

Quels outils pour estimer les débits écologiques ?

3. Méthodes pour l'estimation des débits écologiques

par Pierre SAGNES – OFB Pôle Ecohydraulique

3. Méthodes pour l'estimation des débits écologiques

- Positionnement dans la démarche globale, rappels
- Méthode hydrologique
- Méthode hydraulique
- Méthode "d'habitats"
- Approches complémentaires
- Cas particuliers
- Actualités

Positionnement dans la démarche globale, rappels

Hydroécol. Appl.
© EDF, 2016
DOI: 10.1051/hydro/2016004

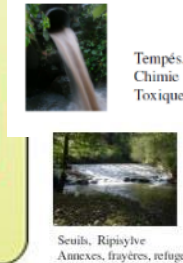
Débits écologiques : la place des modèles d'habitat hydraulique dans une démarche intégrée

Ecological flows: the role of hydraulic habitat models within an integrated framework.

N. Lamouroux¹, B. Augéard², P. Baran³, H. Capra¹, Y. Le Coarer⁴,
V. Girard⁵, V. Gouraud⁶, L. Navarro⁷, O. Prost⁴, P. Sagnes⁸, E. Sauquet⁹,
L. Tissot⁶

- 1 IRSTEA, UR MALY, 5 rue de la Doua, CS 70077, 69626 Villeurbanne Cedex, France
- 2 ONEMA, 5 allée Felix Nadar, 94300 Vincennes, France
- 3 ECOGEA, 352 avenue Roger Tassandré, 31600 Muret, France
- 4 IRSTEA, UR HYAX, 3275 route de Cézanne, CS 40061, 13182 Aix-en-Provence Cedex 5, France
- 5 Aconit-Consultants, Parc Scientifique Tony Garnier, 6-8 esplanade Henry Vallée, 69386 Lyon cedex 07, France
- 6 EDF Recherche et Développement, Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement, 6 quai Watier, 78401 Châtou Cedex, France
- 7 Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse, 2 allée de Lodz, 69007 Lyon, France
- 8 Onema, pôle écohydraulique, IMFT, Allée du Pt. C. Soula, 31400 Toulouse.
- 9 IRSTEA, UR HHLY, 5 rue de la Doua, CS 70077, 69626 Villeurbanne Cedex, France

Résumé – Deux types d'approches techniques complémentaires sont utilisées pour guider l'établissement des débits écologiques, à l'échelle des tronçons de cours d'eau (ex. : débits réservés) comme à l'échelle de bassins versants (ex. : débits objectifs d'étiage). Les approches « hydrologiques » visent à quantifier les altérations de multiples caractéristiques du régime hydrologique et reposent sur l'identification (délicate) de relations empiriques entre altérations hydrologiques et biologiques. Les approches « habitat hydraulique », ciblées sur les débits bas à moyens, couplent des modèles hydrauliques et des modèles biologiques pour traduire certaines modifications hydrologiques en modification de qualité de l'habitat hydraulique pour les organismes. Elles ont parfois apporté des prédictions convaincantes des effets biologiques des modifications de débits d'étiage. Ces deux approches techniques ne fournissent pas directement de valeurs de débits écologiques. Nous formalisons ici une démarche technique de définition des débits écologiques, basée sur la comparaison de scénarios de gestion et une meilleure combinaison des deux approches. La démarche comprend quatre étapes : (1) la description du contexte hydrologique naturalisé et actuel, des usages actuels et des scénarios de gestion envisagés (2) la description du contexte écologique au sens large, (3) l'identification des métriques pertinentes (hydrologiques et/ou habitats et/ou autres) pour décrire les effets des scénarios (modifications des usages, effets sur le milieu) et (4) la comparaison des scénarios. Cette démarche ne se passe pas d'expertise et doit



Tempés,
Chimie
Toxiques

Seuils, Ripioylve,
Annexes, frayères, refuges

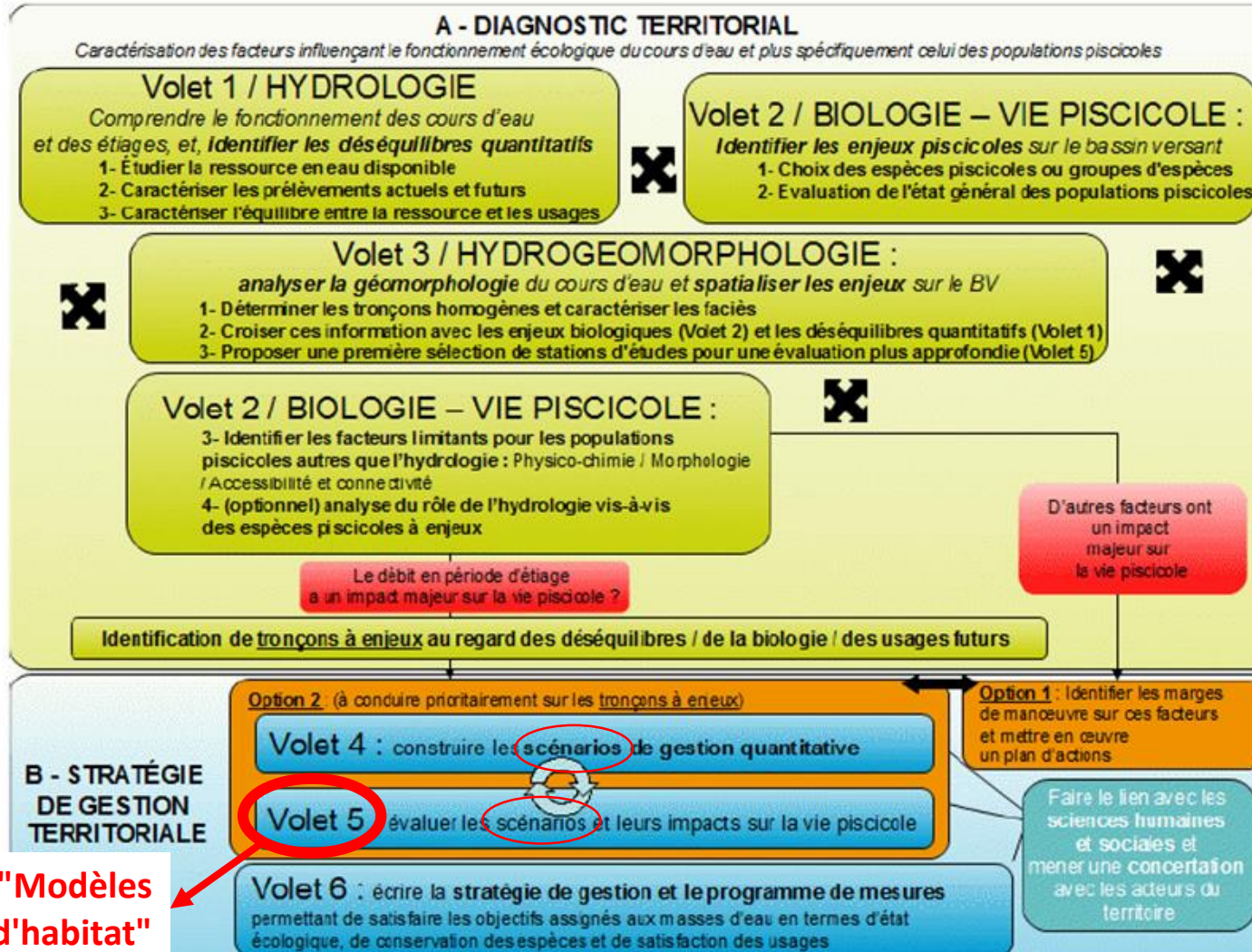


Figure 1. : Synoptique des étapes de travail à conduire pour appréhender la gestion quantitative de la ressource, intégrant la préservation des habitats piscicoles

Positionnement dans la démarche globale, rappels

Cinq paramètres déterminants

1- valeurs de débit à un instant donné, avec une attention particulière pour les valeurs minimales et maximales.

2- fréquences auxquelles certaines valeurs de débits particulières sont observées. Pour les crues et les étiages, on parle de période de retour (annuelle, quinquennale, décennale, centennale).

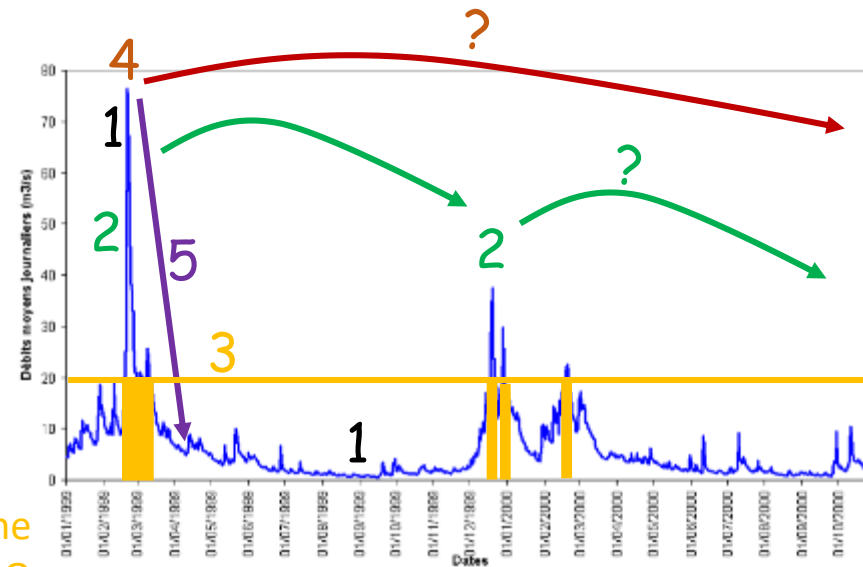
3- durées pendant lesquelles le débit est $>$ ou $<$ à une valeur seuil --> notion très importante (surtout si Q faibles...)

4- prévisibilité des événements = régularité avec laquelle certains épisodes hydrologiques reviennent

→ calage des stratégies biologiques

→ fortement modifié par ouvrages écrêteurs de crues ou soutien d'étiage...

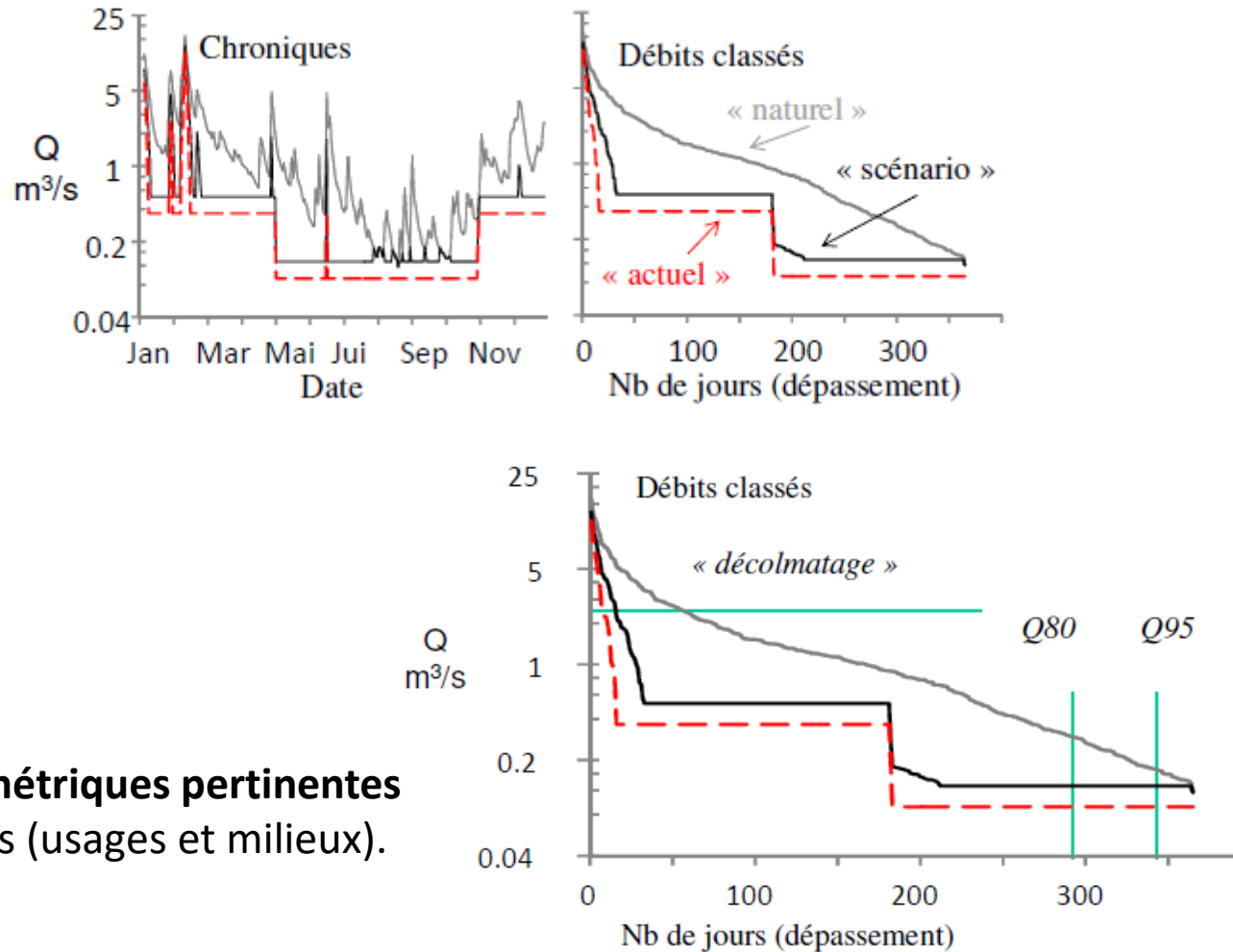
5- stabilité = vitesses de changements de débit sur une courte période.



→ débits minimums = seulement une des composantes du régime hydrologique, sur lesquels sont calées les stratégies biologiques

Méthode hydrologique

→ Définir une **altération "acceptable"**, d'un point de vue écologique, par rapport à une **situation naturelle** ou naturalisée.



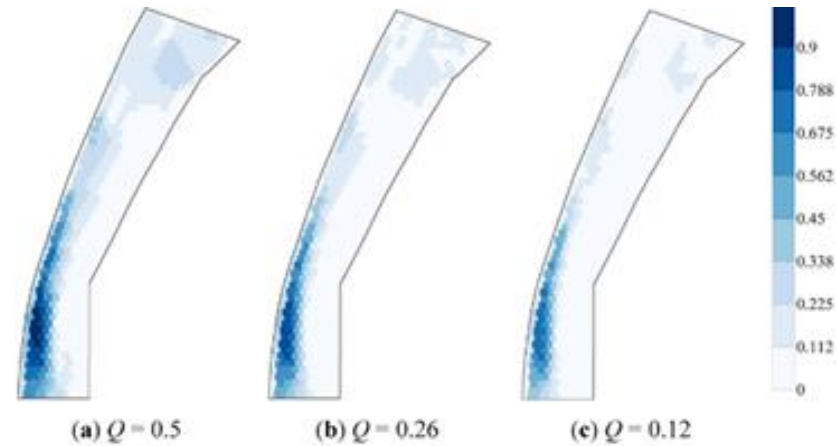
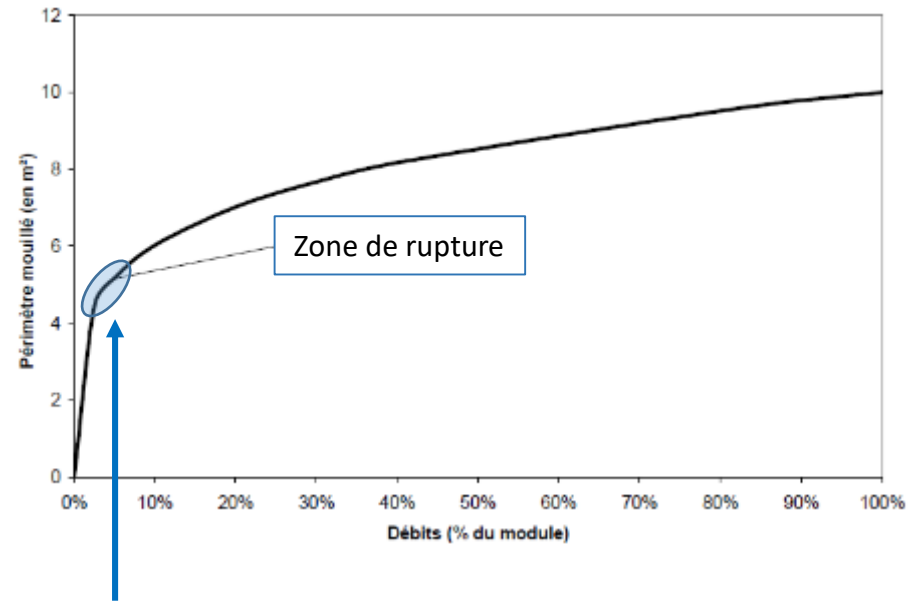
→ Définir une ou des **métriques pertinentes** pour décrire les impacts (usages et milieux).

Méthode hydraulique

→ Relations entre **débit**, paramètres **hydrauliques** et **morphologie** du cours d'eau

Ex :

- Relation entre valeurs de débit et surface mouillée
- Relation entre valeurs de débit et surface de radiers...

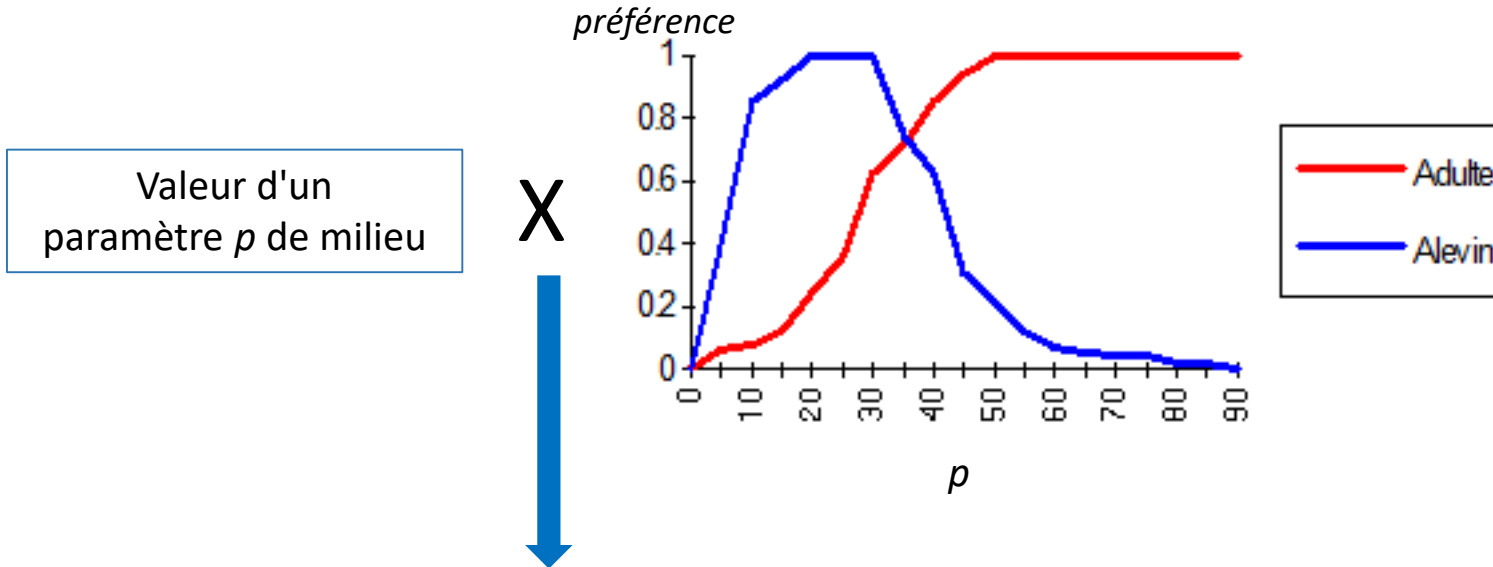


Exemple de cartographie

Ici : valeur de débit retenue = point de rupture à partir duquel périmètre ou surface mouillé(e) diminue très significativement

Méthodes "d'habitat"

→ Coupler des **caractéristiques hydrauliques** avec des **préférences biologiques**



Estimation de la capacité d'accueil "physique" d'un milieu vis-à-vis d'une espèce donnée, à un stade donné pour une activité donnée.

Outils actuels en France =
EvHa (Inrae)
LAMMI (EDF R&D)
EstimHab, StatHab (Inrae)

Méthodes "d'habitat"

Exemple d'EvHa :

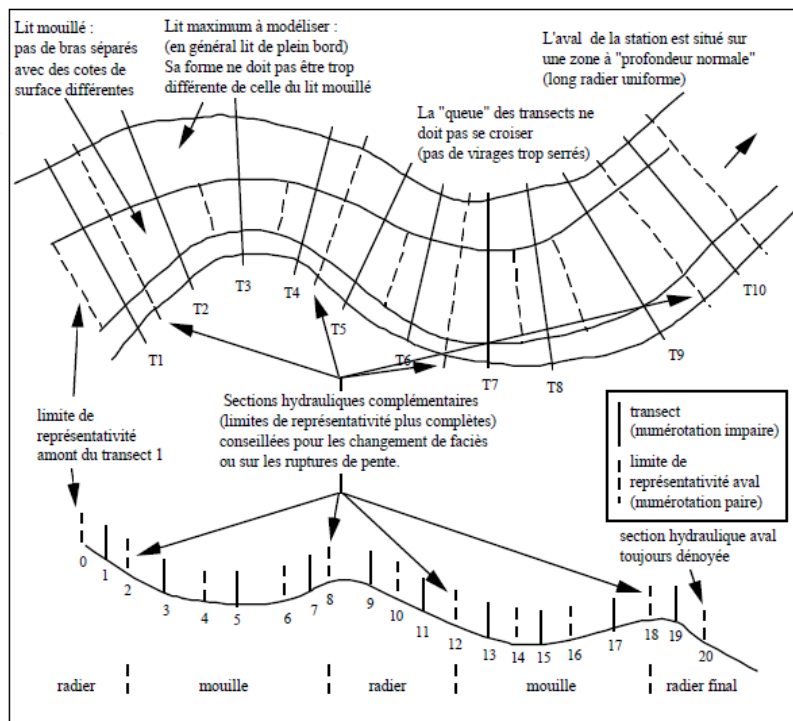
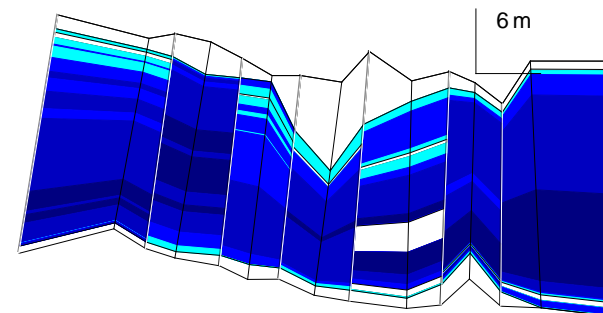
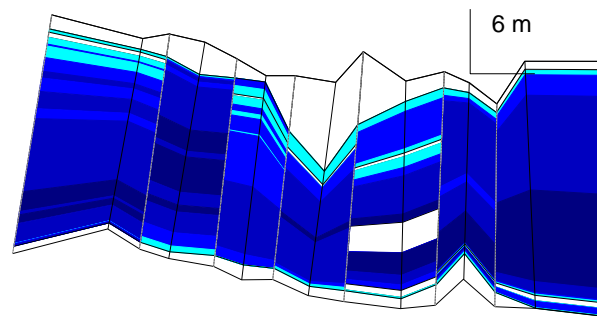


Figure extraite du guide méthodologique d'EvHa (Fig. 2.2)

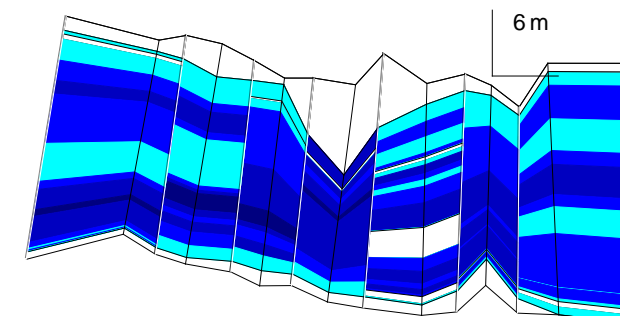
Etape 1 : Description précise des hauteurs d'eau, vitesses, granulométrie dans des cellules homogènes à un débit donné



Etape 2 : Un modèle hydraulique recalcule ces valeurs dans chaque cellule pour d'autres débits



Débit n°1



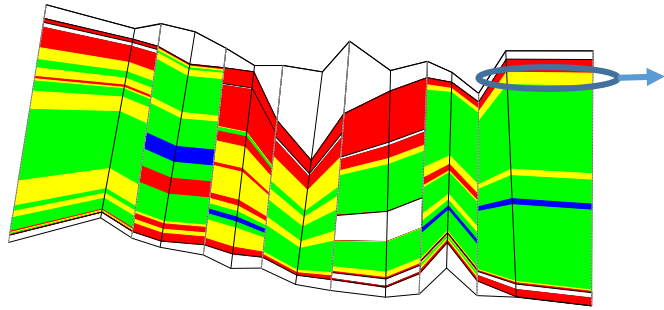
Débit n°2

Méthodes "d'habitat"

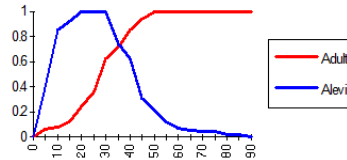
Exemple d'EvHa :

Etape 3 : Le couplage avec les modèles biologiques permet, pour un débit donné, de calculer une valeur d'habitat pour l'espèce/stade considéré(e) dans chaque cellule.

Exemple :



préférence pour cette vitesse = 1
 préférence pour cette hauteur = 0.5
 préférence pour ce substrat = 0.5



Valeur d'habitat de
 la cellule
 = $1 \times 0.5 \times 0.5 = 0.25$

En multipliant la valeur d'habitat de chaque cellule par sa surface, on obtient une capacité d'accueil (SPU) au niveau de cette cellule.

Exemple : cellule de 2m^2

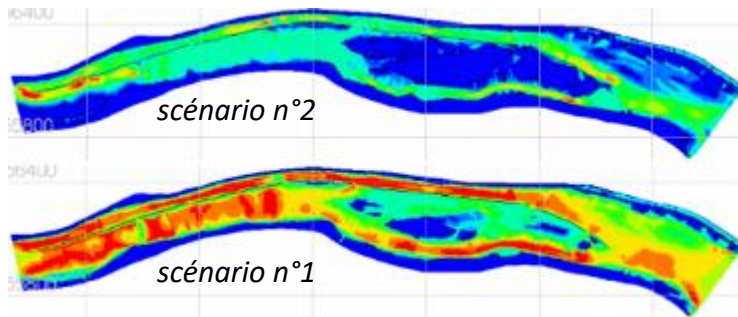
$\text{SPU cellule} = 2 \times 0.25 = 0.5 \text{ m}^2$

En sommant les SPU de chaque cellule à un débit donné, on obtient la SPU de la station à ce débit.

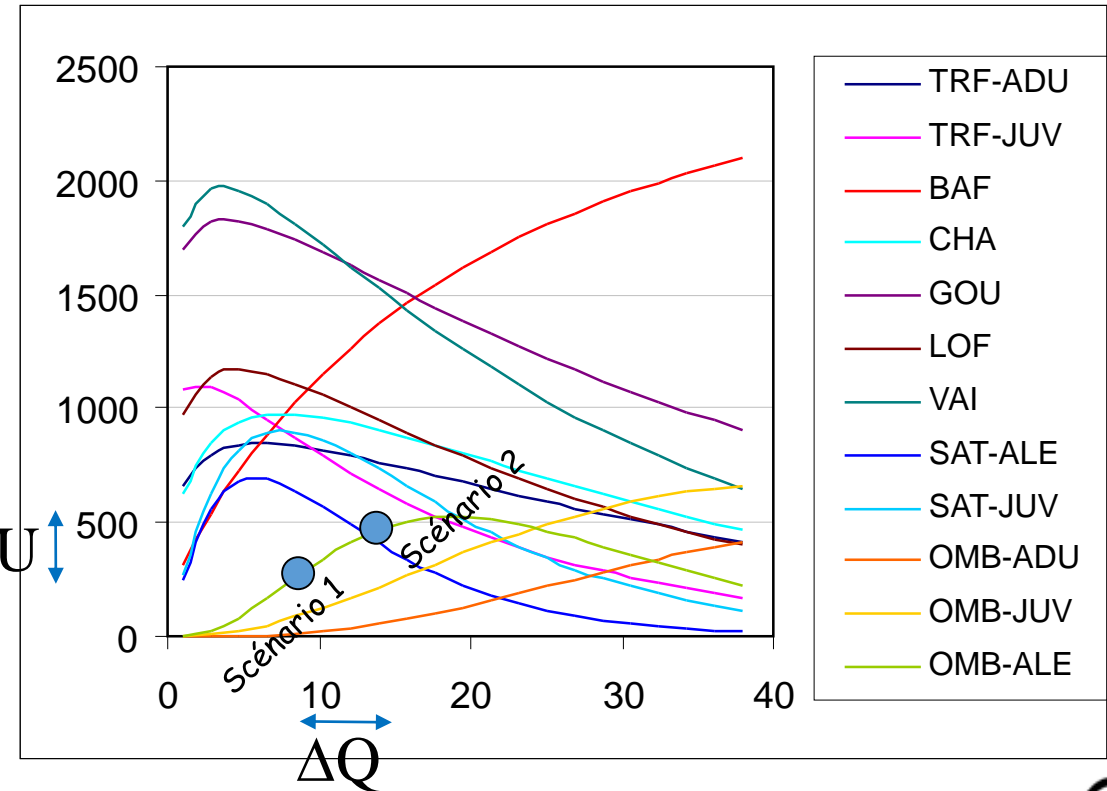
Méthodes "d'habitat"

Exemple d'EvHa :

Etape 4 : Comparaison de scénarios



ΔSPU
 Δbio
 potentiel



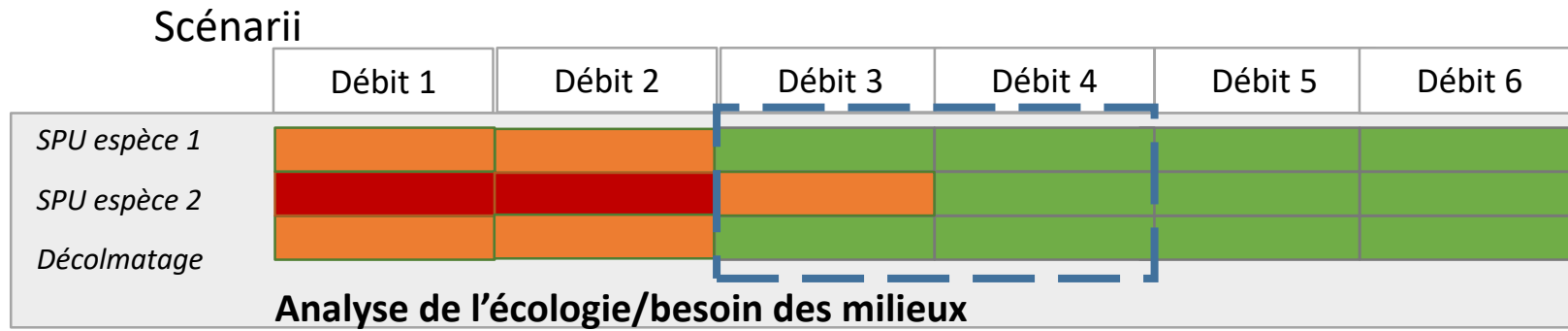
Ex : Scénario 1 = scénario de gestion

Scénario 2 = condition de référence (Q "naturel", QMNA5...) ou un autre scénario de gestion

Ici : Scénario 1 vs 2 → pertes d'habitat, qu'il convient de rapporter à une durée / une saisonnalité

Méthodes "d'habitat"

Interprétation



Pas de valeur "magique"... Comparaison de scénarii et besoin d'expertise :

- Débit 3 si l'espèce 2 semble résiliente à des conditions ponctuellement défavorables en termes d'habitat.
- Sinon, débit 4.

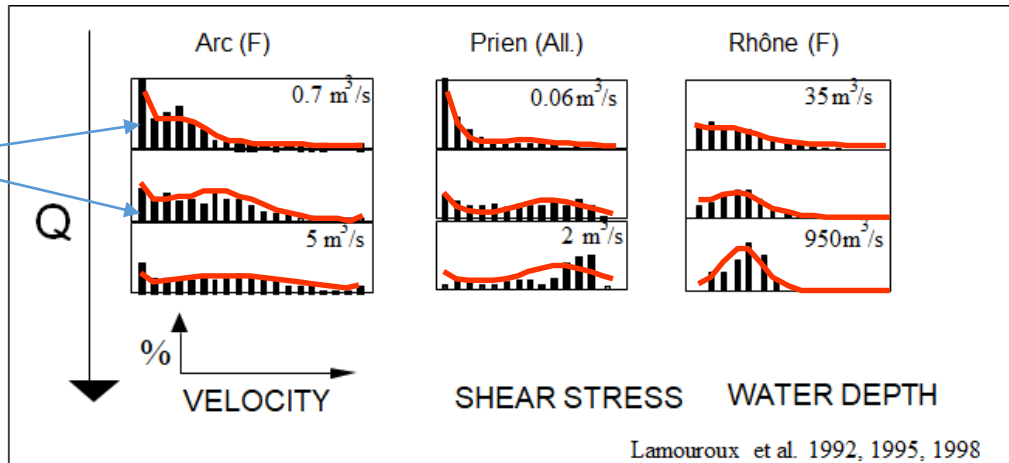
Méthodes "d'habitat"

Les modèles statistiques

ex : EstimHab

→ But = simplifier les opérations de terrain (lourdes avec EvHa) pour des analyses éventuelles sur plus de sites

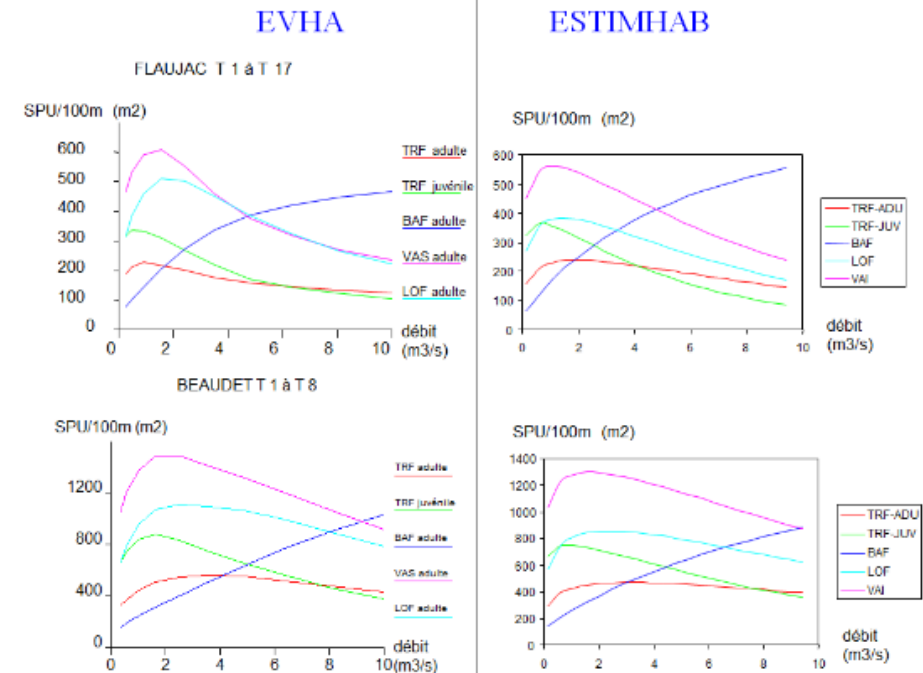
Distributions en fréquences (sorties d'EvHa)



Ces distributions sont fonction :
 du module (Q_m), du débit (Q), de la largeur moyenne (L)
 et de la hauteur d'eau moyenne sur le tronçon (H)

Connaitre la relation hauteur/largeur *via* des mesures à deux débits différents permet de modéliser ces distributions en fréquences de hauteurs d'eau + vitesses de courant pour différents débits.

Comparaison des sorties EvHa / EstimHab



Méthodes "d'habitat"

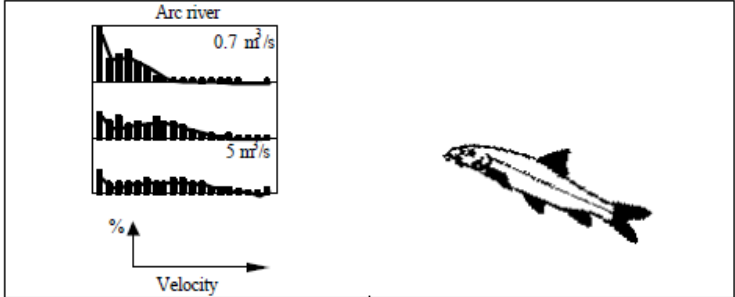
Les modèles statistiques

ex : StatHab

- Même type de modélisation qu'EstimHab
- Permet en plus :
 - de fixer manuellement les bornes pour les différents paramètres (H, V, G),
 - d'éditer les distributions en fréquences modélisées,
 - de les coupler avec n'importe quelle courbe de préférences biologiques

STATHAB/FSTRESS SOFTWARES
HABITAT MODELING USING STATISTICAL HABITAT MODELS

Arc river



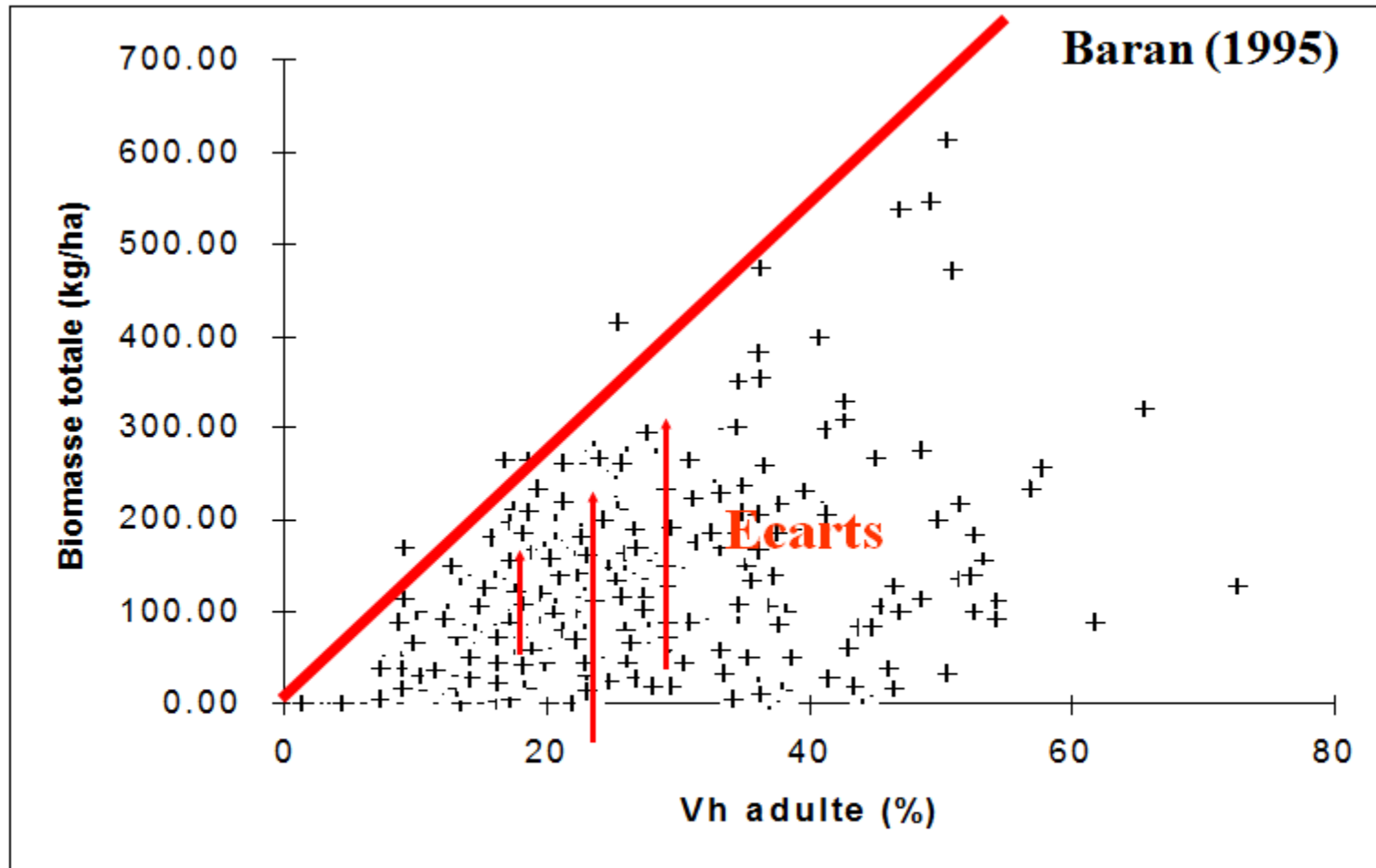
GENERAL DESCRIPTION	2
HOW STATHAB WORKS	3
STATHAB: INPUT FILES	4
STATHAB: OUTPUT FILES	5
EXAMPLE OF FIELD SESSION TO COLLECT THE INPUT DATA	6
FSTRESS	7
REFERENCES	9

Nicolas Lamouroux
lamourou@lyon.cemagref.fr

CEMAGREF and ESA CNRS 5023 (University Lyon 1)

Méthodes "d'habitat"

Validation biologique



SPU et abris = 22% de la variabilité des abondances de TRF adultes

Méthodes "d'habitat"

Avantages / inconvénients des différentes méthodes

	EVHA	ESTIMHAB	STATHAB
Précision / objectivité	+	+	+
Facilité d'utilisation	- Topo complète Vitesses, calibration	+ Trop facile ?	= Plus souple mais moins "convivial" qu'EstimHab
Cartographie / produits	+	- Pas de carto. Moins d'espèces qu'EvHa, mais guildes	= Pas de carto. Des courbes de préférences "utilisateur" peuvent être injectées.
Domaine d'application technique	= Pas applicable en écoulement complexe. Plus de SAV !	- Morphologie artificielle exclue	- Idem EstimHab = Il existe une version StatHabDeep Pour les milieux pentus

Méthodes "d'habitat"

Ce que sont les méthodes de microhabitat :

- Des méthodes permettant d'estimer et d'analyser un **potentiel** d'habitat sur la base de quelques variables hydrauliques/morphologiques (hauteur, vitesse et substrat), en incluant une dimension temporelle (la variation des débits).
- Des outils d'aide à la communication : les résultats produits facilitent le dialogue entre ingénieurs, aménageurs et biologistes.
- Des outils d'aide à la décision facilitant le travail d'un **expert** en hydroécologie, notamment pour répondre à la question des débits minimums.

Ce qu'elles ne sont pas :

- Des méthodes d'estimation de la biomasse de poisson ; la capacité d'accueil qu'elles permettent d'évaluer n'en est qu'un des éléments d'explication (condition nécessaire mais pas suffisante).
- Des modèles de répartition du poisson dans la rivière.
- Des méthodes intégrées de diagnostic écologique. Les informations qu'elles apportent doivent être resituées dans le contexte général du cours d'eau et de ses autres facteurs de fonctionnement.



Replacer les résultats dans un contexte plus global (ex : DOE)

Scénarii

	Débit 1	Débit 2	Débit 3	Débit 4	Débit 5	Débit 6
<i>SPU espèce 1</i>	Orange	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert
<i>SPU espèce 2</i>	Rouge	Rouge	Orange	Vert	Vert	Vert
<i>Décolmatage</i>	Orange	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert

Analyse de l'écologie/besoin des milieux

<i>Prélèvements aval</i>	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui
<i>Pollution Hyp.1</i>	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
<i>Pollution Hyp.2</i>	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui

Analyse de la satisfaction des usages et de la réduction de la pression de pollution



Approches complémentaires

Volets « terrain » complémentaires à Estimhab :

Tableau 4 : évolution des SPU à la station Estimhab amont de la Vendée
par rapport au module naturel reconstitué (0,336 m³/s)

	VCN3 5 naturel reconstitué = VCN10 5	QMNA 5 naturel reconstitué = DCE	QMNA 2 naturel reconstitué	Q80 naturel reconstitué	Débit moyen des 3 mois de plus basses eaux	1/10 module naturel reconstitué = optimum bas guilde mouille	Optimum bas TRF juv et GOU	Optimum bas VAI	Module naturel reconstitué = optimum bas LOF, TRF adu et guilde chenal
Valeur de débit (m ³ /s)	0,007	0,008	0,013	0,018	0,025	0,034	0,120	0,220	0,336
Franchissabilité des zones de moindre profondeur de la station	Non	Non	Partielle	Partielle	Partielle	Partielle	Oui	Oui	Oui
Connectivité des habitats de berges	Non	Non	Non	Non	Non	Partielle	Partielle	Oui	Oui

GOU = goujon ; LOF = loche franche ; VAI = vairon ; TRF = truite fario

Source : Etude des DME pour la rivière Vendée et la Mère. Etude en cours. IIBSN SAGE Vendée, Aquascop-CACG, 2020

- Franchissabilité des radiers
- Connectivité des habitats de berges

- Exondation des banquettes hébergeant la Lamproie de planer

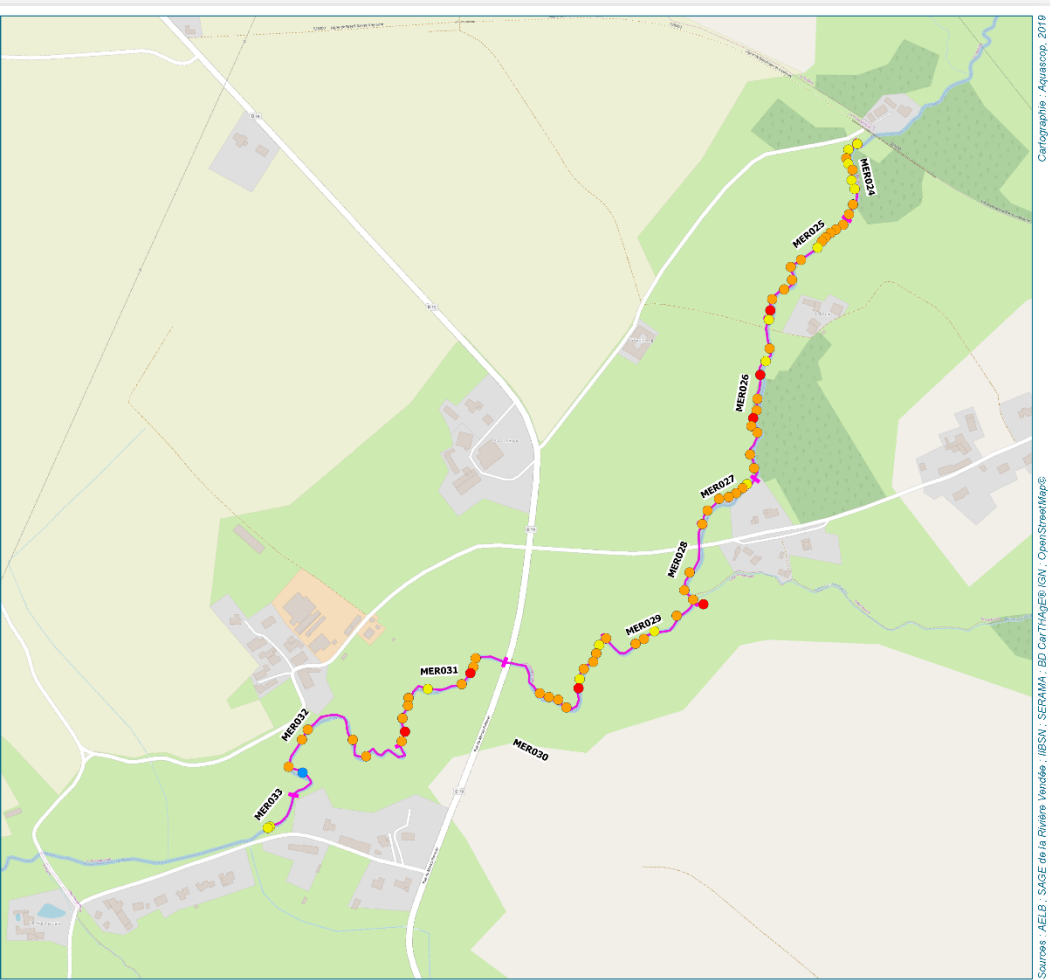
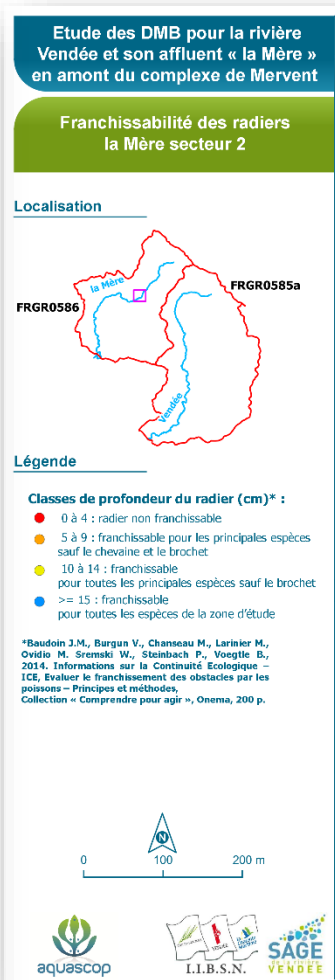
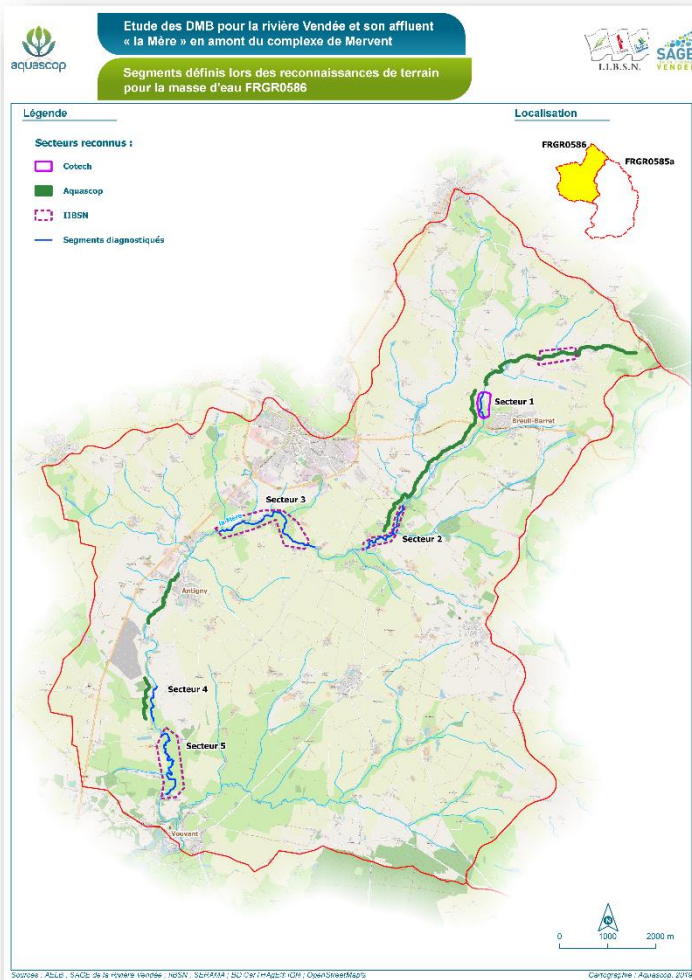
Etc...



Photo Aquascop pour l'IIBSN, La Vendée à la Franchissière

Approches complémentaires

- Etude de la franchissabilité des radiers → **débits critiques**



Source : Etude des DME pour la rivière Vendée et la Mère. Etude en cours. SAGE Vendée, Aquascop-CACG, 2020

Franchissabilité des radiers

- Etude de la franchissabilité des radiers → approche pour **débits critiques**

Figure 17

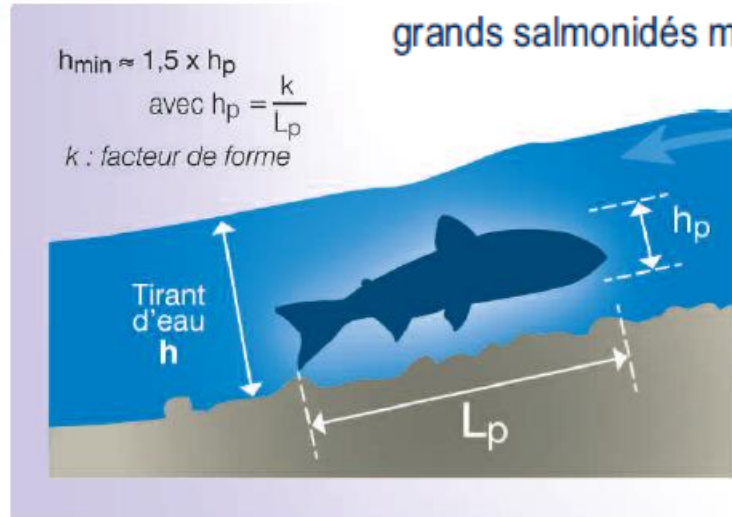


Schéma représentant le tirant d'eau considéré comme le minimum nécessaire pour qu'un poisson puisse nager convenablement.

Ainsi, à titre d'exemple, la hauteur minimale d'eau (h_{min}) pouvant être retenue est de l'ordre de 20 cm pour les grands salmonidés migrateurs et de l'ordre de 5 cm pour les petites truites communes ($L_p < 30$ cm).

Attention. Les valeurs retenues pour les tirants d'eau sont à prendre comme des valeurs extrêmes permettant un franchissement potentiel. Dans les passes à poissons, des valeurs nettement plus importantes sont systématiquement adoptées (2 à 2,5 fois la hauteur des individus).

- valeurs extrêmes qui peuvent permettre le franchissement des obstacles ponctuels sur de courtes distances.
- ne peuvent qualifier les besoins de tirant d'eau dans un habitat naturel.
- si en période d'étiage sévère, ces valeurs peuvent être retenues sur une très courte distance, elles ne peuvent être la « norme » → à réserver pour les **débits critiques**

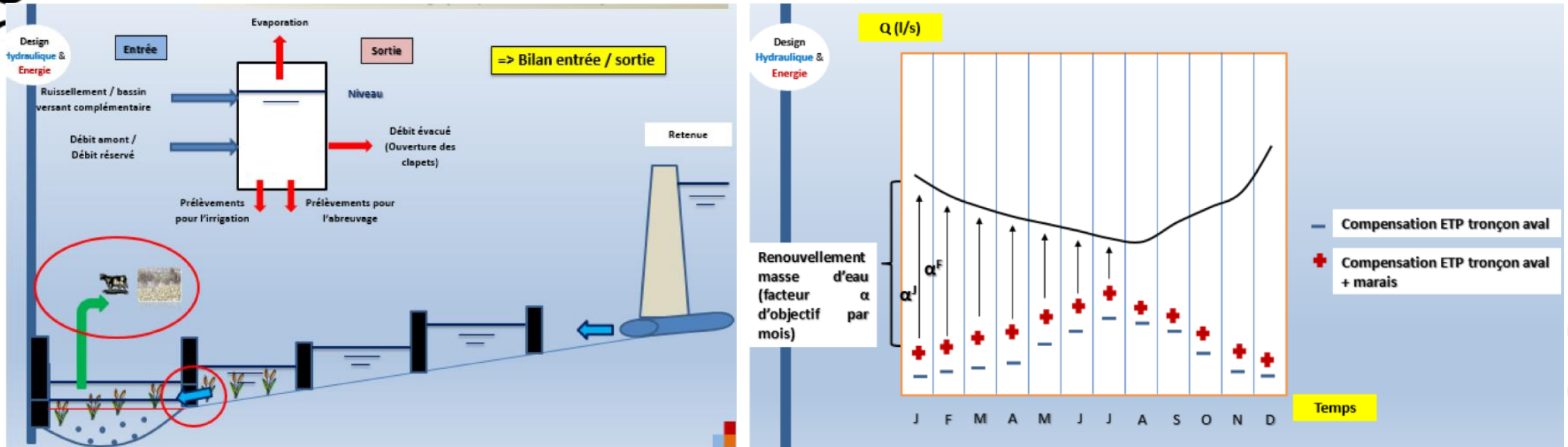
Cas particuliers : cours d'eau intermittents

- ✓ **Modèle d'habitat** peut être utile :
 - 1) **en dehors de la période d'étiage** (ex : période printanière, reproduction).
 - 2) pour quantifier une **quantité d'eau qu'il faudrait laisser** si l'assec est dû aux prélèvements.
- ✓ A l'étiage, **la durée d'assec structure davantage le peuplement que la relation habitat/débit**. L'étude hydrologique apportera des informations sur durée/fréquence/longueur d'assec en fonctions des débits et relations avec les prélèvements.
- ✓ Chercher à **analyser l'accessibilité aux zones en eau de qualité** ; les parties qui restent en eau mais ne sont plus alimentées peuvent présenter des phénomènes d'eutrophisation, voire de toxicité due à la décomposition de matière organique.



Cas particuliers : canaux + barrage

Canaux et marais → logique physico-chimique O_2 , $T^\circ C$ (ex : compensation de l'évaporation + renouvellement du volume d'eau –cf. DMB Vie-Jaunay)



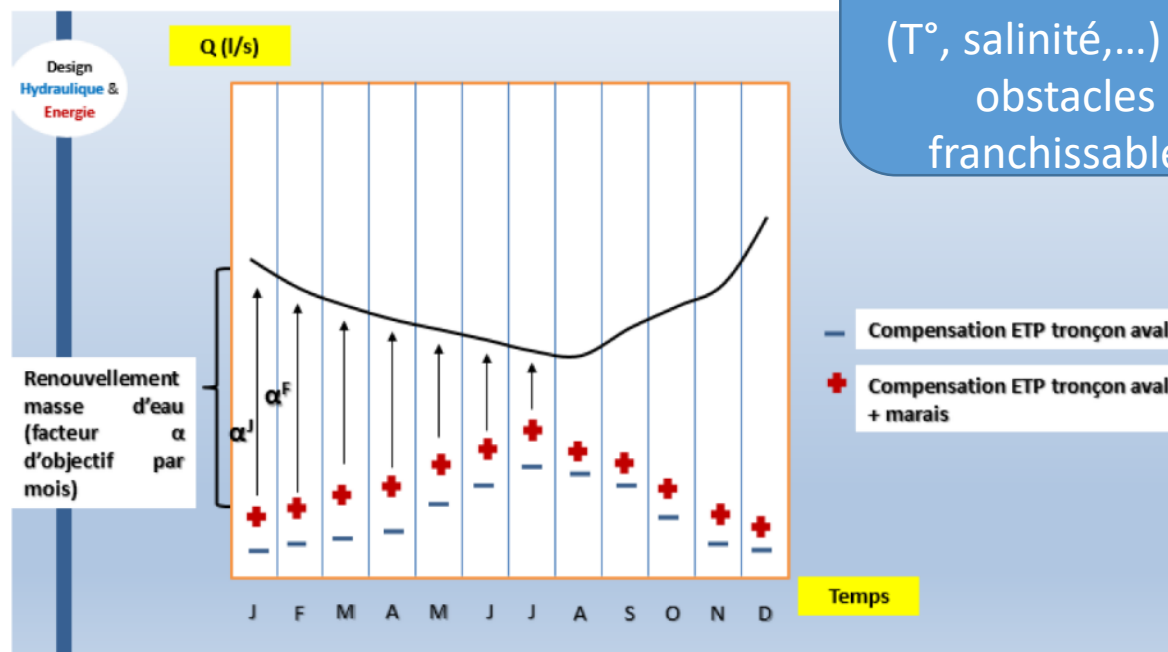
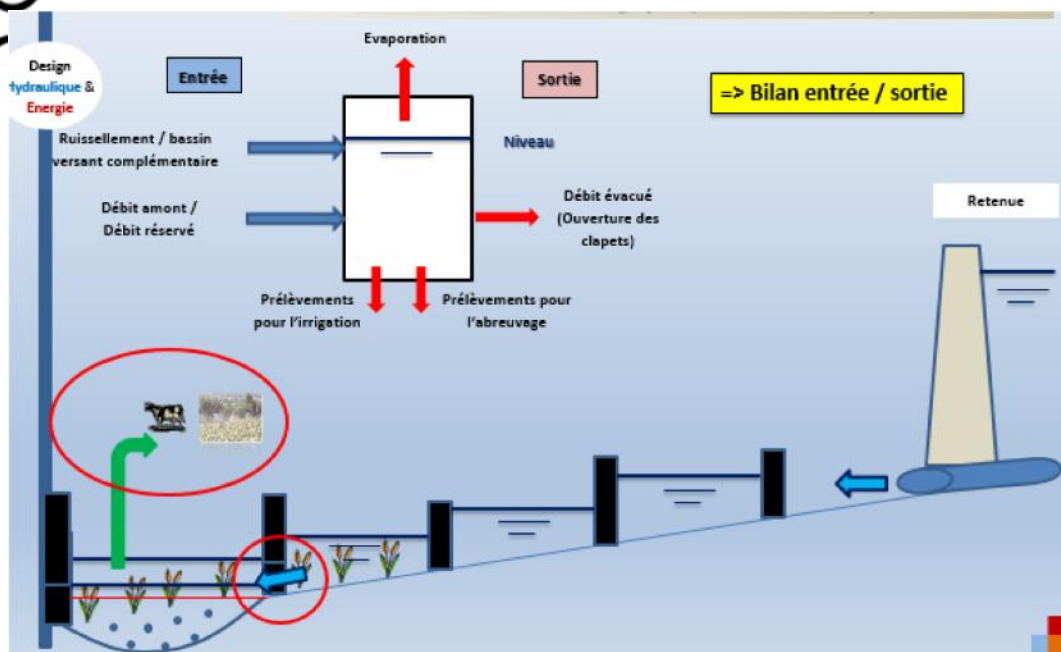
Scénario minimum = évaluer les débits nécessaires pour compenser l'évaporation (par tronçon d'amont en aval / et sur la zone de marais).

Scénario « marais » = évaluer l'eau nécessaire pour renouveler l'eau des tronçons et des marais (pourcentage à fixer / nécessité de connaître les volumes d'eau).

Cas particuliers : canaux + barrage

Canaux et marais → logique physico-chimique O_2 , $T^\circ C$ (ex : compensation de l'évaporation + renouvellement du volume d'eau –cf. DMB Vie-Jaunay)

Importance de la connectivité avec des zones refuges (T° , salinité,...) → obstacles franchissables



Scénario minimum = évaluer les débits nécessaires pour compenser l'évaporation (par tronçon d'amont en aval / et sur la zone de marais).

Scénario « marais » = évaluer l'eau nécessaire pour renouveler l'eau des tronçons et des marais (pourcentage à fixer / nécessité de connaître les volumes d'eau).

Actualité : plateforme HABBY

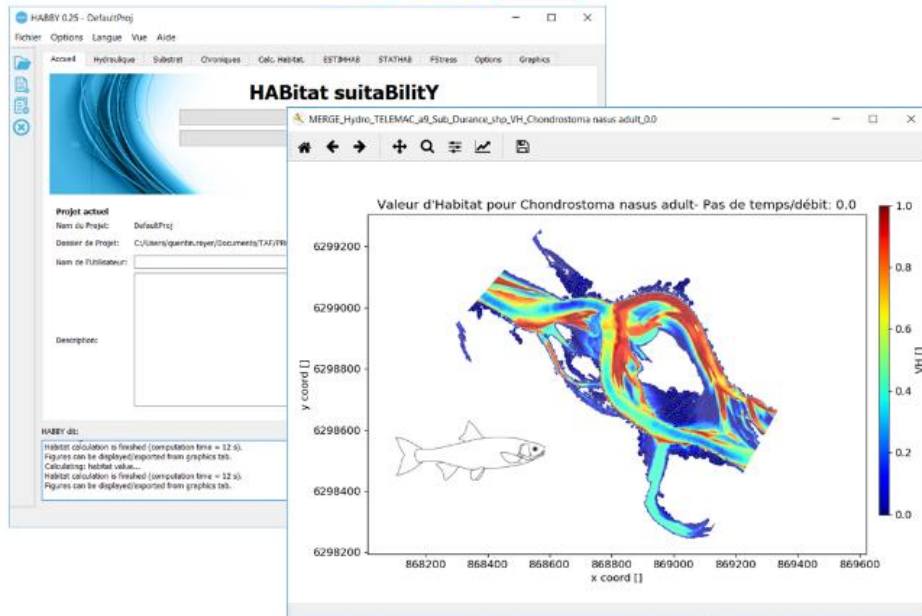
Plateforme de modélisation des habitats hydraulique
libre, modulaire et évolutive



HABBY



<https://github.com/Yannlrstea/habby>



Bibliothèque de
modèles de préférences
biologiques



INRAE



Compatibilité avec de nombreux modèles hydrauliques
Numerical (River 2D, Telemac, Mike, HECRAS, Rubar ...)
Statistical (stathab, estimhab ...)

Actualité : prélèvements hors étiage



- ✓ Une des solutions pour palier au manque d'eau en période d'étiage pour différents usages = **prélever** à une autre période et **stocker**.
- ✓ **Beaucoup de connaissances** sur l'importance écologique des moyens/forts débits, mais **pas de synthèse opérationnelle**.
- ✓ Action qui vise à :
 - Etablir une **synthèse bibliographique** des différents intérêts écologiques associés aux hautes eaux, précisant les échelles spatio-temporelles auxquelles ces processus ont lieu.
 - **Caractériser les volumes** de prélèvements nécessaires, évaluer les conséquences sur **différents régimes hydrologiques**, tester des scénarii sur la manière de réaliser ces prélèvements (Quelle quantité ? A quel moment ?).
 - Etudier la **mise en œuvre de mesures** pour encadrer ces prélèvements de manière à limiter les dégradations du milieu aquatique (ex : quelle transposabilité de certaines règles déjà appliquées ?)

