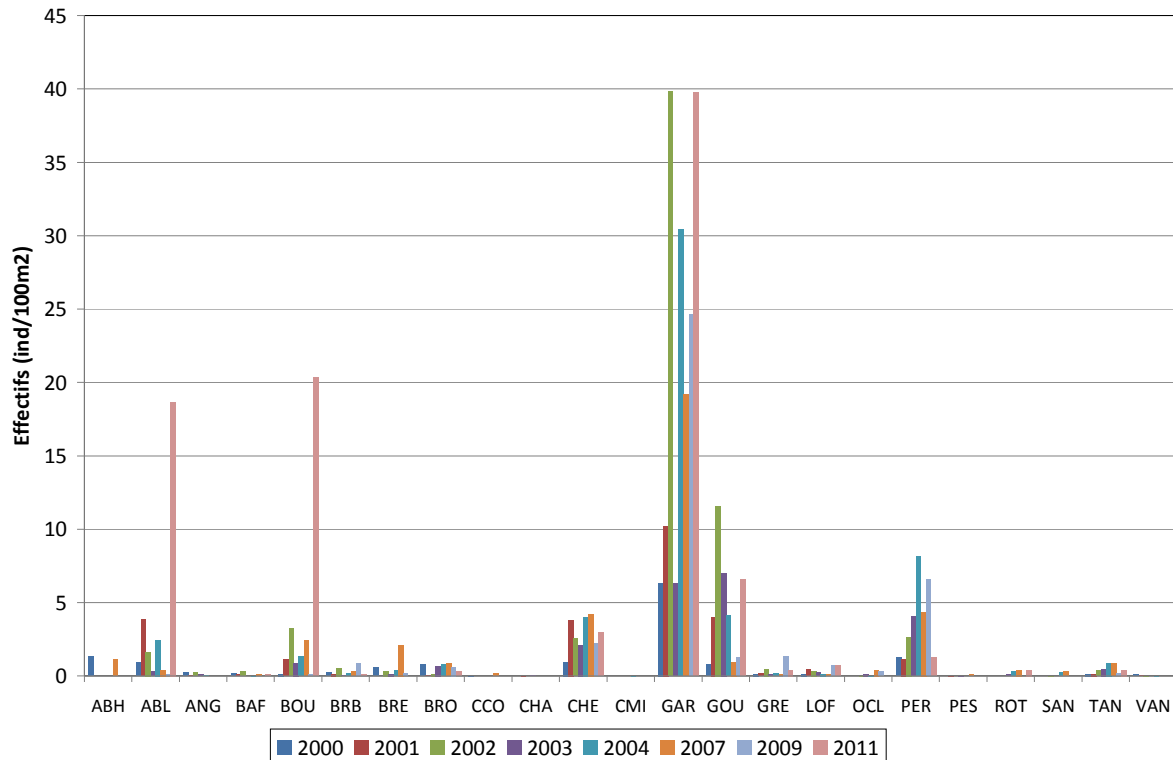


Figure 4-2 : Synthèse des pêches électriques réalisées par le CSP puis l'ONEMA sur l'Orne Saosnoise à la station de Saint-Mars-sous-Ballon entre 2000 et 2011

Sur la base des pêches électriques réalisées depuis 2000, il apparaît que :

- La base du peuplement est assurée en large majorité par les espèces intermédiaires (elles représentent entre 50 et 80% des individus du peuplement suivant les années) : le gardon est l'espèce la plus représentée, mais le brochet l'est également avec des densités intéressantes ;
- Les espèces cyprinicoles rhéophiles (notamment chevaine et goujon) et les espèces d'eau calme (principalement ablette et bouvière) complètent la majorité du peuplement, représentant chacune entre 10 et 40% des individus suivant les années ;
- Les espèces d'accompagnement de la truite fario sont présentes de manière anecdotique sur l'Orne Saosnoise aval, confirmant le caractère intermédiaire du peuplement ;
- L'anguille est également présente de manière discontinue
- Globalement, les observations formulées dans le PDPG sont confirmées, avec absence de la carpe commune, la faible représentation de la vandoise et des brèmes commune et bordelière et une population de bouvière importante.

Sur la base de ces éléments, il est proposé de retenir les cyprinidés rhéophiles et les espèces intermédiaires présentes comme espèces repères sur ce tronçon d'étude. Les espèces en question (perche, gardon, chevesne, goujon), ainsi que l'anguille peuvent être analysées via les guildes « mouille », « berge » et « chenal » dans le modèle Estimhab. Par ailleurs, il est également proposé

d'intégrer la Loche franche dans les espèces repères considérées : en effet, celle-ci est présente de manière continue mais très limitée sur le secteur : son caractère plus opportuniste que d'autres espèces rhéophiles (chabot, vairon par exemple) témoigne d'un potentiel pour ces espèces sur le secteur si les conditions morphologiques étaient plus appropriées.

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

Le choix des 2 secteurs sur lesquels déterminer les débits biologiques s'est notamment appuyé sur les éléments décrits précédemment. Les sites de mise en œuvre du protocole ont été définis a priori en collaboration avec l'IIBS et les syndicats de rivière locaux, puis ont été formellement définis lors d'une visite de terrain avec l'ensemble du comité de pilotage le 19 juin 2013.

Les deux sites identifiés sont localisés à proximité des stations hydrométriques existantes, à savoir :

- ✓ Sur la Sarthe, au niveau de Saint-Cénéri-le-Gerei et Moulins-le-Carbonnel, environ 50m à l'aval du pont servant de support à la station hydrométrique de la DREAL ;
- ✓ Sur l'Orne Saosnoise, au niveau de Montbizot, de part et d'autre de la station hydrométrique de la DREAL.

La localisation et les caractéristiques des stations retenues pour la détermination des débits biologiques – et donc pour le déploiement du protocole Estimhab – sont décrites dans le Tableau 4-1.

Tableau 4-1 : Description des stations retenues pour la mise en œuvre du protocole Estimhab

N° station Estimhab	Rivière / Site	Largeur plein bord (m)	Vitesse estimée à l'étiage	Caractéristiques générales	Localisation	Photo
Point Sarthe Amont 1 (SA1)	La Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei / Moulins-le-Carbonnel	15 à 25 m	Faible	Vitesse assez homogène sur les tronçons en ligne droite, vitesse plus faible dans les méandres. Faciès d'alternance lotique (plat courants et radier en étiage) en amont du tronçon puis faciès plus profond dans les méandres aval. Présence d'un petit seuil naturel dans la partie aval du tronçon. Berges assez hautes (50cm à 1 m) et raides. Fortes érosions à certains endroits (dans les méandres). En étiage, présence de végétation.		
Point Orne Saonoise 1 (OS1)	L'Orne Saonoise à Montbizot	10 à 15 m	Faible	Vitesse assez homogène sur le tronçon. Lit plus profond en rive gauche qu'en rive droite. En aval de la station, présence de plusieurs fosses (1m de profondeur). Berges hautes et raides en rive gauche..		

4.2 Campagnes de terrain

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

- ✓ Août 2013 (campagne basses eaux) ;
- ✓ Avril 2014 (campagne moyennes eaux).

Les situations hydrologiques lors des deux campagnes de mise en œuvre du protocole Estimhab sont présentées sur les chroniques de suivi des débits aux stations hydrométriques de la Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei et de l'Orne Saosnoise à Montbizot présentées ci-dessous.

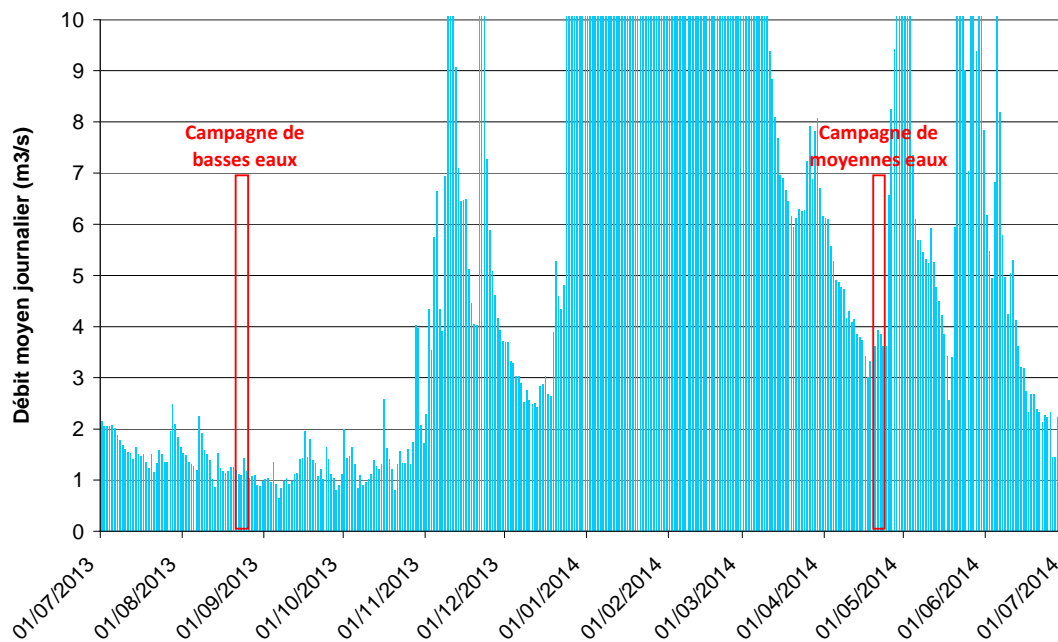


Figure 4-3 : Gammes de débits sur la Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei lors des campagnes de terrain pour la mise en œuvre du protocole Estimhab

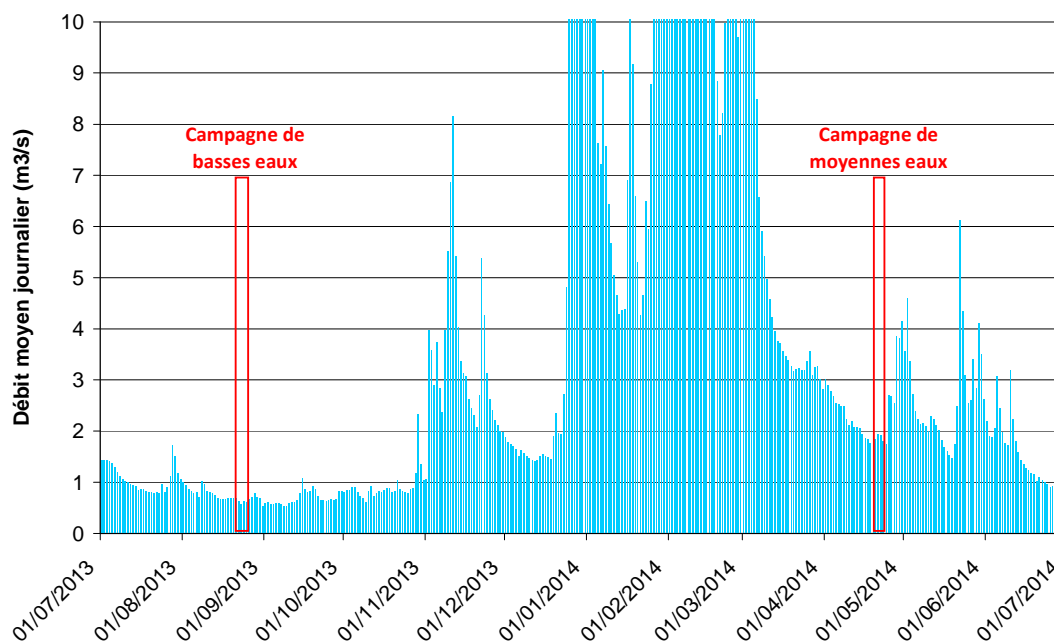


Figure 4-4 : Gammes de débits sur l'Orne Saosnoise à Montbizot lors des campagnes de terrain pour la mise en œuvre du protocole Estimhab

Les deux campagnes de terrain ont permis de respecter les conditions de débits (telles que décrites au paragraphe 3.3) sur toutes les deux stations. Les débits jaugés dans le cadre des mesures du protocole Estimhab sont présentés dans le Tableau 4-2.

Tableau 4-2 : Débits jaugés aux stations Estimhab lors des deux campagnes de mesure

Station Estimhab	Q1 jaugeage (m ³ /s)	Q2 jaugeage (m ³ /s)	Q2/Q1
Sarthe Amont 1	1.05	4.02	3.84
Orne Saosnoise 1	0.52	1.65	3.16

Ces données sont globalement cohérentes avec celles indiquées sur la Banque Hydro aux stations hydrométriques correspondantes. L'écart entre débits jaugés et mesurés aux stations est inférieur à 5% sur la Sarthe et proches de 10% sur l'Orne Saosnoise, ce qui reste cohérent avec les incertitudes de mesure et les exigences de la modélisation Estimhab.

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 pour les campagnes basses eaux (Q2) et moyennes eaux (Q1) ;
- ✓ 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 4-3.

Tableau 4-3 : Synthèse des données d'entrée de la modélisation d'habitats

Nom station	Nombre de transects	Écart entre transects (m)	Longueur station (m)	Date mesure	Débit (m ³ /s)	Largeur moyenne (m)	Hauteur moyenne (m)	Taille substrat (m)
Sarthe Amont 1	15	25	375	23/08/2013	1.05	17.35	0.47	0.046
				22/04/2014	4.02	19.31	0.73	
Orne Saonoise 1	15	12	180	23/08/2013	0.52	11.3	0.46	0.086
				22/04/2014	1.65	11.73	0.73	

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 pour le 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 Q1 sont supérieures à celles calculées à Q2 pour l'ensemble des stations d'étude (Tableau 4-3). Une synthèse des autres paramètres du « contrôle qualité » décrit ci-dessous est présentée dans le Tableau 4-4.

Tableau 4-4 : 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
Sarthe Amont 1	0.080	0.339	0.732	19.297	0.105
Orne Saonoise 1	0.036	0.404	0.764	10.517	0.085

Les paramètres listés dans le tableau sont conformes aux valeurs recommandées. A ce titre, il est attendu que les stations analysées correspondent au champ de validité de la méthode Estimhab, validant sa mise en œuvre comme appui à la détermination des débits biologiques.

5

Résultats de la modélisation et détermination des débits biologiques

5.1 Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei

5.1.1 Présentation de la station

La station d'étude est située sur la Sarthe à l'aval immédiat de la station hydrométrique de Saint-Cénéri-le-Gerei. La station est caractérisée par une belle alternance de plats courants, de mouilles et de radiers sur l'ensemble de son linéaire.

Sur le secteur, le contexte piscicole est intermédiaire. Si la Truite fario est absente des inventaires réalisés par l'ONEMA sur le secteur, ses espèces d'accompagnement sont bien représentées (vairon, chabot, loche franche notamment).

Sur la base de cet état des lieux, il est retenu de considérer la Truite fario adulte et juvénile, ainsi que ses espèces d'accompagnement (via l'analyse de la guildes « radier ») et les cyprinicoles rhéophiles (via l'analyse de la guildes « chenal ») dans la modélisation d'habitats réalisée sous Estimhab.

5.1.2 Modélisation de l'habitat

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

- Pour la Truite fario adulte (TFA) :
 - Une zone de gain rapide entre 100 et 600 l/s, avec une SPU augmentant de plus de 40% par rapport à sa valeur initiale ;
 - Une zone de gain plus modéré entre 600 et 2000 l/s, avec une SPU augmentant d'environ 18% ;
 - Une zone de faible augmentation, voire de stabilité au delà de 2000 l/s.
- Pour la Truite fario juvénile (TFJ) :
 - Une zone de gain rapide entre 100 et 350 l/s, avec une SPU augmentant d'environ 10% par rapport à sa valeur initiale ;

- Une zone de gain plus modéré entre 350 et 700 l/s, avec une SPU augmentant d'environ 3% ;
- Une zone de stabilité entre 700 et 900l/s (l'optimum se situant à 800l/s), avant une dégradation de la SPU au delà de 900l/s.
- Pour la guildes radier :
 - Une zone de gain rapide entre 100 et 300l/s, la SPU augmentant d'environ 17% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale;
 - Une zone d'accroissement plus limité entre 300l/s et 1300l/s, avec un gain de SPU de l'ordre de 17% sur cette gamme de débit ;
 - Une zone d'accroissement faible à nul entre 1300l/s et 2000l/s, l'optimum se situant au tour de 1700l/s ;
 - Au delà de 1700l/s, une zone de baisse très légère.
- Pour la guildes chenal :
 - Une zone de gain rapide entre 100 et 350l/s, la SPU augmentant d'environ 60% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale;
 - Une zone d'accroissement continue et régulière au delà de 350l/s.

Il apparaît à la lecture du graphique suivant que la Truite fario adulte est la plus sensible aux évolutions de débits en terme de SPU. Pour les autres espèces/guildes analysées, les variations de SPU en valeur absolue sont plus limitées. Comme indiqué sur le graphique suivant, le QMNA5 naturel calculé à Saint-Cénéri est de l'ordre de 790l/s, et à ce titre supérieur au $1/10^e$ du module désinfluencé. Les valeurs de VCN3(5) et VCN10(5) (toujours « naturelles ») sont de l'ordre de 700l/s, alors que les valeurs de VCN3(2) et VCN10(2) sont proches de 1050l/s.

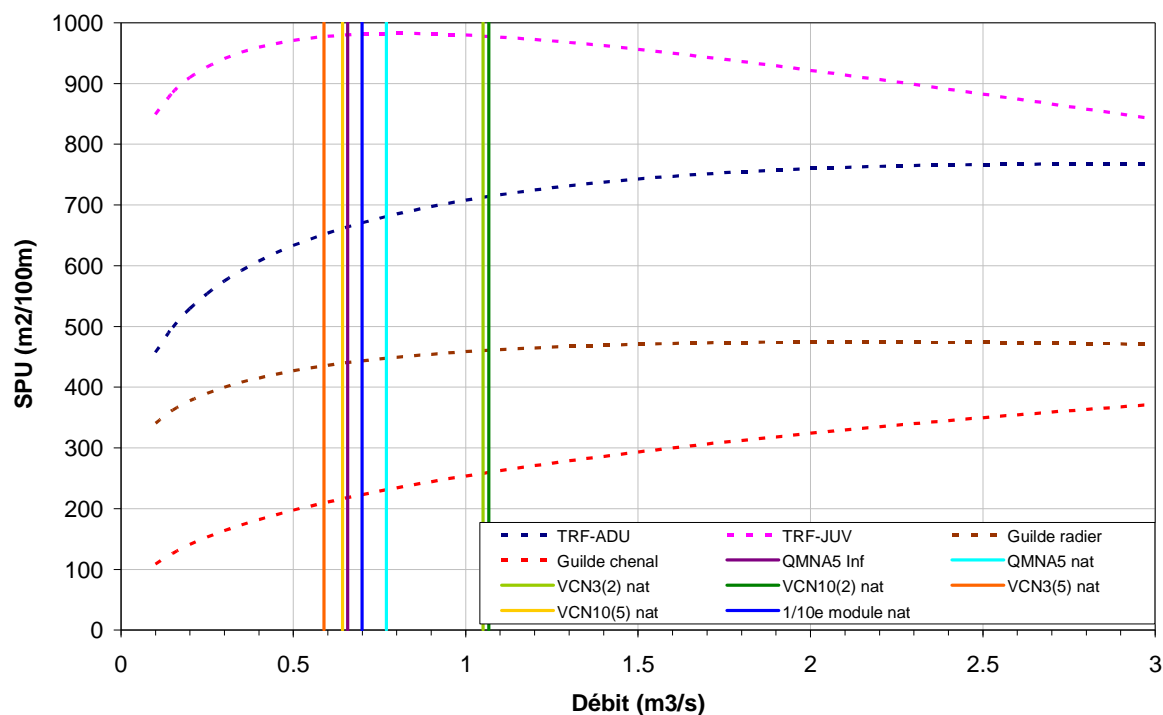


Figure 5-1 : Évolution de la SPU pour la Truite fario adulte et juvénile et les guildes « radier » et « chenal » sur la Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei

5.1.3 Observations de terrain

La mesure de basses eaux a été faite à un débit d'environ 1000l/s, soit dans la zone d'accroissement régulier de la Truite fario adulte et des guildes « radier » et « chenal », et dans la zone de stabilité de la Truite fario juvénile. Aucun dysfonctionnement majeur n'est constaté sur le secteur d'étude à ce débit : aucune zone n'est déconnectée du lit principal, et les lames d'eau moyennes sur les secteurs de radier sont systématiquement supérieures à 20cm. Cette valeur s'approche toutefois des lames d'eau sous lesquelles les conditions de circulation de la Truite fario adulte peuvent s'avérer compromises (une valeur de l'ordre de 15cm est généralement admise).

5.1.4 Propositions de débits biologiques

La proposition de débits biologiques s'appuie sur une analyse croisée des résultats du modèle d'habitats et des valeurs hydrologiques caractéristiques désinfluencées issues de la phase précédente de l'étude. D'après Baran (2010), les valeurs de retour biennuel et les durées continues supérieures à 10 jours constituent des références écologiquement pertinentes pour le fonctionnement écologique du cours d'eau. Les valeurs caractérisant des étiages de retour supérieur à 5 ans représentent des conditions exceptionnelles et non des références pour le fonctionnement de la rivière. Le choix de ce type de valeur minimale constituera une altération très significative des conditions d'étiage pour le cours d'eau.

Il apparaît donc clair que la valeur de débit biologique optimal doit se situer entre les valeurs biennales et quinquennales de VCN3 et VCN10. A ce titre, il est proposé de retenir la valeur de

QMNA5 désinfluencé déterminée en phase 2 comme valeur de débit biologique optimal, soit 770 l/s. Cette valeur permet en effet :

- De garantir des conditions d'habitats acceptables pour les différentes espèces/guildes considérées, sur la base des résultats fournis par le modèle Estimhab. Ainsi, cette valeur se situe légèrement au delà de la limite supérieure d'accroissement rapide de la SPU pour la Truite fario adulte, dans la zone d'accroissement régulier des guildes « radier » et « chenal », et proche de l'optimum pour la Truite fario juvénile ;
- D'être légèrement supérieure au 1/10e du module désinfluencé : cette valeur, si elle n'a pas intrinsèquement un caractère représentatif des bonnes conditions d'écoulement pour les espèces piscicoles, constitue néanmoins un repère important d'un point de vue réglementaire. En effet, elle s'impose comme le débit minimum à respecter à l'aval des ouvrages en cours d'eau (Article L214-10 du code de l'environnement).

Pour la valeur de débit biologique critique, il est proposé de retenir la limite supérieure de la zone d'accroissement rapide de l'espèce la plus sensible, à savoir la Truite fario adulte. La valeur de débit biologique critique est donc de 600l/s. Cette valeur est comprise entre les VCN3 et VCN10 de période de retour 5 ans, période de retour au delà de laquelle les conditions peuvent être considérées exceptionnellement défavorables pour les habitats aquatiques.

En résumé, les valeurs de débits biologiques proposées sur la Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei sont donc :

- **770 l/s pour le débit biologique optimal ;**
- **600 l/s pour le débit biologique critique.**

5.1.5 Mise en perspective des valeurs proposées

La Figure 5-2 compare les valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs influencés et désinfluencés sur la Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei sur la période 2000-2010. Les valeurs ne sont présentées que sur la période d'étiage (juin à octobre), celle-ci correspondant au domaine d'application de la méthode Estimhab.

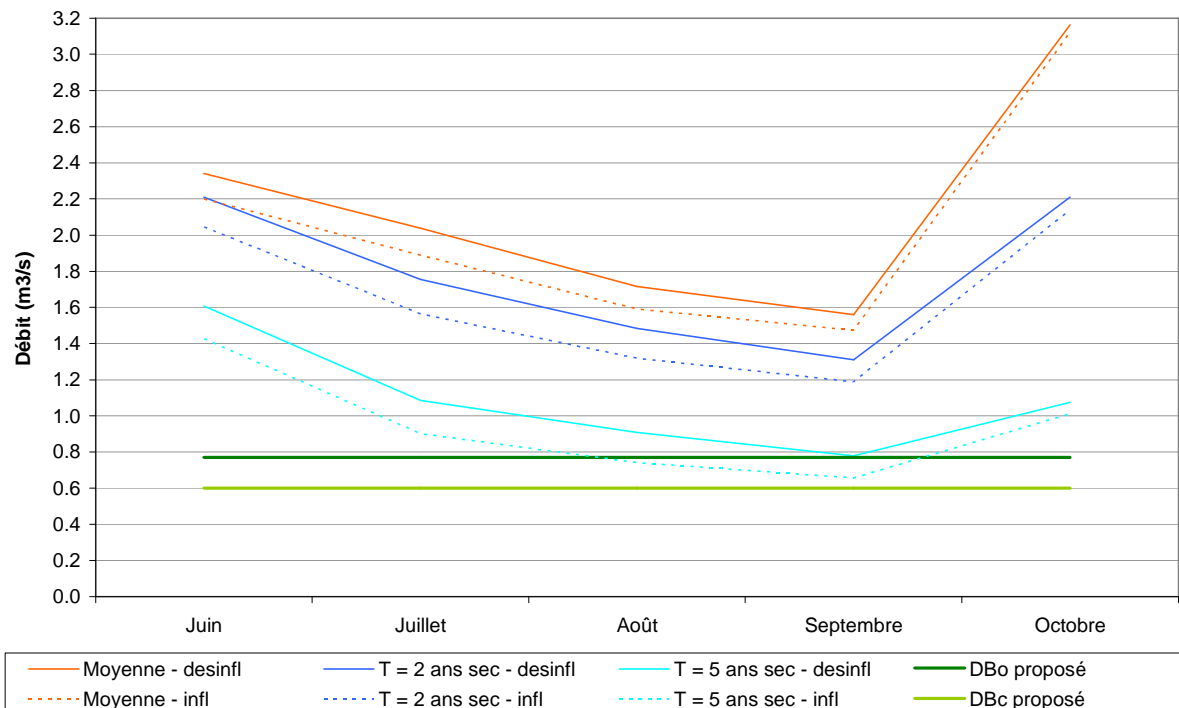


Figure 5-2 : Comparaison des valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs sur la Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei (2000-2010)

Le graphique montre :

- ✓ Que les écarts entre débits influencés et naturels varient peu selon les mois de la période d'étiage, les débits naturels étant systématiquement supérieurs aux débits influencés : l'écart quasi constant entre hydrologie naturelle et influencée montre que les prélèvements nets sont peu soumis aux variations saisonnières (et donc aux prélèvements agricoles par exemple).
- ✓ Que les DB_o et DB_c sont systématiquement assurés sur la période d'étiage pour une période de retour de 2 ans en hydrologie naturelle. C'est à peine pas le cas pour le mois de septembre pour une période de retour 5 ans, laissant entrevoir une difficulté à maintenir ce débit en fin de période d'étiage. En hydrologie influencée, la valeur de DB_o n'est pas assurée en août et en septembre.

5.2 Orne Saosnoise à Montbizot

5.2.1 Présentation de la station

La station d'étude est située sur l'Orne Saosnoise au droit de la station hydrométrique de Montbizot. La station est caractérisée par une alternance composée d'un plat courant et de profils plus lents. Le lit de la rivière paraît globalement assez homogène, limitant potentiellement les variations de SPU avec le débit.

Sur le secteur, le contexte piscicole est cyprinicole. Les inventaires piscicoles réalisés par le CSP, puis l'ONEMA montrent la présence majoritaire des espèces intermédiaires (gardon et perche notamment, brochet dans une moindre mesure), des cyprinidés d'eaux vives (goujon et chevaine) et de manière plus sporadique de la Loche franche.

Sur la base de cet état des lieux, il est retenu de considérer les espèces de cyprinidés d'eaux vives recensées sur le secteur comme espèces repères, ainsi que la loche franche : les cyprinidés rhéophiles et les espèces intermédiaires sont considérés dans l'analyse des courbes de préférence dans Estimhab via les guildes « berge », « mouille » et « chenal », alors que la courbe de préférence de la loche franche est analysée en tant que telle.

5.2.2 Modélisation de l'habitat

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

- Pour la Loche France (LOF) :
 - Une zone de gain rapide entre 50 et 200l/s, avec une SPU augmentant d'environ 26% par rapport à sa valeur initiale ;
 - Une zone de gain plus modéré entre 200 et 600 l/s, avec une SPU augmentant d'environ 13% ;
 - Une zone de faible augmentation, voire de stabilité au delà de 600 l/s.
- Pour la guildes mouille : la variation de SPU avec le débit est très limitée pour cette guildes : cela traduit la faible sensibilité de ces espèces aux variations de débit, notamment dans le contexte morphologique dégradé de l'Orne Saosnoise aval. A ce titre, cette guildes ne sera pas valorisée pour la définition des débits biologiques proposée plus loin.
- Pour la guildes berge : le constat pour cette guildes est similaire à celui formulé ci-dessus, mais dans une moindre mesure. Une augmentation faible de la SPU est constatée entre 0 et 200l/s : l'optimum de SPU est obtenu pour cette valeur, avant une baisse régulière. Les observations au niveau de cette guildes est également à relativiser en fonction des espèces, les courbes d'habitats variant sensiblement entre le goujon (comportement similaire à celle de la guildes) et le vairon (sensibilité beaucoup plus forte aux variations de débit).
- Pour la guildes chenal :
 - Une zone de gain rapide entre 50 et 200l/s, la SPU augmentant d'environ 60% sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale;
 - Une zone d'accroissement continue et régulière au delà de 200l/s.

Pour les autres espèces/guildes analysées, les variations de SPU en valeur absolue sont plus limitées. Comme indiqué sur les graphiques suivants, le QMNA5 naturel calculé à Montbizot est de l'ordre de 290l/s. Les valeurs de VCN3(5) et VCN10(5) (toujours « naturelles ») sont de l'ordre de 240l/s, alors que les valeurs de VCN3(2) et VCN10(2) sont de l'ordre de 420 l/s. Le 1/10^e du module naturel est lui légèrement inférieur au QMNA5 naturel, avec une valeur de l'ordre de 260l/s.

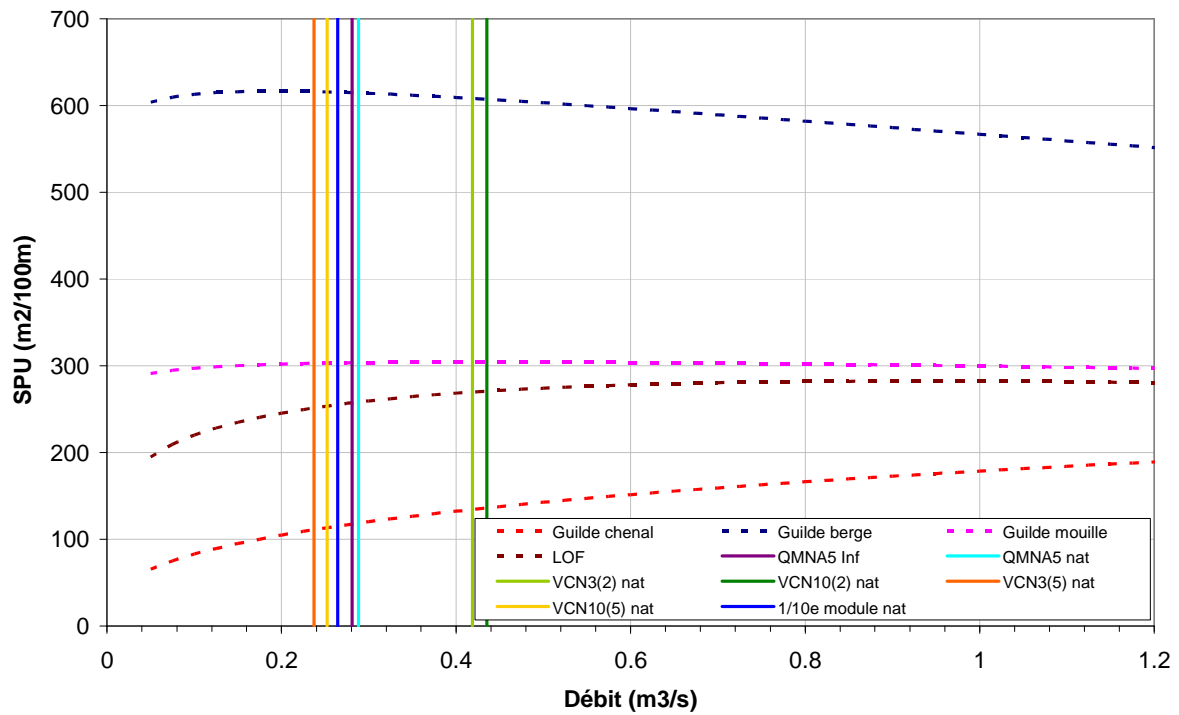


Figure 5-3 : Évolution de la SPU pour la Loche franche et les guildes « mouille », « berge » et « chenal » sur l’Orne Saosnoise à Montbizot

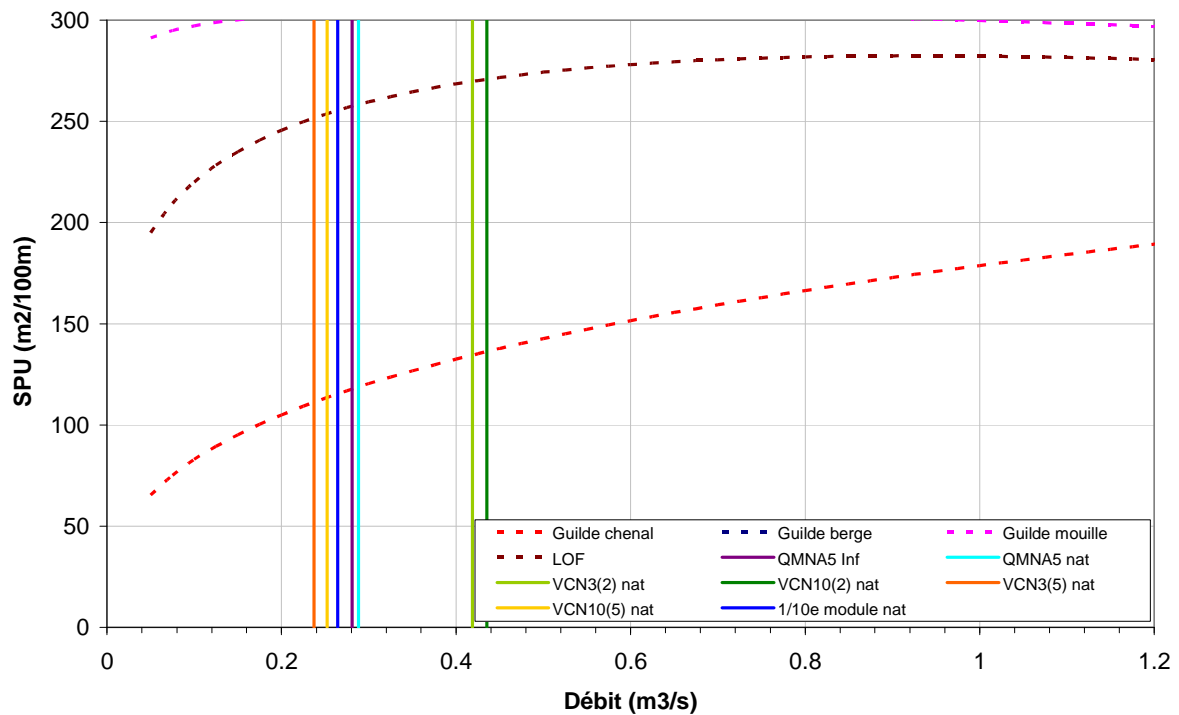


Figure 5-4 : Évolution de la SPU pour la Loche franche et la gilde « chenal » sur l’Orne Saosnoise à Montbizot (zoom)

5.2.3 Observations de terrain

La mesure de basses eaux a été faite à un débit d'environ 500l/s, soit dans la zone d'accroissement régulier de la Loche franche et de la guilde « chenal ». Là aussi, aucun dysfonctionnement majeur n'est constaté sur le secteur d'étude à ce débit : aucune zone n'est déconnectée du lit principal, et les lames d'eau moyennes sur les secteurs les plus critiques sont systématiquement supérieures à 20cm.

5.2.4 Propositions de débits biologiques

Comme sur la Sarthe, la proposition de débits biologiques s'appuie sur une analyse croisée des résultats du modèle d'habitats et des valeurs hydrologiques caractéristiques désinfluencées issues de la phase précédente de l'étude.

Il apparaît clair que la valeur de débit biologique optimal doit se situer entre les valeurs biennales et quinquennales de VCN3 et VCN10. A ce titre, il est proposé de retenir, comme sur la Sarthe, la valeur de QMNA5 désinfluencé déterminée en phase 2 comme valeur de débit biologique optimal, soit 290 l/s. Cette valeur permet en effet de garantir des conditions d'habitats acceptables pour les différentes espèces/guildes repères, sur la base des résultats fournis par le modèle Estimhab.

Pour la valeur de débit biologique critique, il est proposé de retenir la limite supérieure de la zone d'accroissement rapide de l'espèce la plus sensible, à savoir la Loche franche. La valeur de débit biologique critique est donc de 200l/s. Cette valeur est également proche des VCN3 et VCN10 de période de retour 5 ans, période de retour au delà de laquelle les conditions peuvent être considérées exceptionnellement défavorables pour les habitats aquatiques.

En résumé, les valeurs de débits biologiques proposées sur l'Orne Saosnoise à Montbizot sont donc :

- **290 l/s pour le débit biologique optimal ;**
- **200 l/s pour le débit biologique critique.**

5.2.5 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 sur l'Orne Saosnoise à Montbizot sur la période 2000-2010. Les valeurs ne sont présentées que sur la période d'étiage (juin à octobre), celle-ci correspondant au domaine d'application de la méthode Estimhab.

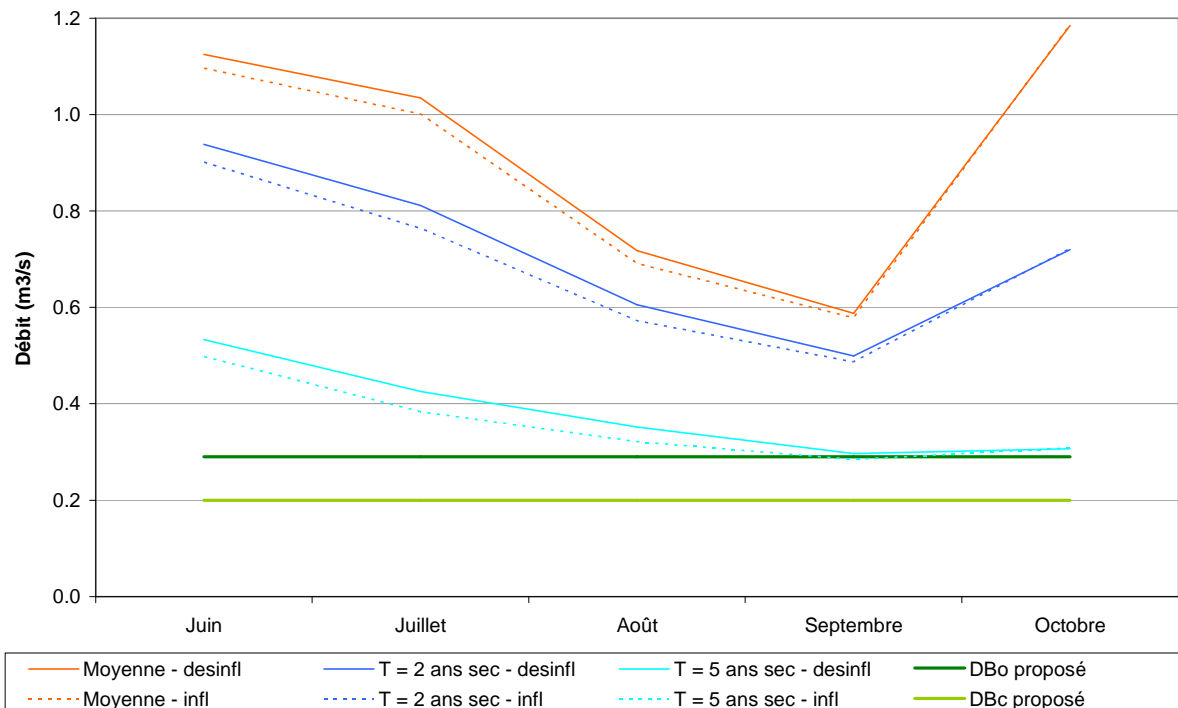


Figure 5-5 : Comparaison des valeurs de débits biologiques proposées aux débits mensuels moyens, biennaux et quinquennaux secs sur l'Orne Saosnoise à Montbizot (2000-2010)

Le graphique montre :

- ✓ Que les écarts entre débits influencés et naturels varient peu selon les mois de la période d'étiage, les débits naturels étant quasi systématiquement supérieurs aux débits influencés (à part pour les mois d'octobre et de novembre où ils sont quasiment égaux) : le faible écart entre les deux valeurs indiquent la faible influence des prélèvements nets sur les valeurs hydrologiques caractéristiques.
- ✓ Que les DB_0 et DB_c sont systématiquement assurés sur la période d'étiage pour des périodes de retour de 2 ans et 5 ans en hydrologie naturelle et influencée.

5.3 Conclusion sur les valeurs de débits biologiques

A l'issue de cette phase, l'analyse des résultats apportés par la méthode d'habitats et leur confrontation avec les observations de terrain, et localement avec des données hydrologiques a permis sur les 2 stations retenues sur le bassin versant de proposer :

- ✓ Une valeur de Débit Biologique Optimal, qui servira de base au calcul des Débits d'Objectif d'Étiage (DOE) ;
- ✓ Une valeur de Débit Biologique Critique qui servira de base au calcul des Débits de Crise (DCR).

De manière générale, peu de contraintes sont visibles quant au maintien des débits biologiques proposés 4 années sur 5. En effet, en régime naturel, les débits biologiques estimés sont systématiquement respectés en régime mensuel quinquennal sec. Il semble donc que les besoins des

milieux naturels tels qu'approchés par le protocole Estimhab peuvent être satisfaits quasi-systématiquement. On manque cependant d'observations sur le cours d'eau à des débits très faibles pour s'assurer que les débits biologiques et de survie définis sont totalement conformes avec les besoins du milieu naturel. Il semble cependant que les épisodes de sécheresse critiques pour le milieu soient rares sur ces secteurs en comparaison d'autres bassins plus sensibles en région Pays de la Loire.

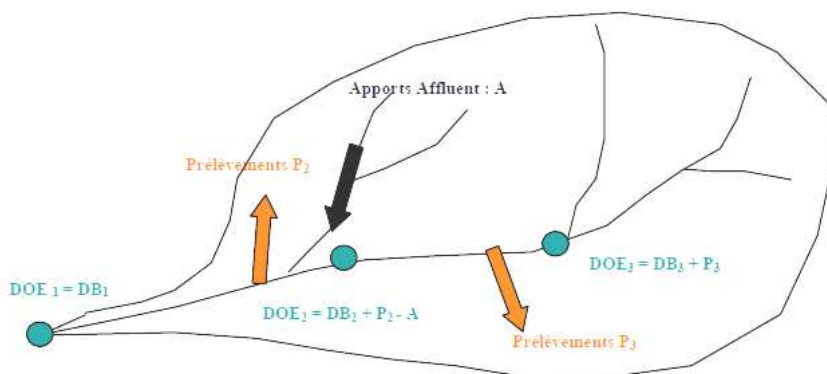
6

Détermination des débits d'objectif d'étiage et estimation des volumes prélevables

6.1 Considérations générales et approche méthodologique

6.1.1 Principe et définitions

Le schéma, Figure 6-1, présente les termes qui entrent en compte dans le calcul du DOE. Chacun d'entre eux est explicité dans les paragraphes suivants.



Avec

DOEn = Débit d'Objectif d'Étiage pour le tronçon n

DBn = Débit biologique pour le tronçon n

Pn = Prélèvement sur le tronçon n

An = Apports latéraux sur le tronçon n

Figure 6-1 : Schéma de principe pour la détermination du DOE (source : AERM&C)

Les termes du calcul présentés dans la Figure 6-1 sont détaillés ci-dessous.

✓ Débit biologique :

Dans le calcul du DOE, c'est le débit biologique optimal, tel que déterminé précédemment sur les stations de référence de l'Orne Saosnoise à Montbizot et de la Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei qui est pris en compte. Sur ces points de référence, les débits biologiques ont été déterminés à partir d'une méthode de micro-habitats. A noter que dans le cadre de la présente analyse, la valeur caractéristique d'étiage retenue pour ajuster le débit biologique optimal (en l'occurrence le QMNA5 désinfluencé) a été extrapolée sur les points de référence ne disposant pas de valeur de DOE ou sur lesquels la méthode de micro-habitats n'a pas été mise en œuvre (sur la Bienne et la Vaudelle). Au

niveau du point de référence à l'aval du bassin versant (Neuville-Souillé), la valeur de référence retenue correspond au DOE arrêté dans le SDAGE, à savoir $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$.

✓ **Apports latéraux :**

Les apports latéraux correspondent à l'augmentation de débit observée entre l'amont et l'aval d'un tronçon.

✓ **Bilan des usages :**

Le bilan des usages est établi à partir des données collectées en phase 2 de l'étude. Le bilan des usages est considéré par soustraction nette d'un volume donné au milieu. Ainsi, si sur un tronçon une partie du volume prélevé retourne au milieu (via un rejet de station d'épuration par exemple), c'est le prélèvement net (prélèvement effectif – restitution) qui est considéré dans l'analyse.

Lorsque, sur un tronçon, les restitutions sont supérieures aux prélèvements (restitutions importantes en provenance d'un tronçon amont ou d'un bassin versant voisin par exemple), le bilan apparaît donc comme négatif.

✓ **Débit mensuel sec :**

En plus des termes présentés ci-dessus, la notion de **débit mensuel sec** nécessite d'être introduite. Le DOE doit permettre de satisfaire les usages 8 années sur 10. Pour ce faire, il est nécessaire de connaître la ressource disponible lors de l'année sèche qui se produit statistiquement 2 années sur 10. Ainsi, nous avons calculé pour chaque mois moyen mensuel sec de temps de retour 5 ans. Ces débits ont été obtenus par traitement statistique des séries de débits reconstituées lors de la phase 2 (débits naturels = non influencés par les prélèvements).

6.1.2 Méthodologie générale

La méthodologie proposée par la détermination des DOE et incidemment l'estimation des volumes prélevables repose sur les étapes suivantes :

- ✓ Estimation du régime naturel des cours d'eau : celle-ci a été réalisée en différents points du bassin versant en phase 2 de l'étude ;
- ✓ Détermination du débit biologique : une valeur de débit biologique optimal a été déterminée sur la Sarthe Amont et l'Orne Saosnoise. Sur la Bienne et la Vaudelle, le QMNA5 désinfluencé a été assimilé au débit biologique optimal. Sur la Sarthe à Neuville-Souillé, c'est la valeur de DOE du SDAGE qui a été retenue comme référence. Ce sont ces valeurs qui seront valorisées pour le calcul des débits d'objectif d'étiage. La valeur de DOE proposée au niveau du point nodal de Neuville n'a pas été remise en cause dans le cadre de la présente étude, notamment du fait de la difficulté de définir les conditions biologiques optimales sur ce tronçon de la Sarthe (difficulté de mise en œuvre du protocole Estimhab), mais surtout vu les implications que cette valeur peut avoir sur le SAGE Sarthe Aval (sécurisation des usages sur l'aval, non étudiés dans le cadre de la présente étude) ;
- ✓ Détermination, pour chaque tronçon, des volumes prélevables (et des débits équivalents) afin de garantir le respect du débit biologique (ou du QMNA5 désinfluencé) sans recours aux premières

restrictions de la gestion de crise, 8 années sur 10, dans chaque sous bassin contrôlé par les points stratégiques ;

- ✓ Détermination, pour chaque point de référence stratégique, du DOE par sommation du débit biologique et du débit prélevable sur le tronçon à l'aval du point de référence.

Les deux dernières étapes de la méthodologie ci-dessus peuvent s'avérer complexes à réaliser, dans la mesure où le débit au niveau d'un point de référence subit l'influence des secteurs amont, tout en conditionnant les prélèvements à l'aval. C'est notamment le cas sur le secteur Sarthe intermédiaire, où les éventuels prélèvements sont conditionnés par les volumes s'écoulant sur les bassins amont. SAFEGE a basé la détermination des DOE tels que décrite ci-dessus sur un processus itératif visant à déterminer la répartition optimum des volumes sur l'ensemble du bassin versant.

La détermination des volumes prélevables et des DOE se base sur les éléments suivants :

- ✓ Afin de permettre de maintenir un débit aval suffisant pour l'ensemble des usages, l'approche de détermination à l'échelle du bassin versant est réalisée selon une logique amont-aval ;
- ✓ La détermination est faite uniquement sur la période d'étiage, période de validité assurée de la méthodologie Estimhab pour le calcul des débits biologiques : cette période est définie dans le cadre du projet de SDAGE en cours d'élaboration comme s'étendant sur les mois juin à octobre ;
- ✓ L'approche retenue se base sur une analyse relative aux valeurs de débits moyens mensuels d'occurrence cinq ans sec pour chaque mois calendaire déterminés en phase 2 de l'étude. Cette variable sera dénommée « QMN5 » dans la suite des calculs.

6.1.3 Tronçons considérés

L'analyse des débits d'objectif d'étiage et des volumes prélevables s'est faite à l'échelle de tronçons de cours d'eau. Les limites des tronçons sont définies :

- ✓ À l'amont par une tête de bassin ou un point de référence hydrologique (au droit duquel on dispose d'informations sur l'hydrologie naturelle et éventuellement d'un débit biologique) ;
- ✓ A l'aval par un point de référence hydrologique et/ou biologique, ou par l'exutoire du bassin versant.

Sur le territoire du SAGE Sarthe Amont, cinq tronçons d'analyse ont été étudiés, chacun disposant d'un point de référence associé :

- ✓ Le tronçon Sarthe Amont, couvrant l'ensemble de la tête de bassin jusqu'au point de référence de Saint-Cénéri-le-Gerei ;
- ✓ Le tronçon Orne Saosnoise couvrant l'ensemble du sous bassin versant, associé au point de référence de Montbizot ;
- ✓ Le tronçon Vaudelle couvrant l'ensemble du sous bassin versant, associé au point de référence de Saint-Georges-le-Gaultier ;
- ✓ Le tronçon Bienne couvrant l'ensemble du sous bassin versant, associé au point de référence de Thoire-sous-Contensor ;

- ✓ Le tronçon Sarthe intermédiaire couvrant le reste du bassin versant jusqu'au point de référence de Neuville-Souillé. A noter que les affluents rive droite de la Sarthe (Orthe, Merdereau notamment) ont été intégrés à ce tronçon car non jaugés. Il est cependant probable, compte tenu de la nature de la géologie locale notamment, qu'ils aient un comportement similaire à celui de la Vaudelle. A ce titre, ils pourraient à terme être « pilotés », notamment en terme de gestion de crise, en fonction des débits jaugés sur la Vaudelle plutôt que de la station de Neuville-Souillé.

Les secteurs analysés et les points de référence associés sont rappelés sur la carte ci-dessous.

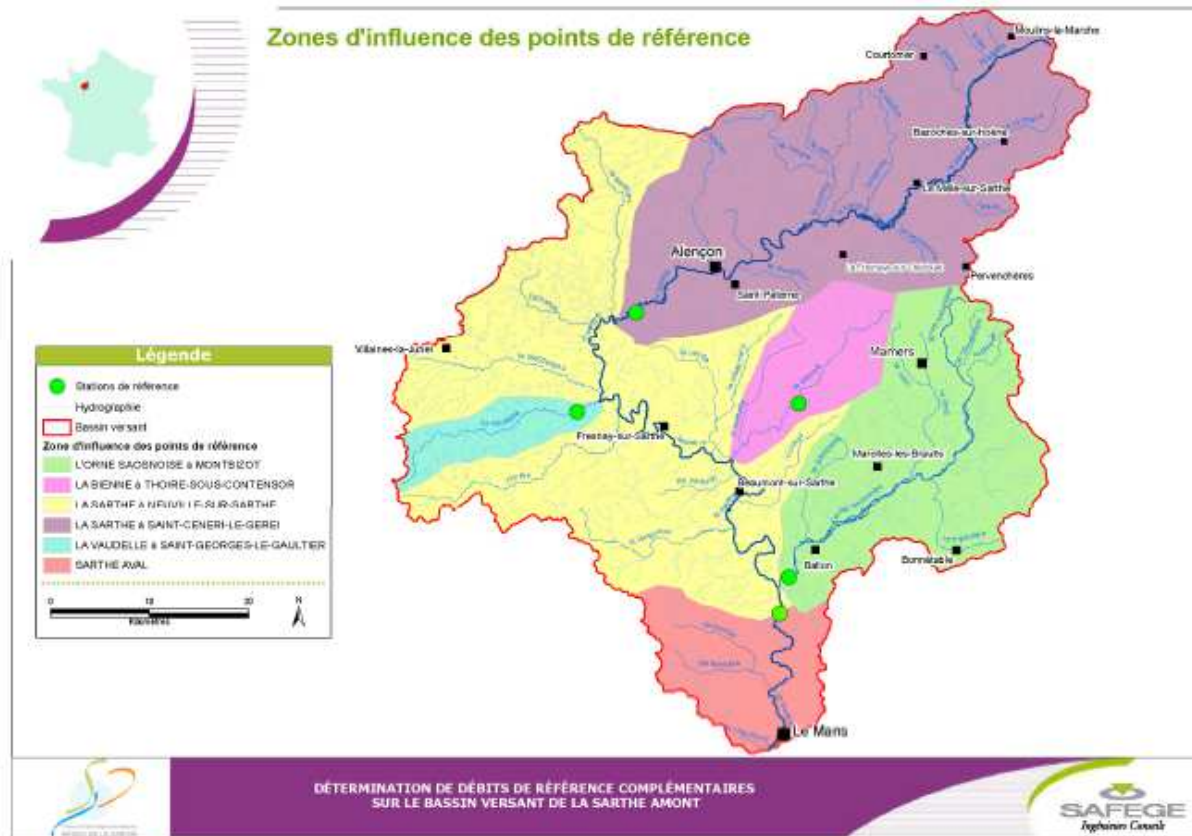


Figure 6-2 : Tronçons et points de référence considérés pour la définition des débits de référence et l'estimation des volumes prélevables

6.2 Estimation des volumes prélevables

6.2.1 Principes et hypothèses

La détermination des volumes prélevables sur chacun des tronçons considérés dans l'analyse doit satisfaire un certain nombre de principes, sous tendus par des hypothèses retenus par le calcul :

- ✓ La détermination des volumes prélevables doit permettre d'assurer la satisfaction du débit biologique (ou assimilé) sur l'ensemble des points de référence du bassin versant. Dans le cas où

le débit biologique ne peut être maintenu (du fait de débits naturels trop faibles), c'est le débit naturel qui doit être satisfait. L'objectif recherché par cette hypothèse est de tâcher de maintenir au maximum le débit biologique, mais quand cela est naturellement impossible, de ne jamais descendre sous le débit naturel en rivière.

- ✓ L'approche pour la détermination des volumes prélevables doit être totalement intégrée à l'échelle du bassin versant. Elle peut être résumée par le postulat suivant : « **le volume prélevable sur un tronçon donné doit tenir compte du débit entrant sur ce tronçon (et donc des prélèvements sur d'éventuels tronçons amont), tout en garantissant le débit biologique en son exutoire et les volumes prélevables sur les tronçons aval** ». L'hypothèse implique la mise en œuvre d'une solidarité amont-aval sur le bassin versant : ainsi, même si des volumes pourraient être prélevés en grande quantité sur un tronçon amont tout en maintenant le débit biologique à son point de référence, ceux-ci pourraient être réduits pour permettre le maintien des débits biologiques aux points de référence situés plus à l'aval.
- ✓ Sur les tronçons analysés, les volumes prélevables estimés sont présentés en deux temps : tout d'abord, sans tenir compte des rejets anthropiques (débits strictement naturels), puis avec ces rejets intégrés. Le postulat retenu pour le calcul final des DOE et des volumes prélevables intègre bien ces rejets dans les volumes disponibles. Ce choix méthodologique est appuyé par plusieurs arguments :
 - La grande majorité des retours anthropiques correspond à des prélèvements effectués sur le bassin versant ;
 - Les débits rejetés dans les cours d'eau représentent une fraction relativement faible des débits caractéristiques d'étiage désinfluencés calculés sur les différents tronçons (3 à 10%), sauf sur la Sarthe Amont, où ils représentent 17%. Cependant, les volumes restent relativement importants et ne doivent pas compromettre en profondeur le fonctionnement des milieux hors période de crise particulière (sortant donc du cadre de gestion « normale » ici étudié). Les volumes de rejets anthropiques considérés dans l'analyse correspondent aux données disponibles pour la période d'étiage la plus récente, à savoir l'été 2010 ;
 - Ce postulat pris, il est important de garder en tête que les volumes retournant au cours d'eau ont été considérés dans le bilan hydrique aboutissant à la définition des volumes prélevables. Ainsi, il est primordial que tout projet potentiel de réutilisation des ces eaux (notamment à l'exutoire des STEP) soit connu afin d'identifier le risque qu'il fait peser sur la remise en cause du bilan hydrologique tel qu'appréhendé dans le cadre de l'étude.
- ✓ Comme déjà évoqué, La logique de détermination des volumes prélevables et des DOE décrite ci-dessus s'applique aux périodes d'étiage estival (juin à octobre). En effet, le débit biologique tel que défini en Phase 3 ne s'applique qu'aux gammes de débits faibles, et n'est pas approprié à la définition des besoins du milieu naturel en période de hautes eaux (pas de prise en compte des crues morphogènes notamment).

6.2.2 Volumes prélevables calculés par tronçon

Les paragraphes suivants synthétisent les résultats obtenus pour les différents tronçons du bassin versant de la Sarthe Amont. La restitution se fera sous la forme de tableaux (Cf. Tableau 6-1) dont les termes sont explicités ci-dessous.

Tableau 6-1 : Exemple de tableau pour la restitution des résultats

Point de référence	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
QMN5 (m3/s)					
DB (m ³ /s)					
VP proposé hors rejets (m3/s)					
VP total proposé (m3/s)					

QMN5 : le débit moyen mensuel d'occurrence 5 ans sec calculé pour chaque mois calendaire aux points de référence retenus

DB : le débit biologique aux points de référence : il s'agit par défaut du débit déterminé précédemment à Montbizot et Saint-Cénéri, du QMNA5 naturel sur la Bienne et la Vaudelle et au DOE du SDAGE à Neuville-Souillé, et quand celui-ci est inférieur au débit naturel, de ce dernier

VP proposé hors rejets : le volume prélevable calculé sur le tronçon en tenant compte des prélèvements sur les tronçons amont et aval, sans tenir compte des rejets anthropiques

VP total proposé : le volume prélevable calculé sur le tronçon en tenant compte des prélèvements sur les tronçons amont et aval et des rejets anthropiques.

Les volumes prélevables déterminés pour chaque tronçon (VP) sont ensuite comparés aux prélèvements effectifs de 2003 et 2009 prises comme années de référence (résultats obtenus lors de la phase 2 de l'étude). L'objectif de cette comparaison est de dresser un bilan de la situation actuelle en termes de prélèvements par rapport aux objectifs à atteindre pour garantir un débit biologique suffisant sur chaque tronçon. Les mois surlignés en orange correspondent aux mois pour lesquels le volume maximum prélevable est inférieur au volume prélevé pour l'année de référence la plus contraignante.

6.2.2.1 Tronçon Sarthe Amont

Les volumes prélevables proposés sur le tronçon de la Sarthe Amont sont présentés dans le Tableau 6-2.

Tableau 6-2 : Débits maximum prélevables pour le tronçon Sarthe Amont (m3/s)

Sarthe Amont	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
QMN5 St Cénéri (m3/s)	1.608	1.085	0.908	0.779	1.075
DB St Cénéri (m3/s)	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770
VP proposé hors rejets (m3/s)	0.838	0.315	0.138	0.009	0.305
VP total proposé (m3/s)	1.008	0.485	0.308	0.179	0.475

Les volumes prélevables proposés sur le tronçon sont comparés aux prélèvements des années 2003 et 2009 dans le Tableau 6-3.

Tableau 6-3 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements de 2003 et de 2009 pour le tronçon Sarthe Amont ($10^3 \text{ m}^3/\text{mois}$)

Sarthe Amont	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
VP total proposé	2613.0	1299.4	825.4	464.4	1272.1
Prélèvements 2003	876.5	858.7	803.8	669.9	525.9
Prélèvements 2009	735.8	860.4	764.9	716.7	482.9
% évolution VP proposé / Prelev 2003	198%	51%	3%	-31%	142%
% évolution VP proposé / Prelev 2009	255%	51%	8%	-35%	163%

A partir des éléments ci-dessus, il semble important de retenir que :

- ✓ Le débit naturel de la Sarthe est suffisant en étiage pour maintenir le débit biologique de 770l/s, de quelques litres par seconde seulement au mois de septembre.
- ✓ Les prélèvements historiques sur le mois de septembre ne sont donc pas garantis. Pour le mois d'août, les prélèvements historiques sont assurés 8 années sur 10, mais à quelques pourcents près.
- ✓ Pour les autres mois d'étiage, les prélèvements historiques sont largement assurés.

6.2.2.2 Tronçon Orne Saosnoise

Les volumes prélevables proposés sur le tronçon de la de l'Orne Saosnoise sont présentés dans le Tableau 6-4.

Tableau 6-4 : Débits maximum prélevables pour le tronçon Orne Saosnoise (m3/s)

Orne Saosnoise	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
QMN5 Montbizot (m3/s)	0.533	0.425	0.352	0.297	0.307
DB Montbizot (m3/s)	0.290	0.290	0.290	0.290	0.290
VP proposé hors rejets (m3/s)	0.243	0.135	0.062	0.007	0.017
VP total proposé (m3/s)	0.217	0.134	0.070	0.022	0.036

Les volumes prélevables proposés sur le tronçon sont comparés aux prélèvements des années 2003 et 2009 dans le Tableau 6-5.

Tableau 6-5 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements de 2003 et de 2009 pour le tronçon Orne Saosnoise ($10^3 \text{ m}^3/\text{mois}$)

Orne Saosnoise	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
VP total proposé	716.0	450.6	253.7	102.6	134.3
Prélèvements 2003	191.1	206.5	227.9	113.3	77.5
Prélèvements 2009	123.6	177.9	149.9	112.2	65.7
% évolution VP proposé / Prelev 2003	275%	118%	11%	-9%	73%
% évolution VP proposé / Prelev 2009	479%	153%	69%	-9%	104%

A partir des éléments ci-dessus, il semble important de retenir que :

- ✓ Le débit naturel de l'Orne Saosnoise est suffisant en étiage pour maintenir le débit biologique de 290l/s sur l'ensemble des mois d'étiage (pour quelques litres par seconde en septembre cependant).
- ✓ Les volumes prélevables proposés en septembre sont légèrement inférieurs aux volumes prélevés historiquement pour ce mois. Pour le mois d'août, les volumes prélevables calculés sont légèrement supérieurs aux volumes prélevés historiques.
- ✓ Pour les autres mois d'étiage, les prélèvements historiques sont largement assurés.

6.2.2.3 Tronçon Bienne

Les volumes prélevables proposés sur le tronçon Bienne sont présentés dans le Tableau 6-6.

Tableau 6-6 : Débits maximum prélevables pour le tronçon Bienne (m³/s)

Bienne	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
QMN5 Thoiré (m3/s)	0.188	0.141	0.107	0.084	0.099
QMNA5 Thoiré (m3/s)	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082
VP proposé hors rejets (m3/s)	0.106	0.059	0.025	0.002	0.017
VP total proposé (m3/s)	0.112	0.065	0.031	0.008	0.023

Les volumes prélevables proposés sur le tronçon sont comparés aux prélèvements des années 2003 et 2009 dans le Tableau 6-7.

Tableau 6-7 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements de 2003 et de 2009 pour le tronçon Bienne ($10^3 \text{ m}^3/\text{mois}$)

Bienne	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
VP total proposé	290.9	175.4	82.0	22.0	61.8
Prélèvements 2003	75.9	104.3	220.7	19.6	7.9
Prélèvements 2009	76.4	112.9	110.9	20.2	6.8
% évolution VP proposé / Prelev 2003	283%	68%	-63%	12%	684%
% évolution VP proposé / Prelev 2009	281%	55%	-26%	9%	809%

A partir des éléments ci-dessus, il semble important de retenir que :

- ✓ Le débit naturel de la Bienne est suffisant en étiage pour maintenir le QMNA5 (assimilé débit biologique) de 82l/s sur l'ensemble des mois d'étiage (pour quelques litres par seconde en septembre cependant).
- ✓ Les volumes prélevables proposés en août sont très inférieurs aux volumes prélevés historiquement pour ce mois. Pour le mois de septembre, les volumes prélevables calculés sont légèrement supérieurs aux volumes prélevés historiquement.
- ✓ Pour les autres mois d'étiage, les prélèvements historiques sont largement assurés

6.2.2.4 Tronçon Vaudelle

Les volumes prélevables proposés sur le tronçon Vaudelle sont présentés dans le Tableau 6-8.

Tableau 6-8 : Débits maximum prélevables pour le tronçon Vaudelle (m3/s)

Vaudelle	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
QMN5 St Georges (m3/s)	0.345	0.262	0.198	0.150	0.164
QMNA5 St Georges (m3/s)	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
VP proposé hors rejets (m3/s)	0.212	0.129	0.065	0.017	0.031
VP total proposé (m3/s)	0.217	0.134	0.070	0.022	0.036

Les volumes prélevables proposés sur le tronçon sont comparés aux prélèvements des années 2003 et 2009 dans le Tableau 6-9.

Tableau 6-9 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements de 2003 et de 2009 pour le tronçon Vaudelle ($10^3 \text{ m}^3/\text{mois}$)

Bienne	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
VP total proposé	562.9	358.0	187.1	55.8	95.7
Prélèvements 2003	53.5	54.2	56.8	31.6	12.9
Prélèvements 2009	28.2	53.6	48.5	32.5	11.4
% évolution VP proposé / Prelev 2003	952%	560%	229%	77%	641%
% évolution VP proposé / Prelev 2009	1894%	568%	286%	72%	740%

A partir des éléments ci-dessus, il semble important de retenir que :

- ✓ Le débit naturel de la Vaudelle est suffisant en étiage pour maintenir le QMNA5 (assimilé débit biologique) de 133l/s sur l'ensemble des mois d'étiage.
- ✓ Pour l'ensemble des mois d'étiage, les prélèvements historiques sont largement assurés.

6.2.2.5 Tronçon Sarthe intermédiaire

Les volumes prélevables proposés sur le tronçon Ouin sont présentés dans le Tableau 6-10.

Tableau 6-10 : Débits maximum prélevables pour le tronçon Ouin (m3/s)

Sarthe intermédiaire	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
QMNA5 Neuville (m3/s)	4.651	3.358	2.788	2.459	2.744
DOE Neuville (m3/s)	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900
VP proposé hors rejets (m3/s)	1.351	0.819	0.599	0.524	0.474
VP total proposé (m3/s)	1.430	0.898	0.678	0.603	0.553

Les volumes prélevables proposés sur le tronçon sont comparés aux prélèvements des années 2003 et 2009 dans le Tableau 6-11.

Tableau 6-11 : Comparaison des volumes prélevables et des prélèvements de 2003 et de 2009 pour le tronçon Sarthe intermédiaire ($10^3 \text{ m}^3/\text{mois}$)

Sarthe intermédiaire	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
VP total proposé	3706.4	2405.5	1815.4	1562.7	1482.3
Prélèvements 2003	935.1	1 110.6	1 330.9	659.0	431.6
Prélèvements 2009	779.0	1 122.3	965.7	689.8	396.6
% évolution VP proposé / Prelev 2003	296%	117%	36%	137%	243%
% évolution VP proposé / Prelev 2009	376%	114%	88%	127%	274%

A partir des éléments ci-dessus, il semble important de retenir que :

- ✓ Le débit de la Sarthe intermédiaire influencé par les prélèvements sur les tronçons amont définis plus haut est suffisant en étiage pour maintenir le débit d'objectif d'étiage défini dans le SDAGE Loire-Bretagne sur l'ensemble des mois d'étiage.
- ✓ Pour l'ensemble des mois d'étiage, les prélèvements historiques sont largement assurés.

6.3 Détermination des DOE

6.3.1 Méthodologie

Les Débits d'Objectifs d'Étiage se définissent comme étant des débits pour lesquels sont simultanément satisfaits le bon état des eaux et, en moyenne huit années sur dix, l'ensemble des usages. Ils sont établis sur la base de moyennes mensuelles.

Il se compose généralement de deux termes :

$$\text{DOE} = \text{Débit Biologique Optimal} + \text{Débit prélevable par l'ensemble des usages 8 années sur 10}$$

Les DOE sont définis au niveau de la jointure entre les différents tronçons analysés précédemment. Ils constituent des points de référence de débit situés à la sortie d'un tronçon amont (T_n) et l'entrée d'un tronçon aval (T_{n+1}).

Les DOE représentent la valeur seuil pour laquelle :

- ✓ La valeur de DB_n à la sortie du tronçon amont (T_n) est respectée ;
- ✓ Les prélèvements sur le tronçon aval (T_{n+1}) sont assurés 8 années sur 10.

Un schéma de principe de détermination du DOE est présenté sur la Figure 6-3.

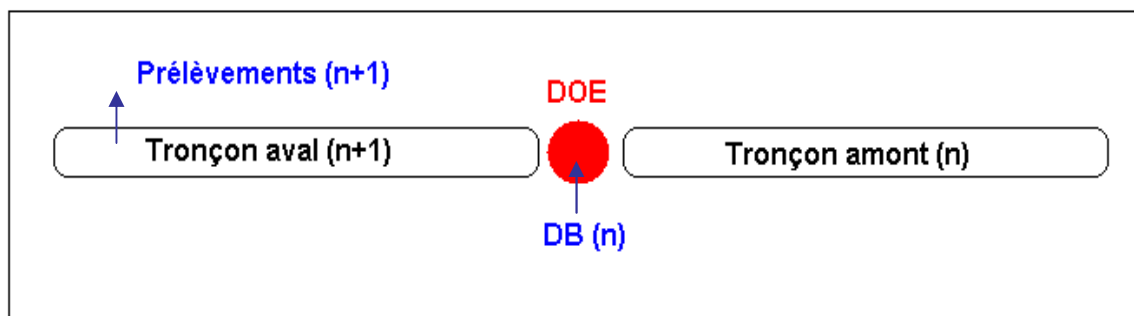


Figure 6-3 : Schéma de principe pour la définition des DOE

Dans le cas de la présente analyse, l'approche théorique présentée ci-dessus a été adaptée. Ainsi, l'approche retenue pour le calcul des DOE au point de référence n (encadré par un tronçon n à l'amont et $n+1$ à l'aval) a intégré les éléments suivants :

- ✓ Le « débit sortant » du tronçon n tel que calculé dans le processus de détermination des volumes prélevables: ce débit intègre en effet par défaut l'impact des prélèvements sur le (ou les) tronçon(s) amont, le besoin pour les prélèvements à l'aval, mais aussi le respect du débit cible (débit biologique ou débit naturel) au point n , cette condition étant la principale à satisfaire pour le calcul du volume prélevable ;
- ✓ Les débits restitués au milieu naturel sont considérés prélevables : il s'agit dans notre cas des rejets de stations d'épuration. Ces débits étant prélevables, ils ne sont pas comptabilisés au droit des points de référence pour établir les DOE.

Par défaut, le débit d'objectif d'étiage au droit d'un point de référence correspond au débit sortant du tronçon amont (soit le débit biologique optimal pour les tronçons Sarthe amont et Orne Saosnoise, le QMNA5 pour les tronçons Bienne et Vaudelle et le DOE du SDAGE pour le tronçon Sarthe intermédiaire). Pour le tronçon Sarthe intermédiaire, le maintien de l'ensemble des volumes historiquement prélevés ne nécessite pas de « provisionner » des débits sur les tronçons amont. La configuration par défaut évoquée ci-dessus peut donc s'appliquer sur l'ensemble du bassin versant.

6.3.2 Valeurs de DOE proposées

Les valeurs proposées pour chaque point de référence sont présentées dans le

Tableau 6-12.

Tableau 6-12 : Valeurs de DOE proposées pour les différents points de référence du bassin versant de la Sarthe Amont

DOE aux points de référence (m ³ /s)	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	DOE existant
Sarthe Amont à St-Cénéri	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770	N/A
Sarthe à Neuville-Souillé	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900
Orne Saosnoise à Montbizot	0.290	0.290	0.290	0.290	0.290	N/A
Vaudelle à St-Georges	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	N/A
Bienne à Thoiré	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	N/A

6.4 Restitution graphique

La mise en perspective des valeurs de DOE proposées pour chaque point de référence est présentée sur les graphiques suivants. Les volumes de prélèvements en 2003 et 2009 sur le tronçon amont sont également comparés aux volumes prélevables proposés.

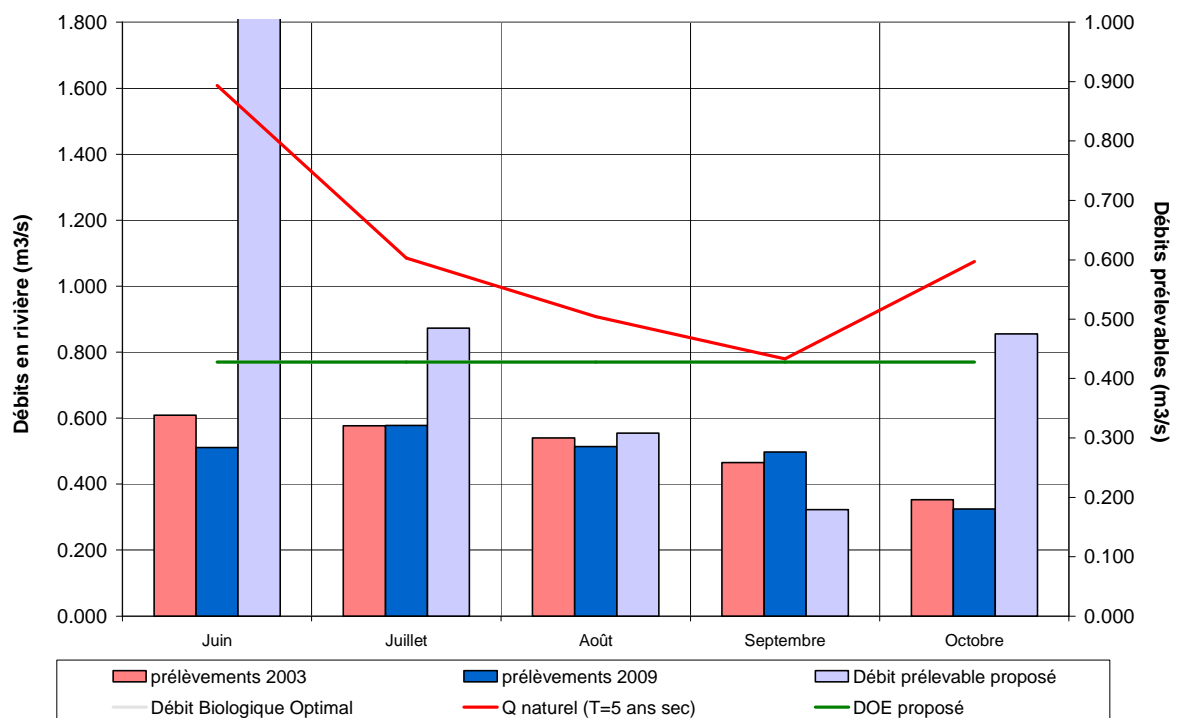


Figure 6-4 : DOE proposé sur la Sarthe Amont à Saint-Cénéri-le-Gerei et volumes prélevables proposés sur le tronçon Sarthe Amont

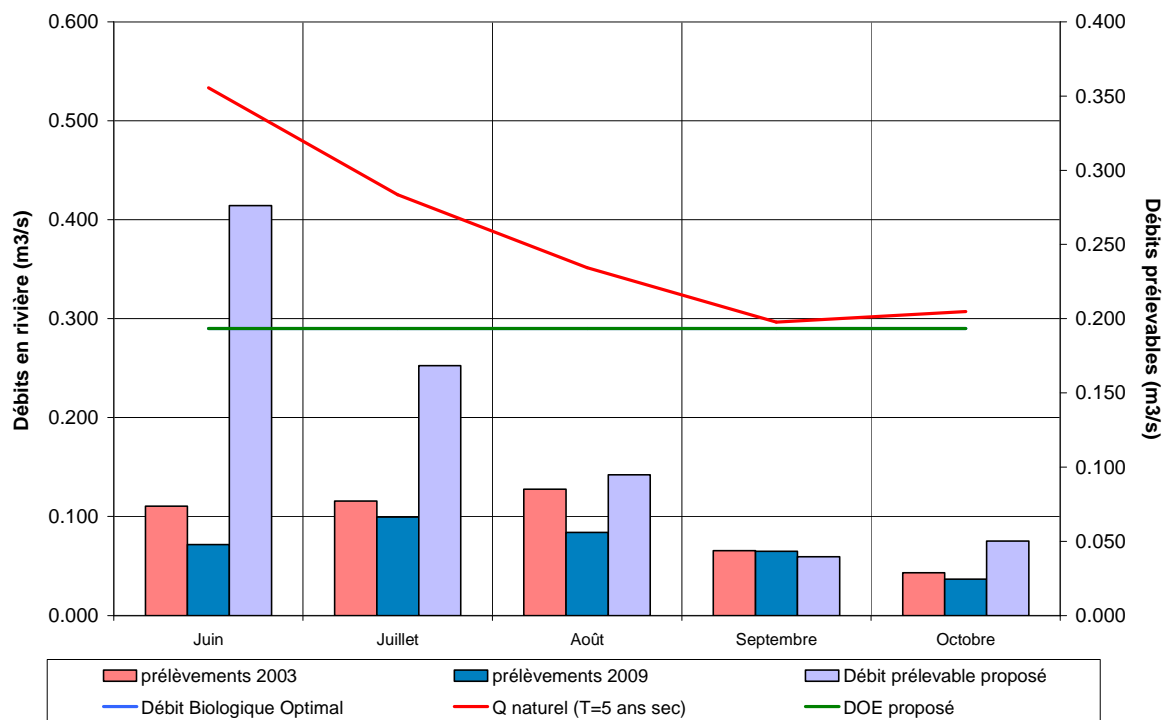


Figure 6-5 : DOE proposés sur l'Orne Saosnoise à Monbizot et volumes prélevables proposés sur le tronçon Orne Saosnoise

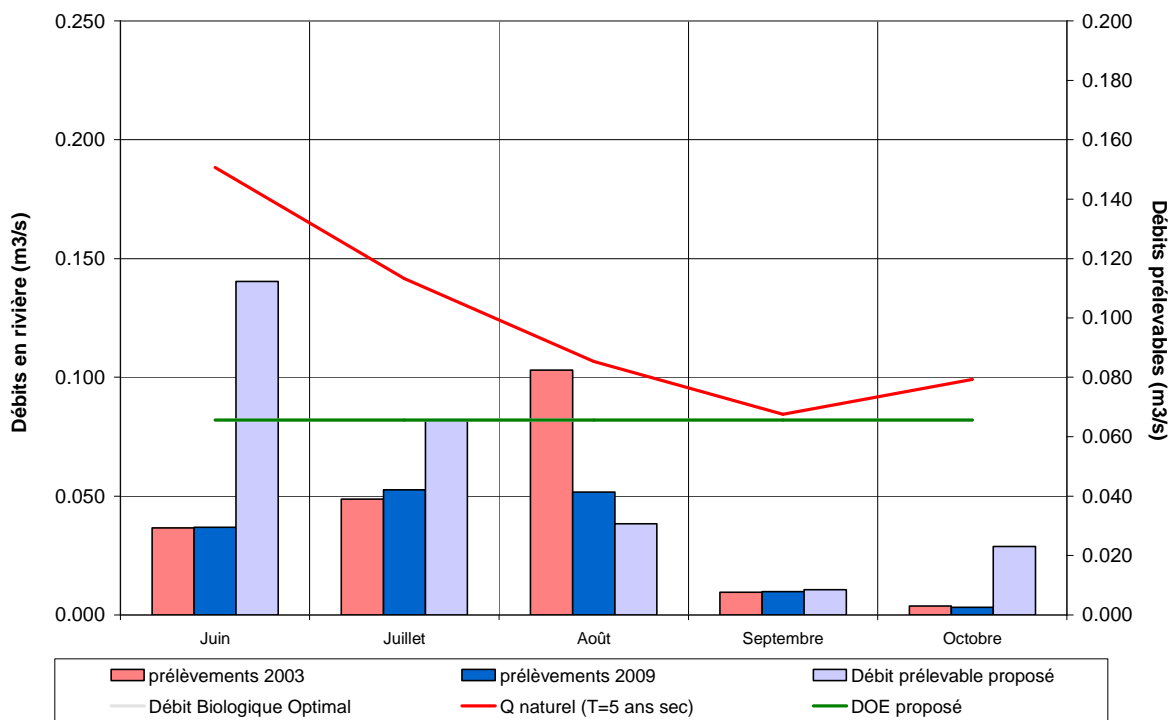


Figure 6-6 : DOE proposés sur la Bienne à Thoiré-sous-Contensor et volumes prélevables proposés sur le tronçon Bienne

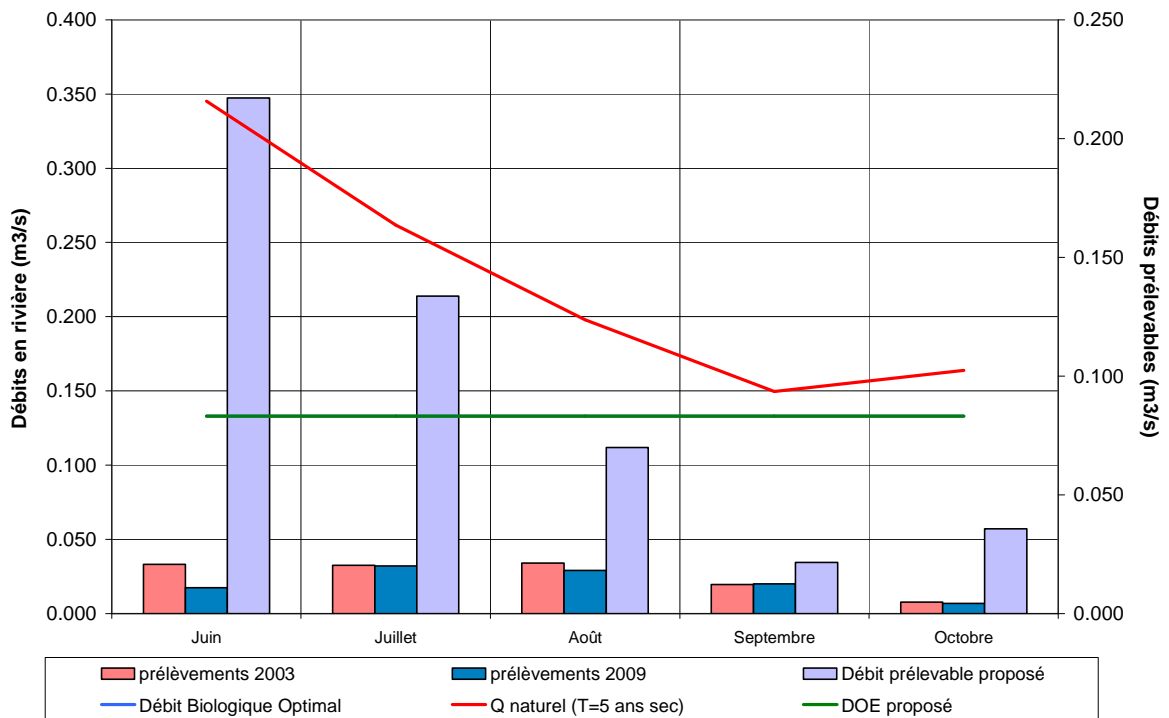


Figure 6-7 : DOE proposés sur la Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier et volumes prélevables proposés sur le Vaudelle

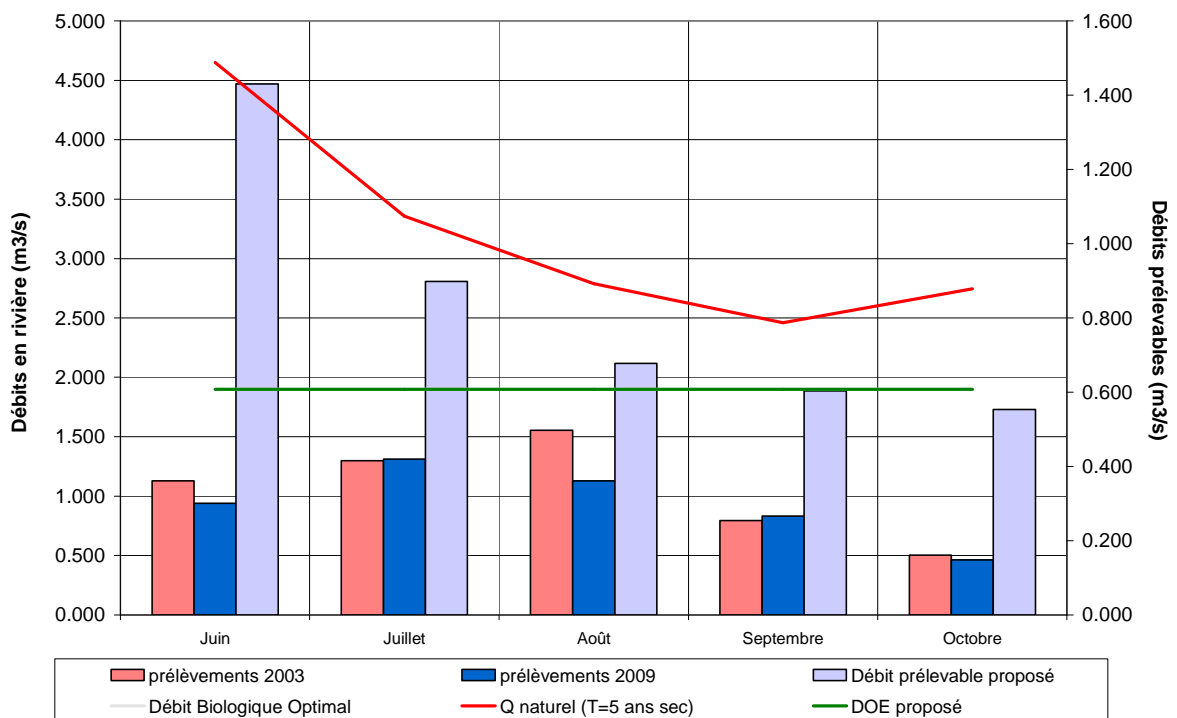


Figure 6-8 : DOE proposés sur la Sarthe à Neuville-Souillé et volumes prélevables proposés sur le tronçon Sarthe intermédiaire

7

Détermination des Débits de Crise (DCR) et des Débits Seuils d'Alerte (DSA)

7.1 Définition

Le SDAGE Loire-Bretagne apporte en ces termes la définition du débit de crise (DCR) et du débit seuil d'alerte (DSA) :

« Pour les eaux de surface, le dispositif de gestion de crise se fonde principalement sur la définition de débits seuil d'alerte (DSA) et de débits de crise (DCR).

Le DSA est un débit moyen journalier. En dessous de ce débit, une des activités utilisatrices d'eau ou une des fonctions du cours d'eau est compromise. Le DSA est donc un seuil de déclenchement de mesures correctives. La fixation de ce seuil tient également compte de l'évolution naturelle des débits et de la nécessaire progressivité des mesures pour ne pas atteindre le DCR.

Le DCR est un débit moyen journalier. C'est la valeur du débit en dessous de laquelle seuls 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. A ce niveau, toutes les mesures de restriction des prélèvements et des rejets doivent donc avoir été mises en œuvre. »

Le débit de crise est donc calculé par sommation des besoins du milieu naturel et de l'alimentation en eau potable. Le DSA, lui, est un débit intermédiaire qui doit entraîner le déclenchement de mesures de restriction.

7.2 Méthodologie générale proposée

Par défaut, à ce stade, il est proposé de retenir la valeur minimale de DOE à chaque point de référence comme débit seuil d'alerte (DSA). Pour le débit de crise (DCR) à Neuville-Souillé, il est proposé de retenir la valeur actuellement en vigueur dans le SDAGE Loire-Bretagne, soit $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$. A noter que cette valeur est cohérente avec le débit de crise actuellement en vigueur dans l'Arrêté Préfectoral Cadre du département de la Sarthe.

Pour les autres points de référence, la méthodologie proposée par SAFEGE pour la détermination des DCR repose sur les étapes suivantes :

- ✓ Estimation du régime naturel des cours d'eau : celle-ci a été réalisée en différents points du bassin versant en phase 2 de l'étude ;
- ✓ Détermination du débit biologique de crise : ce débit a été déterminé sur la Sarthe Amont (à Saint-Cénéri-le-Gerei) et sur l'Orne Saosnoise (à Montbizot) précédemment. Sur les points où ce débit n'a pas été déterminé, il est proposé de retenir la valeur de VCN3(5) naturelle comme débit assimilé au débit biologique de crise ;
- ✓ Détermination, pour chaque tronçon, des besoins pour l'alimentation en eau potable : ce besoin sera basé sur une analyse des prélèvements passés visant à identifier les volumes prélevés historiquement lors de période où s'appliquaient des mesures de restriction des usages (ceci afin de juger au mieux des prélèvements « liés aux usages prioritaires »);
- ✓ Détermination, pour chaque point de référence stratégique, du DCR par sommation du débit biologique et du débit correspondant aux besoins des usages prioritaires aval.

En première approche, il a été proposé de retenir une valeur unique de DSA et DCR sur l'ensemble de la période d'étiage (la valeur de débit biologique définie étant une valeur unique et le besoin pour les usages prioritaires étant estimés constants sur la période d'étiage). Il a cependant été soulevé en groupe technique de disposer de données progressives pour tenter d'identifier le plus tôt possible les risques de tensions en période d'étiage, et ainsi les anticiper. Ainsi, les valeurs de DSA et DCR minimum ont été transposés sur chacun des mois de l'étiage sur la base des courbes de tarissement calculées au niveau de chaque point de référence (valorisation des débits moyens mensuels d'occurrence 5 ans secs tels qu'évoqués précédemment).

7.3 Propositions de valeurs de DCR et de DSA

7.3.1 Termes utilisés pour le calcul des DCR planchers

La difficulté d'estimer les besoins des usages prioritaires sur un bassin versant pousse à faire l'hypothèse qu'on peut assimiler ce besoin aux prélèvements AEP sur une période de restriction des prélèvements. Ainsi, les prélèvements AEP du mois de septembre 2009 ont été retenus comme base du calcul des besoins prioritaires.

Le DCR s'obtient donc par la formule suivant :

$$DCR_n = DB_{c_n} + VP_{AEP_{(x+1)}} \text{ (mois de septembre 2009)}$$

Sur le bassin versant de la Sarthe Amont tel qu'il a été découpé dans le cadre de la présente étude, seul le tronçon Sarthe intermédiaire doit faire l'objet d'une « provision » sur les tronçons amont pour assurer ses besoins prioritaires. Les besoins prioritaires identifiés sur le bassin Sarthe intermédiaire sont de l'ordre de 140l/s. Il est proposé que ce besoin soit assuré par les tronçons amont proportionnellement aux apports de chacun des sous bassins en période d'étiage (calculé sur la base des QMNA5 désinfluencés), soit :

- ✓ 60% pour le tronçon Sarthe Amont ;
- ✓ 24 % pour le tronçon Orne Saosnoise ;
- ✓ 6% pour le tronçon Bienne ;
- ✓ 10% pour le tronçon Vaudelle.

7.3.2 Débits de Crise planchers proposés par SAFEGE

Les valeurs de DCR planchers calculées au niveau des différents points de référence sont présentées dans le Tableau 7-1.

Tableau 7-1 : Débits de Crise calculés selon la méthodologie générale sur les points de référence du bassin versant

Point de référence	DBc ou assimilé (m3/s)	DCR (m3/s)	DOE le plus bas proposé (m3/s)
Sarthe Amont à St-Cénéri	0.600	0.680	0.770
Sarthe à Neuville-Souillé	1.500	1.500	1.900
Orne Saosnoise à Montbizot	0.200	0.240	0.290
Vaudelle à St-Georges	0.105	0.120	0.133
Bienne à Thoiré	0.050	0.060	0.082

En appliquant stricto sensu la méthodologie décrite plus haut (et en retenant les valeurs proposées dans le tableau ci-dessus), on obtient des débits de crise inférieurs planchers aux DOE les plus bas proposés, ce qui est cohérent.

7.3.3 Synthèse des Débits de Crise et Débits Seuils d'Alerte planchers

L'ensemble des valeurs finalement proposées sont présentées dans le tableau ci-dessous, et comparées avec les valeurs actuellement en vigueur.

Tableau 7-2 : Débits de Crise et Débits Seuils d'Alerte finaux sur les points de référence du bassin versant

Point de référence	DSA proposé (m3/s)	DCR proposé (m3/s)	DSA en vigueur (m3/s)	DCR en vigueur (m3/s)
Sarthe Amont à St-Cénéri	0.770	0.680	0.650	0.550
Sarthe à Neuville-Souillé	1.900	1.500	1.900	1.500
Orne Saosnoise à Montbizot	0.290	0.240	0.520	0.260
Vaudelle à St-Georges	0.133	0.120	0.140	0.100
Bienne à Thoiré	0.082	0.060	0.080	0.038

7.3.4 Débits de Crise planchers et Débits Seuils d'Alerte progressifs

Comme évoqué précédemment, des valeurs progressives de DCR et DSA sont également proposées sur la période d'étiage, ceci afin de mieux identifier les épisodes de crise. Comme évoqué, les valeurs de DSA et DCR minimum (ou plancher) ont été transposés sur chacun des mois de l'étiage sur la base des courbes de tarissement calculées au niveau de chaque point de référence (valorisation des débits moyens mensuels d'occurrence 5 ans secs tels qu'évoqués précédemment). Les résultats sont présentés ci-dessous pour chaque point de référence.

A noter que la méthodologie mise en œuvre peut poser quelques problèmes dans la mesure où elle peut conduire, pour certains mois à constater un DCR supérieur au DOE. Si cela est problématique pour le DCR, cela l'est moins pour le DSA, qui doit justement permettre d'éviter l'atteinte du DCR.

Dans tous les cas, la valorisation des valeurs proposées ici est évidemment laissée au libre choix des services gestionnaires. Il est ainsi envisageable, pour mieux anticiper la survenue des crises d'étiage précoces sans trop compliquer le suivi du dispositif, de ne valoriser que deux valeurs extraites de celles présentées dans les tableaux ci-dessous (par exemple la valeur donnée en juillet pour les mois de juin/juillet, et celle de septembre pour les mois d'août, septembre et octobre).

Tableau 7-3 : Proposition de valeurs de DSA et DCR progressives sur la Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gerei

Sarthe à St-Cénéri (m ³ /s)	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
QMN5	1.608	1.085	0.908	0.779	1.075
DSA	1.60	1.08	0.90	0.77	1.07
DCR	1.51	0.99	0.81	0.68	0.98

Tableau 7-4 : Proposition de valeurs de DSA et DCR progressives sur la Sarthe à Neuville-Souillé

Sarthe à Neuville (m ³ /s)	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
QMN5	4.651	3.358	2.788	2.459	2.744
DSA	4.09	2.80	2.23	1.90	2.19
DCR	3.69	2.40	1.83	1.50	1.79

Tableau 7-5 : Proposition de valeurs de DSA et DCR progressives sur l'Orne Saosnoise à Montbizot

Orne Saosnoise à Montbizot (m ³ /s)	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
QMN5	0.533	0.425	0.352	0.297	0.307
DSA	0.53	0.42	0.35	0.29	0.30
DCR	0.48	0.37	0.30	0.24	0.25

Tableau 7-6 : Proposition de valeurs de DSA et DCR progressives sur la Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier

Vaudelle à Saint-Georges (m ³ /s)	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
QMN5	0.345	0.262	0.198	0.150	0.164
DSA	0.329	0.245	0.181	0.133	0.147
DCR	0.316	0.232	0.168	0.120	0.134

Tableau 7-7 : Proposition de valeurs de DSA et DCR progressives sur la Bienne à Thoiré-sous-Contensor

Vaudelle à Saint-Georges (m ³ /s)	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
QMN5	0.188	0.141	0.107	0.084	0.099
DSA	0.186	0.139	0.104	0.082	0.097
DCR	0.164	0.117	0.082	0.060	0.075

ANNEXE 1

GUIDE METHODOLOGIQUE DU PROTOCOLE 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

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.

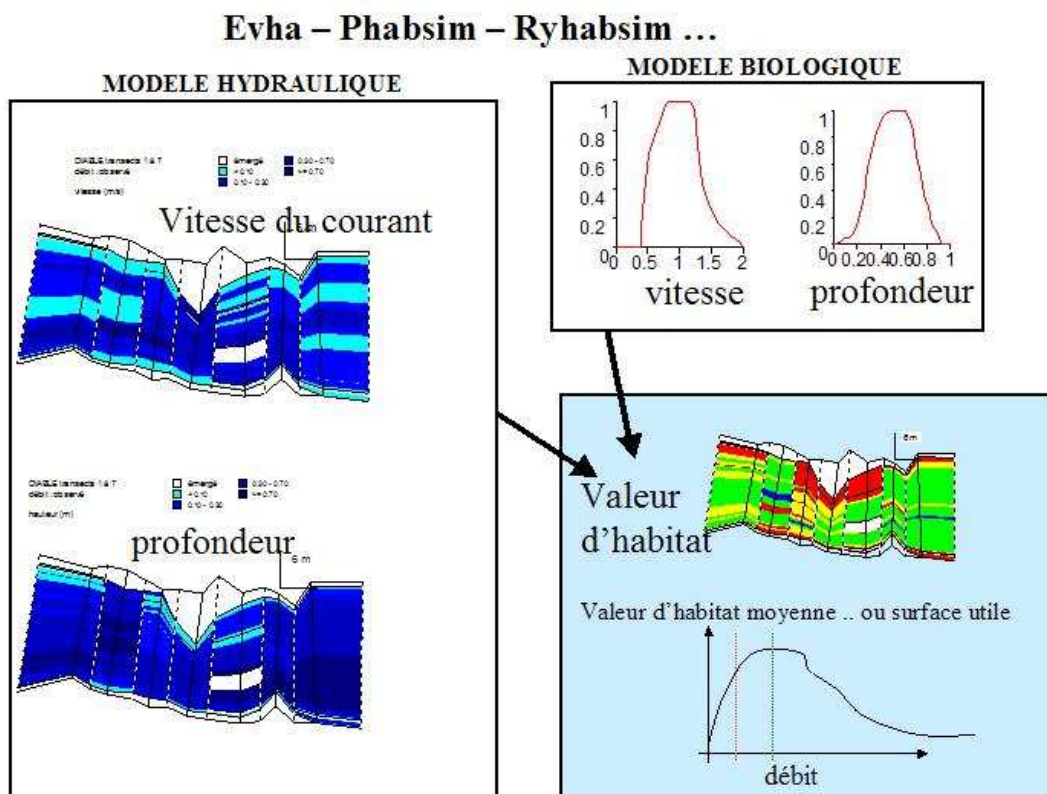


Figure 1 : les modèles d'habitat conventionnels couplent un modèle hydraulique du cours d'eau avec des modèles de préférences biologiques

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).

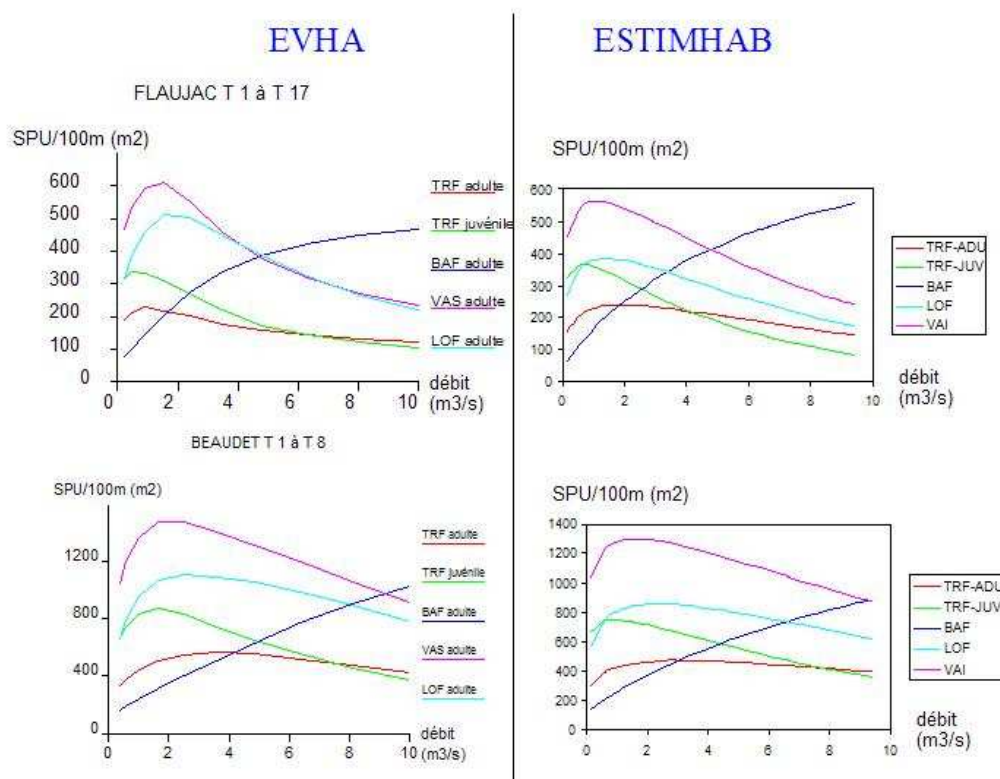


Figure 2 : exemples de comparaisons entre Evha et Estimhab

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 ³ /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 ³ /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 m³/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, m³/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

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

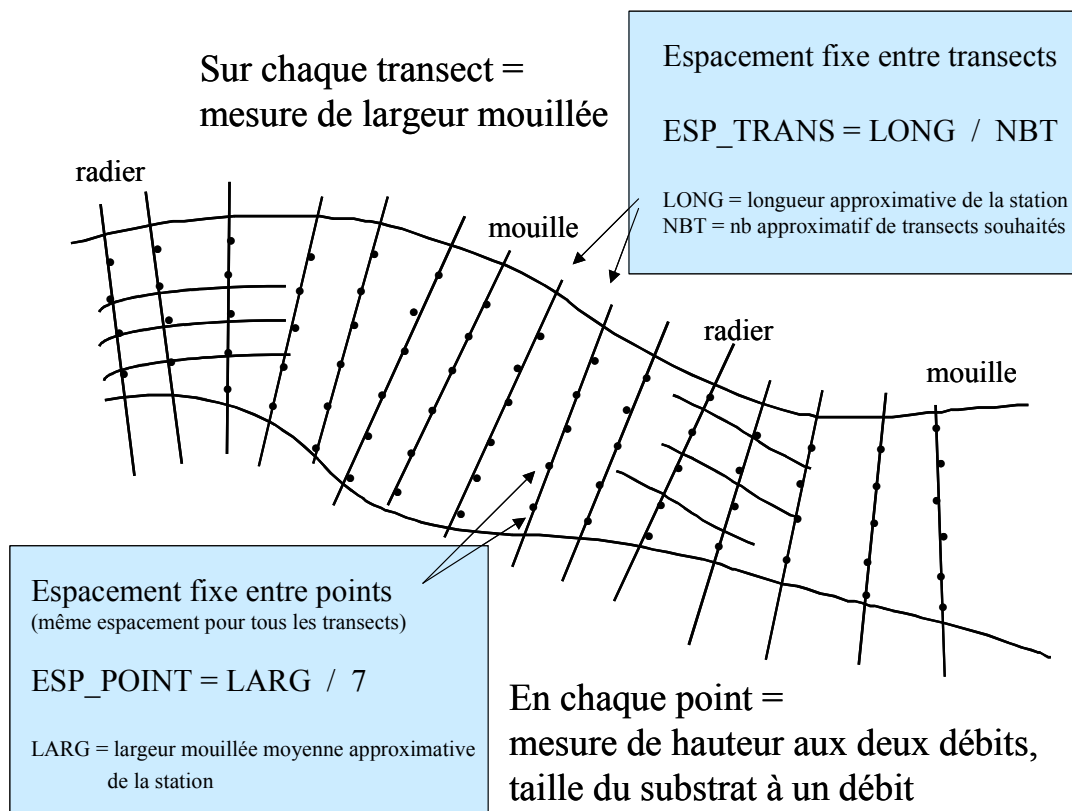
Mesures de terrain proposées pour estimer la géométrie hydraulique du cours d'eau :

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 $15*7 = 105$ 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

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