



DEBITS MINIMUMS BIOLOGIQUES ET MODELES D'HABITAT

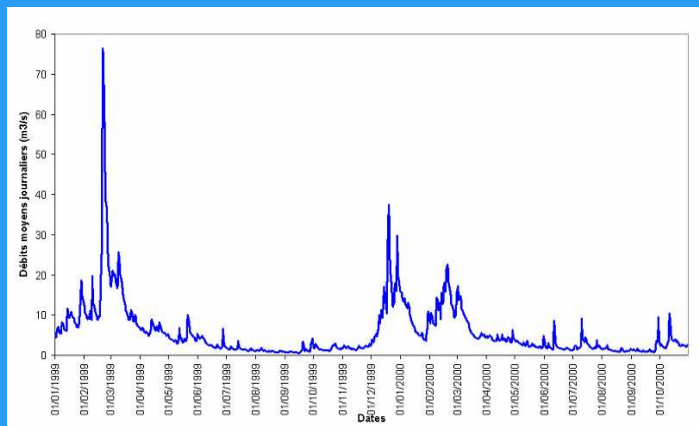
*Cadre général
Philippe BARAN*



Caractériser les écoulements

Il faut prendre en compte l'ensemble des écoulements dans le temps :

– Le régime hydrologique



Les variables clés du régime hydrologique

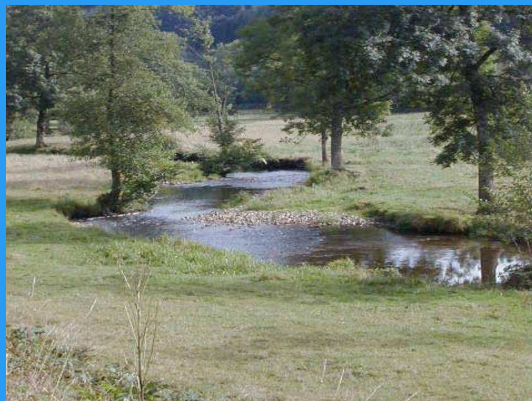
- **Cinq variables clés:**

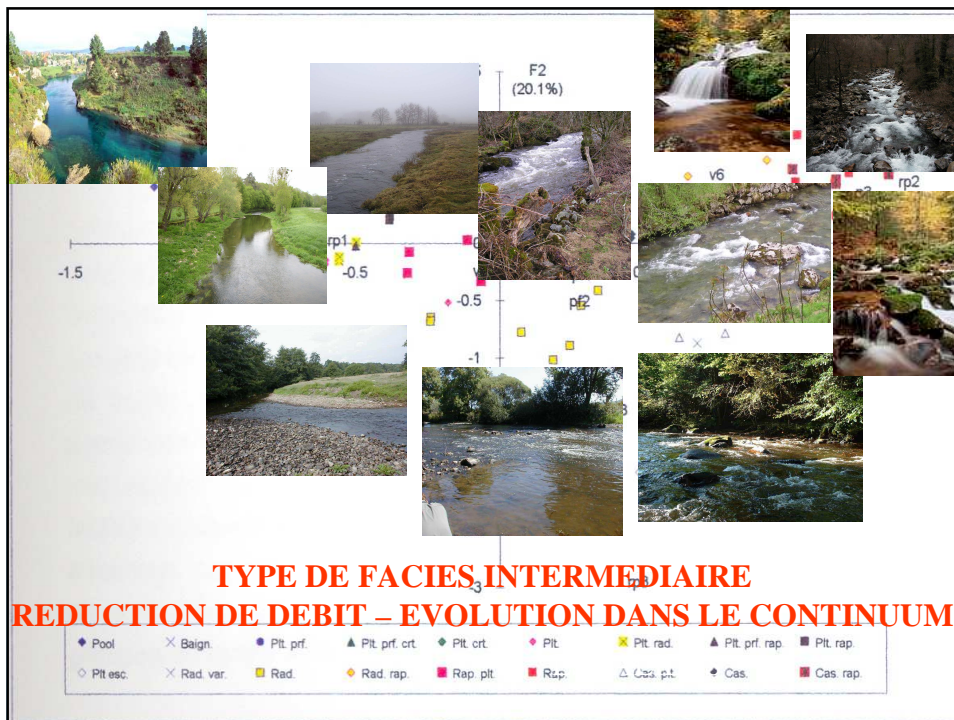
- **les valeurs de débit à un instant donné** qui s'expriment en volume d'eau écoulée par unité de temps avec une attention particulière pour les valeurs minimales et maximales,
- **les fréquences** auxquelles certaines valeurs de débits particulières sont observées. Pour les crues et les étiages, on parle souvent de période de retour pour une valeur donnée (annuelle, quinquennale, décennale, centennale),
- **les durées de certaines valeurs de débits** qui correspondent aux périodes durant lesquelles le débit dépasse ou est inférieur à une valeur seuil donnée,
- **la prévisibilité des événements** qui correspond à la régularité avec laquelle certains épisodes hydrologiques reviennent. Par exemple, pour certains régimes de débit, la crue annuelle sera observée pratiquement toujours à la même période alors que pour d'autres, cette crue pourra se dérouler tout autant au printemps qu'à l'automne,
- **la stabilité** qui marque les vitesses de changements de débits sur une courte période.

Hydraulique et morphologie

📁 **Il faut projeter les conditions hydrauliques en situation de débit minimum dans un cadre morphologie**

SUCESSIONS DE FACIES D'ECOULEMENT





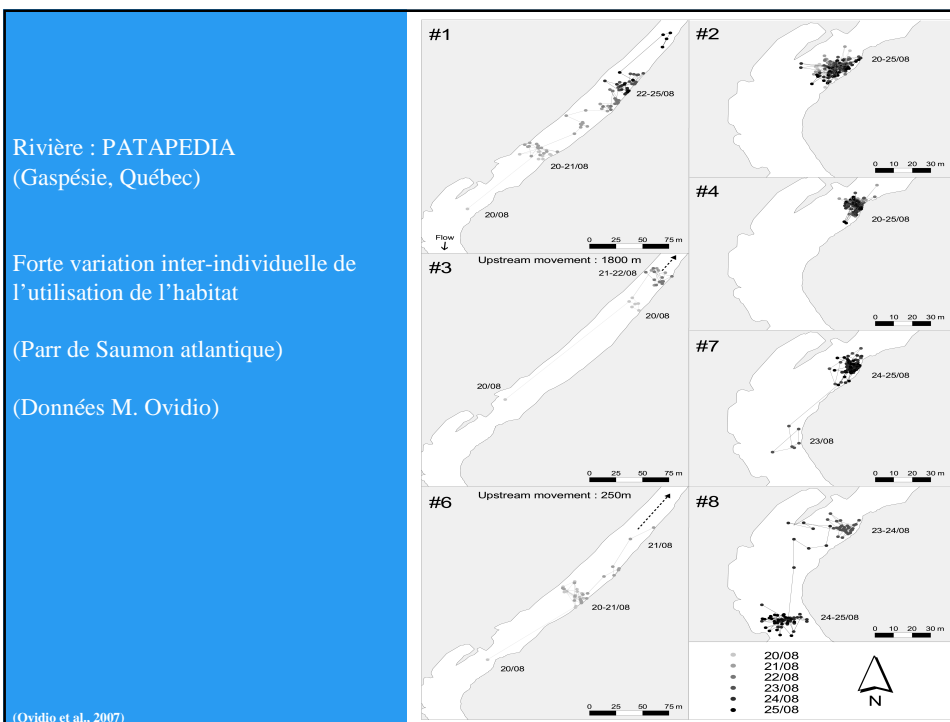
L'HABITAT - généralités

- * c'est « l'endroit où on habite »
- * son utilisation est fonction :
 - de l'espèce
 - du stade de développement
 - de la taille
 - de la fonction vitale réalisée (alimentation, repos, reproduction)

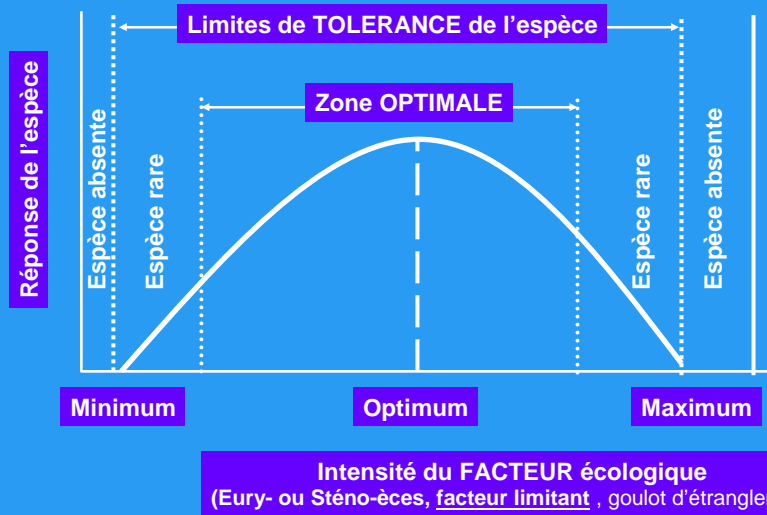
La sélection de l'habitat :

c'est un processus *hiérarchique impliquant une série de décisions comportementales, apprises ou innées, prises par un animal concernant son utilisation de l'habitat à différentes échelles spatiales de l'environnement*

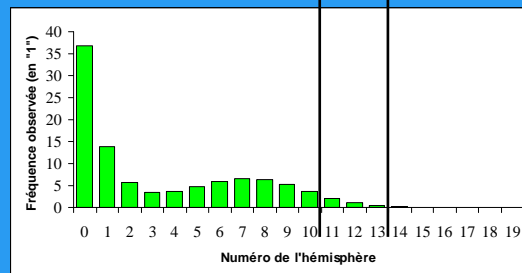
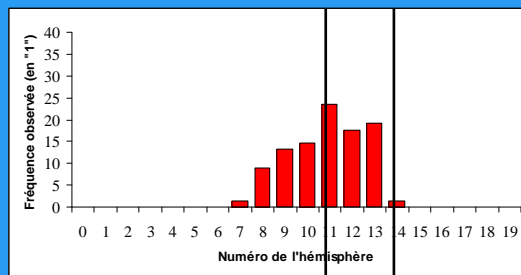
(Hall *et al.* 1997)

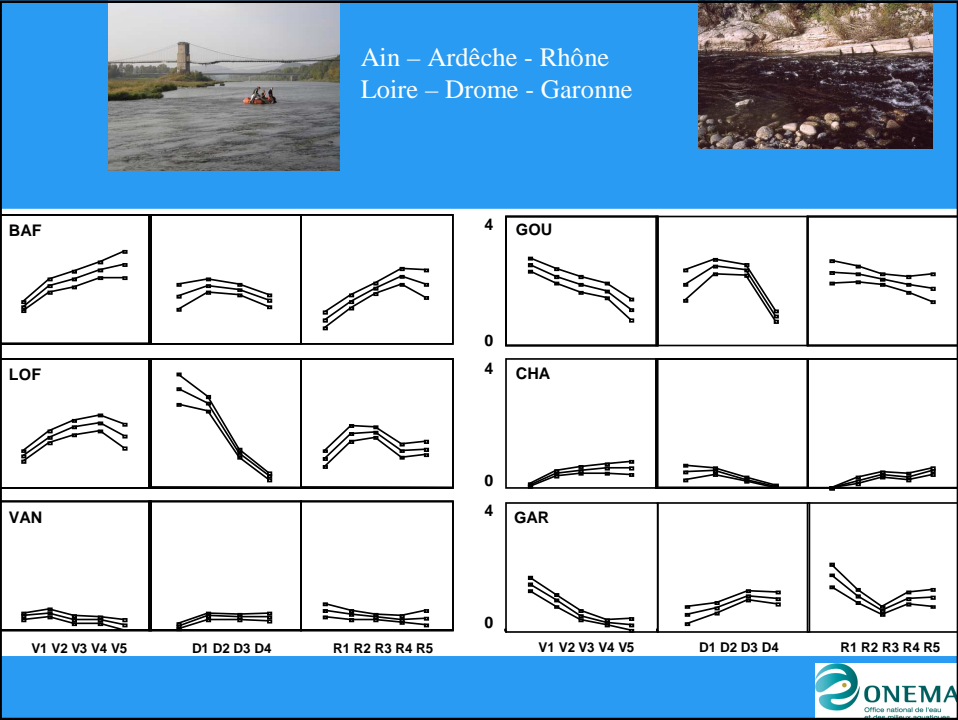
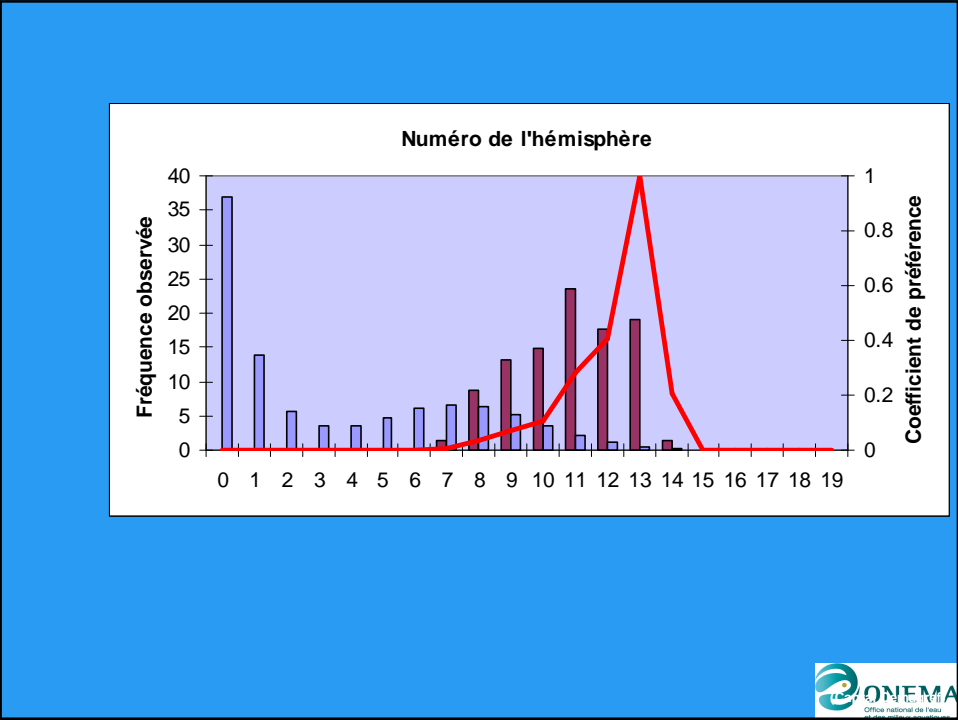


Principe de la loi de TOLERANCE (Shelford, 1911)

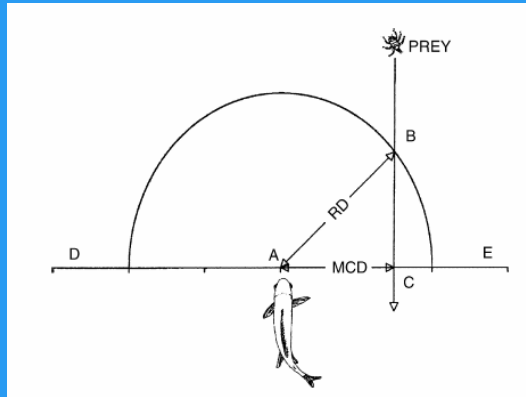


Préférence et disponibilité





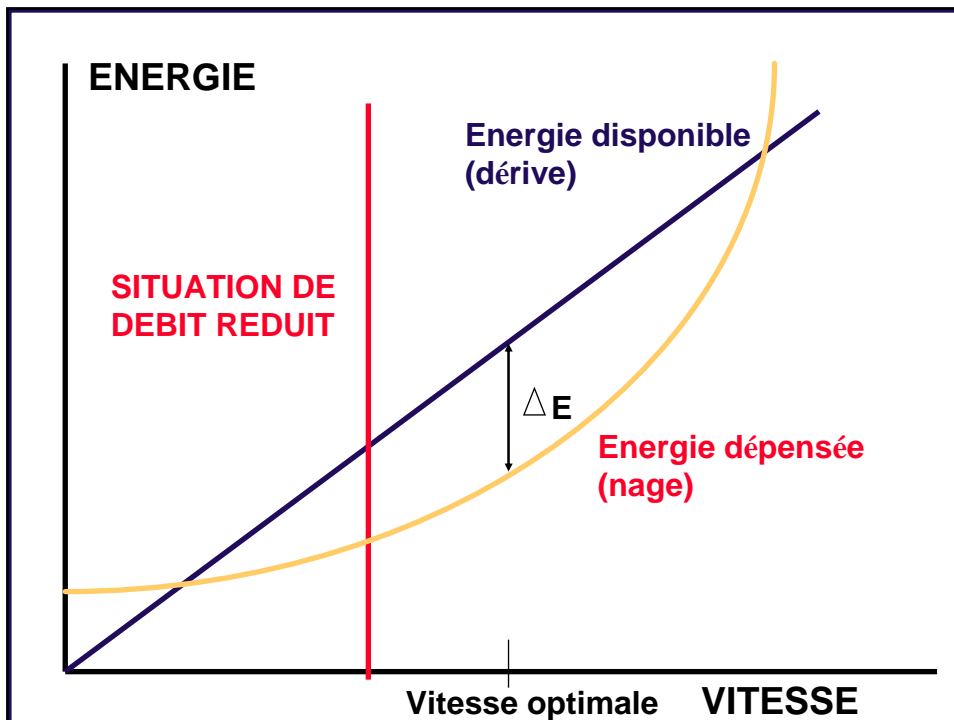
Utilisation d'un environnement hydraulique



Géométrie d'interception d'une proie (« foraging model »).
 MCD = distance latérale max. de capture
 RD = distance de réaction
 V = vitesse du courant
 Vmax = vitesse de nage statique max.

$$MCD = \sqrt{(RD^2 - (V \cdot RD / V_{max})^2)}$$

Hughes et al., 2003



Courbes et préférence et « survie »

Les courbes de préférence vis-à-vis des paramètres hydrauliques ne sont pas des courbes de survie.

MODIFICATIONS HYDRAULIQUES



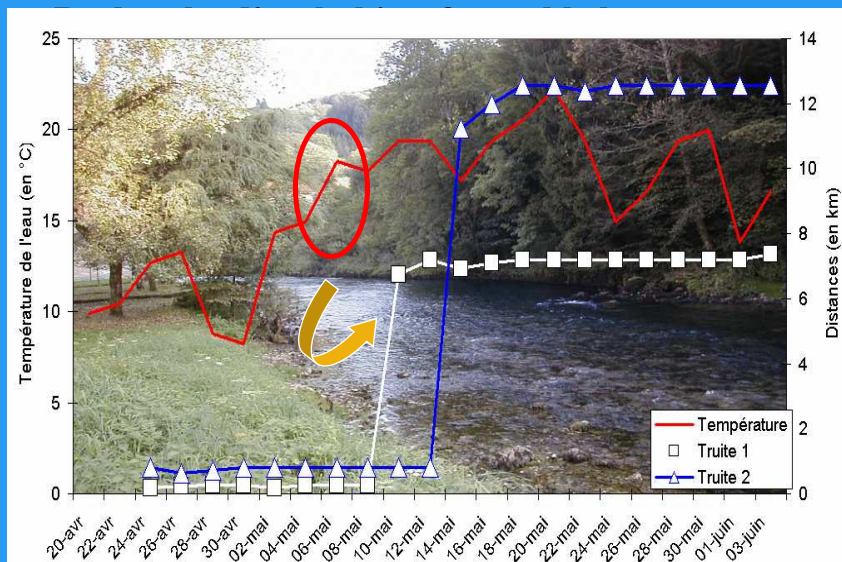
« Réponses » physiologiques individuelles



« Réponses » populations



Migrations saisonnières



Meyers L., Thuemler T.F., Kornely G., 1992. Seasonal movements of brown trout in Northeast Wisconsin. *North. Am. Jour. Fish. Managt.* 12 : 433-441.

Relations existantes - indirectes

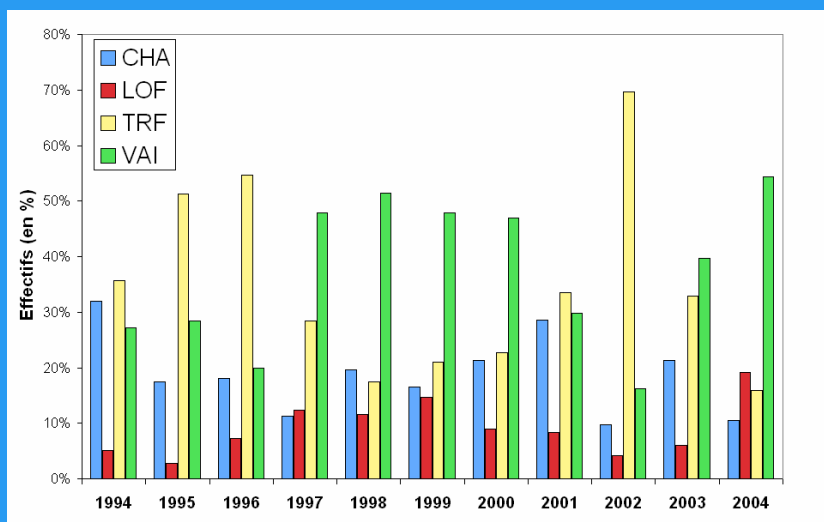


Structure peuplement

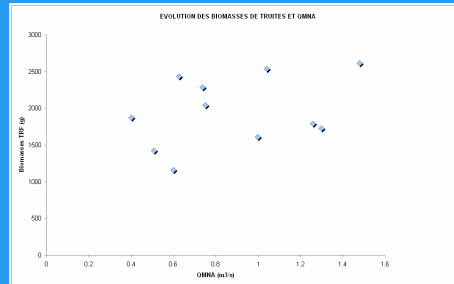
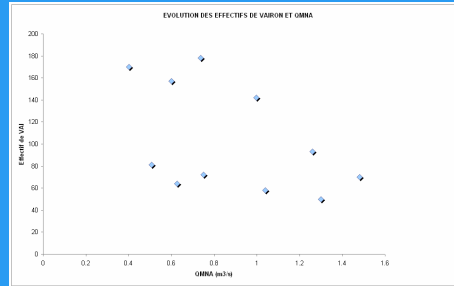
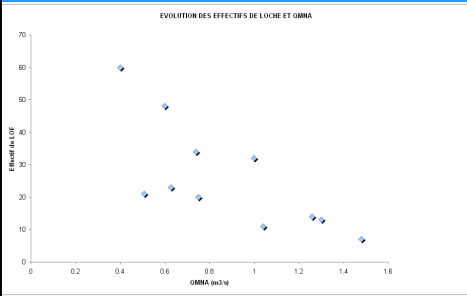


Hydrologie et structure de peuplements

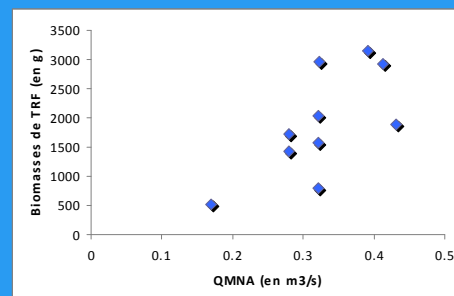
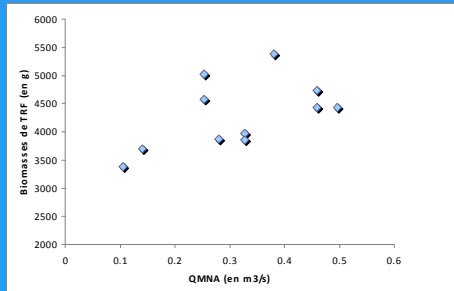
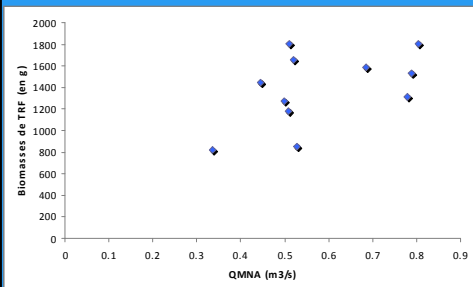
Station Réseau (23)



Relation à l'hydrologie d'été

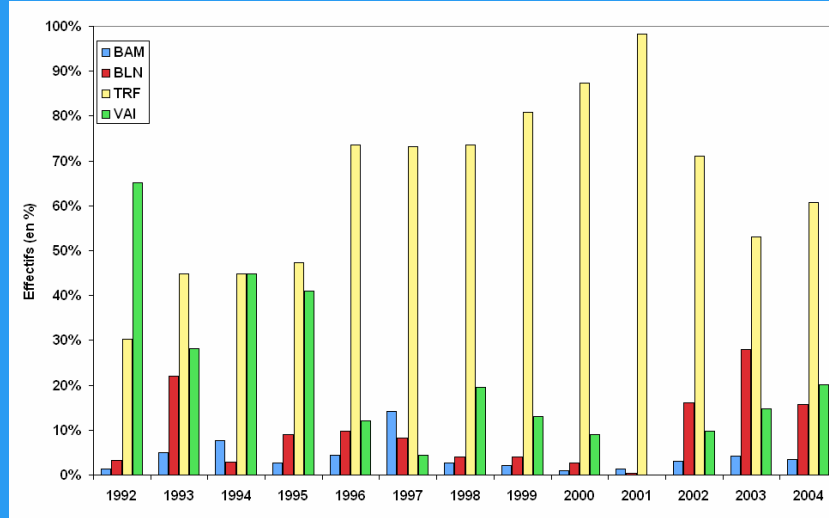


Hydrologie et abondances

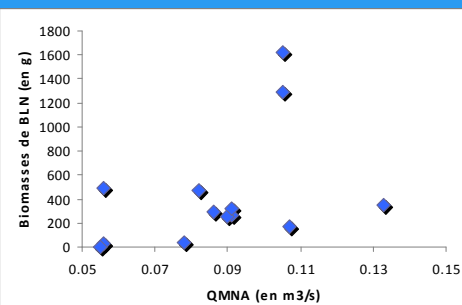
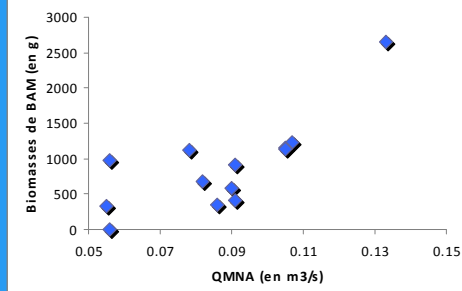
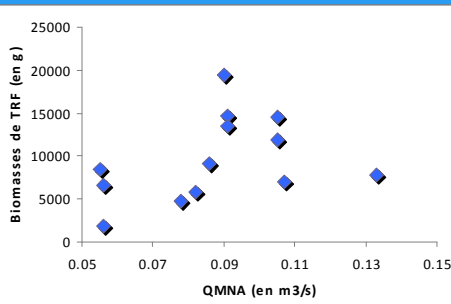


Hydrologie et structure de peuplements

Station Réseau (83)

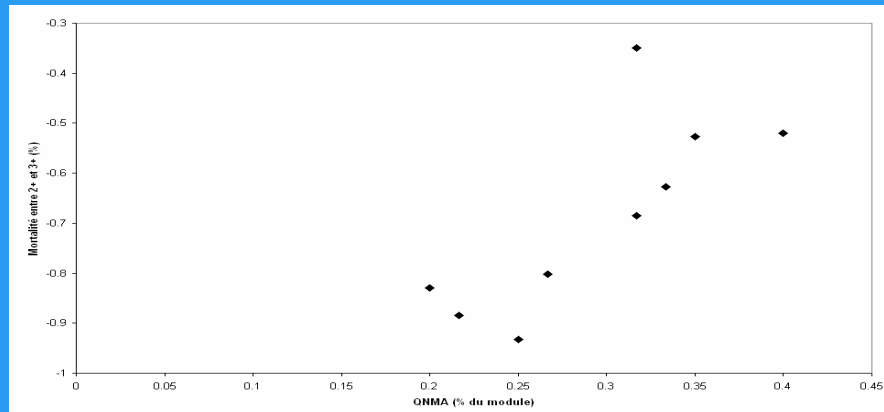


Relation à l'hydrologie d'été



Hydrologie et population piscicole

- ☞ Rôle étiages : relation mortalité 2+/3+ et valeur du QMNA
- ☞ Gamme de variation : de 20 à 33% du module
- ☞ Passage de 30 à 20% du module = augmentation d'un facteur 2 de la mortalité (50 à 90% de mortalité)

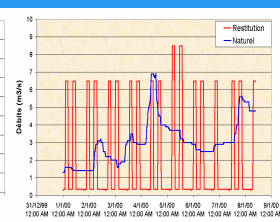
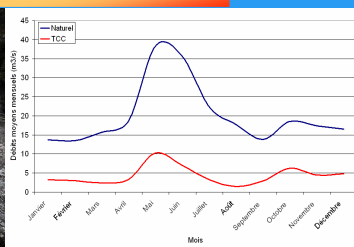
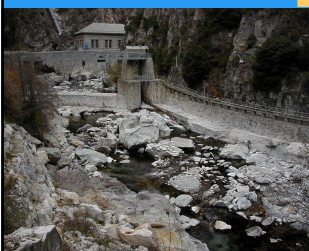


ONEMA
Office national de l'eau
et des côtes de mer

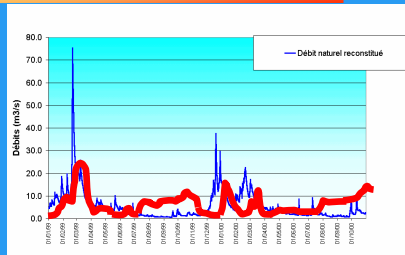
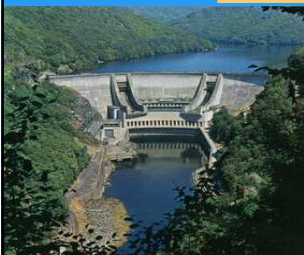
Impacts des perturbations hydrologiques

- ☞ Quels types de perturbations hydrologiques et de situations avec un débit réservé :

Dérivation



Ecrêtage crue/soutien étiage



ONEMA
Office national de l'eau
et des côtes de mer

Incidences sur le régime hydrologique

☐ Modifications de tous les paramètres du régime

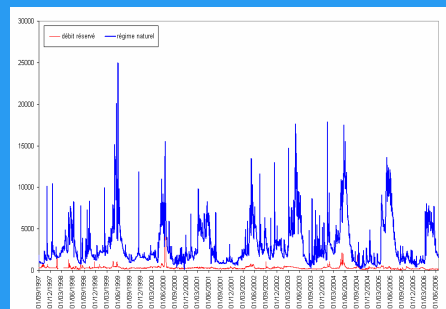
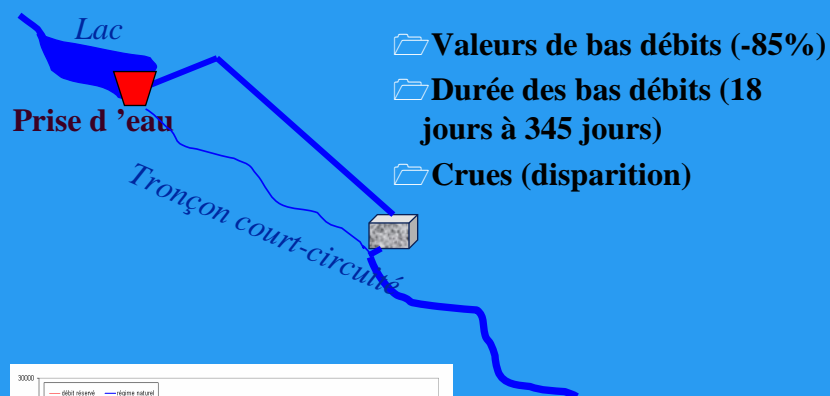
- Valeur des bas débits
- Durée des bas débits
- Stabilité et amplitude des variations
- Prévisibilité des évènements

☐ Modifications vont dépendre de plusieurs facteurs :

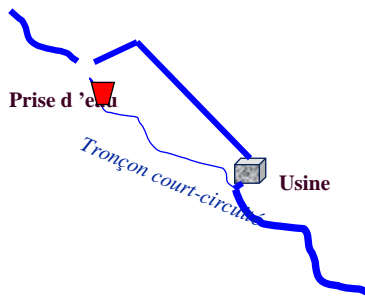
- Capacité de stockage en amont,
- Type de restitution (éclusee)
- Débit d'équipement.



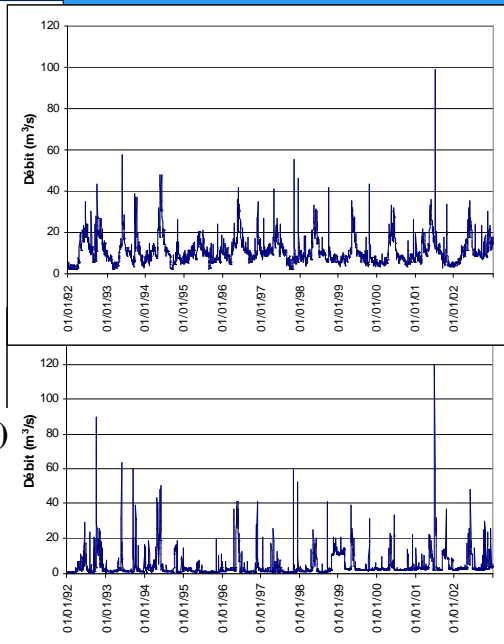
Cas d'un grand volume de stockage amont



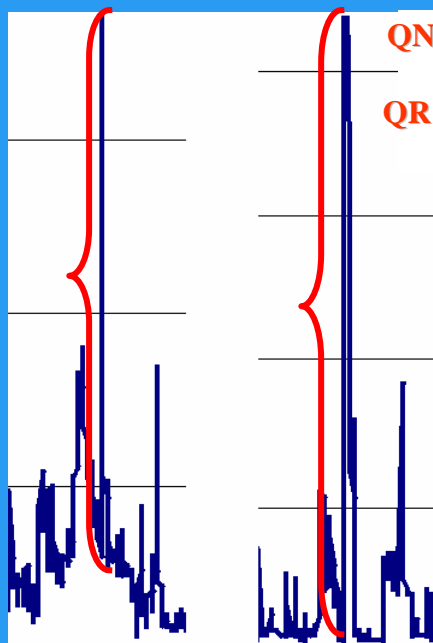
Perturbations des régimes hydrologiques



Valeurs de bas débits (- 84%)
Durée des bas débits (22 jours à 107 jours)
Crues (2 fois le module) (23/10 ans à 9/10 ans)



Rapport Q_{min}/Q_{max}



**QN = passage de 18 à 100 m³/s
 x 5.5)**
**QR = passage de 1,5 à 120 m³/s
 (x 80)**

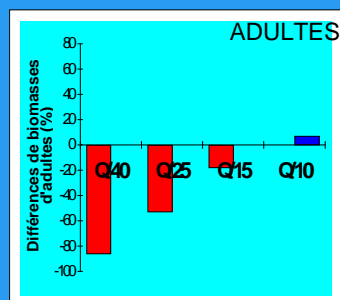
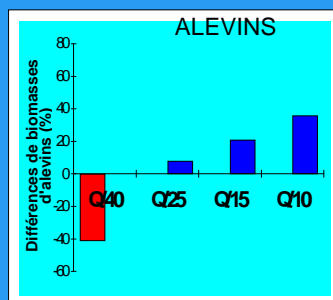
Incidences des réductions de débits

☞ Modifications importantes des cours d'eau

- Morphologie et hydraulique (perte surface mouillée),
- Biologiques (beaucoup d'études sur les poissons).

Incidences de la réduction des débits

☞ Comparaison de situations « naturelles » et influencées : rivières de montagne à truite.



Incidences de la réduction des débits

☞ Suivi d'un même secteur après installation d'une prise d'eau et mise en débit réservé (Ovidio *et al.*, 2008).

– 500 l/s à 220 l/s (durée 86 à 128 jours/an),

– -76% pour l'ombre commun

– -48% pour la truite

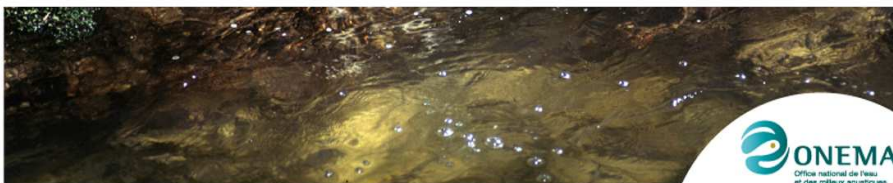
☞ Suivi République Tchèque (Muzik 1995).

– -50% pour la truite commune



Méthodes d'aide à la détermination des valeurs de débit réservés

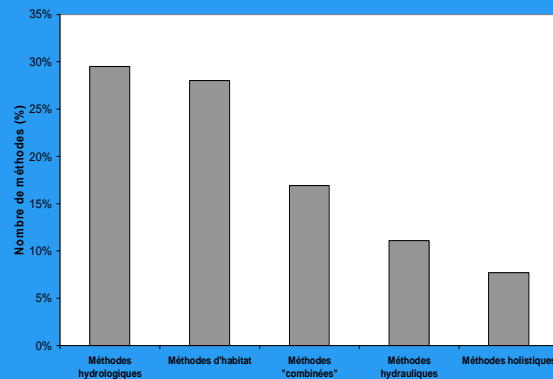
Philippe BARAN



Les méthodologies d'aide à la détermination de débit réservé

☞ Très abondante littérature scientifique sur le sujet.

☞ 207 méthodes (Tharme 2003).



Méthodes hydrologiques

☞ Analyse du cycle hydrologique naturel et plus particulièrement les valeurs caractéristiques des conditions d'étiage.

☞ Postulat :

- rôle clé de l'hydrologie et plus particulièrement des bas débits dans le fonctionnement des cours d'eau
- nécessité de maintenir un certain niveau de débit proportionnel à la situation naturelle afin de garantir un niveau minimum de perturbations

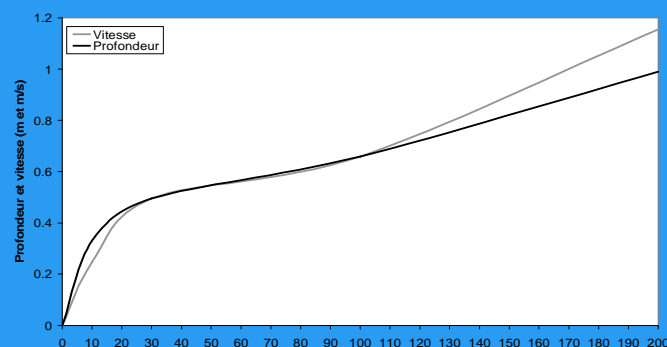
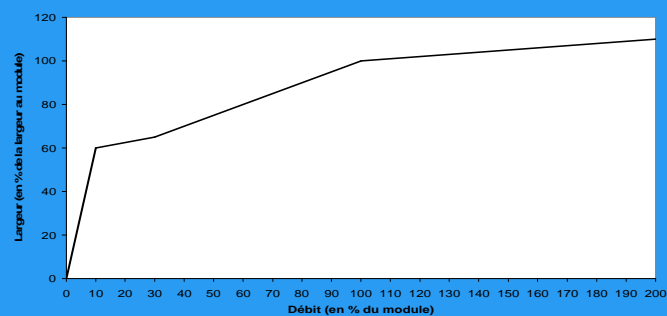
☞ 25 à 50% des utilisations

Le cas de la méthode Tennant (méthode du Montana)

- Etude de Tennant (1975, 1976) : 58 stations appartenant à 11 cours d'eau du Montana, du Nebraska et du Wyoming.
- Croisement d'informations concernant la largeur, les profondeurs, les vitesses, la morphologie du chenal, les poissons et leurs possibilités de migration, les invertébrés et l'aspect « esthétique » avec la valeur de bas débit (en % du module)
- Tennant a relié l'évolution des différents paramètres au débit ainsi qu'une estimation globale de qualité de l'habitat des poissons



Méthode Tennant



Méthode Tennant

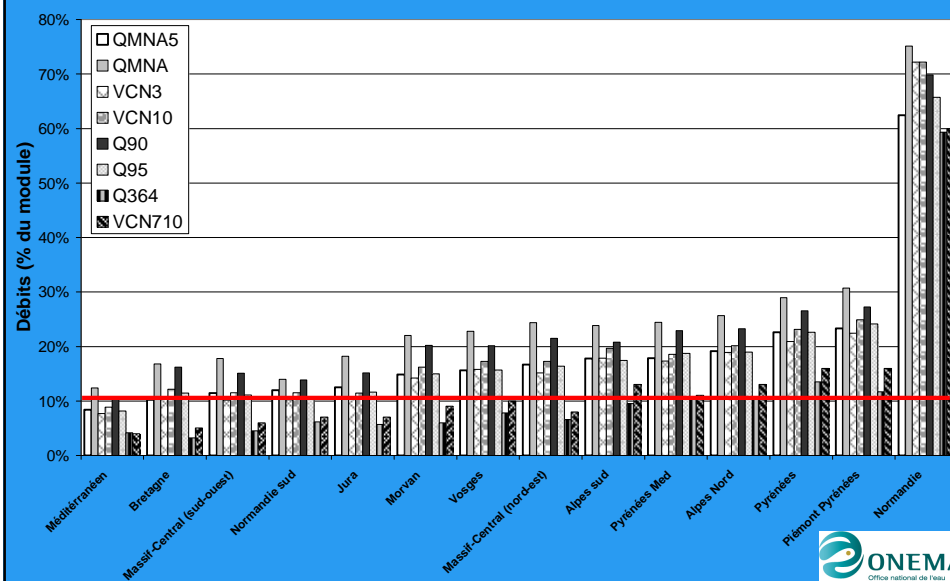
Situation des habitats piscicoles [Ⓢ]	Recommandations de débits (% du module) [¶] de octobre – mars [Ⓢ]	Recommandations de débits (% du module) [¶] de avril – septembre [Ⓢ]
Maximum [Ⓢ]	200% [Ⓢ]	200% [Ⓢ]
Optimum [Ⓢ]	60 – 100% [Ⓢ]	60 – 100% [Ⓢ]
[Ⓢ]	40% [Ⓢ]	60% [Ⓢ]
Excellent [Ⓢ]	30% [Ⓢ]	50% [Ⓢ]
Bon [Ⓢ]	20% [Ⓢ]	40% [Ⓢ]
Dégradé [Ⓢ]	10% [Ⓢ]	30% [Ⓢ]
Minimum [Ⓢ]	10% [Ⓢ]	10% [Ⓢ]
Très dégradé [Ⓢ]	0-10% [Ⓢ]	0-10% [Ⓢ]

Recommandations de débit (en % du module) formulées par Tennant après analyse des relations entre l'habitat des poissons et le débit sur 58 stations de 11 cours d'eau des USA.[¶]



Applications

74 stations en France



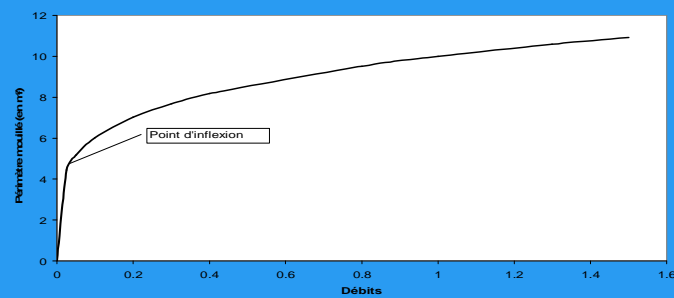
Méthodes hydrauliques

☐ Etude des variations des paramètres hydrauliques et des surfaces en eau en fonction de la valeur de débit.

☐ Postulat :

- une réduction significative de certains paramètres et notamment des surfaces mouillées peut avoir des incidences fortes sur les communautés biologiques notamment par l'intermédiaire d'une perte des surfaces de production de nourriture (périphyton, invertébrés) que sont les substrats du fond (White, 1976).

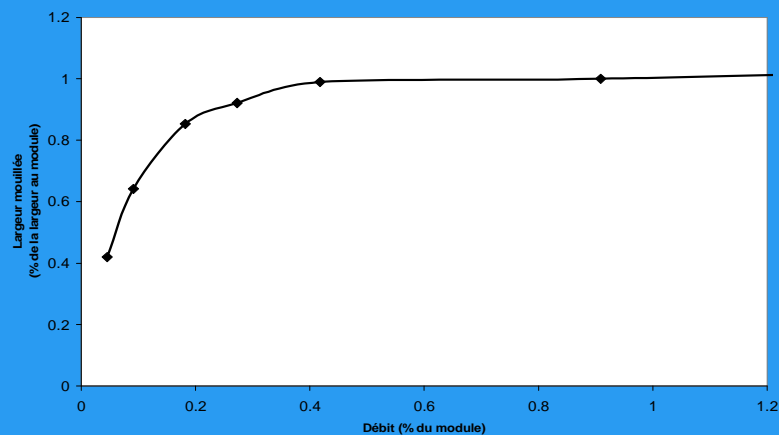
☐ Valeur de débit minimum = seuil à partir duquel les caractéristiques hydrauliques (surtout les profondeurs) et les surfaces en eau diminuent très significativement.



Applications

☐ Cours d'eau de basse et moyenne montagne :

- Points d'inflexion de la courbe : 18 à 20% du module



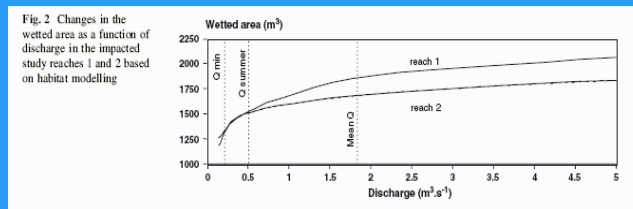
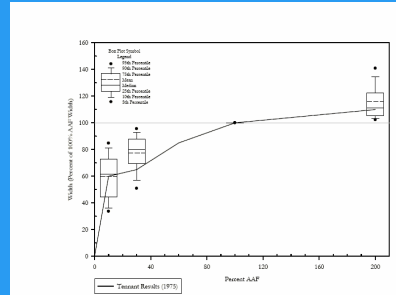
Applications

Tests USA :

- 16.7% du module (de 10 à 35% selon la morphologie du cours d'eau)

Belgique

- 18-20% du module



Méthodes d'habitat

Développement à partir des années 1970 au USA et 1980 en France. 30% des méthodes disponibles. La plus connue d'entre elle en France est la méthode des microhabitats (Instream Flow Incremental Methodology (IFIM) aux USA).

Le principe

- la relation entre les organismes aquatiques et les conditions hydrauliques avec préférences marquées pour les conditions hydrauliques (vitesse et hauteur d'eau) ainsi souvent que pour les substrats,
- modifications des conditions hydrauliques en fonction des valeurs de débits = impact sur les organismes aquatiques dans leur distribution, leur comportement et leur croissance,

Connaissance évolution des conditions hydrauliques dans un tronçon de cours d'eau en fonction du débit et préférences des espèces présentes = relation entre un potentiel d'accueil pour les espèces et la valeur de débit et ainsi d'effectuer un choix.



Outils

☞ PHABSIM aux USA

☞ EVHA

☞ ESTIMHAB

☞ LAMMI (EDF)



La méthode des microhabitats

Couplage avec un modèle hydraulique :

➤ Calcul de l'évolution des profondeurs et vitesses en fonction du débit.

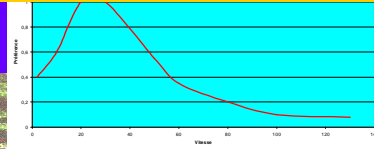
➤ SIMULATION DE LA CAPACITE D'ACCUEIL EN FONCTION DU DEBIT.

QUALITE

MITATS

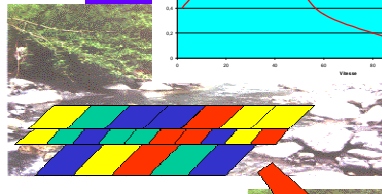


X



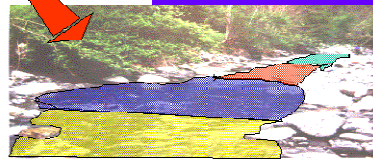
ETAPE 2

Modèle biologique des microhabitats = qualité des habitats par cellule homogène



ETAPE 3

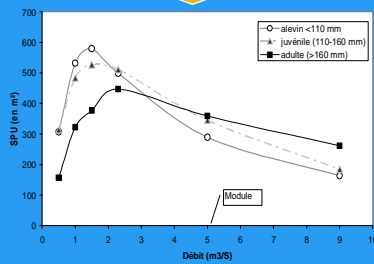
Intégration à l'échelle des faciès d'écoulement
SURFACE PONDEREE UTILE (SPU) (m²)
Moyenne des SPU par type de faciès d'écoulement



Le cas d'Estimhab

Modèle de la relation Surface Habitat = f(Q) fourni par EVHA

Débit médian
Largeur, Hauteur, Substrat
Nbre Reynolds (VxH); Nbre de Froude (V/H);



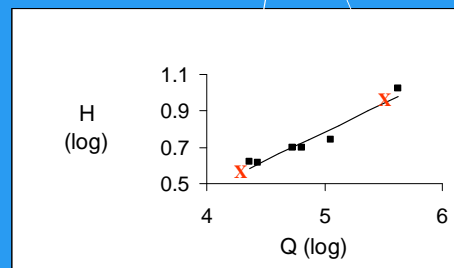
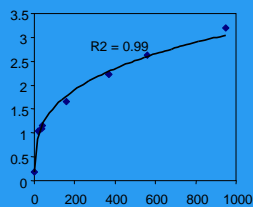
Géométrie Hydraulique d'un tronçon de cours d'eau

=

évolution de la hauteur d'eau moyenne H
Et de la largeur moyenne L
Avec le débit Q

$$H = aQ^b$$

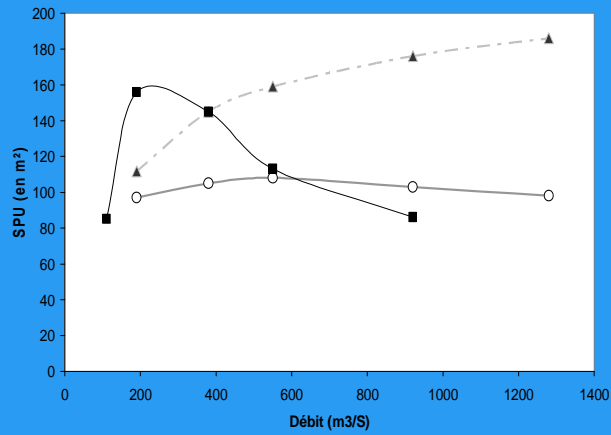
$$H = 0.4 Q^{0.30}$$



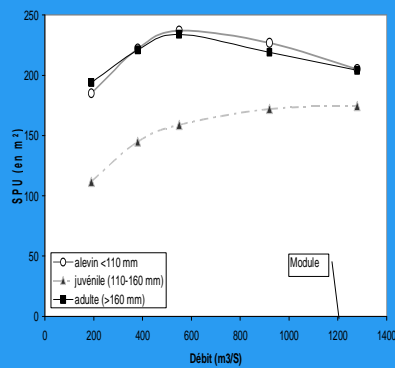
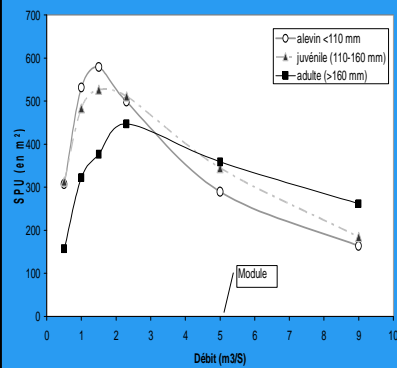
Applications

3 grands types de réponses caractéristiques

- Optimum marqué
- Progression constante
- Absence de sensibilité

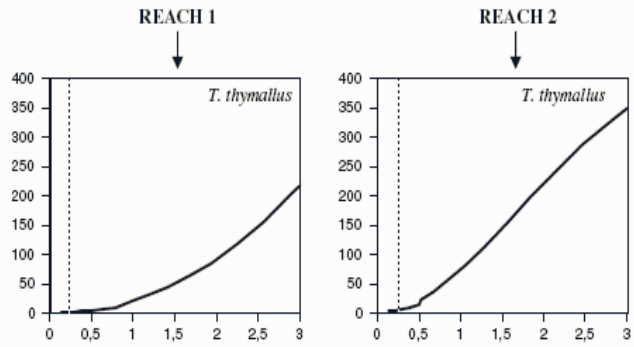


Applications



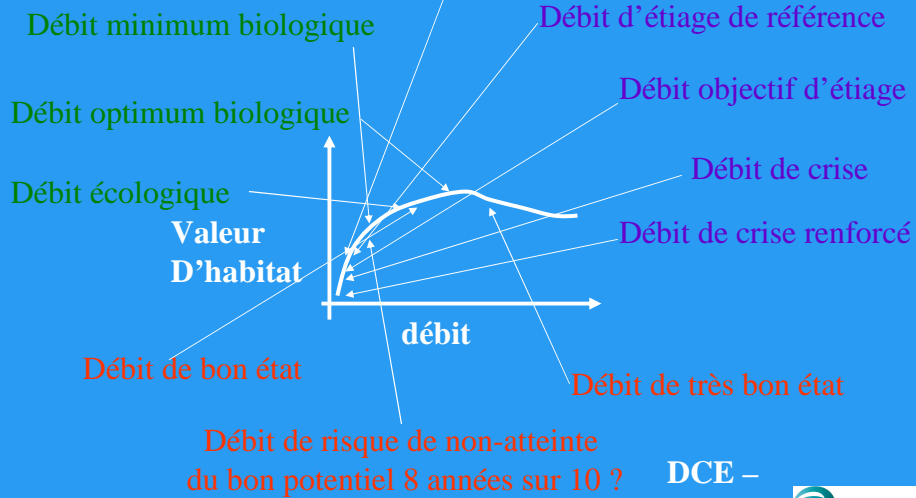
Applications

Fig. 3 Changes in the WUA as a function of discharge in the impacted study reaches 1 and 2 based on habitat modelling. The dotted line represents the minimum flow



Démystifier l'existence de « chiffres magiques »

Débits « légaux » - ouvrages
Débit réservé - 2014

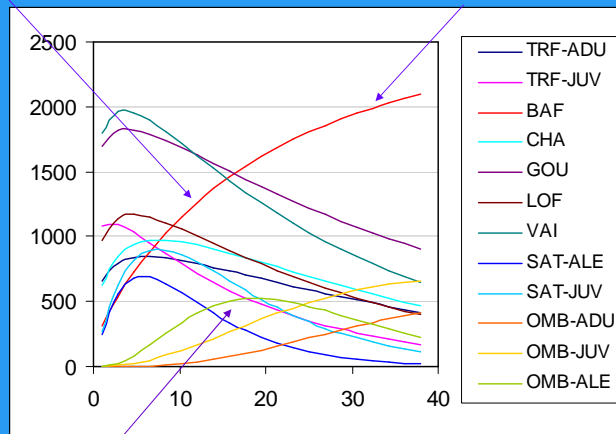


Démystifier l'utilisation systématique de « repères »

même s'ils viennent en partie « du cemagref » ... ex : les 80% de la SPU max

Pas de « points d'inflexion »

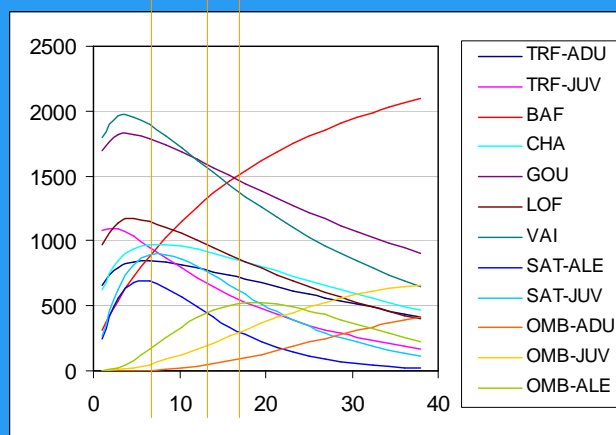
Pas toujours « d'optimum » technique



Des « optimum » techniques bien au dessus du naturel



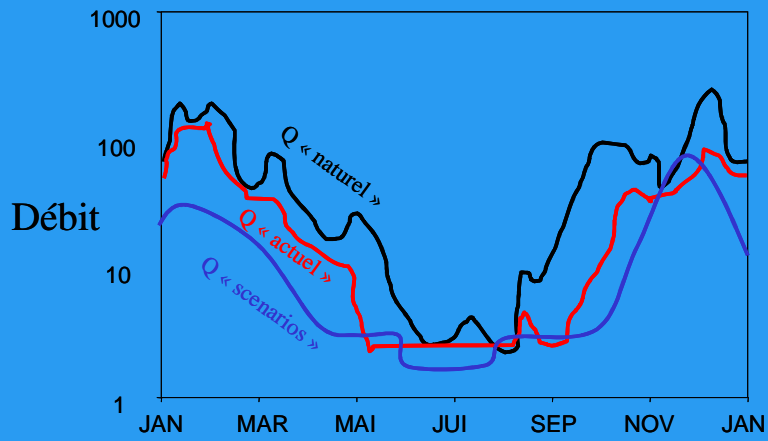
Aller vers des comparaisons de scénarios



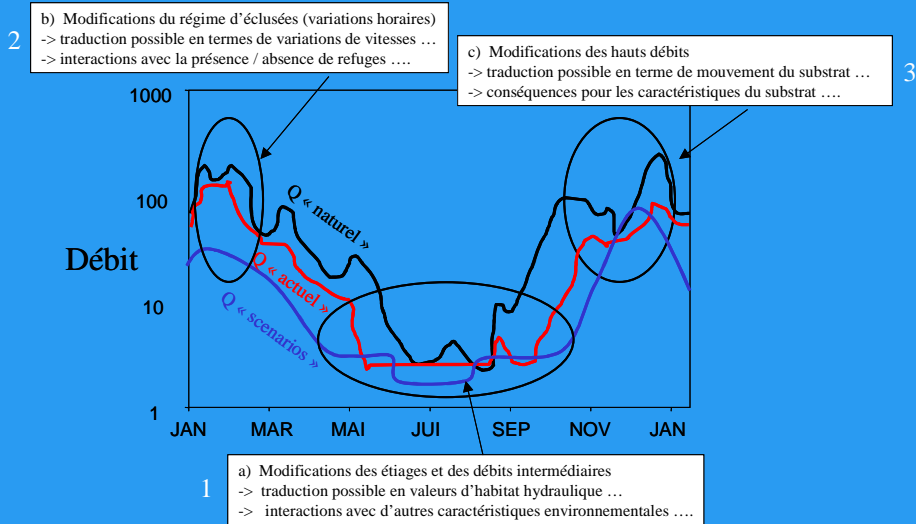
**n'impliquant pas que l'habitat hydraulique
impliquant des valeurs / durées, fréquence etc ...**



1 / 4 Que connaît-on du contexte hydrologique ?



3 / 4 Quelles caractéristiques hydrologiques sont importantes pour les peuplements ?

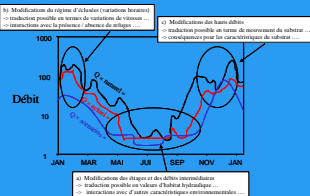


Fait intervenir le contexte : cycles de vie ... historique ... hiérarchisation des qu...

Fait intervenir les durées, fréquences, timing



4 / 4 Chiffrage de scénario de débits pour une décision multi-critères



Critères hiérarchisés	Naturel	Actuel	Scénario 1	Scénario 2
valeur habitat CHA (Q min mensuel, été)		-15%	-12%	-16%
valeur habitat BAF (Q min mensuel, été)		-60%	-20%	+20%
écart journalier vitesse (hiver)		+80 %	+50%	+100%
fréquence crue morphogènes (année)		-50%	-20%	-50%
Coût (année)			20 KE	50 KE



Guide pour le choix de la valeur

☞ Méthodes d'habitat réclament une démarche pour la définition de valeurs seuils :

- Espèces cibles
- Stade de développement pénalisé ou non
- Niveau de risque en terme de perte de potentiel d'habitat.



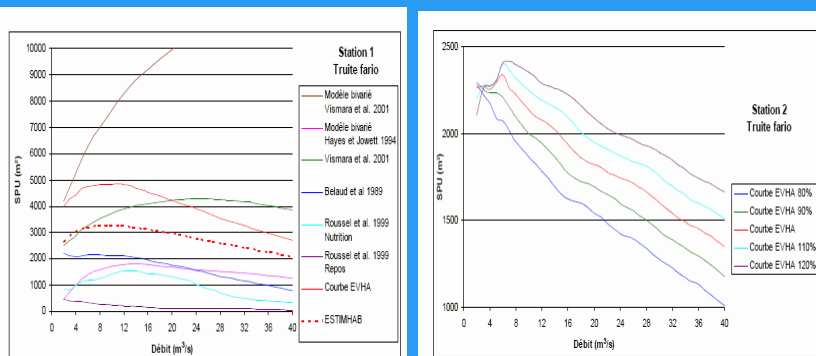
Limites des méthodes

Habitat

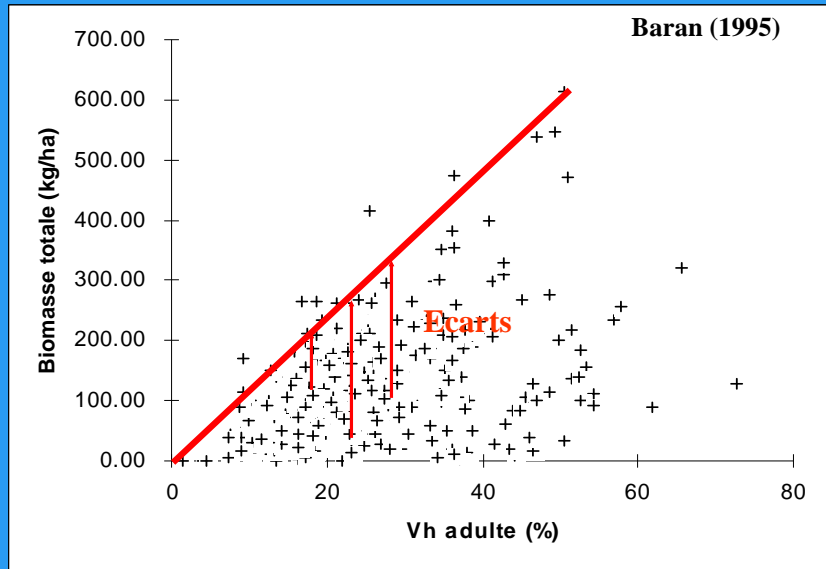
- Validité biologique des préférences
- Validité des modélisations hydrauliques
- Sensibilité des méthodes
- Signification écologique du potentiel d'habitat



Sensibilité de la méthode

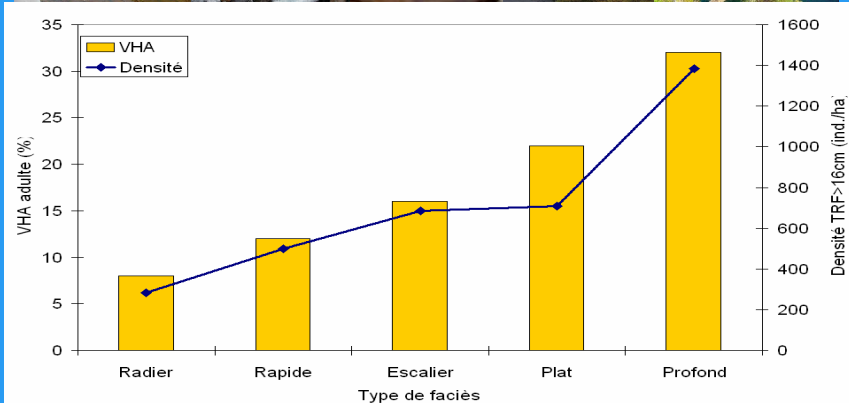
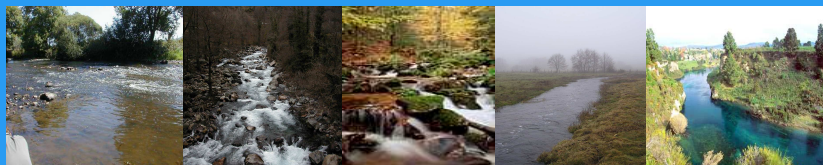


Relation SPU/Biomasse



Relation SPU/densité

Hiérarchie de faciès – hiérarchie VHA – hiérarchie biomasse TRF adulte



Signification écologique

Surface favorable représente 2 composantes



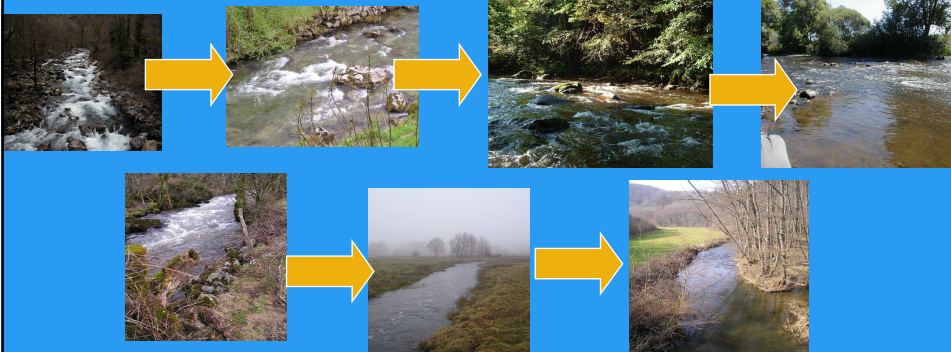
Hydraulique

Morphologique



Changements hydrauliques dans une morphologie donnée

Gradient évolution de l'hydraulique dans une morphologie donnée et pas évaluation du changement de morphologie



Préconisations

📁 Rôle du débit minimum

- Hydrologique (limitation des amplitudes et gradients de variations (cas des éclusées))
- Fonctionnement morphodynamique (associé à des débits de crues (transport sédimentaire)),
- Habitat : garantir une qualité d'habitat compatible avec les exigences des espèces,
- Libre circulation des espèces,
- Garantie de qualité des eaux
- Autres usages



Préconisations

📁 1) Toute approche sur la définition de valeurs de débits réservés doit s'appuyer sur une bonne connaissance de l'hydrologie

- Valeurs caractéristiques
- Débits classés

📁 2) Les propositions doivent faire référence à des valeurs caractéristiques de l'hydrologie naturelle

📁 3) Le couplage des 3 types de méthodologies est indispensable. Une seule méthode n'est pas satisfaisante

📁 4) C'est la comparaison des résultats des différentes méthodes qui fournit des éclairages.



Préconisations

5) Avoir des objectifs vis-à-vis du débit minimum et connaître son rôle vis-à-vis de l'ensemble des perturbations hydrologiques

- Q_{min} n'a pas le même rôle dans un secteur à éclusée que dans un tronçon dérivé,

6) Débit réservé peut jouer également un rôle :

- Dilution de pollutions,
- Circulation des espèces
 - tirant d'eau en radier,
 - attractivité par rapport à un débit concurrent,
 - Fonctionnement des dispositifs de franchissement



Préconisations

7 Méthodes d'habitat

- Valider en amont les objectifs et les choix des espèces et stades de développement ciblés.
- Ne choisir que des espèces pour lesquelles l'hydraulique a une vraie signification biologique (recherche de nourriture, sites de pontes)
 - Salmonidés
 - Cyprinidés d'eaux vives
 - Chabot
- La reproduction qui est stade de développement important, ne peut être appréhendée par les modèles EVHA
 - Approche par surfaces favorables (Delacoste *et al.*, 1995)
- Les jeunes stades de développement ne sont beaucoup limités par la réduction des débits, ils ne peuvent pas constituer une cible écologique (hormis pour le saumon).



Préconisations

- ☞ **L'optimum d'habitat pour une espèce peut-il se trouver à des valeurs < 10% du module?**
 - Situation extrêmement rare en hydrologie naturelle
 - Rencontrée dans une hydrologie modifiée.
- ☞ **Tests effectués dans un tronçon à hydrologie modifiée**
 - Comportement du cours d'eau conforme au nouveau module (relation surface mouillée/débit notamment) et pas vis-à-vis de « l'ancienne » valeur
 - Si l'on suit alors les préconisations, on fixerait 10% du débit réservé actuel...et dans 40 ans...encore 10%
- ☞ **Grande prudence dans l'application sur des tronçons dérivés**
 - Nécessité d'avoir une station témoin avec une hydrologie non modifiée pour valider les résultats



Régimes réservés et modulation de débit réservé

- ☞ **Depuis 10 ans développement de méthodes qui préconisent non pas un débit minimum mais un régime de débit réservé**
- ☞ **Méthodes holistiques**
 - Elles intègrent l'ensemble des « besoins » de débit pour tous les compartiments
 - Morphologie
 - Transport solide
 - Végétation rivulaire
 - Plaine inondable
 - Organismes aquatiques
- ☞ **Créer de la variabilité hydrologique avec des alternances significatives (crues...).**



Régimes réservés et modulation de débit réservé

☞ Ceci n'a rien à voir avec les possibilité de modulations offertes dans la loi qui elles ne permettront pas d'assurer la fonctionnalité globale de l'écosystème.



Merci de votre attention

