
Rapport de stage individuel

4^{ème} année

Étude de la méthode de détermination
des débits biologiques Estimhab et de
ses limites

S.A.R.L. RIVE

11 quai Danton,
37500, Chinon



Tuteur entreprise :

Michel Bacchi

Tuteur académique :

Pierre Peters

Léo Boullé

IMA

2023-2024

Table des matières

<i>Présentation de la structure d'accueil :</i>	2
<i>Présentation de la mission :</i>	3
<i>Études des débits biologiques et de la méthode ESTIMHAB :</i>	7
Définition :	7
La Plateforme HABBY :	10
Présentation de la méthode ESTIMHAB :	11
Présentation du modèle STATHAB :	24
<i>Retour réflexif sur l'expérience :</i>	30
<i>Bibliographie :</i>	32

Présentation de la structure d'accueil :

Ce stage a été réalisé dans le bureau d'étude S.A.R.L. RIVE, fondé en 2000 par Michel Bacchi, docteur en hydrobiologie, et Pierre Alain Moriette, ingénieur d'études spécialisé en maîtrise d'œuvre, est un bureau d'études expert dans la gestion des cours d'eau et des zones humides. Son activité s'articule autour de quatre grands axes : l'hydrobiologie, l'hydromorphologie et le diagnostic physique des cours d'eau, la restauration écologique des cours d'eau (études et maîtrise d'œuvre), et la continuité écologique.

Ce bureau d'étude possède les compétences nécessaires pour une approche globale des bassins versants et pour réaliser des diagnostics complets de tous types de milieux aquatiques (cours d'eau, fleuves, zones humides). Elle peut s'appuyer sur un réseau de partenaires techniques pour étendre ses compétences lors d'études spécifiques. Elle dispose également d'un large éventail d'équipements techniques, tant pour la collecte de données sur le terrain (comme les échantillonneurs d'invertébrés benthiques, pêche électrique, boîtiers de mesures physicochimiques multi-paramètres, etc.) que pour le traitement et l'analyse des données (matériel informatique).

Depuis sa création, l'entreprise a réalisé plusieurs centaines de missions dans ces différents domaines, intervenant sur tout le territoire national ainsi qu'à l'international (notamment en Afrique et en Asie). La clientèle de ce bureau d'étude est variée, il peut s'agir de syndicats intercommunaux, conseils généraux, associations, services de l'État (DREAL, Agence de l'Eau, etc.), groupes privés.

Ce bureau d'étude possède deux pôles majeurs, le pôle d'expertises hydro-écologiques basé sur Chinon, là où a été réalisé le stage et le pôle de maîtrise d'œuvre environnemental basé à la Ferté Bernard.

Présentation de la mission :

Au cours de mon stage, j'ai pu assister à différentes missions de terrains qui ont été effectuées. En effet j'ai pu participer à l'établissement d'un protocole Carhyce sur un cours d'eau en voie de restauration (avant travaux), des pêches électriques de « sauvetage » sur des cours d'eau traversant des routes où les buses mises en place pour permettre la continuité du cours d'eau allaient être remplacées.

J'ai aussi participé à des pêches électriques classiques dans le but d'établir des indices poissons-rivières ainsi qu'à la mise en place de protocoles de débits biologiques sur des cours d'eau du bassin versant du Thouet. Il a fallu par la suite exploiter ces données afin de déterminer les différents débits biologiques sur les stations concernées.



Photos réalisées lors d'une pêche électrique avec la station de pêche



Photos réalisées lors d'une sortie de terrain de mesures pour les débits biologiques sur un affluent du Thouet

Au bureau, j'ai été amené à faire de la recherche bibliographique sur les débits biologiques, rédiger des synthèses sur les débits biologiques, retranscrire des fichiers de débits biologiques, étudier des fichiers ESTIMHAB et les formules d'entrée pour calculer les débits biologiques, étudier les différentes variables et les impacts des incertitudes de celles-ci sur les résultats obtenus, découvrir et faire fonctionner la plateforme HABBY, comparer les deux méthodes ESTIMHAB et STATHAB, optimiser des fichiers ESTIMHAB afin d'intégrer STATHAB à ceux-ci.

Au cours de mon stage j'ai été amené à créer de nombreux fichiers ESTIMHAB mais étant propriété de l'entreprise ceux-ci sont confidentiels et ne seront donc pas fournis avec ce rapport de stage.

Études des débits biologiques et de la méthode ESTIMHAB :

Définition :

Un débit biologique est un débit qui assure le bon fonctionnement des milieux aquatiques d'un cours d'eau, en maintenant un environnement propice à la faune et à la flore aquatiques ainsi qu'aux principales fonctions du cours d'eau. Ce débit est généralement exprimé comme une plage de valeurs et concerne principalement la période d'étiage, période naturellement contraignante pour les milieux sur le plan hydrologique. Il est proche du débit minimum biologique, qui correspond au débit minimum nécessaire pour garantir la survie, la circulation et la reproduction de la faune aquatique. Le débit biologique peut également être saisonnalisé, afin de favoriser certains enjeux spécifiques comme la reproduction de certaines espèces ou la mise en eau d'une zone humide.

Différents types de méthodes peuvent être utilisées afin de déterminer ces débits biologiques.

- 1- Méthodes hydrologiques
- 2- Méthodes hydrauliques
- 3- Méthodes d'habitat

Les méthodes hydrologiques reposent exclusivement sur l'analyse des données de débit au fil du temps. Pour évaluer un débit biologique, ces méthodes utilisent des seuils définis soit à partir de courbes de débit, soit en se basant sur des valeurs moyennes de débit sur des périodes spécifiques, soit en utilisant des pourcentages d'une valeur caractéristique du régime hydrologique.

Dans la littérature scientifique, on mentionne des seuils comme Q99, Q97,5, Q95, Q90, correspondant aux débits dépassés respectivement pendant 99%, 97,5%, 95%, 90% du temps dans l'année. Il y a aussi la valeur du débit moyen sur 7 jours consécutifs avec une probabilité de dépassement de seulement une fois tous les 10 ans, ainsi que des valeurs variant de 30 à 75% des débits moyens mensuels minimum sur un retour de 5 ans, ou encore des valeurs de 2,5 à 50% du débit moyen annuel, selon les pays ou les régions.

Les méthodes hydrauliques, quant à elles, se fondent sur la relation entre les paramètres hydrauliques, la morphologie du cours d'eau et la valeur du débit minimum. Elles se concentrent principalement sur la relation entre la surface en eau et la valeur du débit, tout en tenant compte de la morphologie du cours d'eau. Ces méthodes identifient généralement trois plages de débit :

- une plage où la surface en eau diminue significativement,
- une plage où la surface en eau évolue peu,
- une plage qui marque une transition entre les deux plages précédentes.

Le débit minimum est alors déterminé dans cette dernière plage de débits. En général, lors de l'application de ces méthodes, la plage de débit où les conditions hydrauliques et la surface en eau évoluent de manière très marquée se situe souvent entre 15 et 25% du débit moyen.

Les méthodes d'évaluation de l'habitat reposent sur l'analyse croisée des caractéristiques hydrauliques d'un cours d'eau et des préférences biologiques des espèces, des stades de développement ou des groupes d'espèces. En France, la méthode la plus couramment utilisée est celle des micro-habitats. Ces approches s'appuient sur plusieurs constats :

- La plupart des organismes aquatiques des eaux courantes montrent des préférences marquées pour certaines conditions hydrauliques (telles que la vitesse et la hauteur d'eau) ainsi que pour les types de substrats.

- Les variations de ces conditions hydrauliques en fonction des débits affectent la distribution, le comportement et la croissance des organismes aquatiques.

En comprenant comment les conditions hydrauliques évoluent dans une section donnée d'un cours d'eau en fonction du débit, ainsi que les préférences des espèces présentes, il est possible d'établir une relation entre le potentiel d'accueil pour les espèces et la valeur du débit, permettant ainsi de faire des choix éclairés. En France, plusieurs approches ont été développées :

- La méthode EVHA (Évaluation de l'Habitat), qui implique la caractérisation hydraulique et topographique d'une station, l'utilisation d'un modèle hydraulique pour calculer différentes valeurs de vitesse et de hauteur d'eau à différents débits, et la production de cartographies.

- La méthode de l'EDF-Direction des Études et Recherches, qui mesure directement les conditions de hauteur d'eau et de vitesse à différents débits.

- Les méthodes STATHAB, STATHAB_STEEP et FSTress qui reposent sur une modélisation directe des distributions statistiques des variables hydrauliques ponctuelles dans les tronçons de cours d'eau (histogrammes des vitesses, des hauteurs d'eau, des forces ponctuelles).

- La méthode ESTIMHAB (Estimation de l'Impact sur l'habitat aquatique de la gestion hydraulique des cours d'eau), qui sera étudiée en détail ici, se base sur la géométrie du cours d'eau et les courbes de préférence d'un certain nombre d'espèces piscicoles qui permettent de définir les débits biologiques.

- La méthode développée par EAUCEA s'inspire du protocole EVHA, tout en modernisant le compartiment hydraulique. Elle combine un modèle hydraulique avec un modèle biologique, permettant de lier le comportement de diverses espèces de poissons (les espèces cibles) à plusieurs stades de développement

en fonction des variations de débit. Le protocole de terrain est très similaire à celui d'EVHA. Les paramètres à relever incluent la hauteur d'eau, la vitesse, la granulométrie, la topographie des berges, la pente du cours d'eau et le débit. Ces mesures sont effectuées sur une quinzaine de transects comme pour ESTIMHAB, afin d'obtenir des données représentatives du milieu.

Ces méthodes sont sensibles à plusieurs facteurs :

- La représentativité des sites de mesure et leurs caractéristiques topographiques. Les outils EVHA et ESTIMHAB ont été principalement développés pour les cours d'eau avec une pente inférieure à 5% et sont peu adaptables.
- La morphologie du cours d'eau. Dans des situations où l'hydrologie et la morphologie sont modifiées, la réponse des habitats au débit diffère de celle des cours d'eau ayant subi peu de modifications.

Les méthodes de définition des débits biologiques pour les périodes autres que les basses eaux restent expérimentales et sont encore peu utilisées, contrairement aux méthodes appliquées en période d'étiage.

La Plateforme HABBY :

Habby, mis en place par l'OFB, l'INRAE et EDF, représente un outil novateur dans l'étude des interactions entre les habitats aquatiques et les écoulements d'eau dans les cours d'eau. Son objectif fondamental est de mieux appréhender la manière dont les caractéristiques hydrologiques des cours d'eau façonnent la formation et l'évolution des habitats aquatiques, tout en évaluant leur impact sur la biodiversité et les écosystèmes aquatiques. Pour ce faire, HABBY intègre des modèles hydrodynamiques avancés qui simulent avec précision les écoulements d'eau, en tenant compte de la topographie du lit, des caractéristiques hydrauliques et des débits d'eau, entre autres variables

pertinentes. Cette approche permet une analyse détaillée des habitats aquatiques à différentes échelles spatiales et temporelles, en prenant en compte des facteurs tels que la profondeur de l'eau, la vitesse du courant, la rugosité du lit, la composition du substrat et la végétation riveraine. De plus, HABBY offre la possibilité d'étudier les interactions complexes entre les facteurs biotiques et abiotiques dans les écosystèmes aquatiques, notamment en examinant comment les caractéristiques hydrologiques influent sur la distribution des espèces, les flux de nutriments, la qualité de l'eau et d'autres processus écologiques essentiels. HABBY représente globalement une avancée majeure dans la compréhension et la gestion durable des écosystèmes aquatiques.

Les modèles biologiques actuels se caractérisent par leur approche très généraliste. Ceux-ci rassemblent des probabilités qu'un habitat soit utilisé par une espèce à un stade de développement donné pour une large gamme d'activités (repos, abris/refuge, nutrition).

Ces modèles sont basés sur des conditions hydrauliques moyennes de la colonne d'eau, conditions qui peuvent être représentatives pour des faibles valeurs de débit mais qui perdent très nettement de leur représentativité lorsque le débit et la rugosité augmentent.

Présentation de la méthode ESTIMHAB :

ESTIMHAB est un protocole largement utilisé en France dans le cadre des méthodes des micro habitats, principalement pour déterminer les débits biologiques en période de basses eaux. Il a été développé par le laboratoire d'hydroécologie du CEMAGREF (aujourd'hui INRAE) en 2008 dans le but d'évaluer les impacts écologiques de la gestion hydraulique des cours d'eau. Cette méthode produit des résultats similaires à ceux de la méthode EVHA des micro habitats, mais utilise des variables d'entrée simplifiées. Elle a été conçue

spécifiquement pour des cours d'eau tempérés, typiquement avec une pente inférieure à 5%.

L'objectif d'ESTIMHAB est de modéliser l'évolution de la courbe de la Surface Pondérée Utile (SPU) en fonction du débit pour un stade de développement spécifique d'une espèce de poisson (alevin, juvénile ou adulte), à partir de paramètres d'entrée simples. Ces paramètres comprennent notamment la profondeur moyenne de la station à deux débits (Q_1 et Q_2), la largeur moyenne de la station à ces débits, le diamètre moyen des particules du substrat sur la station, et le débit médian du cours d'eau.

Le principe fondamental de cette méthode repose sur l'idée que toute diminution du débit d'un cours d'eau entraîne une réduction de la hauteur d'eau, de la largeur mouillée et de la vitesse du courant, ce qui diminue la capacité d'accueil des espèces piscicoles à ces endroits.

Principe :

La méthode ESTIMHAB se déroule généralement en deux campagnes de terrains, une à un premier débit, Q_1 , proche de l'étiage, et la deuxième, Q_2 , à un débit proche du débit médian (Q_{50}) et supérieur à deux fois le débit Q_1 . Le but est de mesurer une centaine de hauteurs d'eau et une quinzaine de largeur mouillée réparties régulièrement sur le tronçon. La granulométrie des substrats est elle aussi mesurée à chaque point de mesure des hauteurs d'eau.

Matériel et méthode :

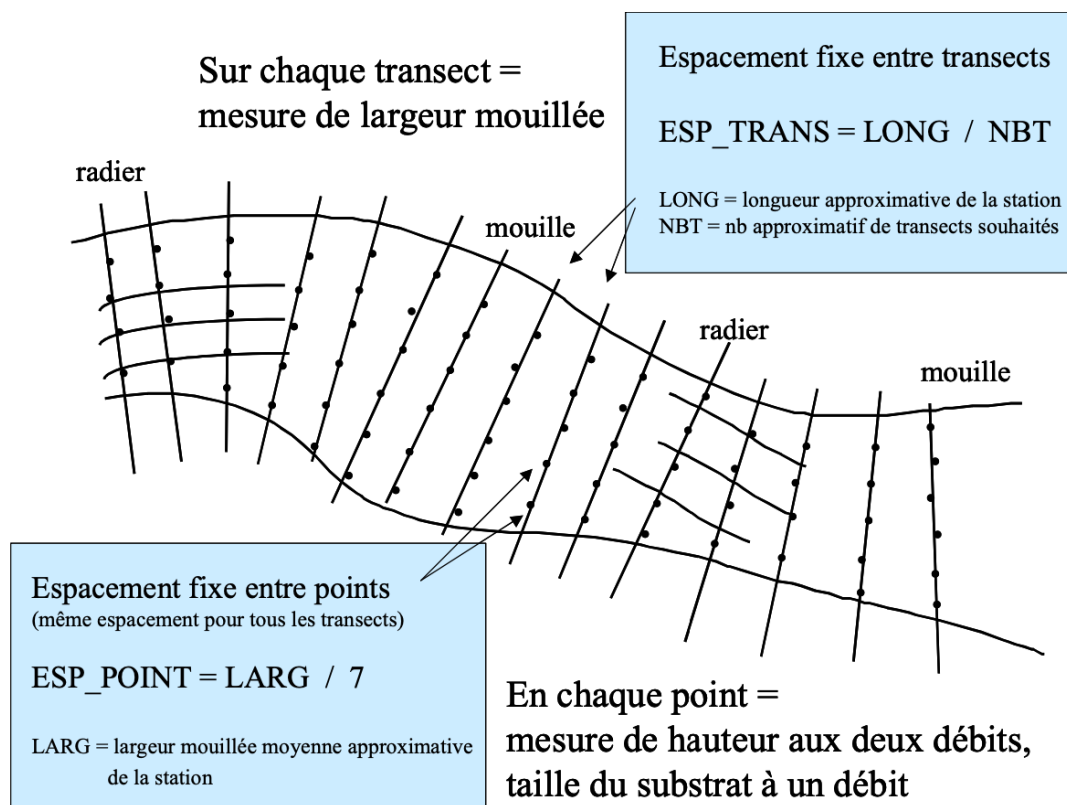
Il faut tout d'abord définir une station d'étude en fonction de certains habitats clés comme les zones de reproduction piscicoles ainsi qu'en fonction des modifications morphologiques du tronçon qui peuvent largement influencer

la réponse de l'habitat (tronçon déjà soumis à une réduction de débit, chenalissations).

Une fois celle-ci défini, on mesure sa longueur et on la découpe en 15 parties égales pour définir des transects, positionnés à équidistance les uns des autres et perpendiculaire à l'écoulement.

Sur chaque transect est alors mesurée la largeur mouillée. Une moyenne de ces largeurs mouillées est alors effectuée afin de définir l'espace inter point qui correspond à cette largeur mouillée divisée par 7.

Sur chacun des points définis sur les transects, sont alors mesurées la hauteur d'eau ainsi que la taille du substrat.



Matériel nécessaire : le seul matériel nécessaire est une tige graduée pour mesurer les hauteurs d'eau, un décamètre (ou un distancemètre 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.

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 décrites par la méthode ESTIMHAB et les espèces associées à chacune d'entre elle sont :

- La guilde «radier », qui prend en compte la loche franche, le chabot et le barbeau dont la taille est inférieure à 9cm
- La guilde « chenal », qui prend en compte le barbeau dont la taille est supérieure à 9cm, l'hotu, le toxostome, la vandoise et l'ombre
- La guilde « mouille », qui prend en compte l'anguille, la perche soleil, la perche, le gardon et la chevesne dont la taille est supérieure à 17cm
- La guilde « berge », qui prend en compte le goujon, le blageon dont la taille est inférieure à 8cm, le vairon et la chevesne dont la taille est inférieure à 17cm.

Afin d'appliquer la méthode, certaines conditions préalables sont nécessaires :

En effet les simulations par guildes et celles pour le saumon atlantique (SAT) et l'ombre commun (OMB) doivent préférentiellement rentrer dans les gammes de conditions préalables suivantes :

Caractéristique du cours d'eau :	Minimum	Maximum
Largeur mouillée à Q50 (m)	7,00	139,00
Hauteur à Q50 (m)	0,25	2,25

Substrat D50 (m)	0,01	0,33
Débit médiant à Q50 (m ³ /s)	1,00	152,00

Pour ce qui est des simulations pour les autres espèces, les gammes de conditions préalables sont les suivantes :

Caractéristique du cours d'eau :	Minimum	Maximum
Largeur mouillée à Q50 (m)	5,15	39,05
Hauteur à Q50 (m)	0,18	1,45
Substrat D50 (m)	0,02	0,64
Débit médiant à Q50 (m ³ /s)	0,20	13,10

La qualité de l'habitat hydraulique piscicole estimée à partir de modèles de préférence des espèces pour les conditions physiques mesurées (largeur mouillée, hauteur d'eau et vitesse).

Les prédictions exprimées en termes de valeur d'habitat (note entre 1 et 2) ou de surface pondérée utile « SPU » qui varie en fonction du débit pour les espèces considérées.

Il faut éviter d'utiliser cette méthode sur des tronçons dont plus de 40% de la surface est hydrauliquement influencée par des seuils, enrochements, épis ou autres aménagements et où la pente est supérieure à 5%.

L'estimation de la géométrie hydraulique des tronçons repose sur des mesures de hauteur et de largeur à deux débits sur 15 transects par station. Un certain nombre de critères est énoncé pour respecter la validité de la méthode. Ces critères doivent être vérifiés par une prospection de terrain avant de passer à la phase de modélisation.

Les données récoltées par la méthode ESTIMHAB ont deux possibilités d'exploitation.

En effet celles-ci peuvent être entrées sur la plateforme HABBY où une fois les données rentrées seuls les résultats sont transmis , ou sur un classeur EXCEL qui reprend les même formules que sur la plateforme HABBY mais le calcul des résultats obtenus est détaillé.

Ce classeur Excel est composé de trois feuilles de calcul :

1) Une première feuille de « simulations à partir des populations »

Sur cette feuille sont réalisées les simulations de qualité de l'habitat pour les différentes espèces piscicoles et celle-ci comporte :

- Un espace de saisie des valeurs d'entrée comme les largeurs, les hauteurs d'eau...
- Les graphiques des surfaces pondérées utiles et de valeur d'habitat en fonction du débit simulée pour les différentes espèces piscicoles et leur stade de développement.

2) Une seconde feuille de « simulations à partir des guildes »

Cette feuille contient les données que la feuilles précédente mais cette fois ci pour les différentes guildes définies précédemment.

3) Une troisième feuille contenant les « données de terrains »

Sur cette feuille Excel sont inscrites toutes les données et mesures issues des campagnes de terrain.

La modélisation avec ESTIMHAB fournit comme résultats l'évolution des habitats, notamment de la surface pondérée utile (SPU) d'habitats en fonction des variations du débit pour chaque station étudiée et chaque guildes ou espèce considérée. Elles sont par ailleurs mises en perspective par rapport à des valeurs de débit caractéristiques d'étiage tels que le QMNA5 (débit mensuel minimal ayant la probabilité 1/5 de ne pas être dépassée une année donnée) ou le VCN10 (plus faible débit moyen enregistré sur une période consécutive

de 10 jours) et le VCN3 (plus faible débit moyen enregistré sur une période consécutive de 3 jours).

Les débits de survie assurent le maintien de fonctions vitales minimales pour une espèce et un stade de développement donné, sans garantir les besoins nécessaires à l'accomplissement de l'ensemble du cycle biologique de cette espèce (reproduction, croissance, migration...).

Les débits de survie sont le plus souvent des débits journaliers ou de courte durée ayant pour objectif de définir des seuils de crise dans les arrêtés cadre sécheresse.

À partir des débits Q1 et Q2, de la largeur et de la hauteur d'eau à ces deux débits ainsi que du débit médiant et la largeur et hauteur d'eau à ce débit, les surfaces pondérées utiles des différentes espèces et guildes en fonction du débit peuvent être alors déterminées.

Ces calculs de courbes de SPU sont dépendants de deux modèles de formules différents.

$$\text{Modèle 1 : } Vh_{i,j} = A_i * (RE_{i,j}^C * \exp(-K * RE_{i,j})) + e_{i,j}$$

$$\text{Modèle 2 : } Vh_{i,j} = A_i * (1 - C * \exp(-K * RE_{i,j})) + e_{i,j}$$

Où $Vh_{i,j}$ est la valeur d'habitat du secteur i au débit j pour une espèce donnée à un stade de développement donné et A est une expression mathématique dépendante de chaque espèce et de son stade de développement et C est une constante propre à chaque espèce.

	Type de Modèle	C	K	Modèle pour A
Espèces				
TRF-ADU	1	0,16	16,71	$0,67-0,59\ln(\text{FR50})+0,25\ln(\text{RE50})$
TRF-JUV	1	0,05	28,67	$0,40-0,21\ln(\text{FR50})-0,12\text{D}/\text{H50}$
BAF	2	0,86	26,84	$0,56+0,04\ln(\text{RE50})+0,12\text{D}/\text{H50}-0,04\ln(\text{FR50})$
CHA	1	0,31	20,37	$1,66+0,82\ln(\text{FR50})-0,26\ln(\text{RE50})$
GOU	1	0,01	13,17	0,71
LOF	1	0,16	21,79	$0,64+0,5\ln(\text{FR50})-0,33\ln(\text{RE50})$
VAI	1	0,08	20,37	1,14
SAT-ALE	1	1,25	79,88	$107,9+66,6\text{D}/\text{H50}-57,2\ln(\text{RE50})+137,97\ln(\text{FR50})$
SAT-JUV	1	1,12	56,74	$29,7+104\text{D}/\text{H50}$
OMB-ADU	1	4,5	38,8	161711
OMB-ALE	1	3,5	75	$225018-94762\ln(\text{RE50})+249139\ln(\text{FR50})$
OMB-JUV	1	2,9	29,64	$598-1603\ln(\text{FR50})$
Guides				
MOUILLE	2	-3,53	11,09	$0,026-0,039\ln(\text{FR50})+0,013\ln(\text{RE50})$
RIVE	2	-4,17	23,61	$0,103-0,010\ln(\text{FR50})$
RADIER	1	0,09	15,13	$1,074+0,281\ln(\text{FR50})+0,3\text{D}/\text{H50}$
CHENAL	1	0,32	2,87	$1,352+0,713\text{D}/\text{H50}+0,16\ln(\text{RE50})$

Modèles des formules pour les différentes espèces piscicoles et leurs stades de développement

Q50 :	Débit Médian
H50 :	Hauteur calculée pour Q50
L50 :	Largeur calculée pour Q50
V50 :	Vitesse calculée à partir de Q50, H50 et L50 ($Q50/H50/L50$)
RE 50 :	Nombre de Reynolds pour Q50 (calculé à partir de Q50 et L50)
FR 50 :	Nombre de Froude pour Q50 (calculé à partir de Q50, H50 et L50)
D/H50	granulométrie moyenne par rapport à H50 ($\text{D}/\text{H50}$)

Signification des différents acronymes intervenants dans les formules de calcul des SPU

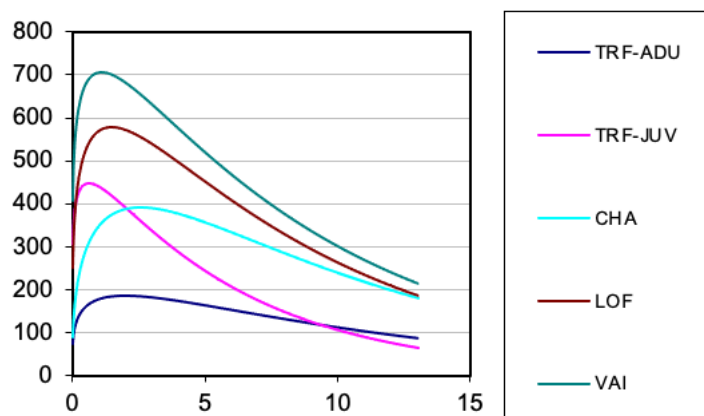
On remarque que chaque SPU des espèces dépend d'une formule qui lui est propre et qui ne prend pas forcément en compte tous les différents paramètres physiques qui sont mesurés lors des sorties de terrain. En fonction des espèces cibles sélectionnées pour déterminer des débits biologiques,

certaines paramètres pourraient ne pas intervenir dans le calcul de ces débits biologiques, comme la granulométrie par exemple. Ainsi en fonction des espèces cibles, les mesures de terrains pourraient se limiter seulement aux paramètres impactant le calcul du débit biologique.

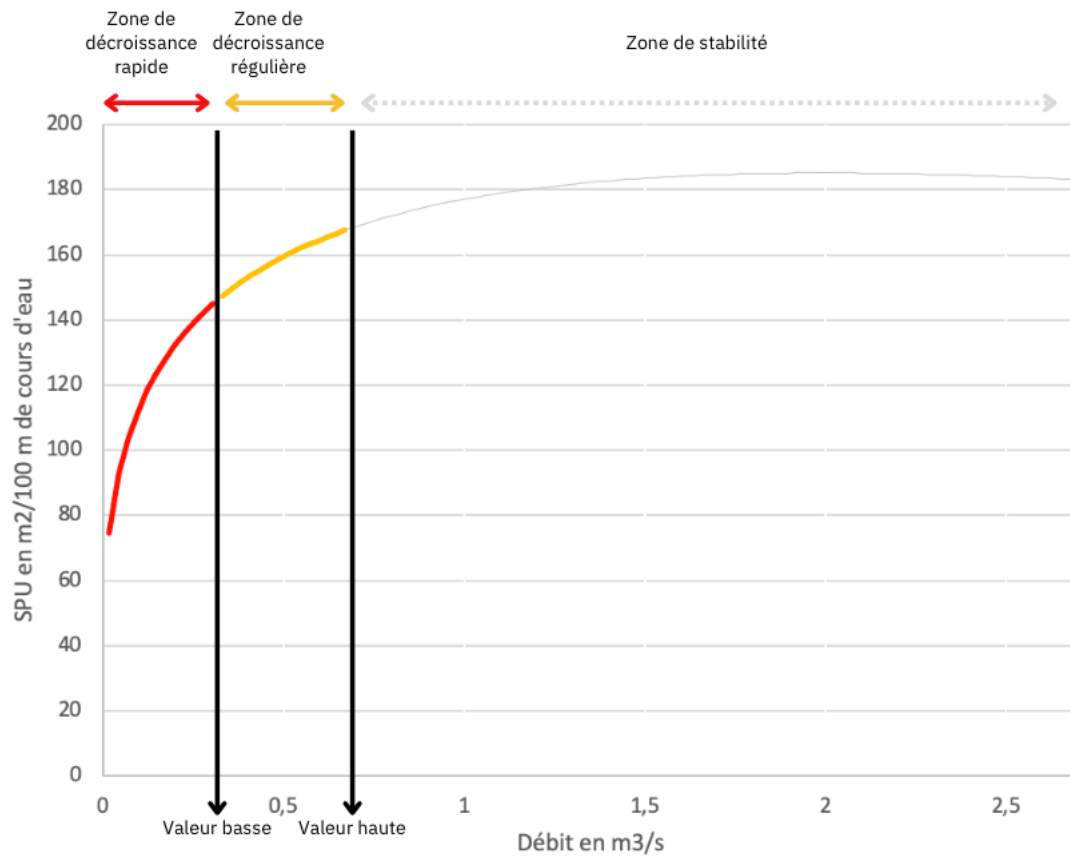
	RE 50	FR 50	D/H 50
Espèces			
TRF-ADU	RE		
TRF-JUV	RE		
BAF	RE		
CHA	RE		
GOU	RE		
LOF	RE		
VAI	RE		
SAT-ALE	RE		
SAT-JUV	RE		
OMB-ADU	RE		
OMB-JUV	RE		
OMB-ALE	RE		
Guides			
MOUILLE	RE		
RIVE	RE		
RADIER	RE		
CHENAL	RE		

Présence ou non des différents paramètres dans le calcul des SPU des différentes espèces piscicoles et de leur stade de développement

On peut alors construire des courbes de ces Surface pondérée utile pour chacune de ces différentes espèces.

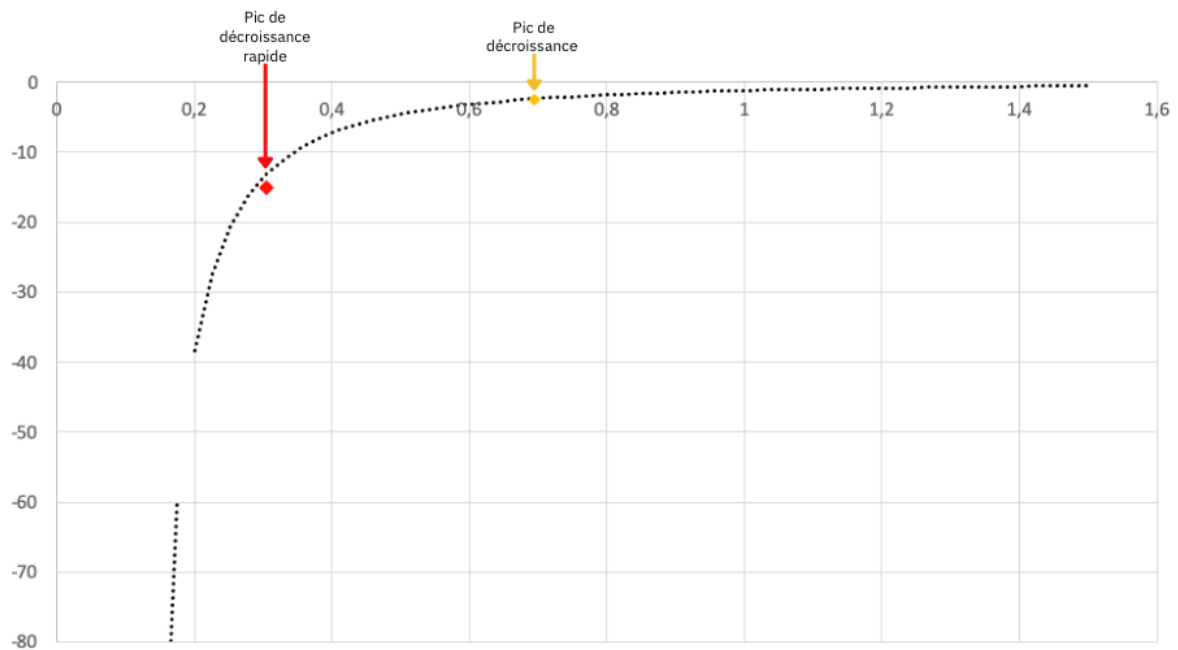


Exemple de Surface pondérée utile pour 100m de cours d'eau en fonction du débit du cours d'eau (en m³/s)



Modélisation des différentes zones de décroissance de SPU

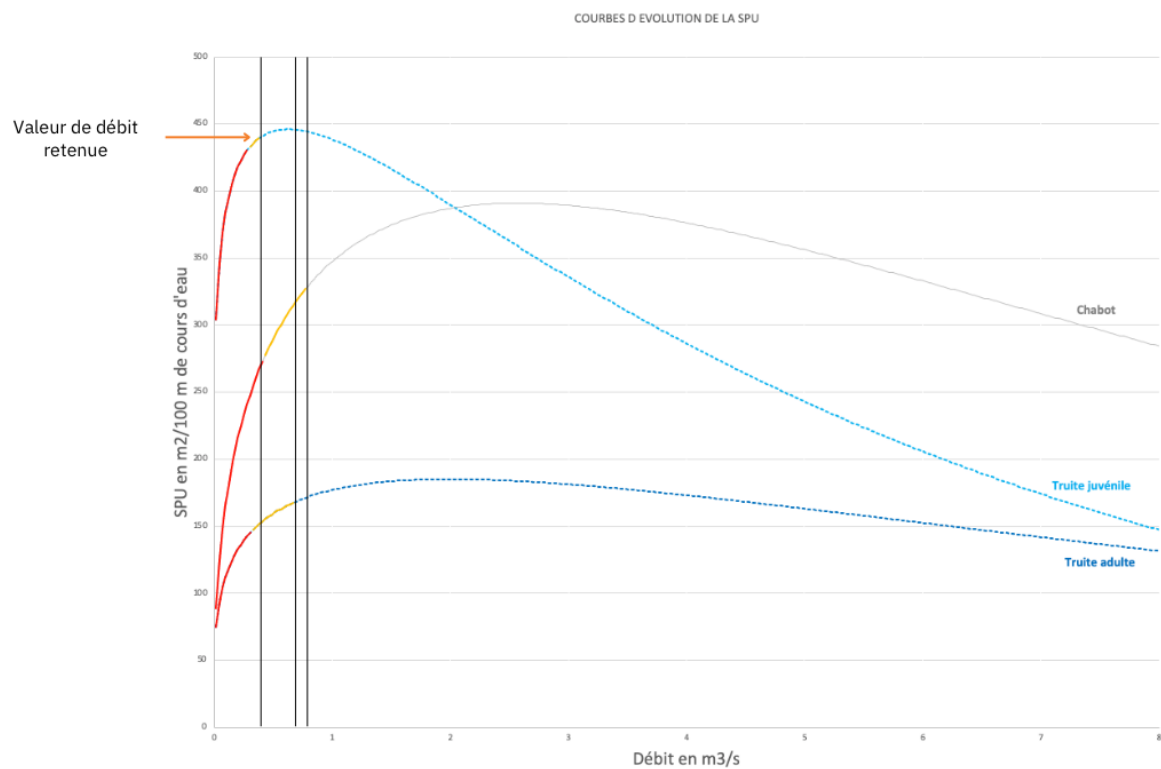
Ces zones de décroissance peuvent être déterminées à partir des variations de la pente des courbes en fonction du débit. Au niveau des pics de décroissance il est facile de déterminer les débits à partir desquels les surfaces pondérées utiles vont commencer à chuter et une diminution du débit commencera à avoir un impact sur les peuplements piscicoles.



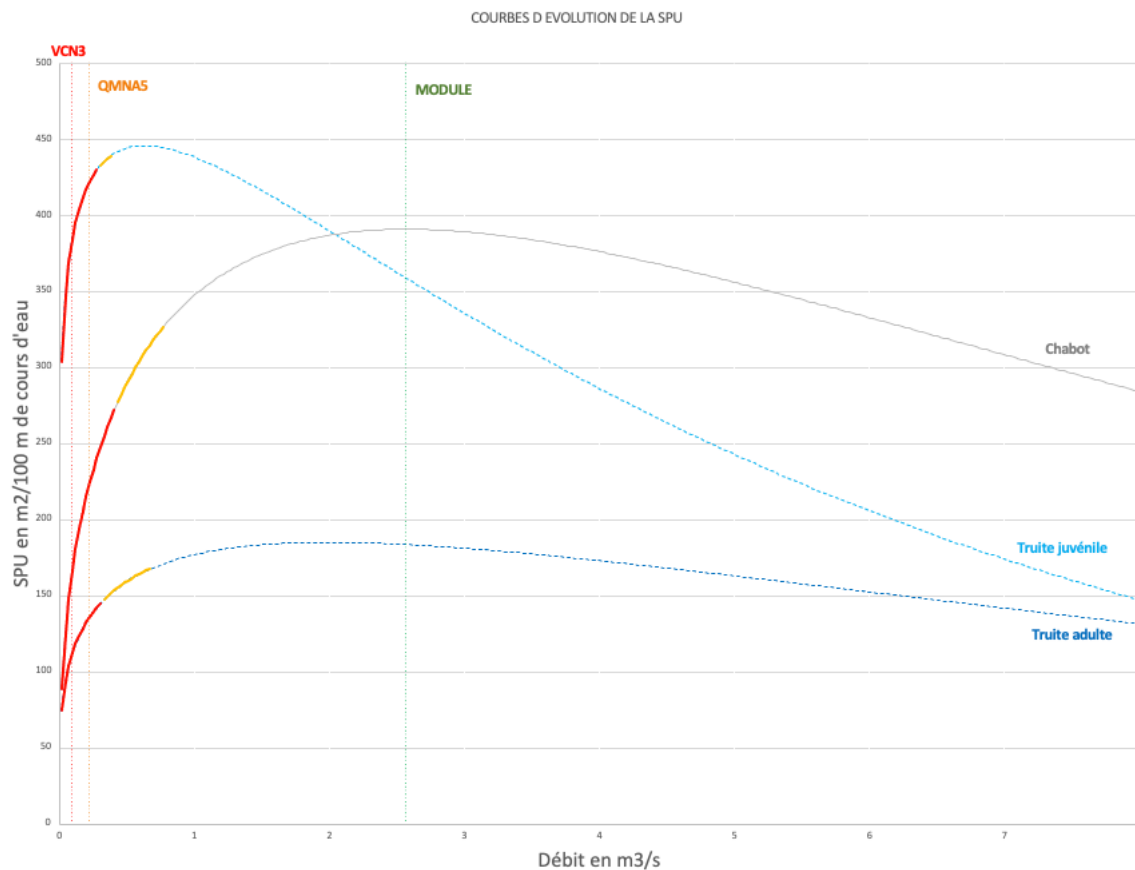
Courbe des pentes en fonction du débit

Il est ensuite possible de mettre en relation les différentes courbes de SPU des espèces cibles. La valeur retenue comme valeur seuil pour les débits biologiques sera la valeur minimale de débit des valeurs hautes des courbes SPU des différentes espèces.

Il est possible par la suite de comparer les courbes de SPU et les débits caractéristiques du cours d'eau comme le VCN3, le QMNA5 et le module afin de mieux visualiser l'état actuel du cours d'eau par rapport au débit biologique établi.



Différentes courbes de SPU avec la valeur de débit biologique retenu



Exemple de courbes SPU pour la truite juvénile, la truite adulte et le chabot avec les différents débits caractéristiques du cours d'eau

À partir des différentes données obtenues, il est facile de comparer les gains de surface de SPU en fonction des différents débits de référence. Cela permet de se rendre compte rapidement de l'état et conditions actuels sur le cours d'eau.

		Gain de SPU pour les différentes espèces considérées par rapport au QMNA 5 naturel (en %)		
Débits caractéristiques		Truite adulte	Truite juvénile	Chabot
Débit maximal des valeurs basses	0,409	13,28%	4,57%	22,03%
Débit minimal des valeurs basses	0,279	4,87%	1,96%	7,82%
Débit maximal des valeurs hautes	0,799	26,86%	5,32%	47,60%
Débit minimal des valeurs hautes	0,409	13,28%	4,57%	22,03%
Module naturel	2,566	35,50%	-14,86%	75,12%
1/10 Module naturel	0,257	3,06%	1,27%	4,89%
Médian naturel	1,524	35,48%	-1,54%	68,15%
QMNA5 naturel	0,223			
VCN3 naturel	0,093	-18,14%	-9,40%	-26,81%
QMNA5 influencé	0,156	-7,64%	-3,60%	-11,72%
VCN3 influencé	0,041	-32,74%	-18,85%	-45,92%

Exemple de comparaison des gains de surface de SPU en fonction des différents débits de références

Ce modèle ESTIMHAB a pu être mis en relation avec un autre modèle statistique d'Habitat, le modèle STATHAB.

Présentation du modèle STATHAB :

Tout comme le modèle ESTIMHAB, le modèle STATHAB est basé sur des relations statistiques entre des variables hydrauliques (comme la profondeur, la vitesse du courant, et la largeur du lit de la rivière) et la disponibilité de l'habitat pour des espèces cibles, généralement des poissons. Les principes de collecte de données, les méthodes de terrains et les domaines d'application sont identiques au modèle ESTIMHAB mais le modèle STATHAB n'est utilisable seulement sur la plateforme HABBY. Cependant, le modèle STATHAB propose un panel d'espèces cibles beaucoup plus diversifié et propose donc des alternatives aux espèces cibles de la méthode ESTIMHAB.

Comme cette méthode n'est disponible que sur la plateforme HABBY, il n'est pas possible cependant d'avoir accès aux formules qui sont utilisées pour déterminer les SPU de ces espèces et donc de voir comment ce modèle a été construit.

Cependant, en s'intéressant aux résultats obtenus par cette méthode pour certaines espèces et en les comparant aux résultats obtenus par la méthode ESTIMHAB dans les mêmes conditions et pour les mêmes espèces il est possible de comparer les deux méthodes et les résultats obtenus par ces deux méthodes.

Cette comparaison a pu être établie sur des grands cours d'eau ainsi que sur des cours d'eau plus petits afin de voir aussi l'importance que porte le gabarit du cours d'eau sur les deux méthodes. Au vu des résultats des comparaisons obtenus, le gabarit ne joue pas un rôle majeur, on retrouvera les mêmes types de différences entre les deux méthodes ESTIMHAB et STATHAB quel que soit le gabarit du cours d'eau. Ces comparaisons ne seront donc pas étudiées ici.

	Espèce/Guille ►	CHA	LOF	VAI	MIN	MAX
Débits biologiques ►	Seuil Bas	0,090	0,090	0,083	0,068	0,090
	Seuil Haut	0,165	0,135	0,120	0,105	0,165

Exemple de résultats des différents seuils de débits biologiques obtenus grâce à la méthode ESTIMHAB

	Espèce/Guille ►	CHA	LOF	VAI	MIN	MAX
Débits biologiques ►	Seuil Bas	0,070	0,070	0,042	0,042	0,070
	Seuil Haut	0,116	0,123	0,070	0,070	0,123

Exemple de résultats des différents seuils de débits biologiques obtenus grâce à la méthode STATHAB

De manière générale, les débits obtenus avec la méthode STATHAB sont toujours plus faibles que ceux obtenus par la méthode ESTIMHAB. Cette différence montre bien qu'il est évident que les deux méthodes ont été construites sur des

bases différentes. Des bases connues pour la méthode ESTIMHAB comme les formules de calcul sont connues mais STATHAB se différencie tout de même. Il est important de prendre en compte ces différents critères lors des choix de méthode de calcul de débits biologiques pour répondre à certains problèmes. En effet, si l'on se fie à la méthode STATHAB, comme les débits obtenus sont plus faibles, peut-être que ceux-ci seront insuffisants pour le maintien des espèces du cours d'eau. De même peut-être que les débits obtenus par la méthode ESTIMHAB sont plus importants que ceux nécessaires pour les espèces piscicoles et donc que la ressource en eau serait limitée sans en avoir réellement besoin.

Ces méthodes restent des méthodes dites statistiques qui ne prennent pas en compte certaines variables présentes dans la réalité.

Comme tout modèle, STATHAB et ESTIMHAB ont leurs limites. Ils reposent sur des données statiques et ne prennent pas toujours en compte les dynamiques temporelles et spatiales complexes des écosystèmes aquatiques.

Limites des méthodes ESTIMHAB et STATHAB :

Les méthodes ESTIMHAB et Stathab présentent plusieurs limites importantes à prendre en considération :

Tout d'abord, elles reposent sur l'extrapolation des deux débits Q_1 et Q_2 , ce qui rend tous les calculs dépendants de ces valeurs. Cette dépendance peut poser problème pour les cours d'eau ayant subi des modifications significatives. De plus, contrairement à certaines autres méthodes, ESTIMHAB et STATHAB ne proposent pas de cartographie des habitats, ce qui peut limiter leur capacité à fournir une vue d'ensemble précise.

La sélection des stations considérées comme représentatives et stables est souvent basée sur des suppositions de l'opérateur, ce qui introduit des marges d'incertitudes dans les résultats.

Un autre aspect important est l'absence de prise en compte des paramètres de qualité de l'eau tels que la température, le transport sédimentaire et la chimie de l'eau, qui peuvent avoir un impact significatif sur les populations piscicoles.

De plus pour la méthode ESTIMHAB, la sélection des espèces et des guildes considérées comme "représentatives" est limitée par les critères définis par la méthode EVHA, ce qui restreint le nombre de courbes de préférences disponibles.

Les méthodes montrent également des limites lorsque la profondeur dépasse 2 mètres, car elle ne tient pas compte des conditions de pêche électrique dans de telles situations.

Dans les cas de cours d'eau canalisés, il est nécessaire d'évaluer un débit spécifique pour compenser l'évaporation, ce qui peut complexifier l'application de la méthode.

De plus, il peut être difficile d'adapter les modèles des méthodes ESTIMHAB et STATHAB au contexte spécifique des cours d'eau, car ils sont généralement basés sur des calculs préalables effectués sur des cours d'eau considérés comme "naturels".

L'application des méthodes à un tronçon de cours d'eau dont la morphologie a été modifiée présente des biais importants en ce qui concerne le choix d'une valeur de débit minimum. En effet, dans une situation où l'hydrologie est fortement altérée, le lit mineur du cours d'eau s'ajuste souvent aux nouvelles conditions, notamment par une réduction de la largeur mouillée. Ces nouvelles morphologies entraînent une sensibilité différente au débit, avec des valeurs optimales correspondant au nouveau régime du cours d'eau. Cette situation est très courante pour les tronçons situés en aval des grands barrages qui atténuent fortement les crues.

Enfin, la méthode ESTIMHAB n'est pas toujours adaptée à tous les stades de développement des espèces, ce qui peut limiter son utilité pour certains aspects comme la reproduction.

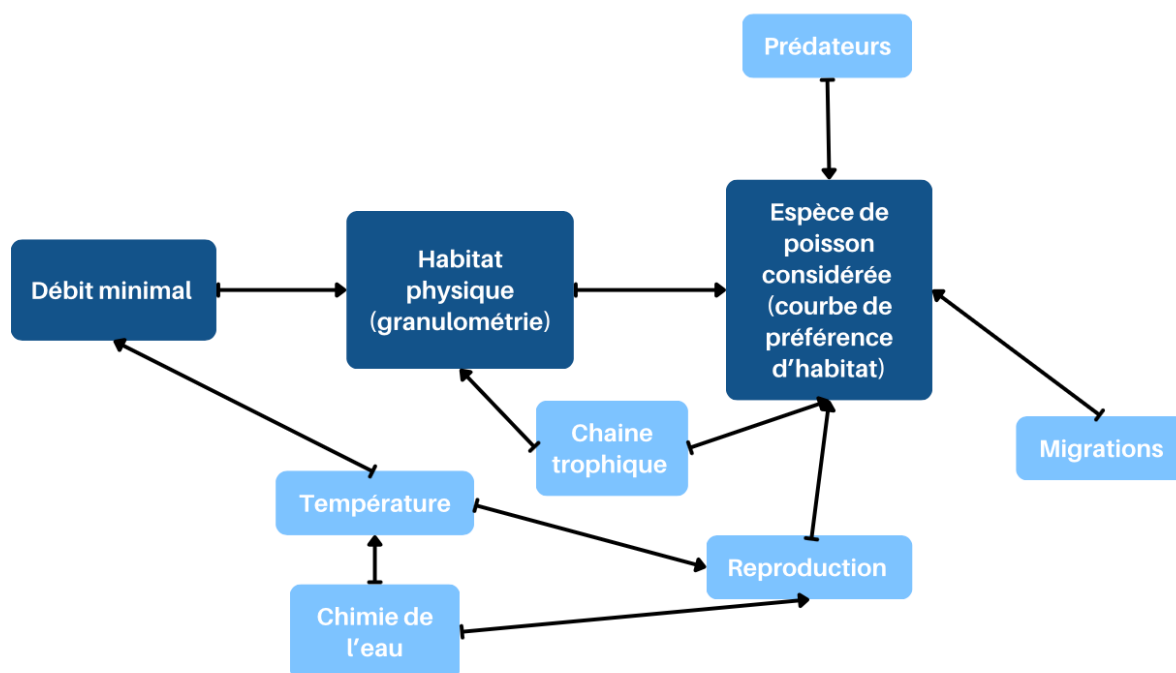


Schéma reprenant les données intégrées par les méthodes (bleu foncé) et les données extérieures qui ne sont pas prises en compte par les méthodes (bleu clair)

Certains bureaux d'études ont essayé de tester la méthode ESTIMHAB dans des conditions particulières. Ceux-ci ont mis en place la méthode malgré la présence de nombreux seuils et ont obtenu les résultats suivants :

Les débits obtenus avec la méthode ESTIMHAB étaient supérieurs de 80% par rapport au débit naturel du cours d'eau. Ainsi, en présence de nombreux seuils, la méthode ESTIMHAB surdimensionne énormément les débits obtenus.

Afin de faire face à ces problèmes, certaines solutions ont été envisagées :

S'il y a trop de modification et d'altération sur le cours d'eau, il faut ajouter une station non-perturbée en amont ou aval pour pouvoir estimer une gamme de débit vis à vis des conditions amont/aval sur la portion à modéré car un cours d'eau réagit différemment en fonction de son altération et des modifications qu'il a subi.

Des nouveaux modèles et outils spécifiques ont été développés comme la méthode Teaurant par EAUCEA pour déterminer les débits biologiques lorsque la pente du cours d'eau est supérieure à 5% ou encore le modèle SturiEau pour déterminer les débit biologique en zone estuarienne mais ceux-ci restent encore expérimentaux.

Retour réflexif sur l'expérience :

Ce stage a été une grande opportunité pour moi d'utiliser et de mettre à l'épreuve les connaissances et les compétences que j'ai pu acquérir au cours de ma formation jusqu'à maintenant. En réalisant ce stage dans un petit bureau d'étude cela m'a permis de toucher à pleins de domaines différents, de communiquer et d'échanger avec des professionnels de différents domaines et d'en apprendre énormément sur des domaines extérieurs au sujet de mon stage.

J'ai énormément apprécié de pouvoir aller sur le terrain et de participer aux missions de l'entreprise ce qui m'a permis de me familiariser avec des outils et des méthodes que je n'avais jusqu'alors abordés qu'en théorie. Ce stage m'a également permis de comprendre l'importance de la rigueur dans la collecte et l'analyse des données notamment lors de mes recherches sur les débits biologiques et la méthode ESTIMHAB.

Outre les compétences techniques, ce stage a été l'occasion de me familiariser avec la gestion de projet en milieu professionnel. Ce fut aussi agréable d'obtenir la confiance des professionnels qui n'ont pas hésité à me confier des tâches à réaliser pour certains de leurs projets.

Ce stage m'a permis de m'ouvrir sur de nouvelles voies d'aspirations professionnelles. En effet, étant initialement plutôt passionné par le domaine maritime, ce stage ne portait aucunement sur ce domaine. Découvrir les cours d'eau de cette manière m'a ouvert vers de nouvelles perspectives. Si l'occasion se présente, j'aimerais réaliser mon stage de cinquième année plutôt sur le domaine maritime cette fois-ci pour développer de nouvelles compétences.

Cette expérience m'a aidé à renforcer ma capacité à m'adapter à un environnement de travail exigeant. J'ai gagné en autonomie, en rigueur, et en capacité à prioriser mes tâches.

Bibliographie :

Lagarrigue, T., & Lascaux, J.-M. (2009). *Détermination des débits minima biologiques pour les cours d'eau issus des émergences de la chaîne des Puys*. E.CO.G.E.A. pour le SMAD des Combrailles.

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

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

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

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

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

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

Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire. (2008, 21 avril). *Circulaire relative aux schémas d'aménagement et de gestion des eaux*.

Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement. (2011, 4 mai). *Circulaire relative à la mise en œuvre des schémas d'aménagement et de gestion des eaux*.

Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement. (2011, 5 juillet). *Circulaire relative à l'application de l'article L. 214-18 du code de l'environnement sur les débits réservés à maintenir dans les cours d'eau*.

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

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

Prost, O., Le Coarer, Y., Lamouroux, N., & Capra, H. (2014). *Vers une nouvelle génération de modèles d'habitats numériques*. UR HYAX-MALY, Irstea.

Sagnes, P. (2021, 30 juin). *Méthodologie pour l'évaluation des habitats aquatiques*. Webinaire HMUC. Office Français de la Biodiversité (OFB).

Lamouroux, N., Capra, H., & Pouilly, M. (1999). *ESTIMHAB : Un modèle de prédiction de l'habitat des poissons en rivière*. Rapport de recherche, CEMAGREF Lyon.

Lagarrigue, T., & Lascaux, J.-M. (2009). *Note technique sur les méthodes de détermination des débits minima biologiques*. E.CO.G.E.A.



POLYTECH
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Léo Boullé
2023-2024

Étude de la méthode de détermination des débits biologiques Estimhab et de ses limites

Résumé : Ce rapport de stage traite sur la notion de débit biologique, un débit qui assure le bon fonctionnement des milieux aquatiques d'un cours d'eau, en maintenant un environnement propice à la faune et à la flore aquatiques ainsi qu'aux principales fonctions du cours d'eau. Il existe plusieurs types de méthodes pour déterminer les débits biologiques, notamment les méthodes dites d'habitat. Ce rapport traite plus en détail sur une méthode d'habitat, la méthode Estimhab ainsi que les limites de celle-ci.

Abstract : This internship report addresses the concept of biological flow, a flow rate that ensures the proper functioning of aquatic environments in a watercourse by maintaining a suitable environment for aquatic fauna and flora as well as the key functions of the watercourse. There are several methods for determining biological flows, including habitat-based methods. This report focuses in more detail on a habitat-based method, Estimhab, and its limitations.

Tuteur académique :
Pierre Peters

Tuteur entreprise :
Michel Bacchi

S.A.R.L. RIVE :
11 quai Danton,
37500 Chinon