

Indicateurs biologiques

Intervention organisée par l'ATBVB

Les indicateurs biologiques

Intervenants : Thibault Vigneron (OFB) et Yves-Marie Heno (OFB)

En partenariat avec l'Observatoire de l'environnement en Bretagne



Sommaire

Présentation des principes généraux de la bio-indication

- La bio-indication, pourquoi ?
- La bio-indication, comment ça marche ?
- Quels sont les indicateurs biologiques ?
- Quels outils pour quels objectifs ?
- De l'indice poisson au diagnostic écologique

Etudes de cas

La bio-indication, pourquoi ?

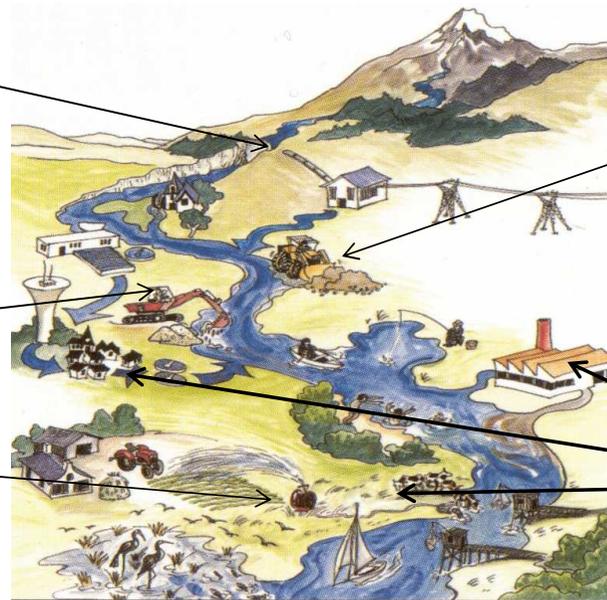
La bio-indication, pourquoi ?

Barrage hydro-électrique



Extraction de granulat

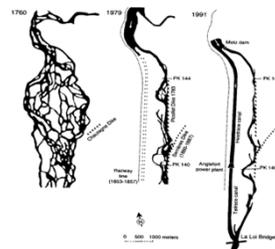
Prélèvements d'eau



Travaux



Pollutions



Endiguement

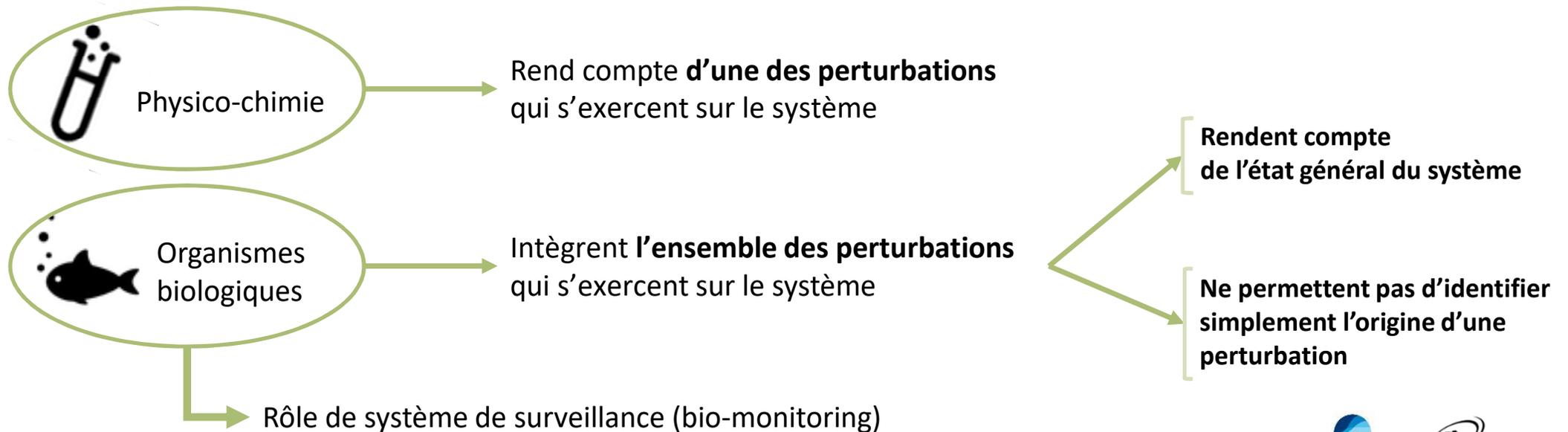


La bio-indication, pourquoi ?

Compte tenu

- de la multiplicité des perturbations,
- de la complexité des hydro-systèmes,
- des interactions entre les éléments,

les méthodes basées sur la physico-chimie ont rapidement montré leurs limites.



La bio-indication, comment ça marche ?

La bio-indication, comment ça marche ?

Les écosystèmes aquatiques sont des systèmes complexes :

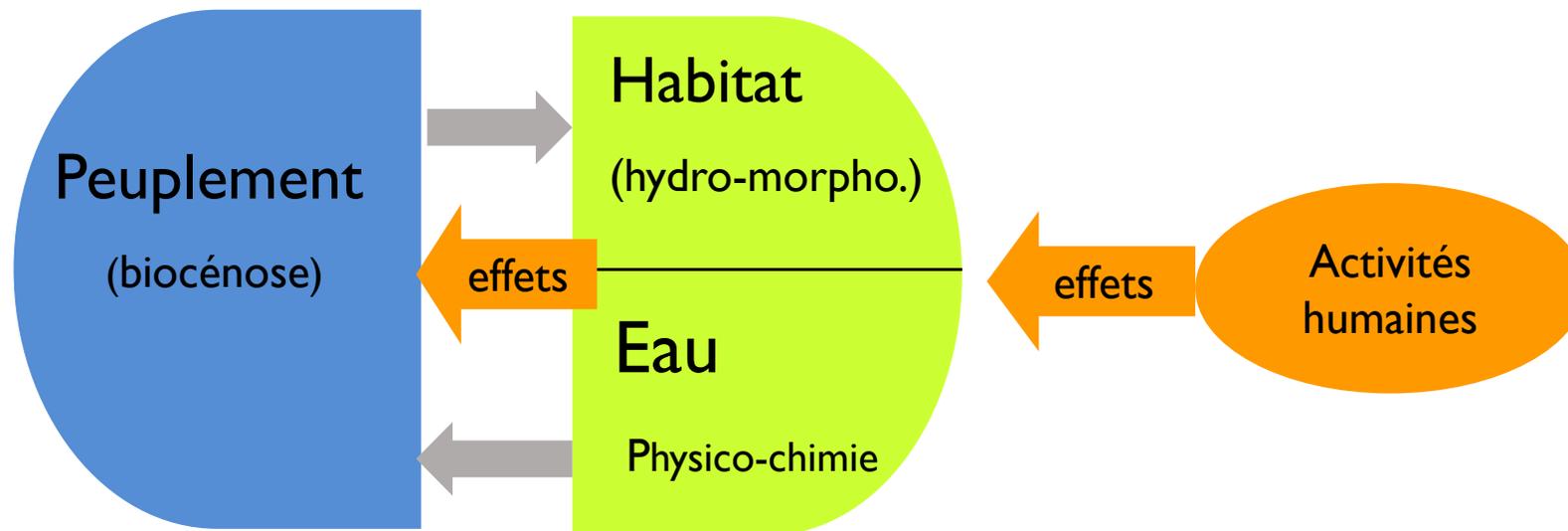
- écosystèmes ouverts
- multidimensionnels (longitudinal – latéral – temporel...)
- les perturbations sont multiples et agissent en interaction ou synergie.

L'analyse du système et de ses trajectoires doit s'opérer dans sa totalité, sa complexité, sa dynamique.

La bio-indication, comment ça marche ?

L'écosystème : un équilibre systémique dynamique

- Les peuplements sont en équilibre dynamique et en interaction avec les éléments abiotiques (hydrologie- morphologie - chimie).
- Les activités humaines déplacent souvent cet équilibre.
- Les relations ne sont pas linéaires et s'expriment à plusieurs échelles.



La bio-indication, comment ça marche ?

Notion de référence

- Connaître les peuplements naturels (notion de référence) et leurs variations spatio-temporelle naturelles
- Construire des modèles de références prédictifs (modélisation faunistique / variables de milieu)
- Mesurer l'écart entre un peuplement observé et un peuplement théorique (plus l'écart est important, plus le cours d'eau est dégradé).

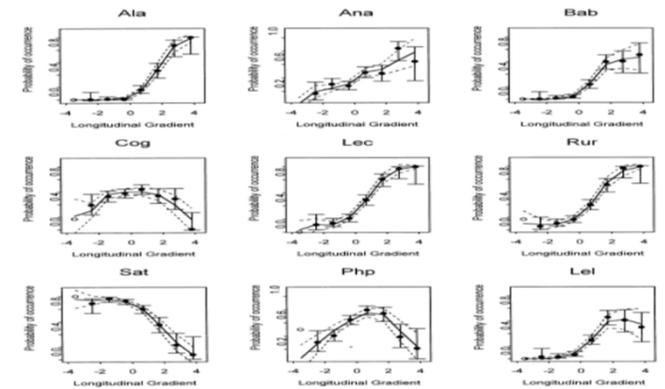


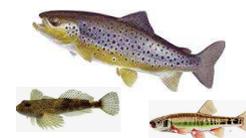
Fig. 2 Probability of occurrence of the nine species for eight classes of equal distribution of inverted C values. The solid lines join the mean probabilities for each class. The dashed lines give the 95% confidence limits of the expected frequency (see Table 1 for species codes).

Exple. Indice poissons

Principe de base :

- Les poissons s'adaptent à leur milieu.
- Les pressions du milieu déterminent la composition en espèces et sa structure.
- En connaissant les peuplements des milieux naturels, on peut mesurer les déviations du peuplement liées aux impacts.

Peuplement référence



Pression

Impact sur le milieu

Peuplement observé

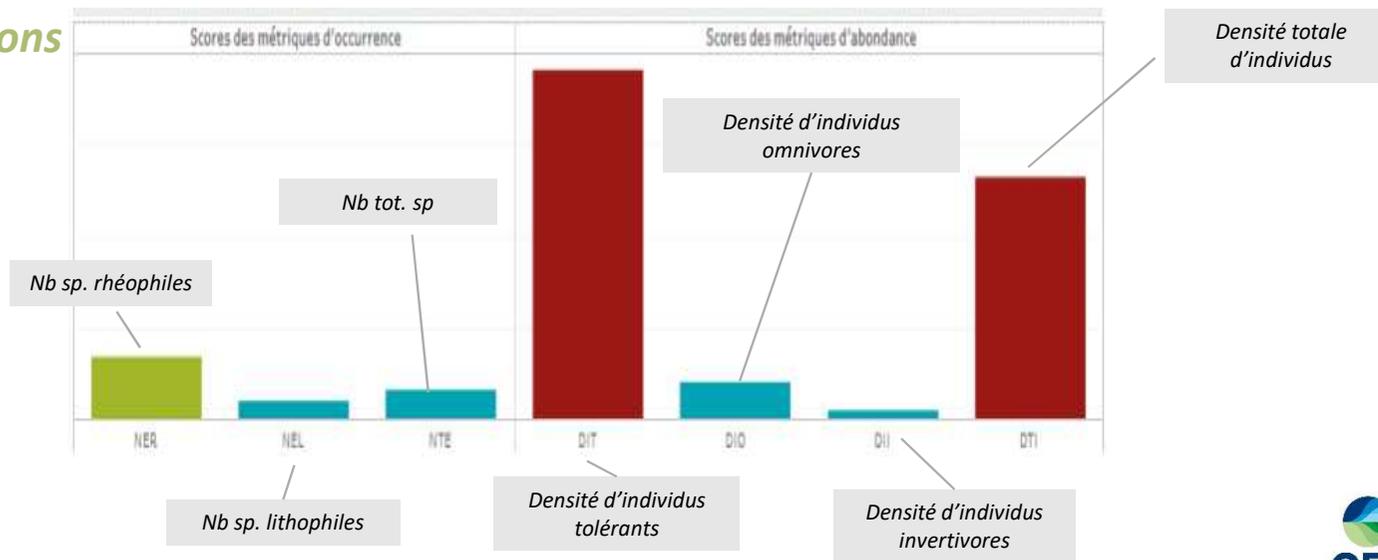


La bio-indication, comment ça marche ?

Notion de métrique

- Connaître les évolutions naturelles du milieu.
- Connaître les caractères écologiques des espèces (traits biologiques et fonctionnels) en lien avec la sensibilité à la pollution, les habitats, le mode de reproduction, d'alimentation, ...
- Construire et tester les **métriques** de l'indice - paramètre calculé, basé sur les caractéristiques du peuplement évoluant sous l'effet des altérations. *ex : nb d'esp. lithophile, densité d'individus omnivores...*

Exple. Indice poissons



Quels sont les indicateurs biologiques ?

Les poissons

Peu d'espèces spécialisées mais des cycles de vies longs et des traits biologiques larges

Intégrateurs : Echelle spatio-temporelle large (du tronçon au BV, cycle de reproduction long de certaines espèces)

Pressions principales : modification de la qualité de l'eau et de l'hydromorphologie

Avantages

- Présence dans tous les systèmes aquatiques
- Facilité de détermination
- Faible variabilité saisonnière
- Plusieurs niveaux trophiques représentés / Niveaux trophiques très intégrateurs
- Echelles d'intégration larges (temporelles et spatiales)

Inconvénients

- Faible nombre d'espèces
- Difficultés et lourdeurs d'échantillonnage
- Peuplements manipulés par l'homme
- Besoin de traitements poussés car peu d'espèces et caractère très intégrateur (peu de spécialistes)

DCE : IPR / IPR+

Autres :
Indices truites / saumons/ anguilles
Indices migrateurs



Les poissons

Focus IPR

- **Avantages**
 - Construit sur la base de modèles de référence
 - Validé pour 75 % des situations (75 % de chances de bien classer une station/ état bon ou mauvais)
 - Facilité de calcul (Outil SEEE et macro Excel)
 - Modèles de probabilité présence par espèce
 - **Marche bien en BZH**
 - Bonne sensibilité aux altérations seuils-barrages, pollution organiques, étangs
- **Inconvénients**
 - Pas de métriques basées sur des **classes d'âge et de taille** (Obligation DCE)
 - Sensibilité faible dans les **cours d'eau à faible richesse** (Zone à truite)
 - Certains descripteurs milieu sont influencés par les aménagements (largeur ; prof.)
 - **Sensibilité forte aux excès d'omnivores/tolérants** (ex. Gardon)
 - Sensibilité à l'échantillonnage de l'IPR (variabilité temporelle notamment sur GCE)

Les poissons

Focus IPR+ : Les 10/11 métriques d'évaluation

- Abondance
 - juvéniles de truites (zones ombre et truite)
 - oxyphiles
 - habitat intolérantes
 - à habitat de reproduction lotique
- Richesse
 - tolérante à la qualité de l'eau
 - sténothermes
 - à habitat de reproduction lentique
 - omnivores
 - intolérance qualité d'eau
 - oxyphiles
 - limnophiles

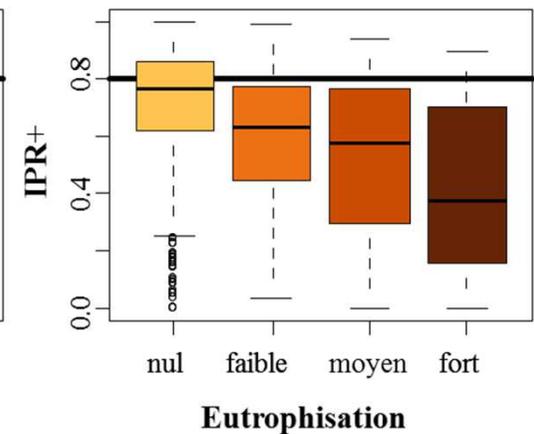
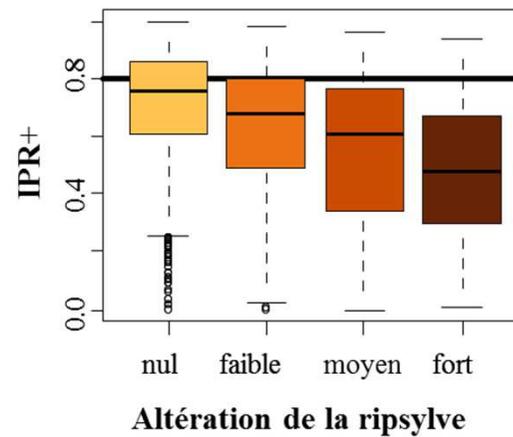
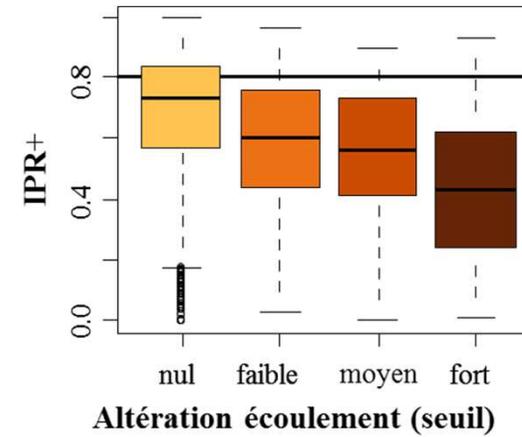
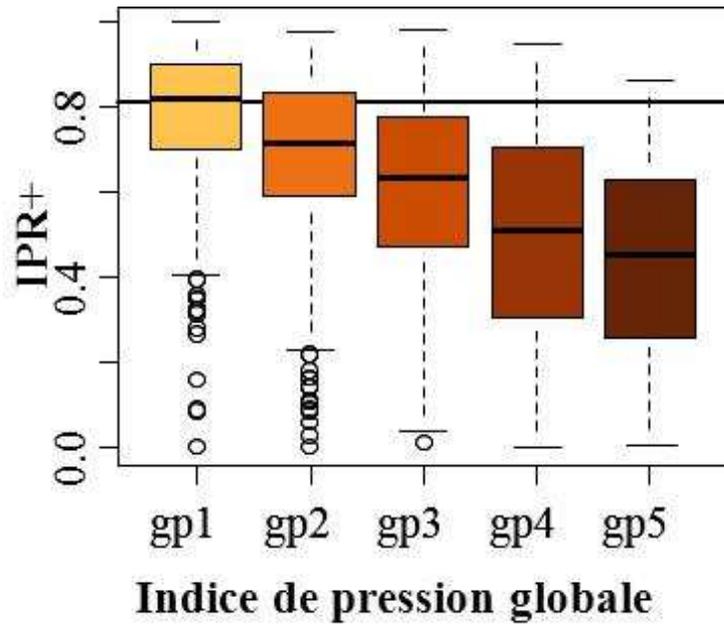
**Moyenne des 2 métriques
les plus déclassantes**

**Moyenne des 4 métriques
les plus déclassantes**

Les métriques sont exprimées en EQR (0 à 1)

Les poissons

Focus IPR+ : Réponse aux pressions



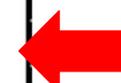
Les métriques sont exprimées en EQR (0 à 1)

Les poissons

Focus IPR+

- Plus sensible à certaines pressions

Pressions	Nbre de sites	Pourcentage de sites classés en mauvais état		Gain de sensibilité
		IPR	IPR+	IPR+ %
Hydrologiques	107	0.43	0.6	39.1
Seuils, Barrage	80	0.57	0.65	13
Altération Habitat	82	0.59	0.68	16.7
Chennalisation/ rectification	74	0.62	0.62	0
Régime thermique	71	0.46	0.62	33.3
qualité de l'Eau	45	0.69	0.78	12.9
Etangs colinéaires	31	0.58	0.68	16.7



Les poissons

Incertitude et niveau de précision de l'IPR

- **Limites d'utilisation :**
 - milieux à très faible nombre d'espèces (ex : petits côtiers où seul Ang ou Ang/TRF)- zones de source canaux ou étiers de marais
 - eaux saumâtres- estuaires
- **Cas où l'indice manque de sensibilité :**
 - Milieux salmonicoles avec bonne composition mais déficit abondance de TRF
 - Grands milieux étagés avec présence ponctuelle de rhéophile (surtout VAN - SPI)
 - Milieux où déficit d'une espèce migratrice (abondance ou même absence)
- **Cas où l'indice a une forte sensibilité :**
 - excès trophiques : les métriques Tolérants et Omnivores peuvent déclasser un peu fortement
 - excès d'espèces : une richesse trop importante peut être très déclassante

Les poissons

Focus sur les indices truites/saumons / anguilles

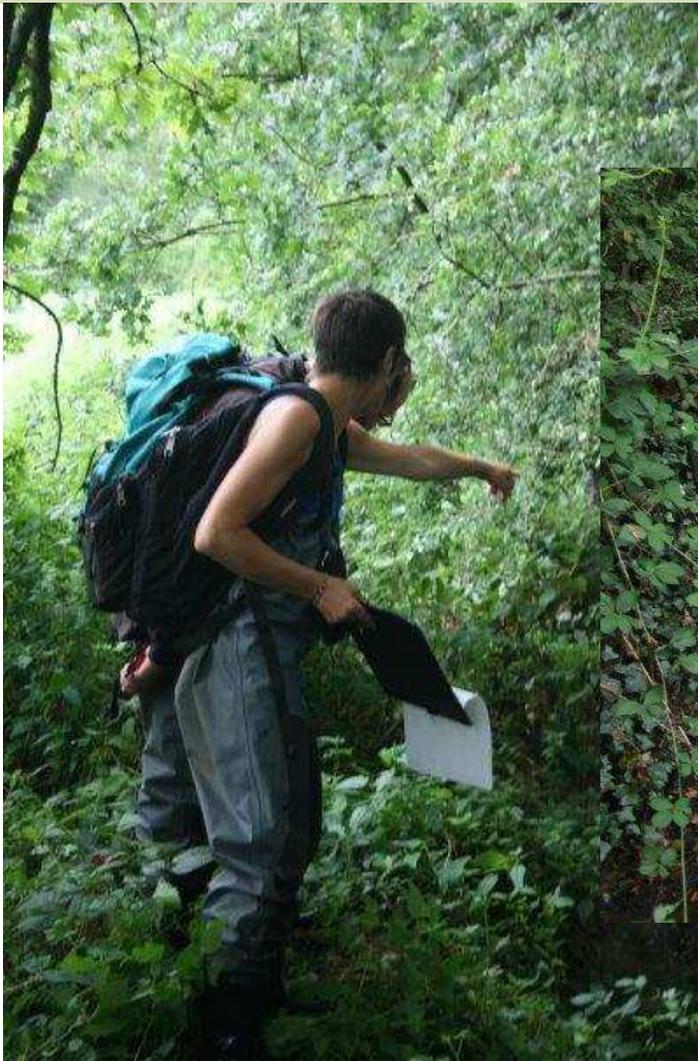
- Pour les zones de tête de bassin où à faible richesse (Z à TRF), l'indice Truite (vigitruite©) peut être intéressant pour suivre les travaux de restauration morpho. ou continuité.
- Ces travaux améliorent l'habitat de reproduction ou d'abri pour la TRF (fonctionnalité de radiers, augmentation de la diversité des habitats)

Focus sur les indicateurs migrateurs

- Les indices Saumon ou Anguille peuvent avoir un intérêt pour le suivi de restauration de la continuité.



Les macro invertébrés



DCE : IBGN / I2M2



20/10/2022 – Indicateurs biologiques

Les macro invertébrés

Spectre biologique large avec de nombreuses espèces spécialisées, présentant des traits biologiques différents.

Réactivité : Echelle spatio-temporelle moyenne (segment de CE)

Pressions principales : modification de la qualité de l'eau et des habitats

- **Inconvénients**
 - Difficultés de détermination (spécialiste)
 - Echelles étroites de bio-indication
 - Technicité du prélèvement
- **Avantages**
 - Présence dans tous les systèmes aquatiques
 - Facilité d'échantillonnage
 - Forte réactivité aux perturbations ponctuelles (cycle de vie court)

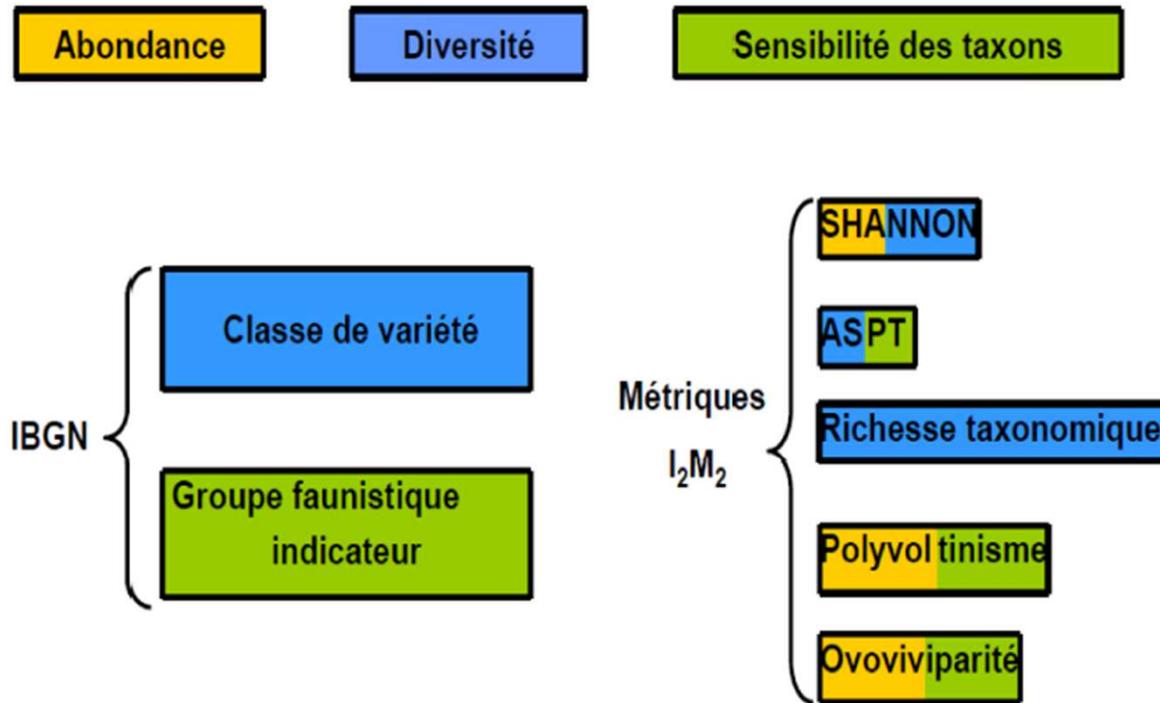
DCE : IBGN / I2M2



Les macro invertébrés

Métriques utilisées, IBG vs I2M2

- Paramètres exigés par la DCE pour l'élément biologique « macro-invertébrés »



Les macro invertébrés

- **L'Indice de Shannon** : il permet d'évaluer la richesse et l'équitabilité spécifique (équilibre de la répartition des espèces).
- **L'Average Score per Taxon (ASPT)** : évaluant la polluo-sensibilité des populations.
- **Le polyvoltinisme** : appréciant la capacité du peuplement à se reproduire plusieurs fois par an, et donc à recoloniser le milieu.
- **L'ovoviparité** : appréciant la capacité du peuplement à protéger sa progéniture.
- **La richesse taxonomique** : permettant d'évaluer la diversité taxonomique du peuplement.

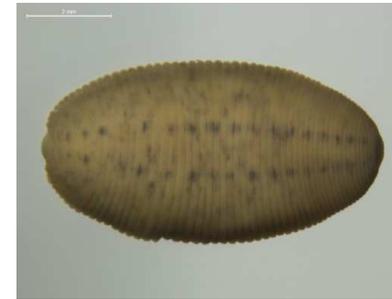
Les macro invertébrés

Polluosensibilité

Certains groupes de macro-invertébrés tels que les vers sont ainsi peu sensibles aux perturbations, ils sont dits « polluo tolérants », contrairement à d'autres tels que les plécoptères dits « polluo sensibles ».

Habitat

Les macro invertébrés sont relativement sédentaires et, pour beaucoup d'entre eux, inféodés à certains types de substrats (pierres, végétaux, bois...).



Glossiphonia (peu sensible à la pollution)



Plécotère (sensible)



Les macro invertébrés

Focus I2M2

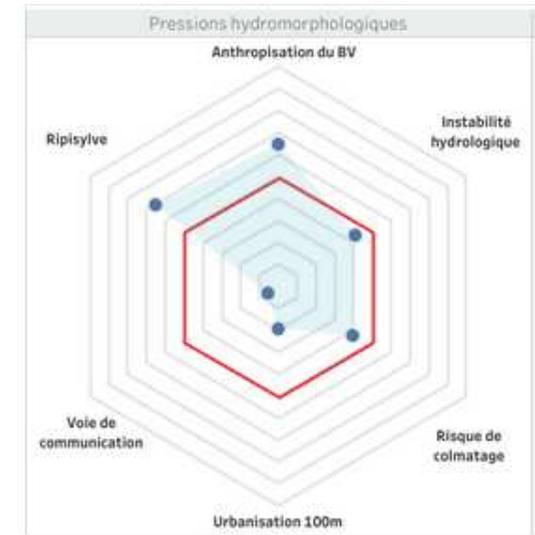
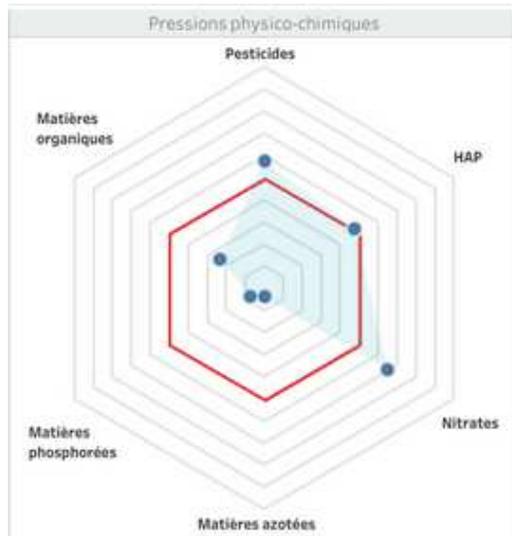
- intègre l'écart à la situation de référence,
- prend en compte les caractéristiques des communautés de macro invertébrés benthiques en terme de caractéristiques taxonomiques et de traits biologiques (détermination des individus au genre et non plus à la famille),
- prend en compte les abondances,
- calculé à partir d'un protocole de prélèvement représentatif de la mosaïque d'habitats présents dans le cours d'eau.

> **Indicateur beaucoup plus sensible à la dégradation de la qualité de l'eau et aux altérations morphologiques.**

Les macro invertébrés

Focus 'Outil diagnostic' de l'I2M2

- Lié à l'I2M2
- Donne des probabilités de pressions :
 - **Morphologique**
 - RIPISYLVE : dégradation de la ripisylve.
 - VOIES_COMMUNICATION : de voies de communication.
 - URBANISATION_100M : l'urbanisation dans une zone de 100m
 - RISQUE_COLMATAGE : colmatage des substrats.
 - INSTABILITE_HYDROLOGIQUE :
 - ANTHROPISATION_BV : liée à l'anthropisation globale du BV
 - **Physicochimique**
 - MATIERES_ORGANIQUES : oxygène dissous, taux de saturation en oxygène, (DBO5), (DCO), carbone organique dissous, ammonium et azote Kjeldahl.
 - MATIERES_PHOSPHOREES : orthophosphates et phosphore total.
 - MATIERES_AZOTEES : matières azotées (hors nitrates).
 - NITRATES
 - HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques.
 - PESTICIDES



> Attention, en Bretagne : sur représentation nitrates & anthropisation

Les macro invertébrés

Incertitude et niveau de précision de l'I2M2

- L'I2M2 répond mieux que l'IBGN équivalent aux pressions matières azotées, matières phosphorées, hydromorphologie, pesticides, et matière en suspension, et donne une image plus réaliste de la qualité des milieux.

DCE : IBGN / I2M2



Les diatomées

Spectre biologique large, espèces avec des cycles de vie court

Réactivité : Echelle spatio-temporelle étroite (station, (1 mois))

Pressions principales : modification de la qualité de l'eau

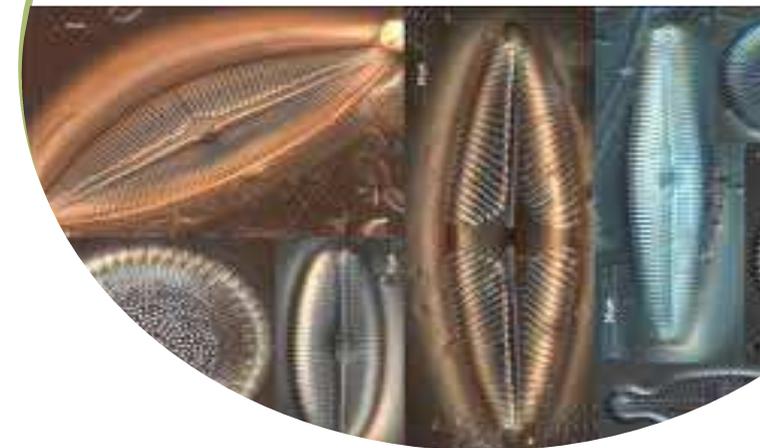
- **Inconvénients**

- Difficultés de détermination
- Peu sensibles aux modifications d'habitat

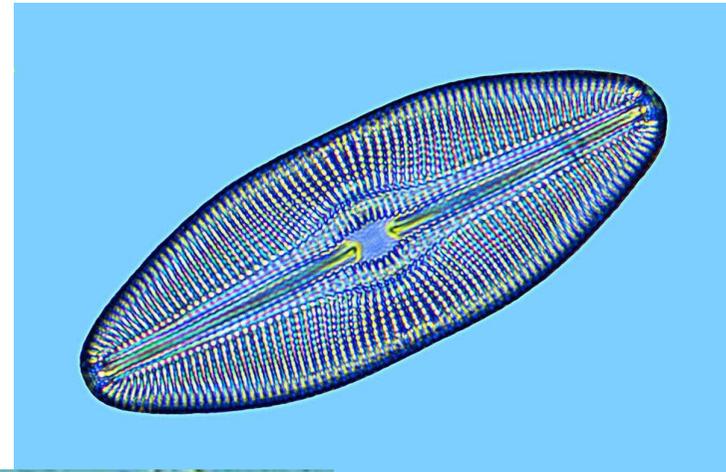
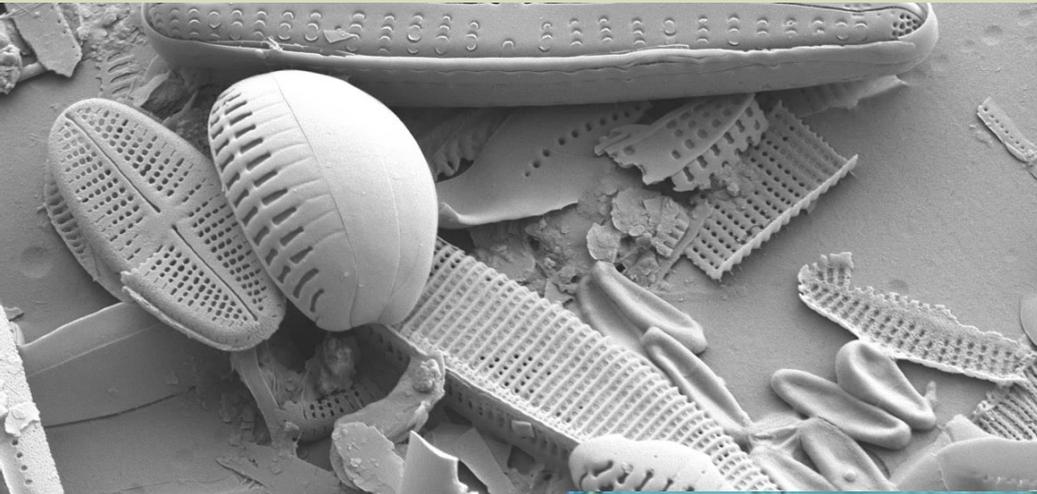
- **Avantages**

- Présence dans tous les systèmes aquatiques
- Facilité d'échantillonnage
- Forte réactivité aux perturbations ponctuelles (cycle de vie court)

DCE : IBD



Les diatomées



20/10/2022 – Indicateurs biologiques

Photo M. Coste, Cemagref

Les diatomées

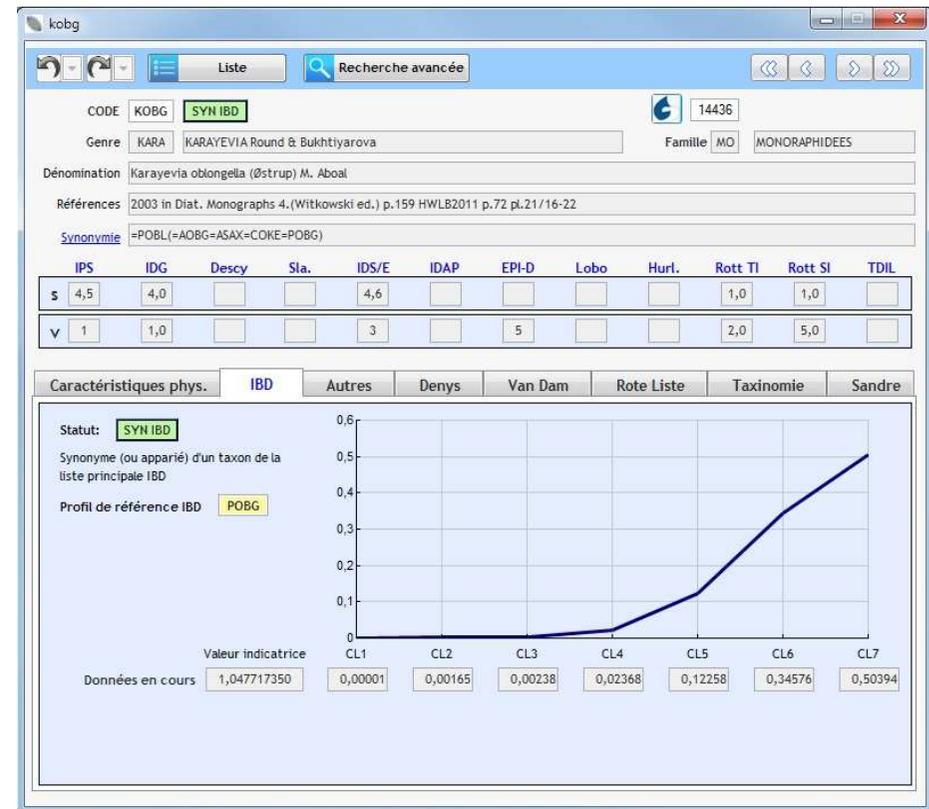
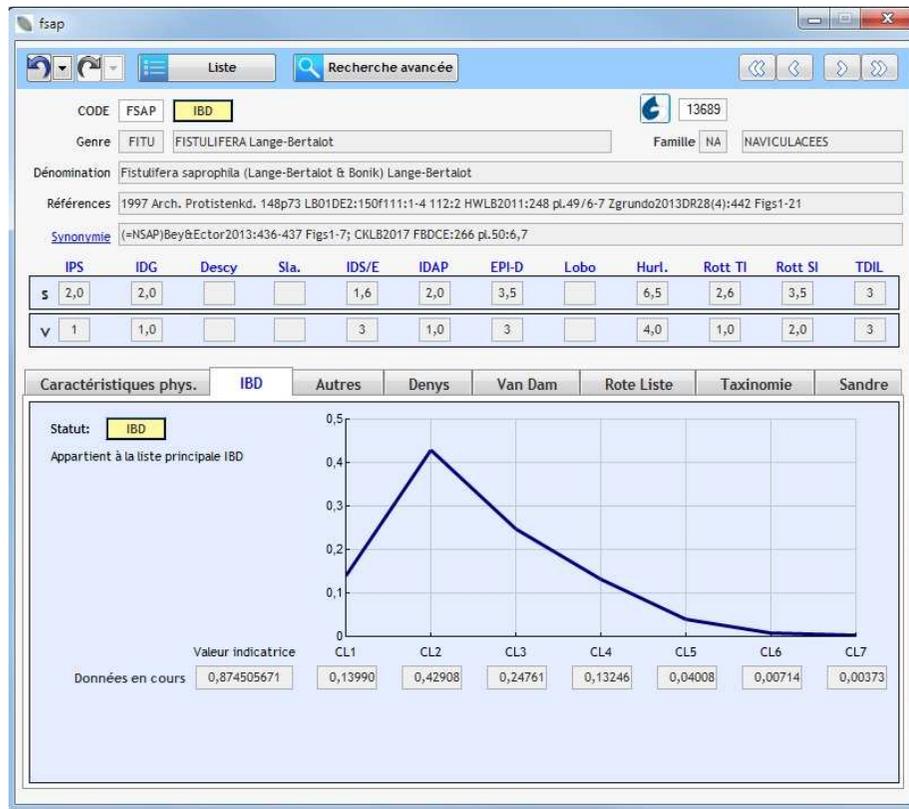
Habitat /supports prélevables

- Préférentiellement pierres
- Mais aussi supports artificiels !



Les diatomées

Construction de l'indice (traits écologiques)



Les végétaux



DCE : IBMR



Les végétaux

Spectre biologique ??

Réactivité : échelle de la station, ~1 an

Pressions principales :

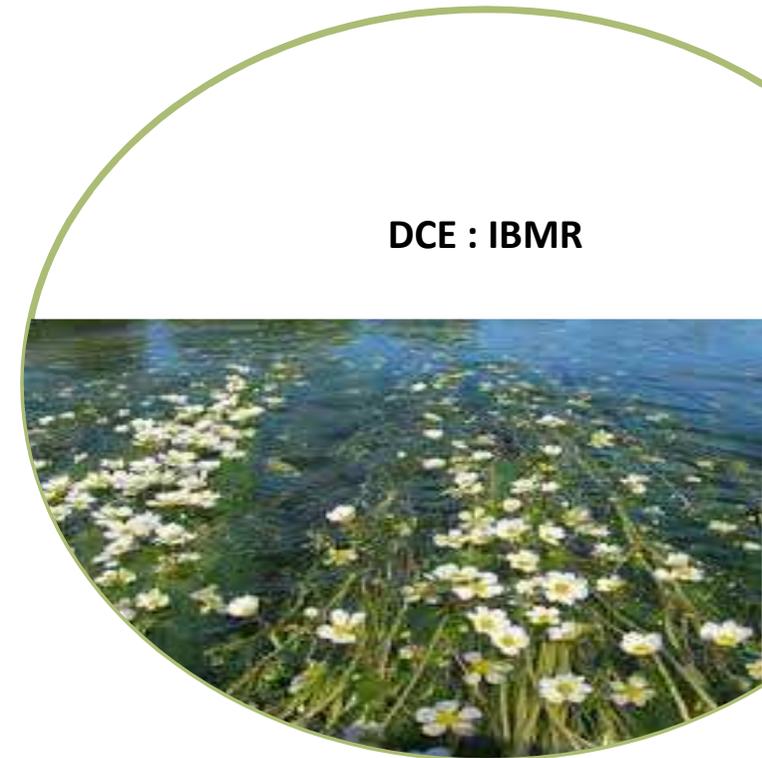
- Morpho, éclairciment
- Phosphore, NH₄

Inconvénients

- Difficultés de détermination
- Pas sur cours d'eau profonds ou dépourvus de végétation

Avantages

- Traduit le degré trophique de la rivière



Etat des masses d'eau - DCE

Typologie des paramètres déclassants pour les masses d'eau cours d'eau (Etat 2017)

L'indice invertébré est bon pour 63 % des cours d'eau. Mais l'indice diatomées qui réagit aux pollutions classiques (nitrates, phosphore, pesticides) décline 53% des cours d'eau. L'indice poissons, qui reflète l'ensemble des pressions qui s'exercent sur le cours d'eau - pollutions, altérations de la morphologie et de l'hydrologie – décline près de 64 % des cours d'eau.

Quels outils pour quels objectifs ?

Quels outils pour quels objectifs ?

Des échelles emboîtées d'analyse :

L'indice biologique

- caractériser un état général (évaluation globale de l'ensemble des espèces, stable et reproductible). Les indices biologiques sont représentatifs à l'échelle macro. Ils ont du sens en lien avec les indicateurs de la qualité de l'eau (DCE).

Les métriques

- orienter le diagnostic vers un type de dégradation (s'appuyer sur des traits biologiques et fonctionnels de groupes d'espèces (espèces lithophiles, rhéophiles, omnivores, invertivores, intolérants...) et préciser le lien pressions/impacts à l'échelle d'un groupe d'espèces)

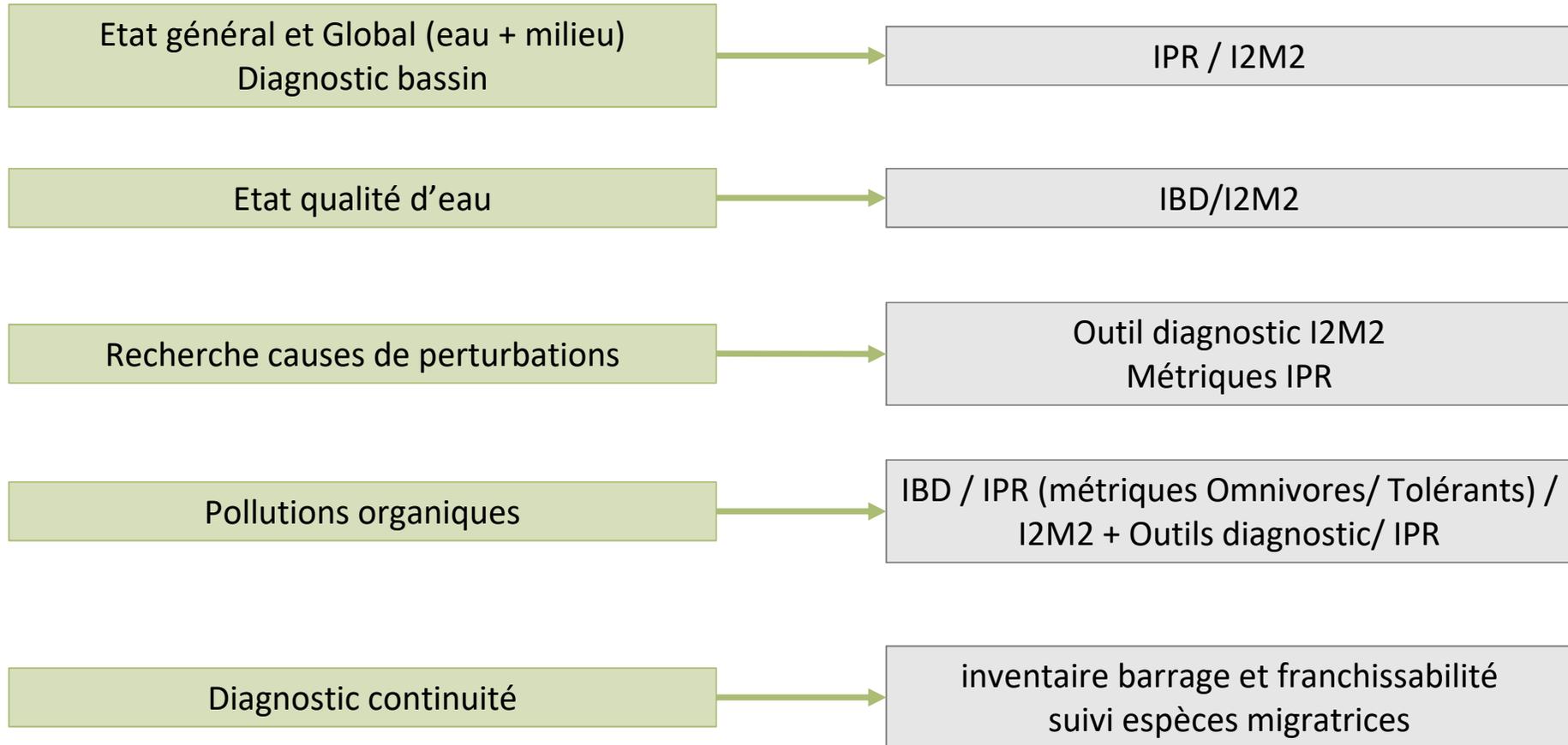
L'outil diagnostic

- avoir un synoptique de l'influence relative de différentes pressions

Espèce

- affiner la pression et évaluer son ampleur grâce aux traits biologiques particuliers des espèces spécialisées ou sensibles (espèces sténoèces)

Quels outils pour quels objectifs ?



Quels outils pour quels objectifs ?

Le plan d'échantillonnage : indispensable pour un diagnostic juste

- Bien évaluer l'ensemble des pressions susceptibles d'influencer la portion à évaluer
- Placer un nombre de stations suffisant pour encadrer les types écologiques et les pressions
- Bien positionner les stations :
 - Contre exemple: station placée à l'aval d'un barrage, trop près d'une confluence, ou à l'aval d'une STEP...
 - Ne pas modifier la position des stations entre 2 indicateurs ou 2 échantillonnages
- Suivi de restauration :
 - Adapter le suivi aux objectifs de l'action – prévoir la trajectoire écologique du milieu
 - Adapter le suivi à l'action, à la fois en terme d'échelle et de facteurs limitants résiduels
 - Choisir les bons indicateurs
- Se poser la question de l'intérêt de l'indicateur biologique au vu des objectifs et des échelles d'interventions

Quels outils pour quels objectifs ?

Exemple 1 - Je réalise un diagnostic global sur mon bassin

Le diagnostic demande :

- un travail multi-échelles spatio-temporelle (BV – tronçon – segment...)
- des données fiables sur la biologie (échantillonnage standards).
- des données abiotiques (physico-chimique / hydromorphologie)
- une bonne connaissance de l'écologie des espèces – des principales trajectoires de milieu – de leur sensibilité...
- d'étudier les interactions biologie – milieu

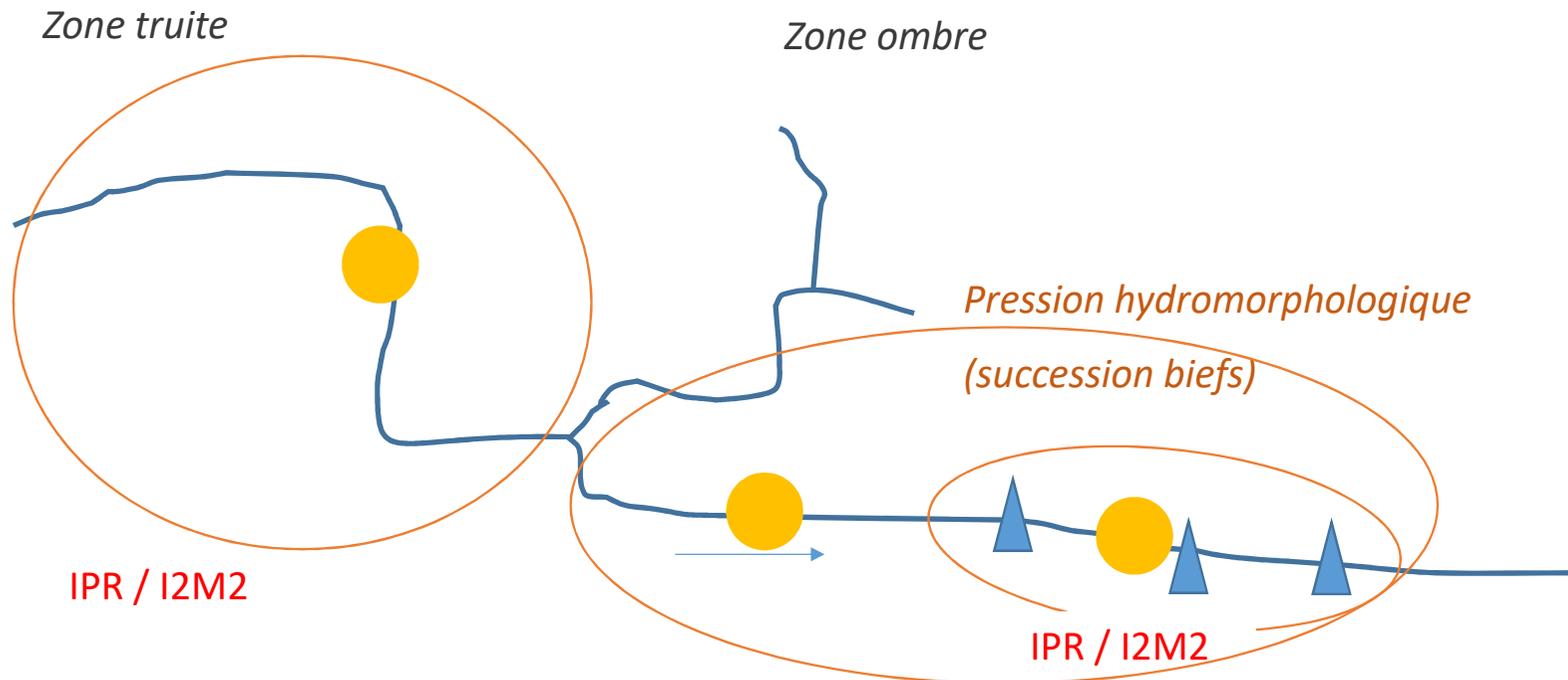
Préalable :

- Identifier l'ensemble des pressions (se référer à l'existant – Etat des lieux des masses d'eau par exemple)
- Etablir un plan d'échantillonnage qui positionne les stations en fonction des modifications écologiques et anthropiques

Quels outils pour quels objectifs ?

Exemple 1 - Je réalise un diagnostic global sur mon bassin

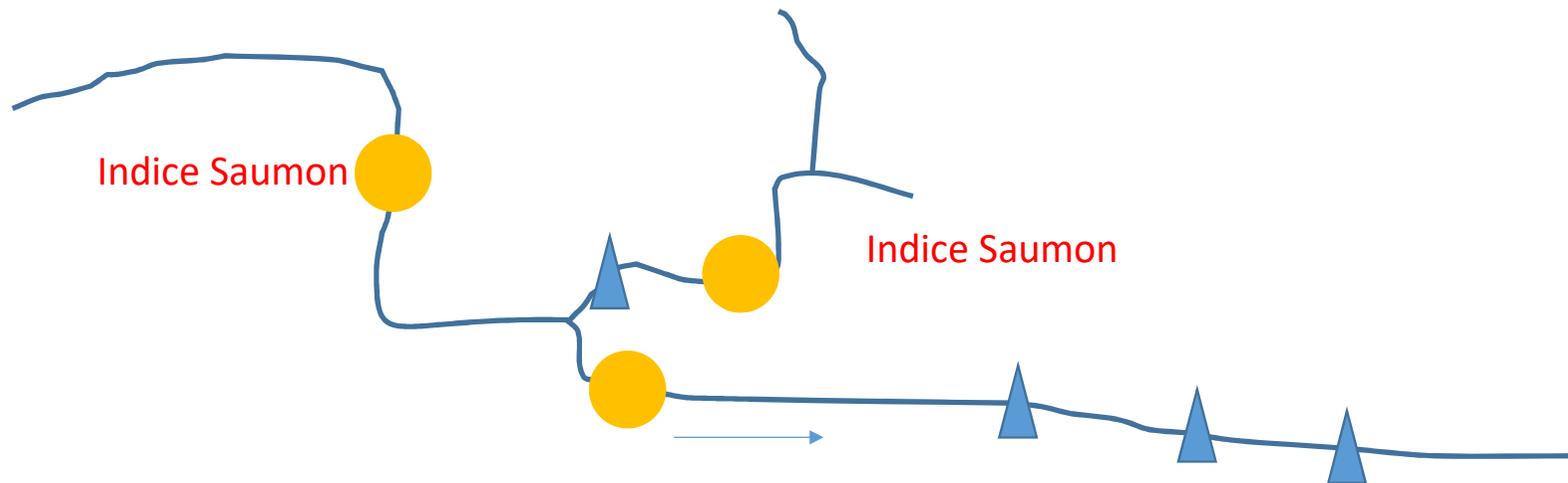
- Placer un nombre de stations suffisant pour encadrer les types écologiques et les pressions
- Indicateurs DCE I2M2 et IPR > permettent de caractériser l'état général



Quels outils pour quels objectifs ?

Exemple 2 - Je réalise un diagnostic continuité sur mon bassin

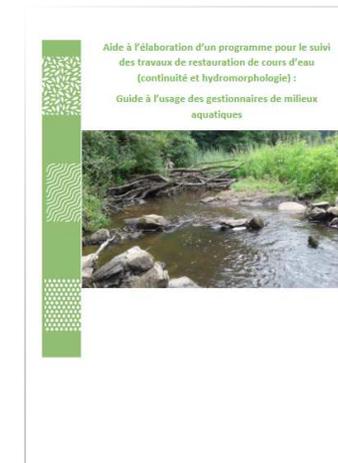
- Préalable : Réaliser un inventaire des barrages et de leur franchissabilité (ROE-ICE)
- Indicateurs : suivi des espèces migratrices (indices SAT, ANG, TRF,)



Quels outils pour quels objectifs ?

Exemple 2 - Je réalise un suivi de mes actions

- Adapter le suivi pour répondre aux objectifs des travaux
- Cadrage des suivis écologiques :
 - Plans d'échantillonnage / types – Adapter le type de suivi aux types de travaux
 - Localisation des stations (où ?)
 - Chroniques de suivis (quand ?)
 - Protocoles à mettre en œuvre (comment ?)
 - Dispositifs de bancarisation



Quels outils pour quels objectifs ?

Exemple 2 - Je réalise un suivi de mes actions

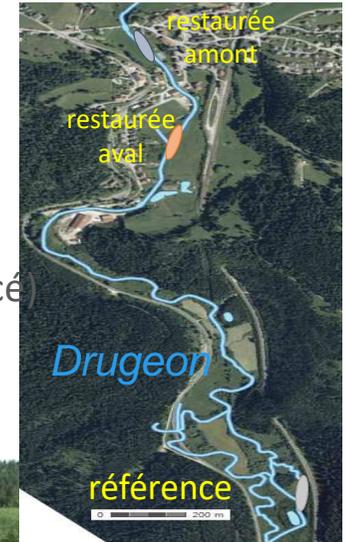
Reméandrage sur un linéaire important

- Objectifs :

- redonner les fonctionnalités hydrodynamique d'un cours d'eau
- rétablir le gabarit de référence du cours d'eau (largeur, profondeur, alt. faciès, tracé)
- retrouver une hétérogénéité des habitats et leur fonctions

- Réponses biologiques attendues :

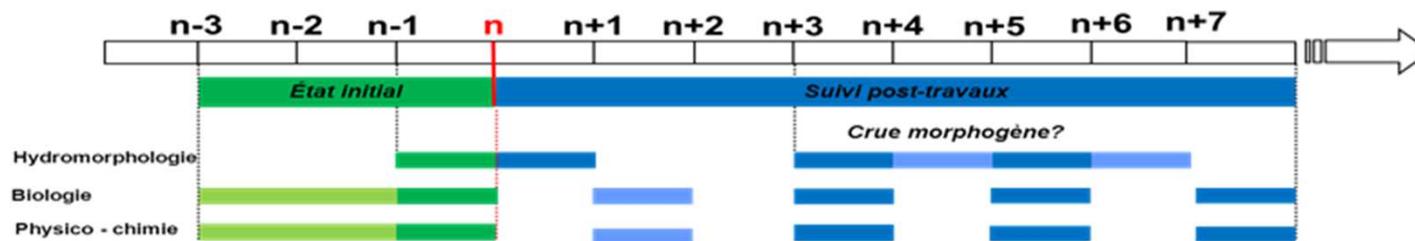
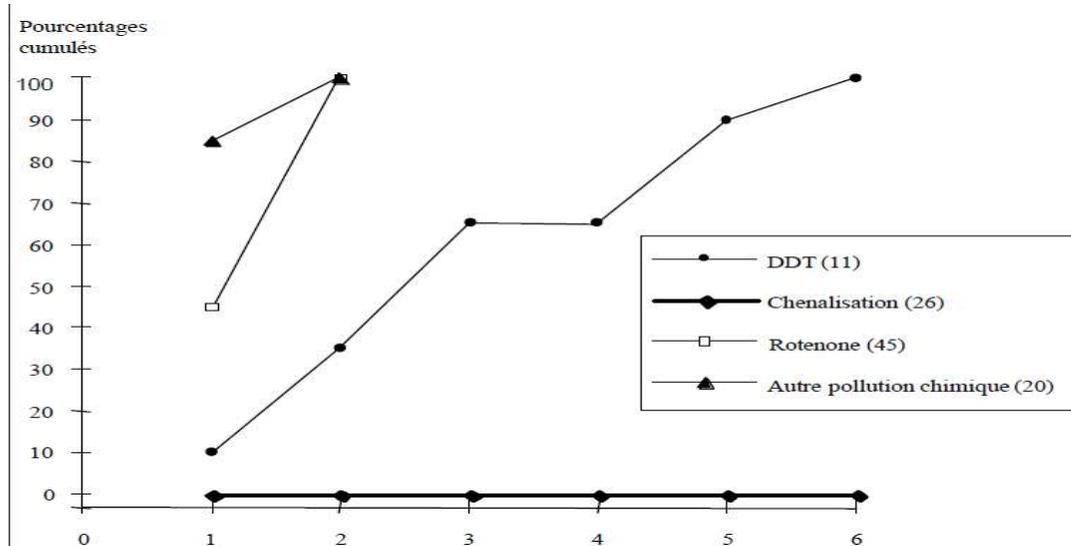
- augmentation richesse ou retour à la référence
- retour espèces lithophiles dont truite sur zones apicales
- retour espèces exigeantes en habitat (reproduction)
- évolution des classes âges (+ gros poissons)
- ré-équilibre des métriques trophiques (autoépuration)



De l'indice poisson au diagnostic écologique

Exemple 2 - Je réalise un suivi de mes actions

Impacts des travaux hydrauliques sur les peuplements piscicoles

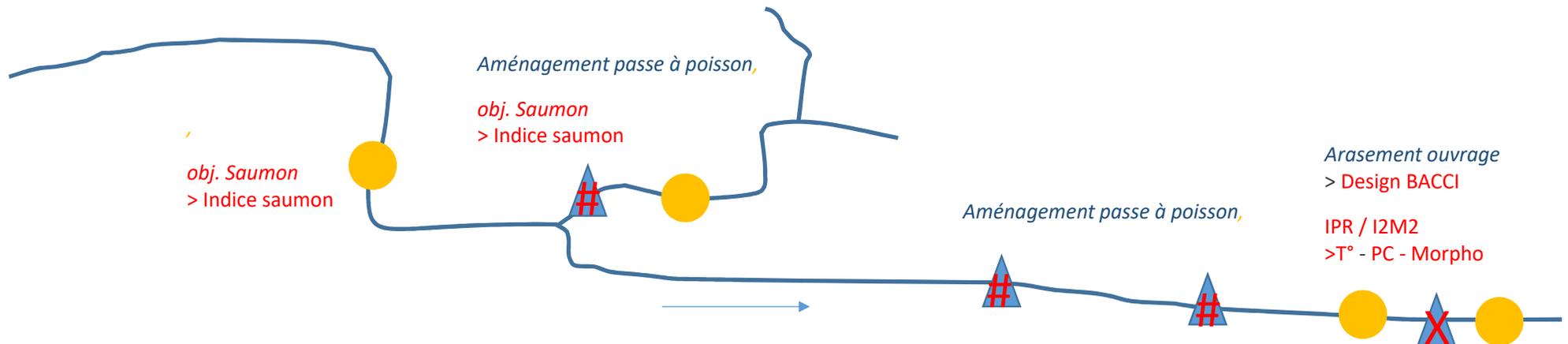


20/10/2022 – Indicateurs biologiques

Quels outils pour quels objectifs ?

Exemple 3 - J'évalue l'efficacité de mes actions sur la continuité

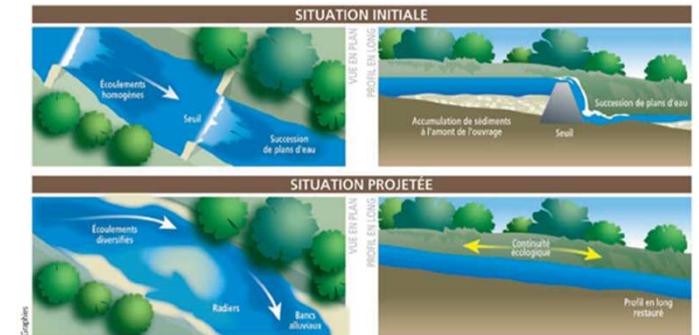
- Adapter le suivi à l'action – Adapter l'Indicateur biologique aux objectifs :
 - Passe à poissons : suivre l'évolution des zones colonisées / les juvéniles
 - Arasement : suivre l'évolution globale du milieu en amont et aval de l'ouvrage (avec si possible témoin)



Exemple 3 - J'évalue l'efficacité de mes actions sur la continuité

Arasement d'ouvrage

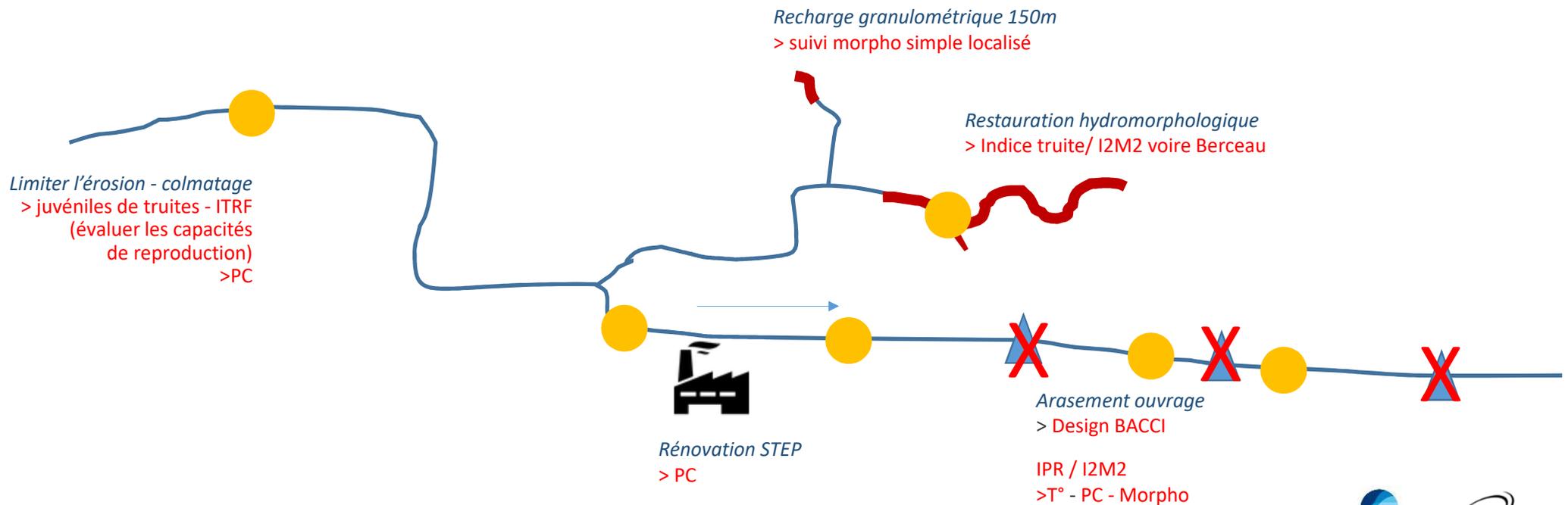
- Trajectoires biologiques attendues :
 - Changement radical de la faune du plan d'eau (réduction espèces limnophiles – récupération espèces rhéophiles et sténothermes d'eaux froides).
 - en aval : regain des espèces lithophiles sensibles au colmatage – disparition des espèces limnophiles – baisse des accumulations de migrateurs.
- Métriques biologiques :
 - Richesse en espèces
 - Composition spécifique
 - Métriques rhéophiles, limnophiles, lithophiles
 - Métriques omnivores et lithophiles
 - Structures de populations rhéophiles (truite, chabot...)



Quels outils pour quels objectifs ?

Exemple 4 - J'évalue l'efficacité de multiples actions

- Adapter le suivi à l'action - Se poser la question de l'intérêt de l'Indicateur biologique



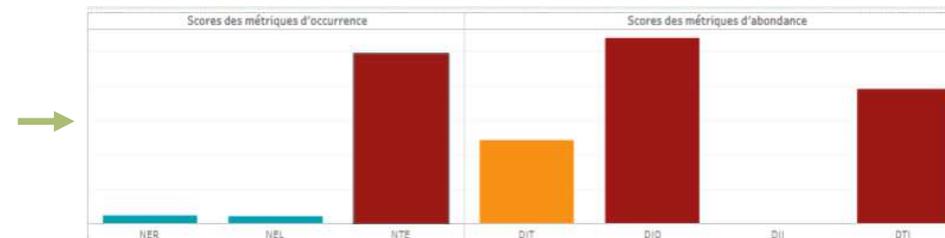
De l'indice poisson au diagnostic écologique

De l'indice poisson au diagnostic écologique

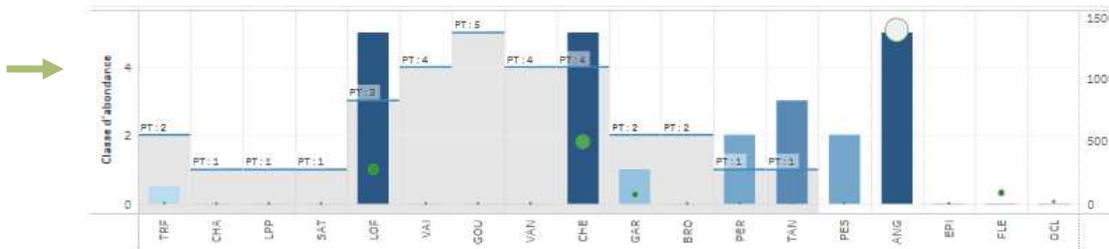
Analyse de la classe et de la note



Analyse des métriques



Analyse du peuplement / référence



Analyse de certaines populations indicatrices



De l'indice poisson au diagnostic écologique

Méthode d'interprétation des métriques à l'échelle de la station

- Notion de métrique
 - Connaître les évolutions naturelles du milieu
 - Connaître les caractères écologiques des espèces (traits biologiques et fonctionnels) en lien avec la sensibilité à la pollution, les habitats, le mode de reproduction, d'alimentation, ...
 - Construire et tester les **métriques** de l'indice - paramètre calculé, basé sur les caractéristiques du peuplement évoluant sous l'effet des altérations. ex : nb d'esp. lithophile, densité d'individus omnivores ...

Les métriques des indices biologiques (issu des indices multi-paramétriques américains) peuvent être considérés comme des symptômes élémentaires de pathologies du système redondantes ou pas.

ex 1 : les métriques omnivores et tolérants et richesse augmentent lorsque le milieu subit une pollution organique (excès de C, N, P)

Ex 2 : les métriques lithophiles et rhéophiles augmentent lorsque l'on envoie les zones courantes sous un barrage.

De l'indice poisson au diagnostic écologique

> 1. Identifier les métriques ayant les scores les plus élevés

> 2. Déterminer l'origine de ces scores élevés

Cas des 3 métriques d'occurrence : raisonner uniquement en terme de « présence/absence » des espèces

Nb. d'sp. rhéophiles

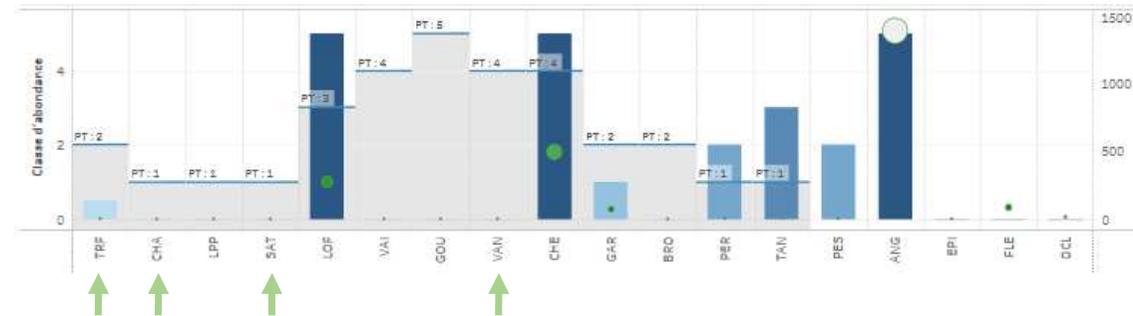
Comparer la nature des espèces rhéophiles échantillonnées avec leur probabilité théorique de présence

Nb. d'sp. lithophiles

Comparer la nature des espèces lithophiles échantillonnées avec leur probabilité théorique de présence

Nb. total d'sp.

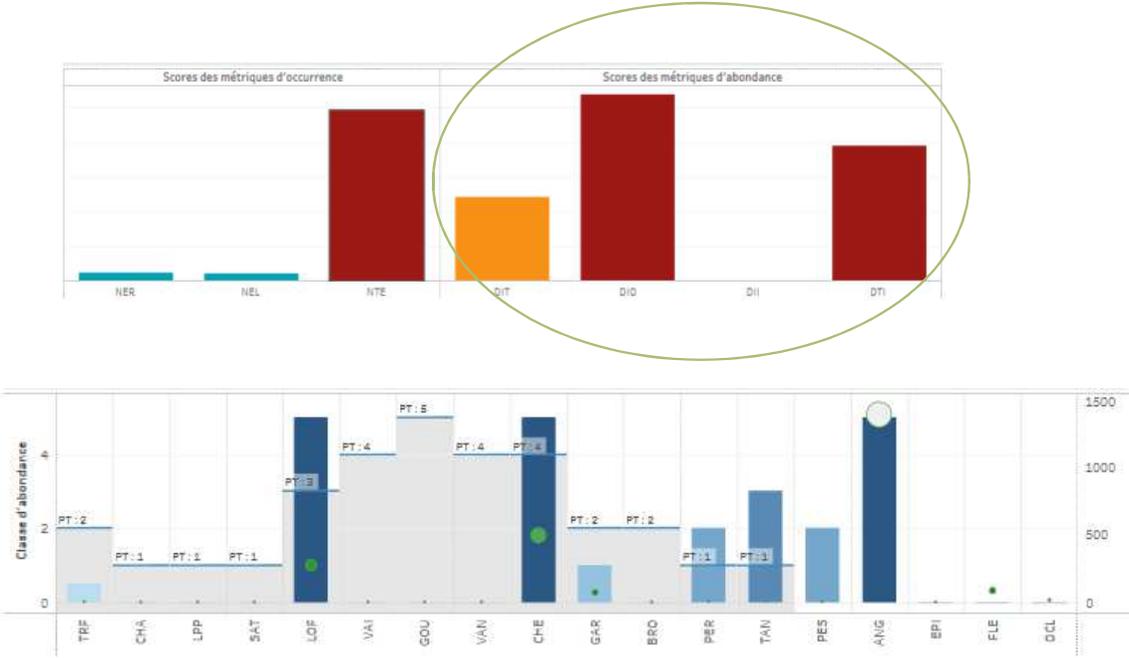
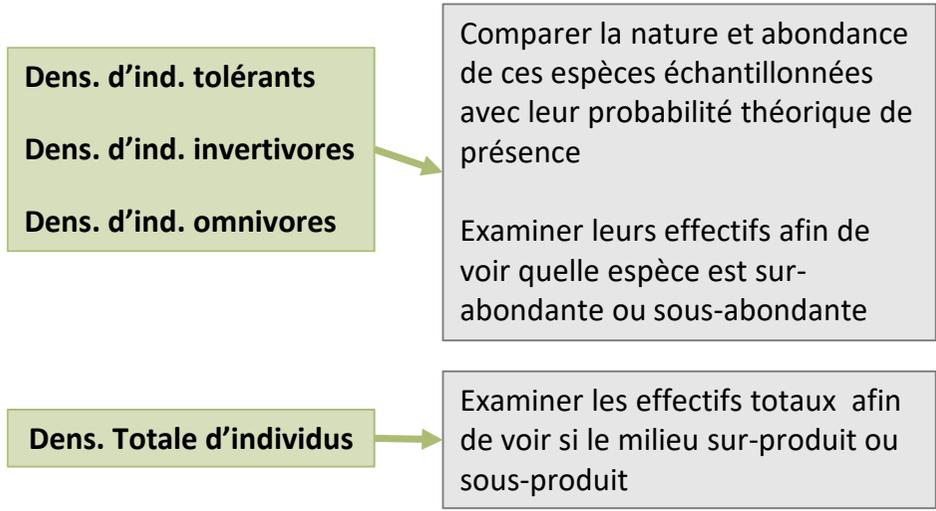
Comparer la richesse totale du peuplement échantillonné avec la richesse théorique du peuplement de référence



De l'indice poisson au diagnostic écologique

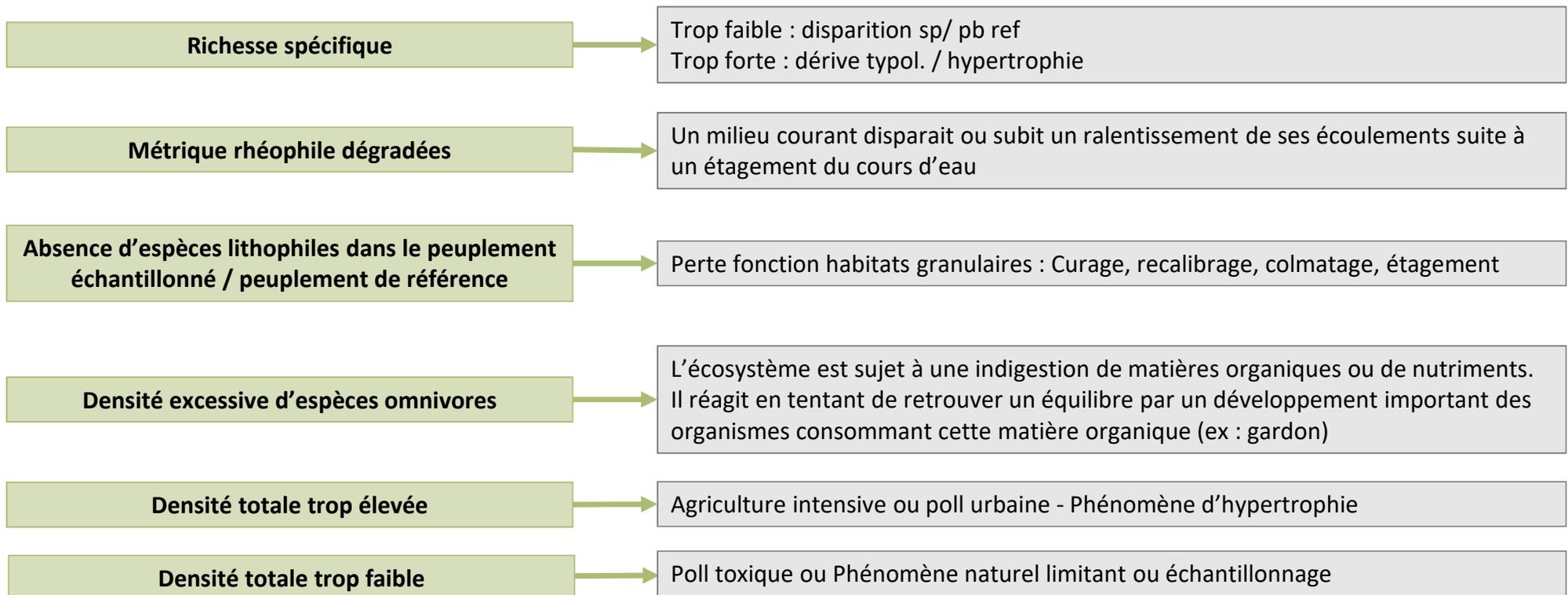
> 2. Déterminer l'origine de ces scores élevés

Cas des 4 métriques d'abondance : raisonner à la fois en terme de « présence/absence » et de « densité » des espèces



De l'indice poisson au diagnostic écologique

> 3. Déterminer les activités anthropiques et perturbations expliquant les valeurs obtenues par chaque métrique de l'IPR ... et vérifier la cohérence globale



De l'indice poisson au diagnostic écologique

Espèces prises en compte dans les métriques de l'IPR

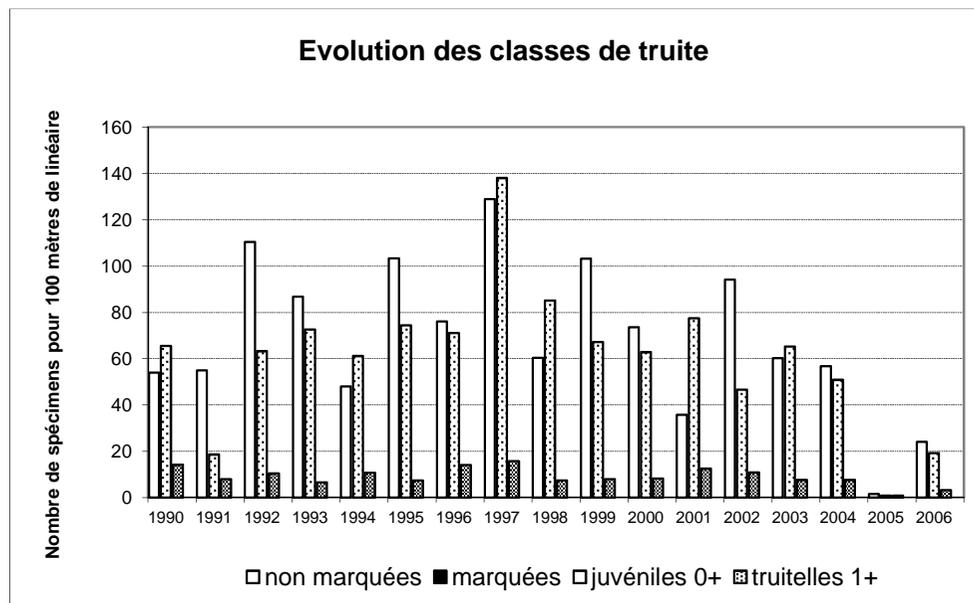
Métriques :	Espèces :
NER Nb. d'sp. rhéophiles	TRF-SAT-VAN-SPI-CHA OBR-BLN-HOT-TOX-BAF-BAM-LOT
NEL Nb. d'sp. lithophiles	LPP-TRF-SAT-VAI-CHA-SPI HOT-TOX-BAF-BAM--PCH
NTE Nb. total d'sp.	32 sp de IPR
DIT dens. ind. tolérants	CHE-BRE-GAR-ABL-LOF-EPI
DII dens. ind. Invertivores	ANG-TRF-SAT-GOU-SPI-PCH-PES-GRE-CHA
DIT dens. ind. Omnivores	LOF-GAR-CHE-VAN-SPI-CHA-CCO-CAS-TAN-BRE-ROT-ABL-EPI-EPT -TOX-
DTI dens. ind. Total	32 Sp.

ABL	Ablette
ANG	Anguille européenne
BAF	Barbeau fluviatile
BRE	Brème commune
CAS	Carassin commun
CCO	Carpe commune
CHA	Chabot
CHE	Chevaine
EPI	Epinoche
EPT	Epinochette
GAR	Gardon
GOU	Goujon
GRE	Grémille
HOT	Hotu
LOF	Loche franche
OBR	Ombre commun
PCH	Poisson-chat
PES	Perche-soleil
ROT	Rotengle
SAT	Saumon atlantique
SPI	Spirin
TAN	Tanche
TOX	Toxostome
TRF	Truite commune
VAI	Vairon
VAN	Vandoise

De l'indice poisson au diagnostic écologique

Analyse de certaines populations indicatrices

Ex. Truite : déficit de juvéniles ou adultes en fonction du type d'altérations



Merci de votre attention

Analyses et présentations des indicateurs biologiques poissons, IBD, IBGN et I2m2, IBMR en Bretagne : <https://bretagne-environnement.fr>