

Maitre d'ouvrage : Établissement Public Loire

Intitulé de l'affaire : Étude de caractérisation de l'état quantitatif du bassin versant du Loir et de détermination des volumes prélevables

Objet : Pré-localisation des sites ESTIMHAB

RAPPEL DES CRITERES POUR LE CHOIX DES SITES ESTIMHAB

Le choix des tronçons d'étude pour l'application de la méthode « ESTIMHAB » est particulièrement important. Les tronçons de cours d'eau retenus doivent répondre aux critères suivants :

- La morphologie du tronçon étudié doit être naturelle ou peu modifiée ;
- Une alternance de faciès morphologiques représentative du cours d'eau (radiers, plats, mouilles) est préférable, se traduisant généralement par des vitesses d'écoulement variables le long du tronçon ;
- La pente du cours d'eau doit être faible à moyenne ($< 5\%$) ;
- La proximité relative de stations hydrométriques permettant un suivi des débits dans le cours d'eau est à privilégier.

Il est également nécessaire que les tronçons ne présentent pas de contrainte physique rédhibitoire pour la mise en œuvre du protocole. Pour cela, on doit observer sur les tronçons choisis :

- L'absence d'assec ;
- L'absence d'ouvrage hydraulique venant impacter la ligne d'eau sur au minimum 40% du tronçon.

PRELOCALISATION DES SITES

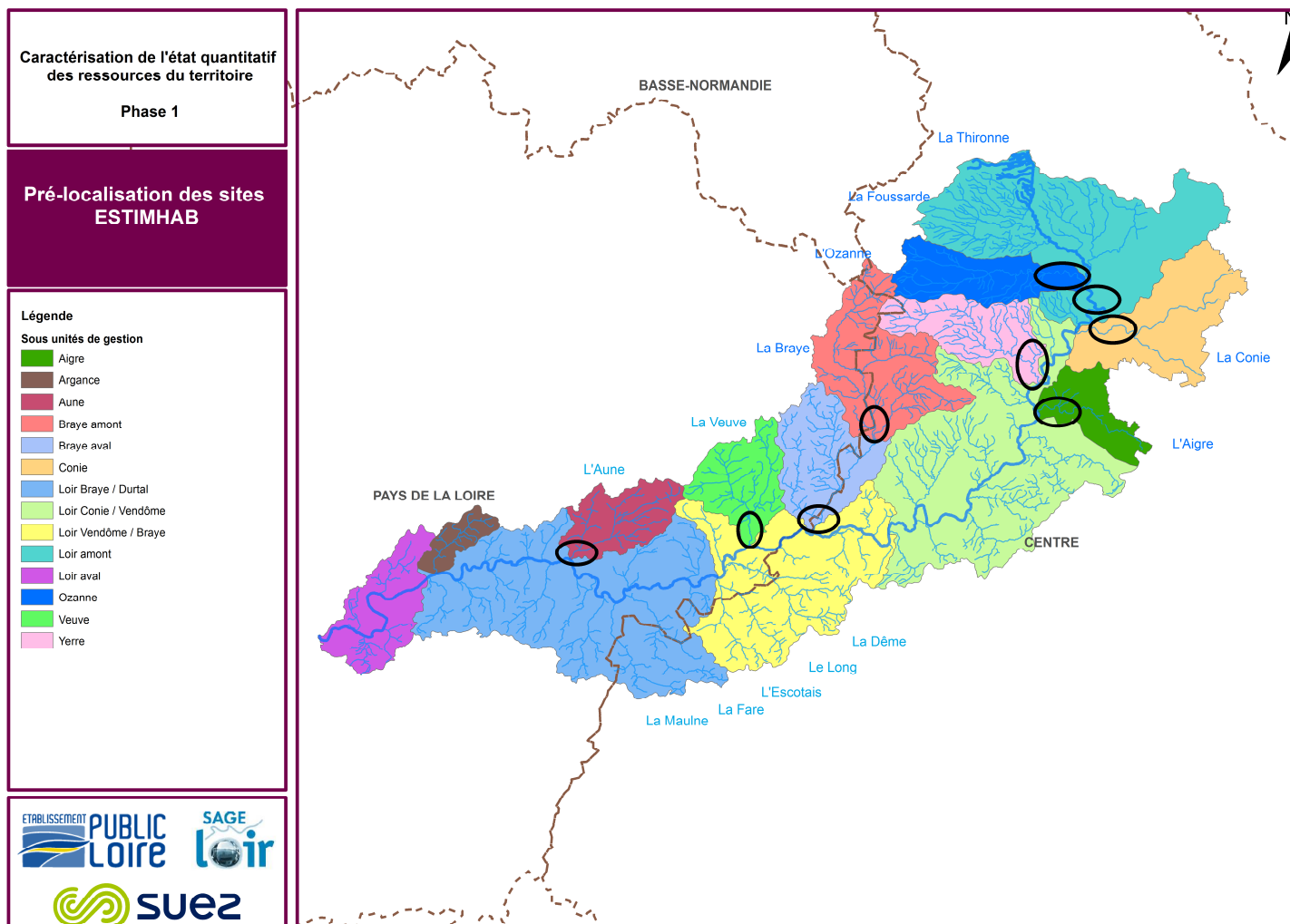
La carte ci-après localise différents secteurs sur lesquels il serait intéressant de déployer le protocole ESTIMHAB, sous réserve que les critères précédents soient remplis.

Au total, 9 secteurs ont été identifiés. Parmi ces secteurs, il pourrait être opportun de retenir :

- Un site sur la Foussarde ou l'Yerre,
- Un site sur le Loir amont, de préférence en aval de la confluence avec l'Ozanne,
- Un site sur la Conie ou l'Aigre,
- Un site sur la Braye amont ou la Braye aval,
- Un site sur l'Aune ou la Veuve.

Un site sur le Loir médian ou aval pourrait être également intéressant. Toutefois compte tenu des échanges lors des précédentes réunions, il semble qu'aucun secteur ne puisse satisfaire les critères du protocole. Ce point serait éventuellement à approfondir avec les connaissances de terrain des acteurs.

Pré-localisation des sites ESTIMHAB



CALENDRIER DE MISE EN ŒUVRE DU PROTOCOLE

La mise en œuvre du protocole ESTIMHAB s'effectue en 3 étapes :

- o Validation des sites par une visite de terrain,
- o Mise en œuvre de la 1^{ère} campagne de mesures,
- o Mise en œuvre de la 2nd campagne de mesures.

En termes de planning, il est proposé l'échéancier suivant :

Visite de sites – 1 jour

Envisagé semaine 30 du 26 au 28 juillet ou semaine 31 du 02 au 04 août.

A définir en fonction de la disponibilité des acteurs

Campagne de Basses Eaux – 3 jours

Envisagé semaine 34 soit du 22 au 26 août.

A définir en fonction des conditions climatiques

Campagne de Moyennes Eaux – 3 jours

Envisagé semaines 39 ou 40 soit du 26 septembre au 07 octobre

A définir en fonction des conditions climatiques

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 - Léra 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.lamoureux@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 :

Lamoureux 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.

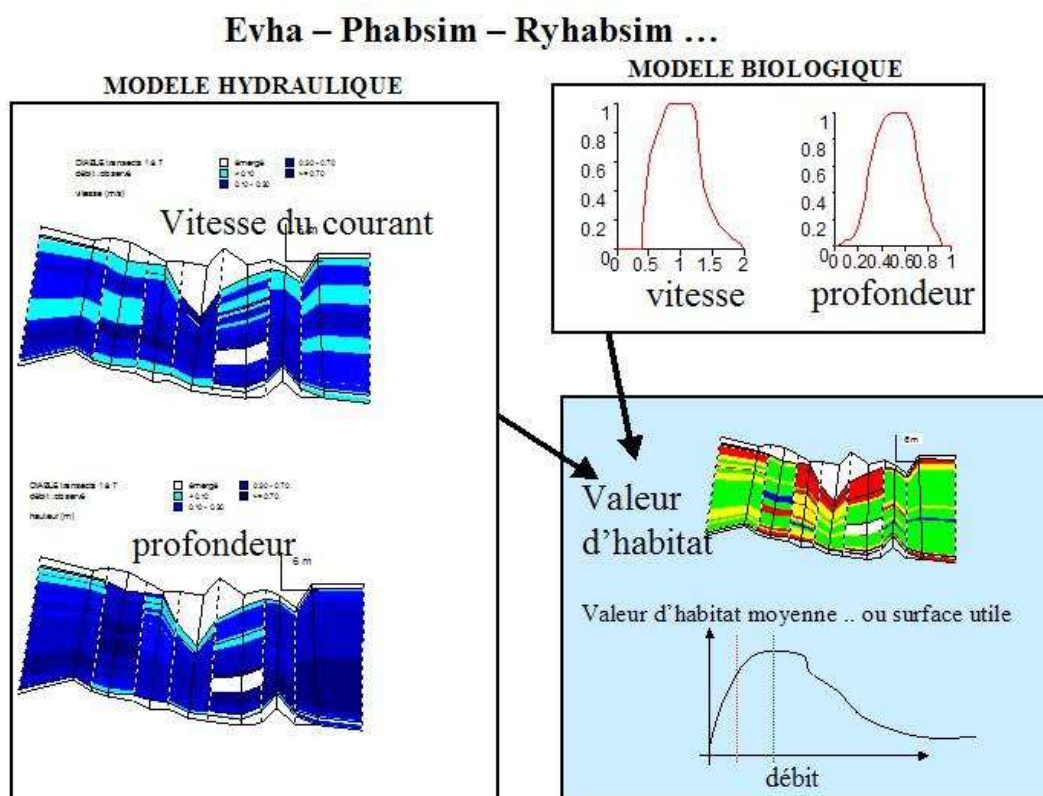


Figure 1 : les modèles d'habitat conventionnels couplent un modèle hydraulique du cours d'eau avec des modèles de préférences biologiques

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 (Lamoureux 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).

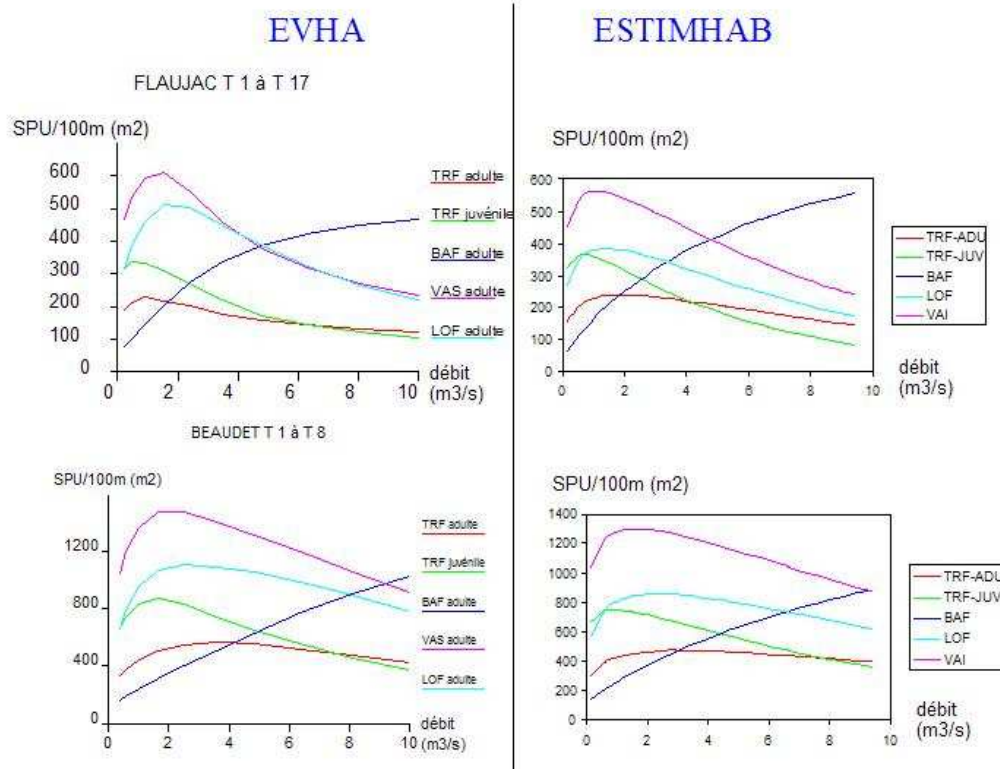


Figure 2 : exemples de comparaisons entre Evha et Estimhab

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.

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

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

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

Gilde '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.

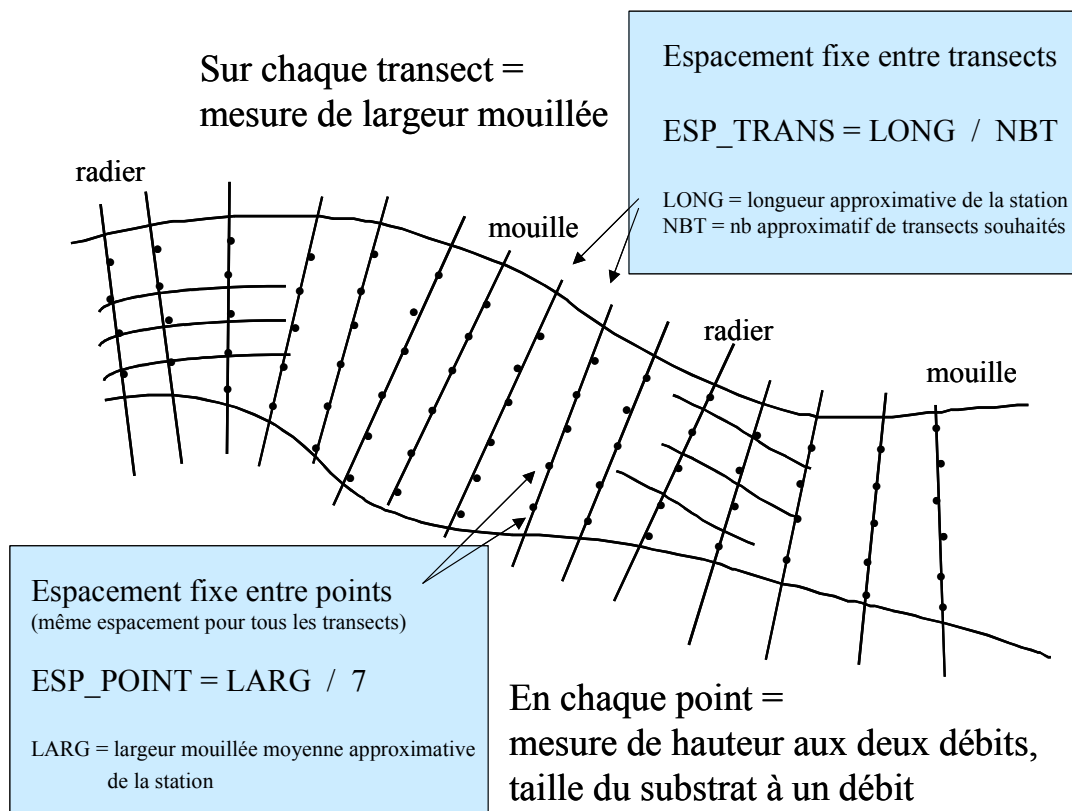
Mesures de terrain proposées pour estimer la géométrie hydraulique du cours d'eau :

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 $15 \times 7 = 105$ points de mesures de hauteurs d'eau sur l'ensemble du tronçon.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

transect	largeur (m)	hauteur (m)	granu (m)
1	18	0.05	0.15
		0.15	0.07
		0.22	0.05
		0.81	0.12
		1.00	0.00
		0.07	0.08
2	15	0.10	0.20
		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'amenée et de fuite.

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

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

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

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

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

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

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

Annexe 3 - Pour en savoir plus : références

.... sur les bases scientifiques d'Estimhab

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

... sur les modèles d'habitats

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

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

- Jowett I.G. (1992) Models of the abundance of large brown trout in New Zealand rivers. *North American Journal of Fisheries Management*, 12, 417-432.
- Lamouroux N., Olivier J.M., Persat H., Pouilly M., Souchon Y., Statzner B. (1999) Predicting community characteristics from habitat conditions: fluvial fish and hydraulics. *Freshwater Biology*, 42, 275-299.
- Lamouroux N., Poff N.L., Angermeier P.L. (2002) Intercontinental convergence of stream fish community traits along geomorphic and hydraulic gradients. *Ecology*, 83, 1792-1807.
- Lamouroux N., Cattaneo F. (2006). Fish assemblages and stream hydraulics: consistent relations across spatial scales and regions. *River Research and Applications*, 22, 727-737.
- Lamouroux N., Olivier J.M., Capra H., Zylberblat M., Chandresis 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.