



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Les macro-invertébrés d'eau douce

Yves-Marie HENO

Chef du service connaissance adjoint
Responsable du laboratoire d'hydrobiologie
Direction Régionale Bretagne
yves-marie.heno@ofb.gouv.fr

Jacques MOURIN

Chef du service connaissance adjoint
Responsable du laboratoire d'hydrobiologie
Direction Régionale Pays de la Loire
jacques.mourin@ofb.gouv.fr

Les laboratoires d'hydrobiologie de l'OFB

La bioindication - principe.

Les principales pressions.

Les invertébrés

Cas d'utilisation. Ce qu'on cherche à étudier

Prélèvements de terrain

Phase de laboratoire

Exemples

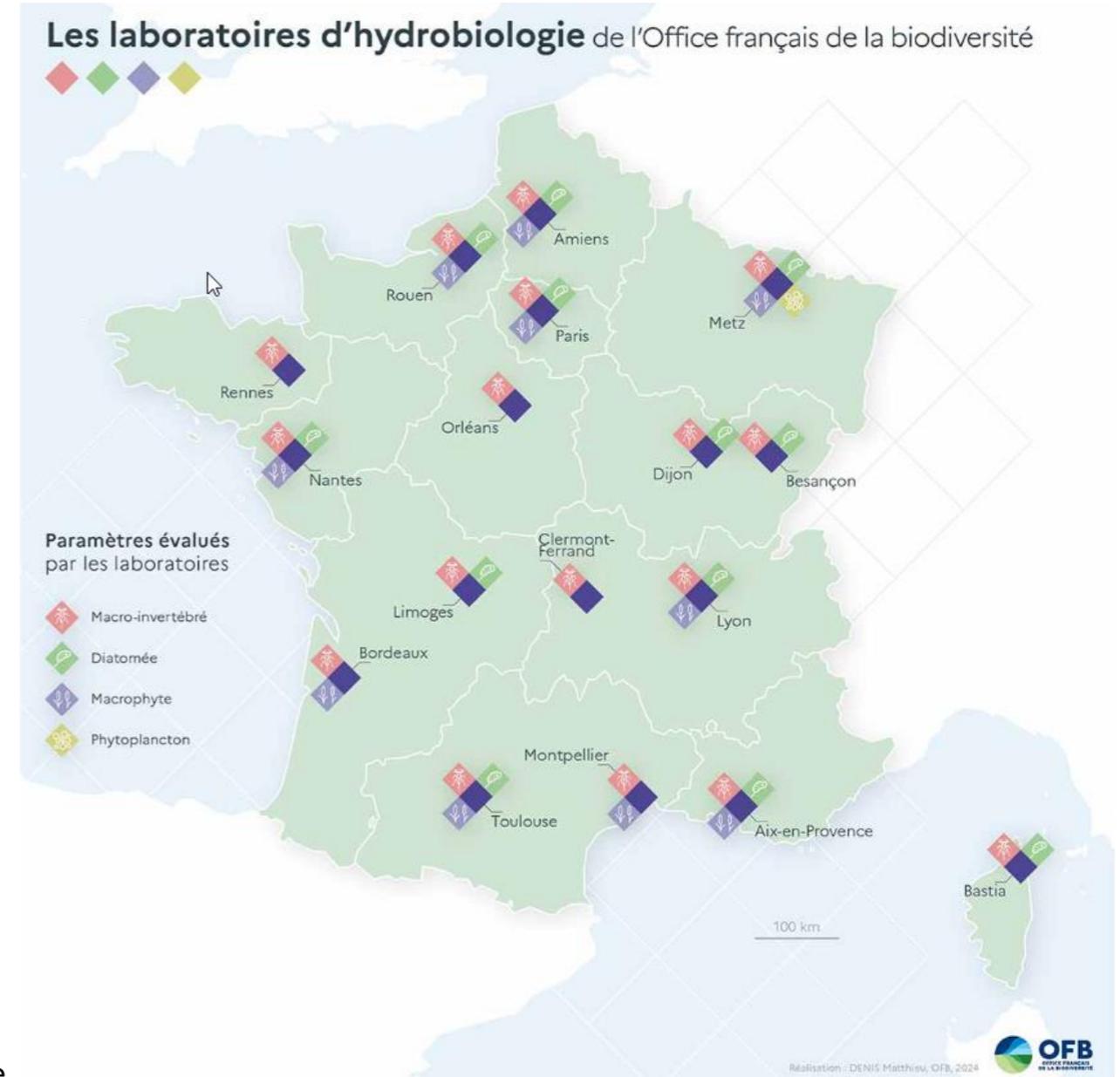
Accès aux données

Les laboratoires d'hydrobiologie à l'OFB

Intégrés à l'OFB depuis le 1^{er} janvier 2023

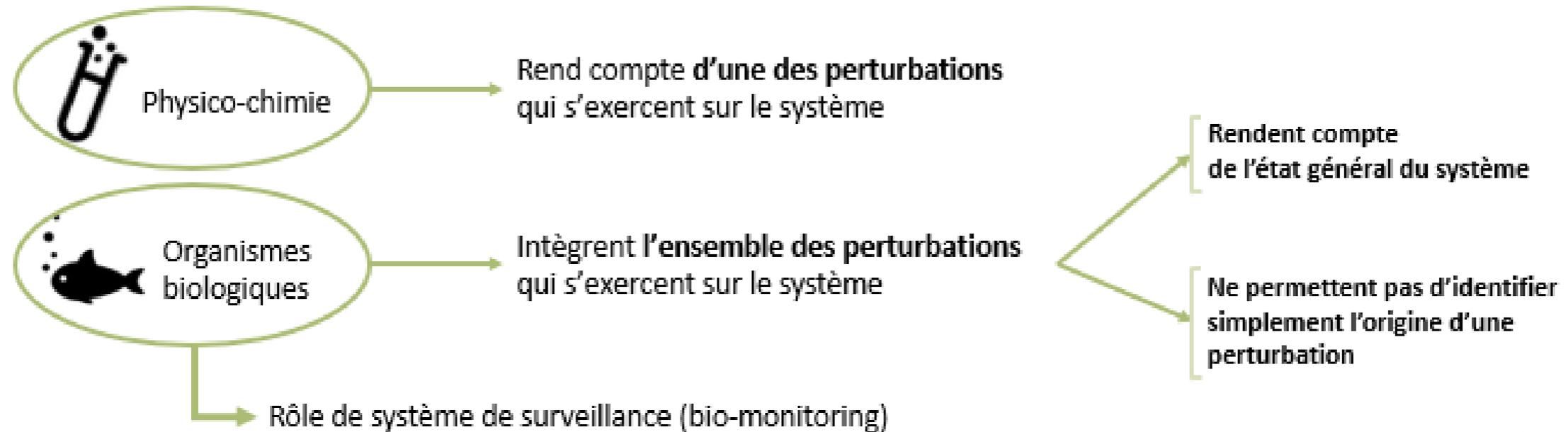
- Réseau de 17 laboratoires, 60 techniciens
- Accréditations Cofrac, agrément ministériel
- Partenaires techniques de l'agence de l'eau :
 - référents localisation stations
 - Opérateurs d'une partie des prélèvements et analyses
- Tri et détermination
- Vérifications, audits, contrôles
- Saisie et qualification des résultats

Choix de maintien d'un haut niveau de compétence dans la sphère publique

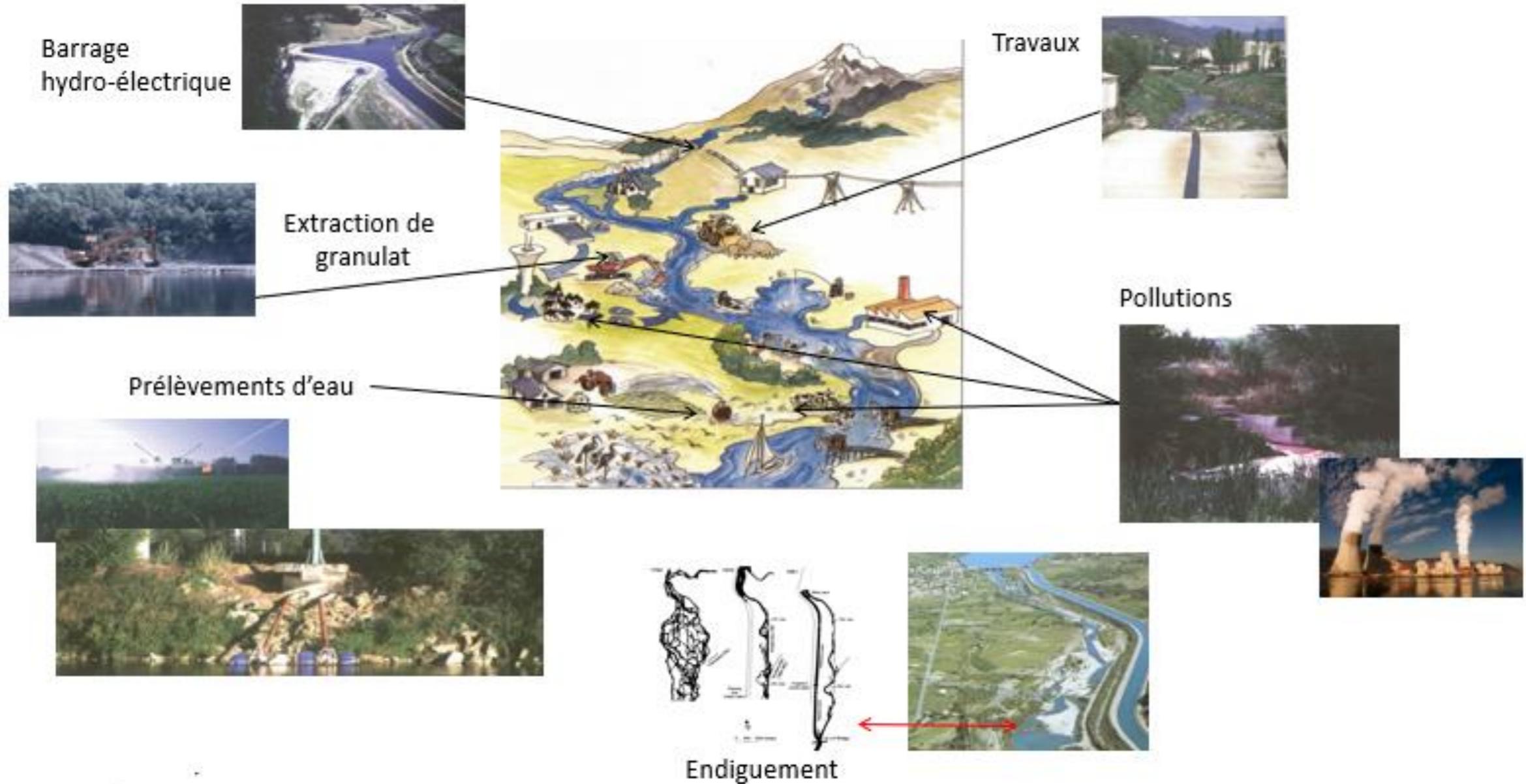


La bioindication

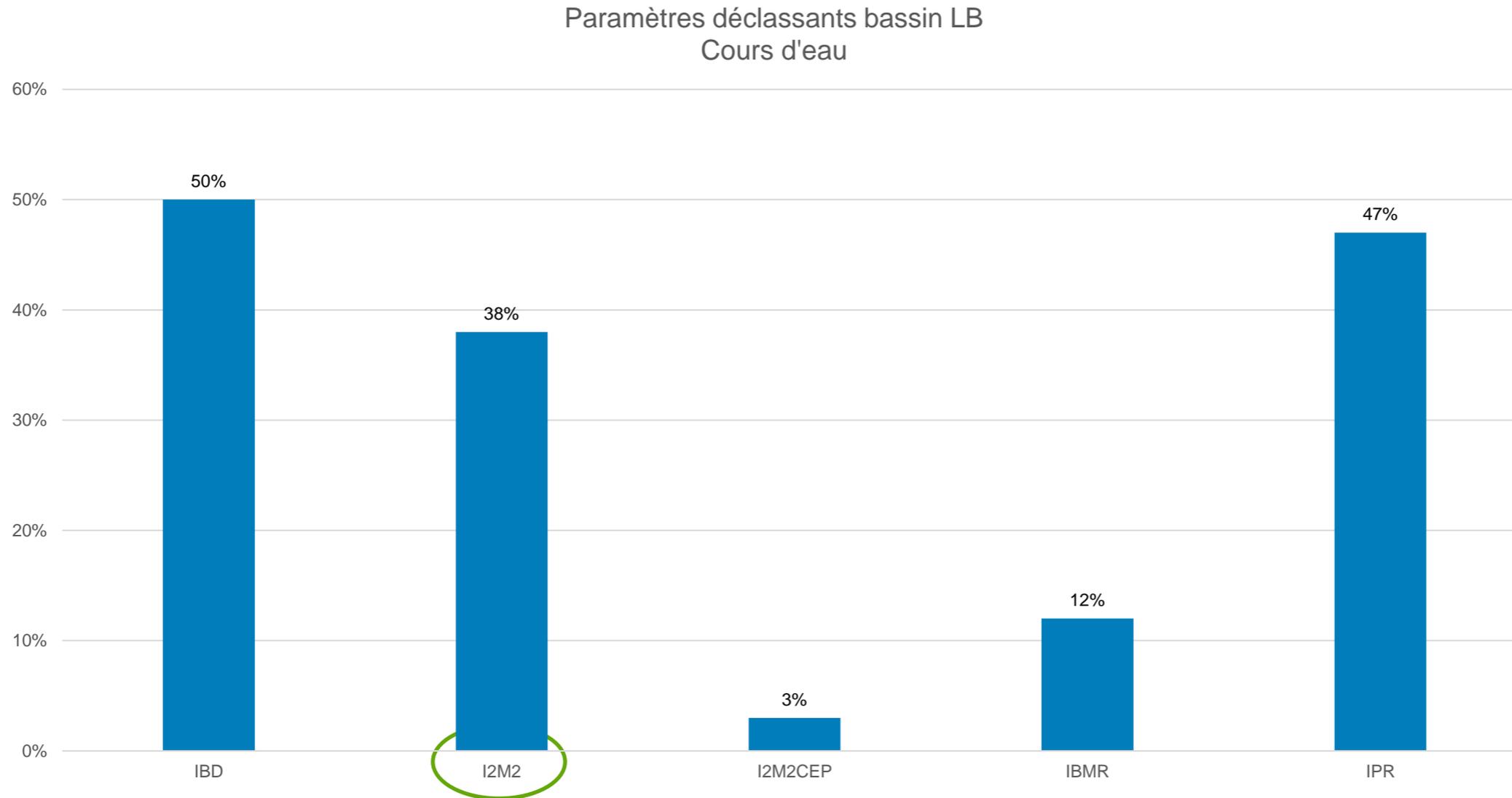
- **Compte tenu**
 - > de la multiplicité des perturbations,
 - > de la complexité des hydro-systèmes,
 - > des interactions entre les éléments,
- **les méthodes basées sur la physico-chimie ont rapidement montré leurs limites.**



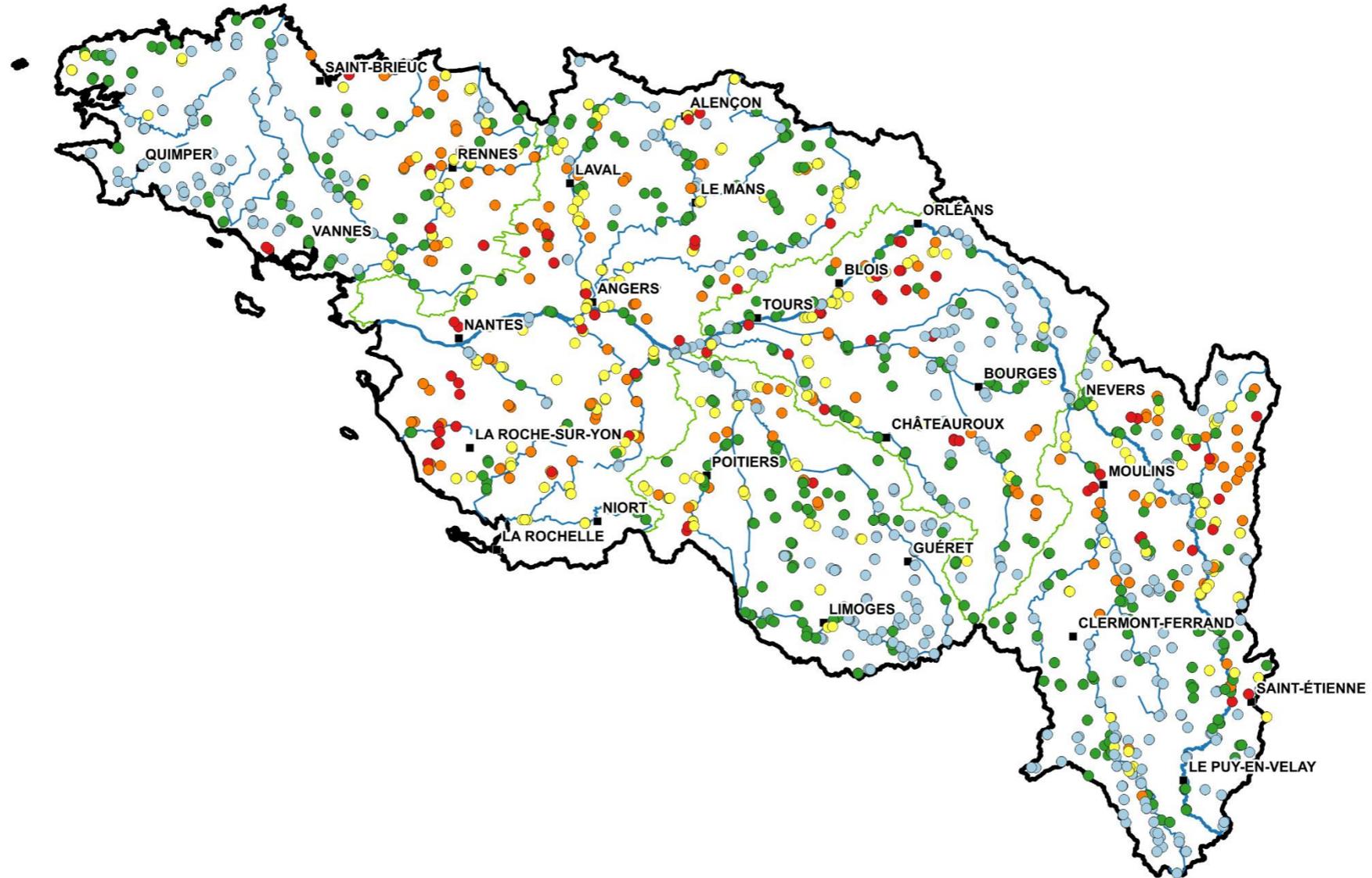
Les principales pressions sur les cours d'eau



- Les paramètres biologiques déclassants de l'état écologique



- L'état des cours d'eau au regard de l'I2M2



Les macroinvertébrés benthiques

3 critères

Visibles à l'œil nu (taille supérieure à 0,5 mm)

Pas de squelette ni de cartilage

Vivant au fond des cours d'eau



Les macroinvertébrés

- Relativement sédentaires et, pour beaucoup d'entre eux, inféodés à certains types de substrats (pierres, végétaux, bois...).
- Entre filtreurs, prédateurs, résistance variable aux pressions,... un écosystème riche
- **Densité d'individus : 7 600 par m² en moyenne (Bretagne).**

Hydrozoaires, insectes, turbellariés, annélidés, bryozoaires, mollusques, némathelminthes, rotifères, spongiaires, hydracariens, crustacés



- Quelques exemples

Crustacés : Gammare



Trichoptère (larve)



Trichoptère
(émmergence)



PLECOPTERES



ODONATES



- Les macroinvertébrés
 - La larve d'odonate : une larve serial killer



COLEOPTERES



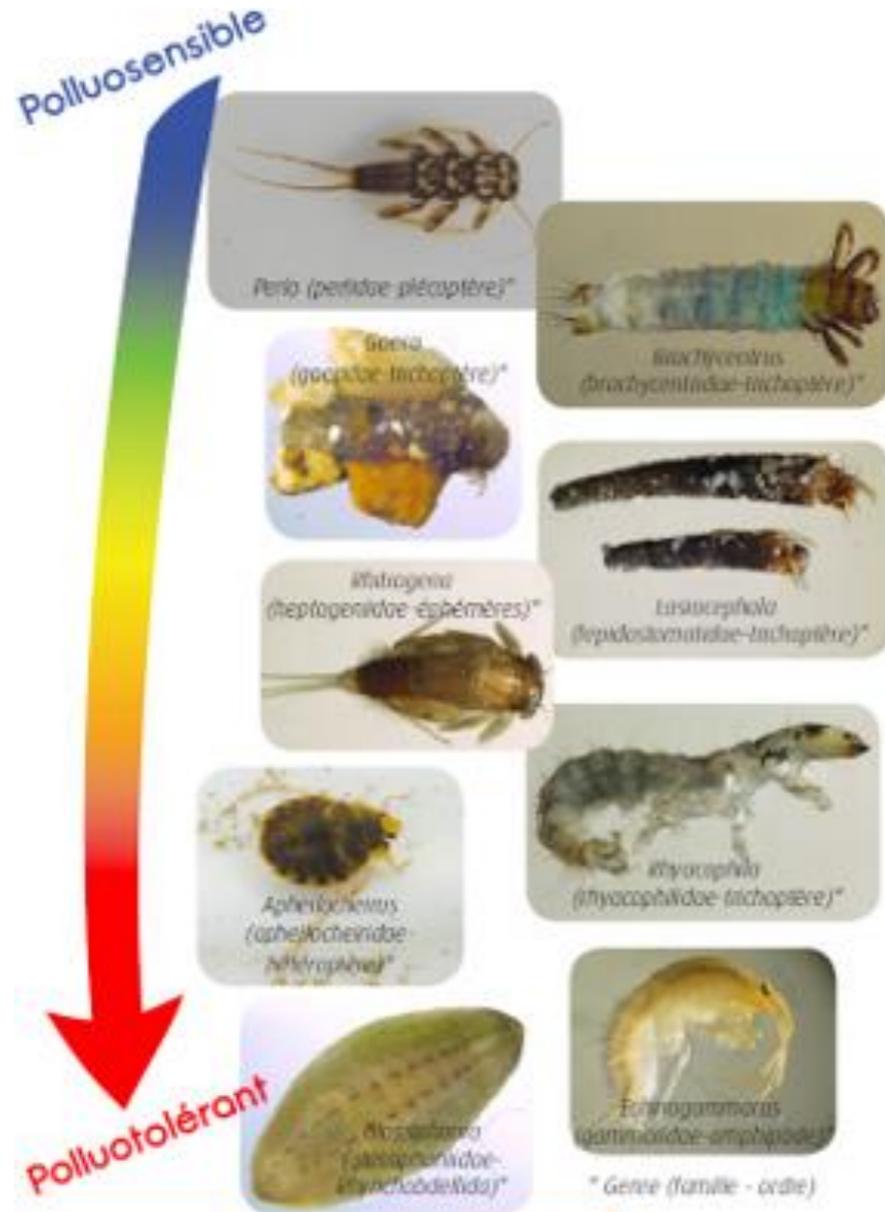
• Décapodes



Et les autres !



- Mollusques
- Annelides
- Eponges
- Hydrozoaires



- Représentatifs des conditions environnementales d'un milieu
- Sensibles à la pollution et aux modifications d'habitat
- Utilisés pour évaluer la qualité de l'eau depuis 1902, en France depuis 1967

Ce qu'ils donnent comme information : habitat, qualité de l'eau, hydrologie, stabilité du milieu

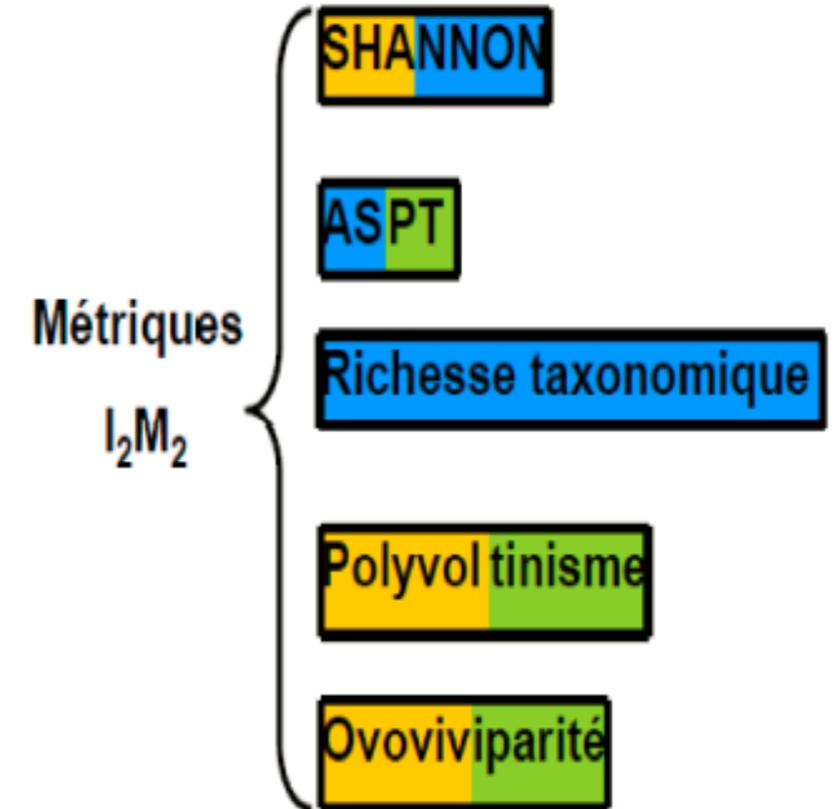
- **Cycle temporel :** quelques mois à 1 an
- **l'échelle géographique :** segment de cours d'eau (< km)
- **l'Indice Invertébrés Multi-Métrique (I_2M_2)** remplace l'IBGN depuis 2018
Mesure l'écart à une référence théorique.
Notion d'hydroécorégions.

Différentes métriques

Abondance

Diversité

Sensibilité des taxons



Notion d'hydro éco region

Obj : regrouper les caractéristiques homogènes des milieux aquatiques, qui ont une influence sur la répartition des espèces

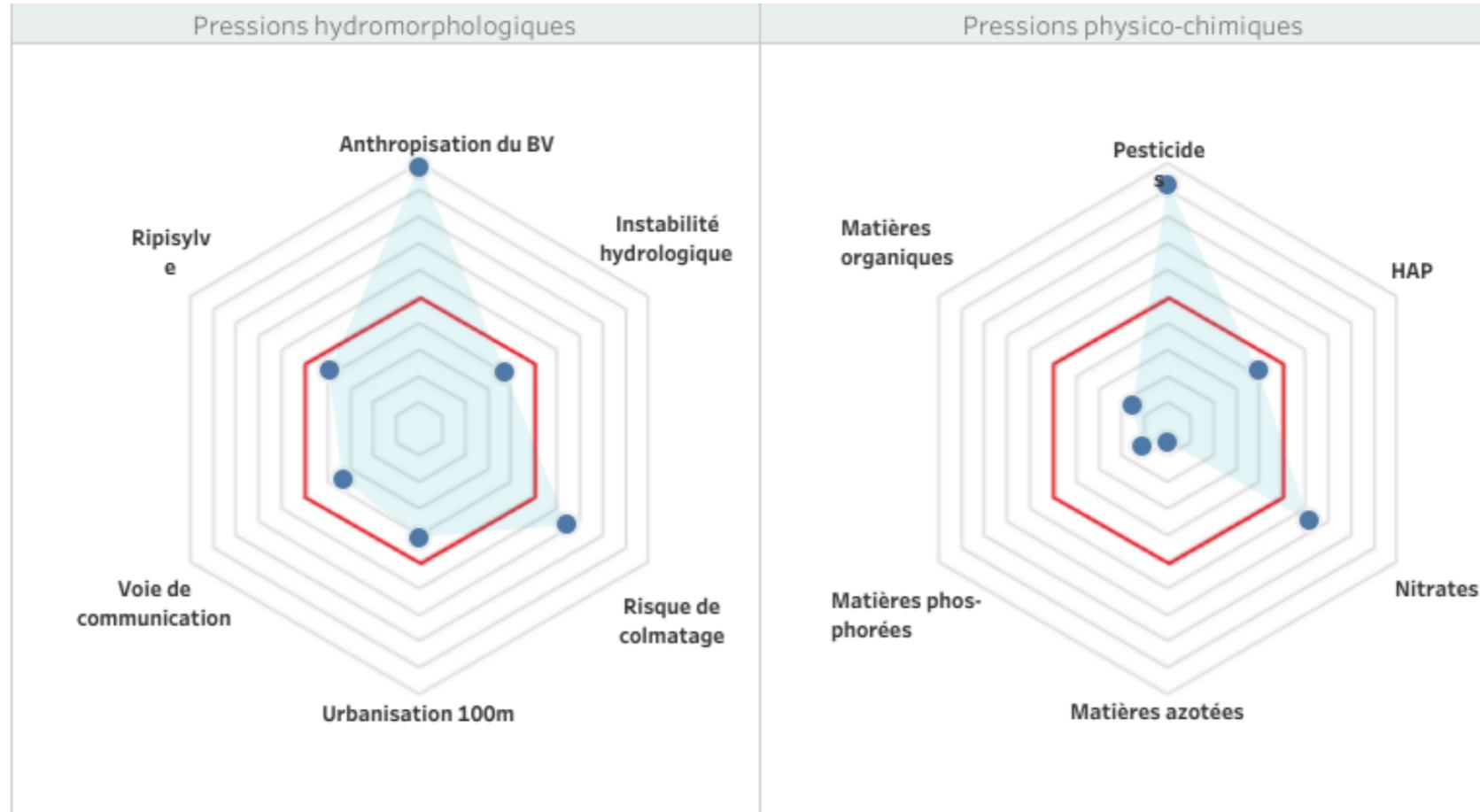
Conditions de références différentes -> calcul d'indice différent



Les HER de niveau 1

Outil de diagnostic I2M2

Renseigne sur la **Probabilité** de pression anthropique sur le peuplement benthique :
6 pressions liées à la **physico-chimie** (qualité de l'eau) / 6 pressions liées à la **morphologie** (habitat)



<https://bretagne-environnement.fr>

Significatif si probabilité >0,6

Fonctionne surtout en comparaison (amont-aval, avant-après), avec peu de pressions

- **Autres indicateurs de suivi des macro-invertébrés**

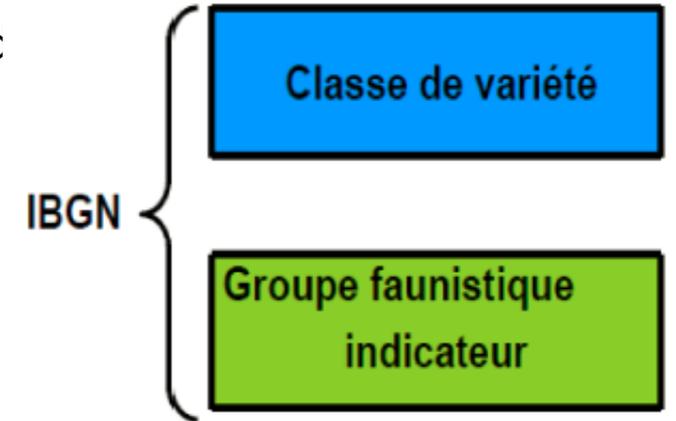
IBGN : Première approche, non représentatif des pressions.

Pas de notion d'écart à la référence, de typologie de cours d'eau, de l'abondance, c la diversité, du ration espèces sensibles/espèces résistantes.

Même protocole de prélèvement que l'I2M2, mais moins pertinent et complet

I₂M₂ CEP : pour évaluer un Cours d'Eau Profond, depuis 2023. Remplace IBGA.

Pose encore des questions



Kick-sampling : prélèvement simplifié en suivi de travaux, impact d'un rejet...

Suivis odonates, oligochètes, écrevisses...

ADN environnemental



- **Prélèvements de terrain**

- **Protocole normalisé NF T90-333**

- Période de basses eaux, mai à octobre.

- Hors à-coups hydrauliques ou ruptures d'écoulement

- Temps de repos de la station entre 2 prélèvements biologiques

- 12 placettes

- Diversité de couples Substrats/vitesses d'écoulement

- Conservation dans l'alcool, éventuelle congélation.

Reconnaître et décrire les habitats :

bryophytes, hydrophytes, Litières, branchages-racines, pierres galets, blocs, granulats, hélophytes, vases, sables, algues, dalles

- Prélèvement : plan d'échantillonnage représentatif de la diversité des habitats (substrat/vitesse d'écoulement)
- 12 placettes
- Matériel normalisé (surface, maille des filets/tamis)

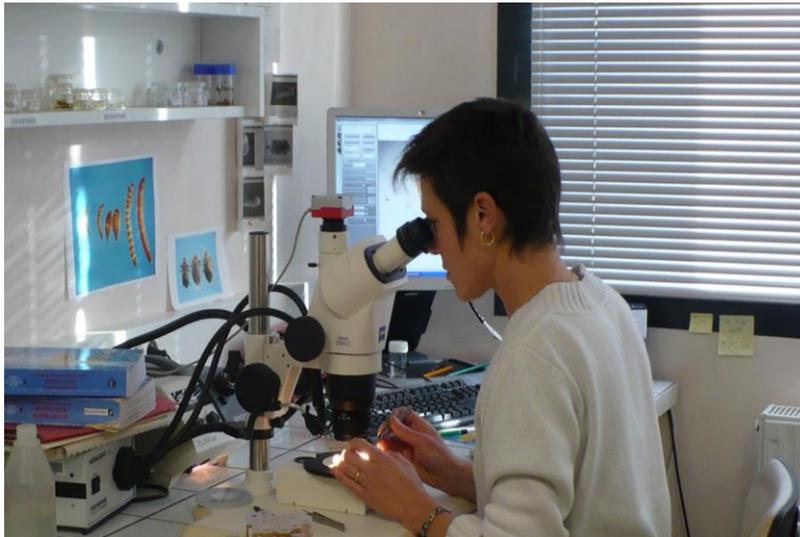


- Phase de laboratoire

Tri

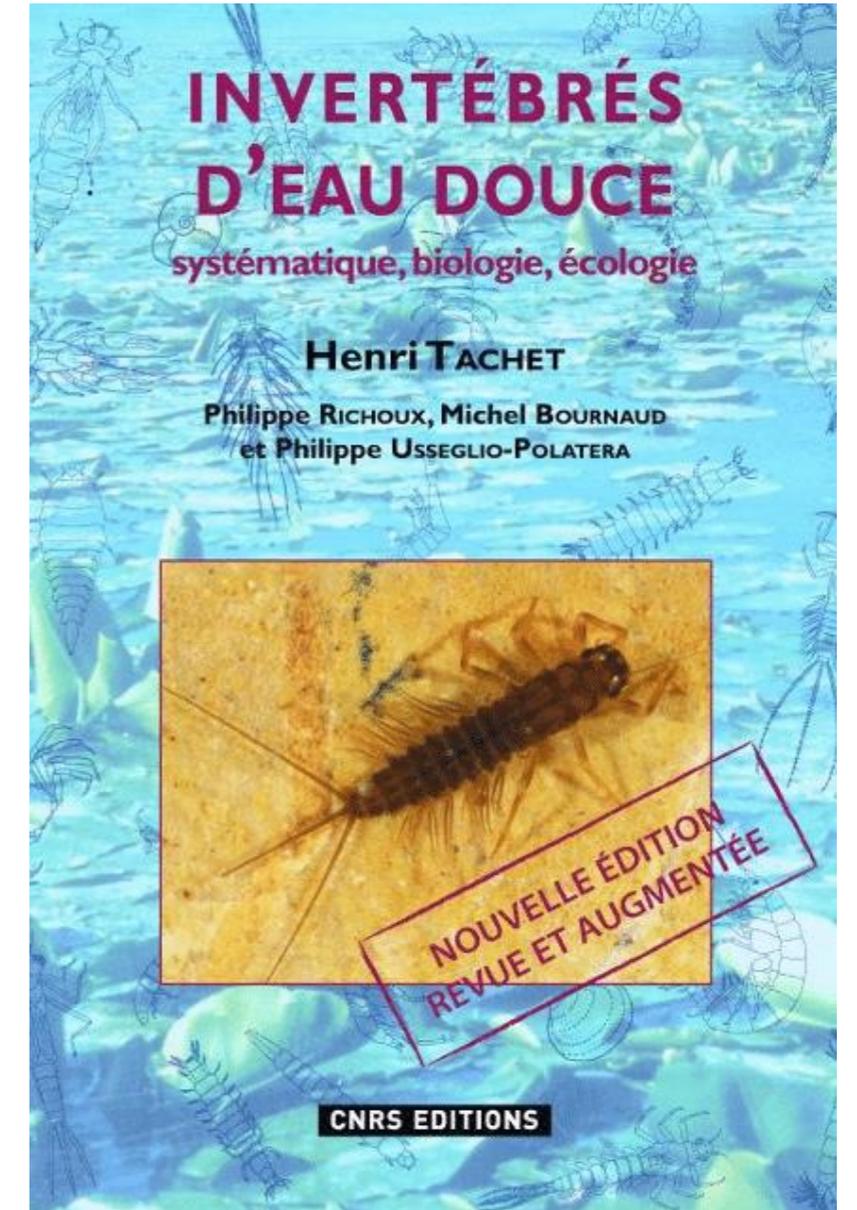
Comptage

Détermination sous loupe binoculaire



- Détermination : principales références

The screenshot shows the 'Perla v3' website interface. At the top, there are logos for the French Republic and the Auvergne-Rhône-Alpes region. The main title is 'Perla v3 Détermination des invertébrés d'eau douce'. Below the title are navigation buttons: 'Classification', 'Arbre de décision', 'Télécharger Perla', 'Mises à jour', and a search bar labeled 'Rechercher'. The breadcrumb trail reads 'Accueil > Arbre de décision'. The main content area is titled 'Macroinvertébrés' and features a grid of images and text boxes. On the left, there are two large images: a clam labeled 'Exemple d'invertébrés avec coquille' and a snail. On the right, there are two large images: a mayfly nymph labeled 'Exemple d'invertébrés sans coquille' and a long, thin nematode. To the right of these are several smaller images with labels: 'eponge', 'mousses', 'sphère coloniale', 'arbustif', 'parasitoïde', 'différents aspects', 'bourgeon', 'méduse', and 'Hydres'. At the bottom left, there is a 'morphologie' section with three checkboxes: 'présence d'une coquille', 'pas de coquille et apparence d'un animal', and 'apparence végétale, parasitoïde ou de méduse'. At the bottom right, there are two buttons: 'Arborescence des questions' and 'Précédent'.



- Calcul de l'indice

Elaboration d'une liste faunistique sous format défini

Document d'accompagnement de la liste :

Surface de recouvrement des différents substrats

Couple substrat/vitesse pour chacun des 12 prélèvements

Calcul sur le site du SEEE

04000000_Thouaret_RCS19.xls

	CODE SANDRE	PHASE A	PHASE B	PHASE C
Leuctra geniculata	33830	25	9	10
Leuctra	69	1	0	0
Ecnomus	249	1	0	0
Goeridae	256	0	1	0
Hydropsychidae	212	371	108	205
Hydropsychidae	211	608	70	371
Hydropsychidae	200	7	10	10
Adriapsodes	311	4	1	1
Mystacidae	312	1	13	3
Anabolia	281	0	2	0
Cyrmus	224	0	14	8
Polycentropus	231	118	21	26
Polycentropodidae	223	130	85	51
Tinodes	245	0	7	6
Rhyacophila lato-sensu	183	112	15	17
Baetis	384	127	19	48
Centroptilium	383	0	11	8
Caenis	457	64	103	43
Ephemerella ignita	451	481	47	70
Ephemerella	502	1	0	0
Ecdyonurus	421	1	0	0
Hydrometra	740	0	1	0
Limnephila	613	2	0	0
Elmidae	618	0	0	2
Esolus	619	40	5	17
Limnephila	623	1	9	1
Oulimnius	622	432	32	47
Stenelmis	617	87	11	20
Helophorus	604	1	1	0
Hydraena	608	1	1	1
Ceratopogonidae	819	6	1	0

COURS D'EAU	LB_STATION	DATE	LARGEUR MOYENNE	SUBSTRAT	SANDRE	RECOUVREMENT	DEFINITION
MERDEREAU	TREAU à SAINT-PAUL-LE-GAI	03/09/2024	5,2	A - Bryophytes	S1	2,0 M	
				B - Hydrophytes	S2		
				C - Liliens	S3	1,0 M	
				D - Blanchage rochers	S28	1,0 M	
				E - Fossés, galets	S24	70,0 D	
				F - Blocs	S30	10,0 D	
				G - Granulats	S9		
				H - Halophytes	S10		
				I - Vases	S11		
				J - Sables, limons	S25	1,0 M	
				K - Algues	S18		
				L - Delles, argiles	S29	15,0 D	
				Total de recouvrement (100%)		100,0%	

Illon (à donner pour chacun des 12 microprélèvements)

DATE	CODE_PREL_ELEM	obligatoire	obligatoire	obligatoire	facultatif	facultatif	facultatif
		SUBSTRAT	CLASSE VITESSE	CODE_PHASE	HAUTEUR D'EAU	INTENSITE DU COLMATAGE	STABILITE
03/09/2024	P1	S1	N5	PhA	20		
	P2	S3	N1	PhA	15		
	P3	S28	N3	PhA	20		
	P4	S25	N3	PhA	22		
	P5	S24	N5	PhB	15		
	P6	S30	N5	PhB	20		
	P7	S29	N5	PhB	10		
	P8	S24	N3	PhB	20		
	P9	S24	N1	PhC	5		
	P10	S24	N5	PhC	10		
	P11	S24	N3	PhC	20		
	P12	S24	N1	PhC	10		



Le Système d'évaluation de l'état des eaux (SEEE) est accessible librement et gratuitement, aucune authentification n'est requise. L'objectif est de permettre la mise à disposition des algorithmes de référence ainsi que l'exécution de calculs depuis la présente interface web en exploitant ces algorithmes sur la base de fichiers d'entrée et de sortie standardisés. Il est aussi possible d'interroger les indicateurs en API.

Type d'indicateur

Outill d'évaluation

Classe d'indicateur

I2M2

Version d'indicateur

1.0.6

Données d'entrée

Formulaire I2M2_v1.0.6

Les dernières actualités

12 mars 2025
Indicateur mis à jour
En savoir plus

03 mars 2025
Erreur version indicateur
macrophyte cours d'eau
En savoir plus

27 février 2025
Nouvel outil de diagnostic
En savoir plus

26 février 2025
Cartographie des indicateurs
En savoir plus

11 février 2025
Indicateur mis à jour
En savoir plus

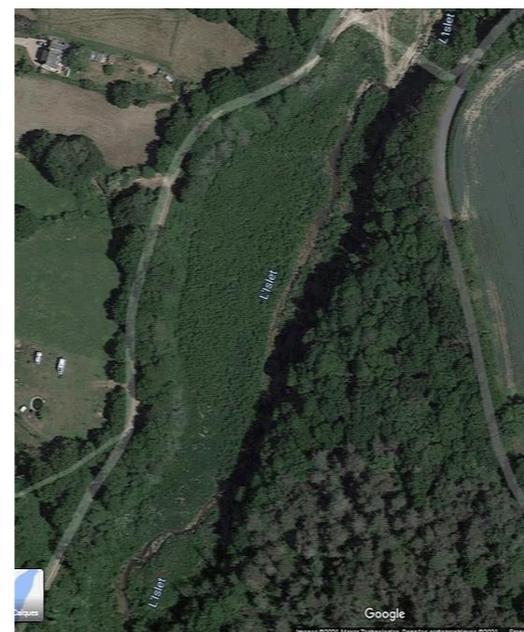
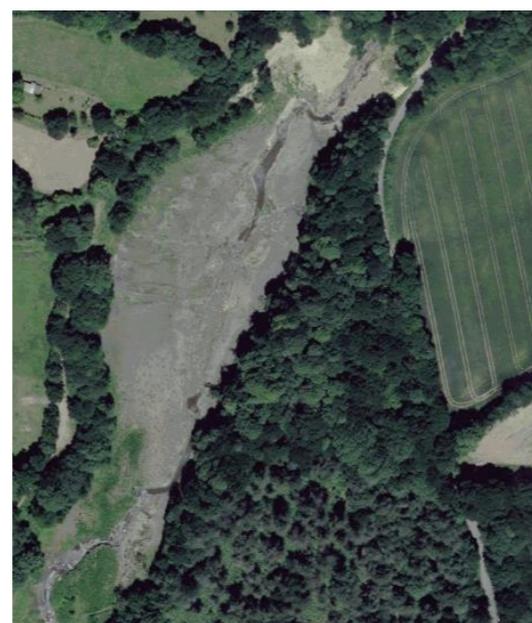
07 février 2025
Erreur version indicateurs
macroinvertébrés cours d'eau
En savoir plus

07 février 2025
Panneau serveur de calcul
En savoir plus

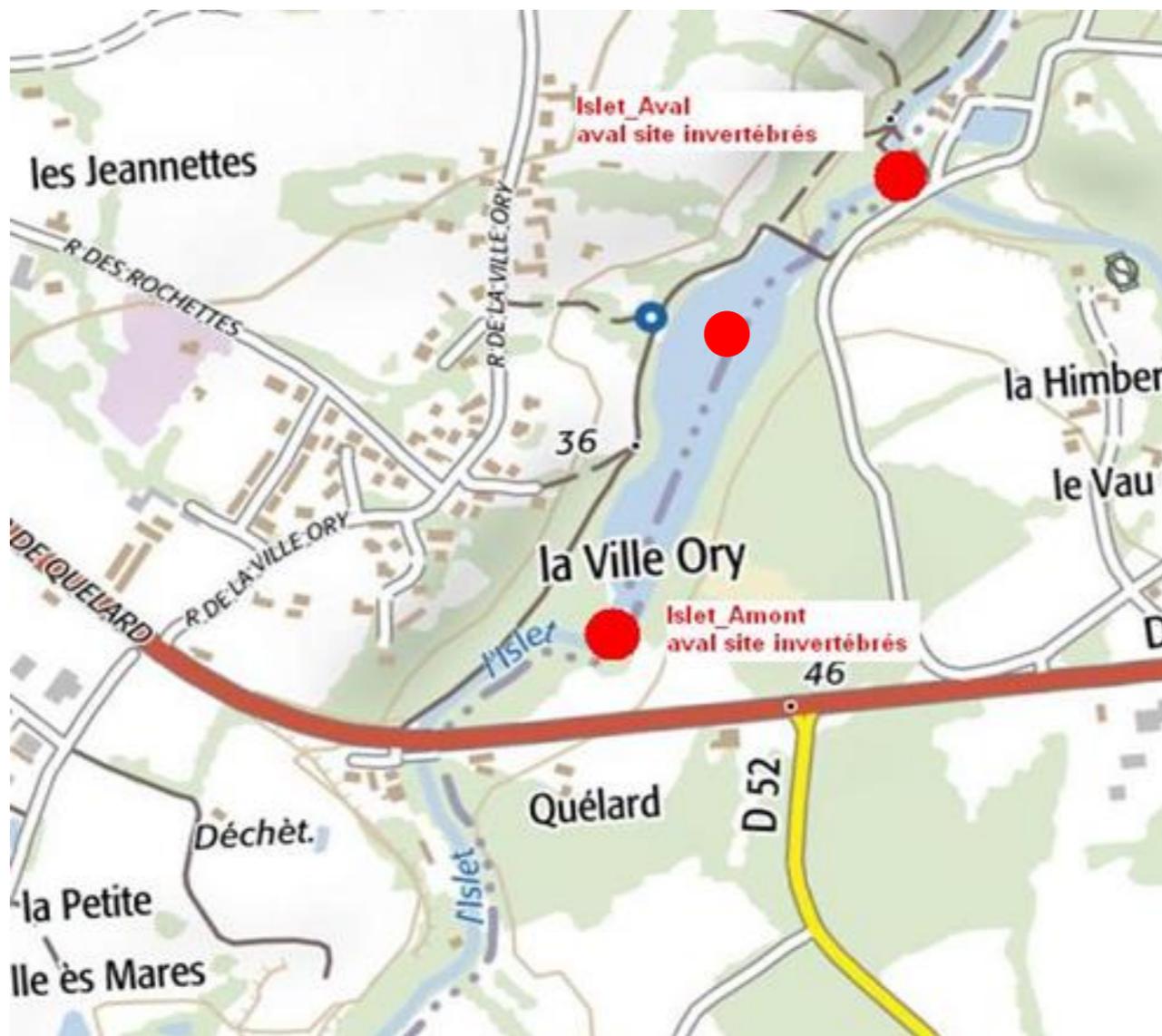
EXEMPLES

- **Suivi de travaux**
Effacement barrage Islet
- **Vidange puis remise en eau d'un étang**
- **Exemples pressions/réponse :**
rejet ICPE étude amont/aval.
- **L'importance de l'habitat : cours d'eau**
sableux de la Sarthe

- Effacement d'un barrage (Islet à Erquy, Cotes d'Armor)



Suivi de l'arasement du barrage de l'Islet



Design échantillonnage :

- Ref-amont : en amont de retenue
- Une station dans la retenue (PPP bateau – inventaire après)
- Une station en aval du barrage

I2M2 et métriques

Paramètre ou métrique IBG-DCE SEEE - v1.0.6 I2M2 SEEE - v1.0.6	04312009			04312007		04312010		
	Amont 2016	Amont 2021	Amont 2023	Ancien PEau 2021	Ancien PEau 2023	Aval 2016	Aval 2021	Aval 2023
IBG-DCE phases A+B	15	15	16	19	17	16	16	16
IBG-DCE GFI phases A+B	7	7	7	7	7	6	7	7
IBG-DCE Variete phases A+B	32	29	34	45	40	38	33	33
I2M2	0.3375	0.2752	0.2843	0.3013	0.3448	0.2449	0.3214	0.3266
Indice Shannon I2M2 équilibre de la répartition des espèces	0.5416	0.3251	0.2968	0.4276	0.235	0.4342	0.3894	0.267
AverageScorePerTaxon I2M2 polluo-sensibilité des populations	0.2236	0.3438	0.302	0.2116	0.3889	0.2549	0.3383	0.3678
Polyvoltinisme I2M2 capacité à recoloniser le milieu	0.4131	0.2635	0.2472	0.2536	0.2874	0.1716	0.2242	0.3677
Ovoviviparite I2M2 capacité à protéger sa progéniture	0.2408	0.1749	0.2224	0.1383	0.27	0.0228	0.304	0.2622
Richesse I2M2 diversité taxonomique du peuplement	0.3061	0.2857	0.3878	0.5918	0.5918	0.449	0.3878	0.3673
NbTaxons I2M2 Contributifs	44	43	47	61	59	53	47	46
PH	non mesuré	7,95	8,0	8,08	7,9	non mesuré	8,07	7,9
T°C Eau	non mesuré	15,5	17,0	16,9	16,2	non mesuré	15,8	15,2
O2 (mg/L)	non mesuré	9,57	9,25	10,06	9,5	non mesuré	9,82	9,7
Conductivité	non mesuré	590	614,0	576	623,0	non mesuré	576	620,0

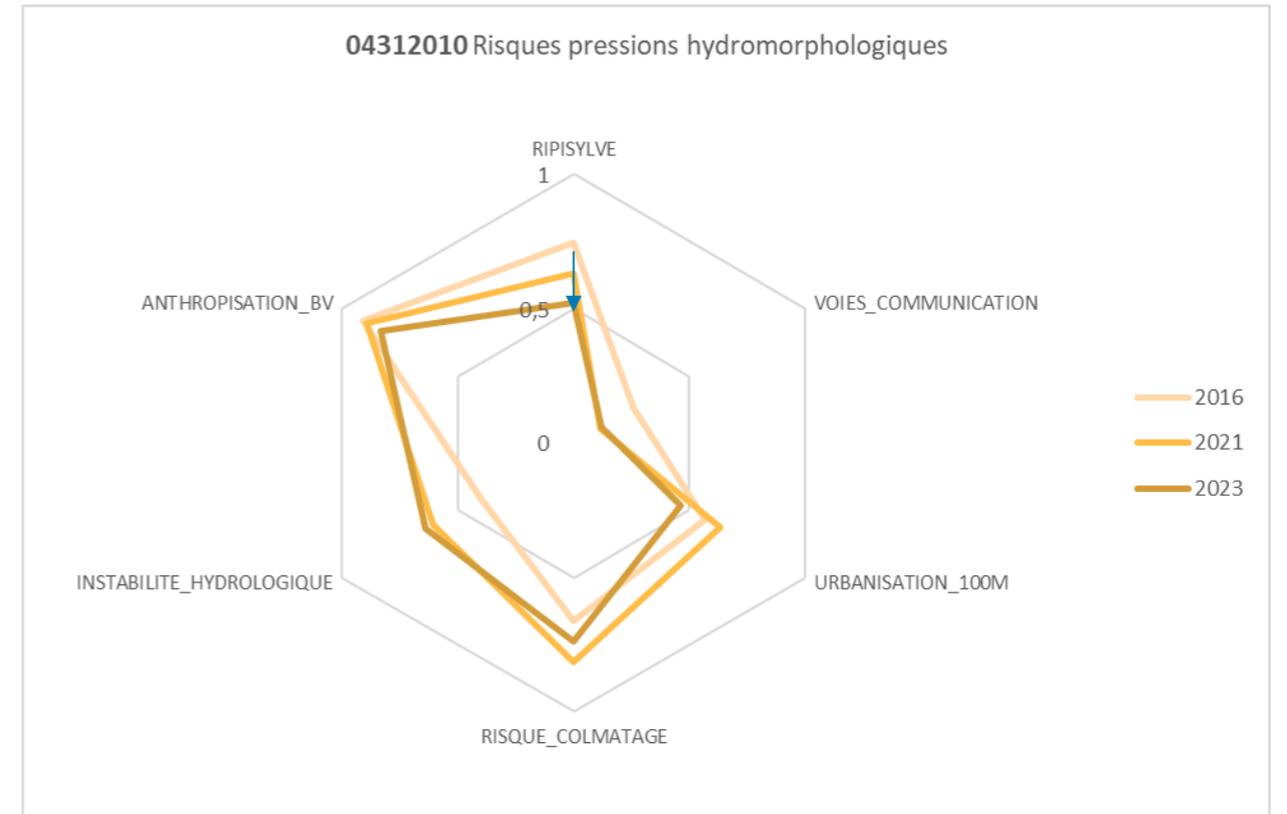
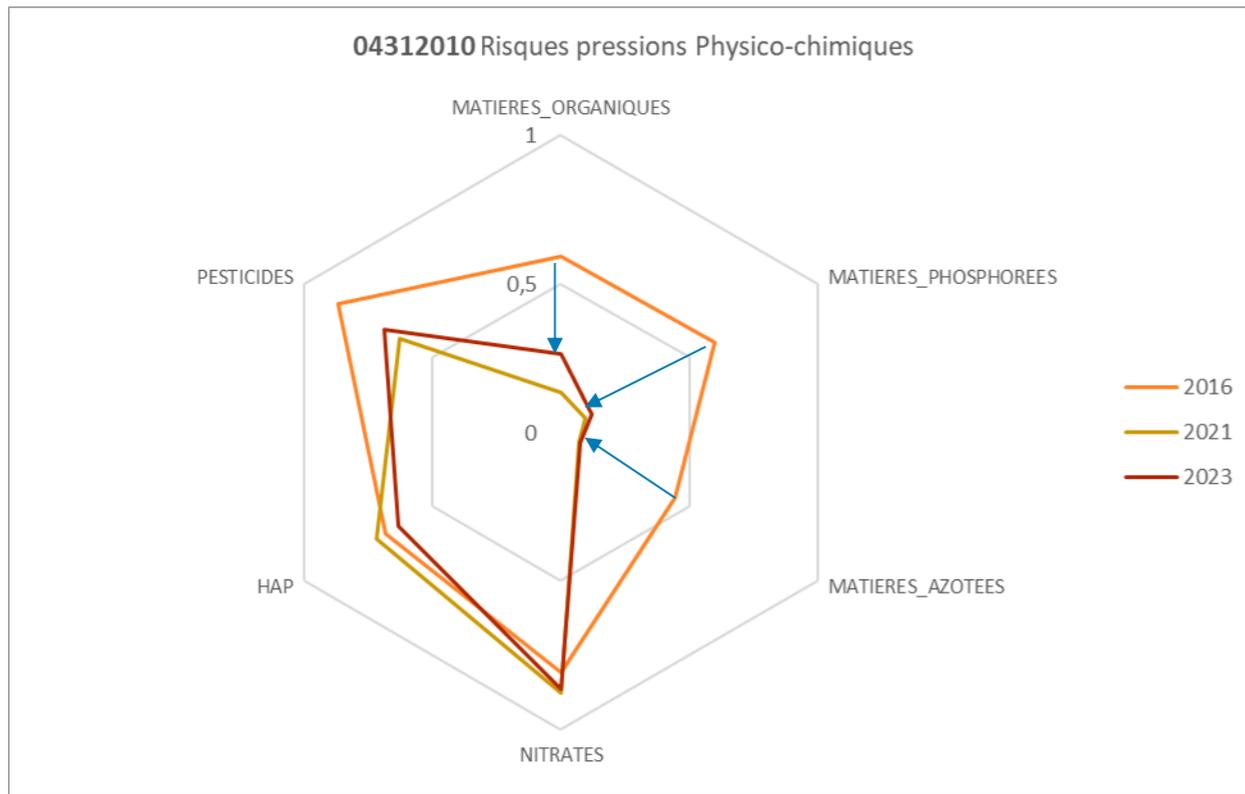
AMONT : I2M2 stable mais reste médiocre Polyvoltinisme et Ovoviparité faibles => réponses à des pressions .
Milieu reste perturbé

INTERMEDIAIRE : disparition copépodes (témoins de PE)
Bonne variété de l'habitat.
Meilleure qualité des taxons
(ASPT)

AVAL : Légère amélioration I2M2, stable 2021-2023. Moins de diversité, mais plus de qualité % 2016. Disparition de taxons « plan d'eau » : copépodes, caenis
Ovoviparité en baisse

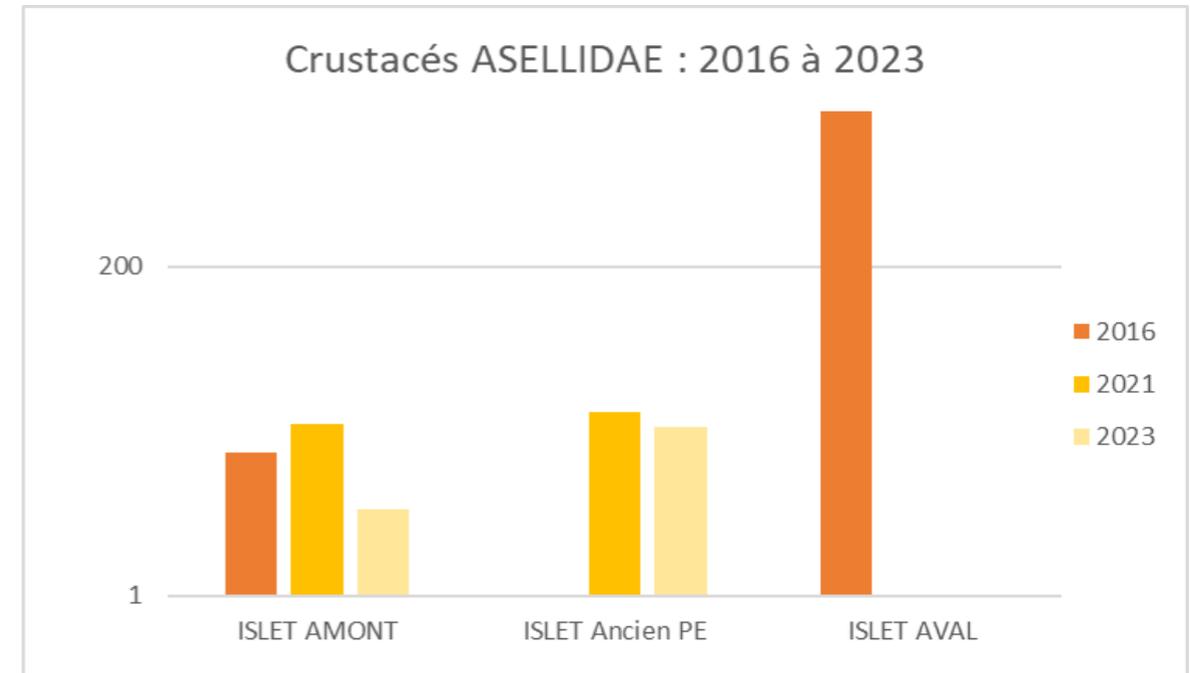
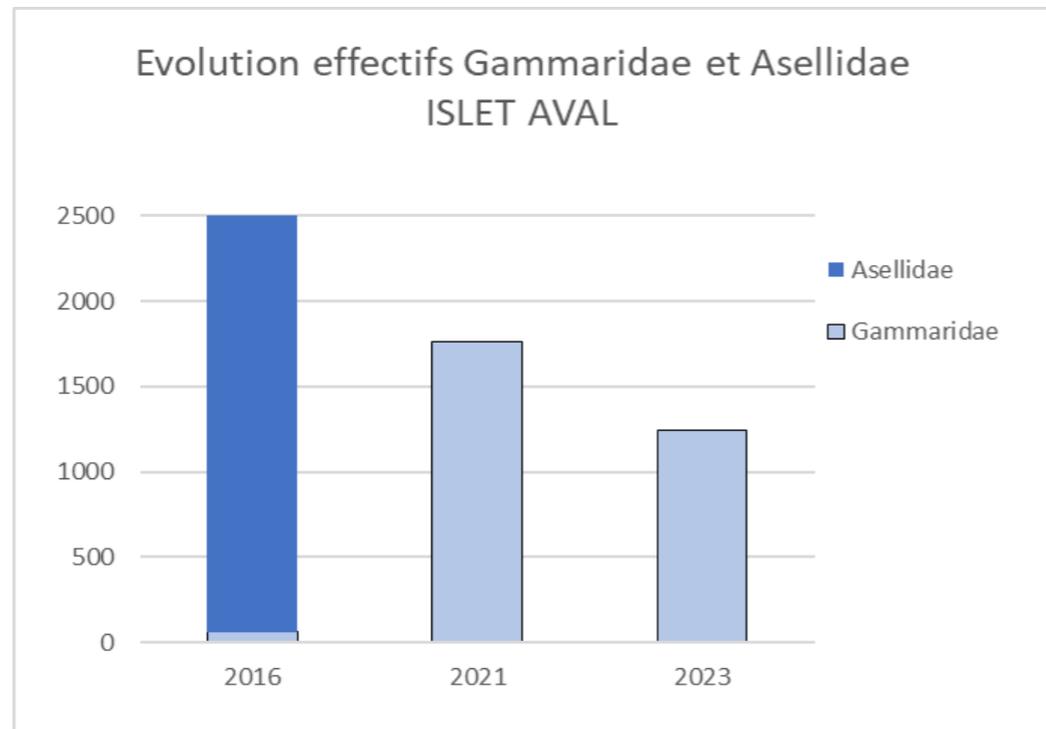
Outil diagnostique : révélateur de perturbations

AVAL : pression MO, P, Matières azotées en baisse . Ripisylve en baisse également : reprise de la végétation et baisse de la température



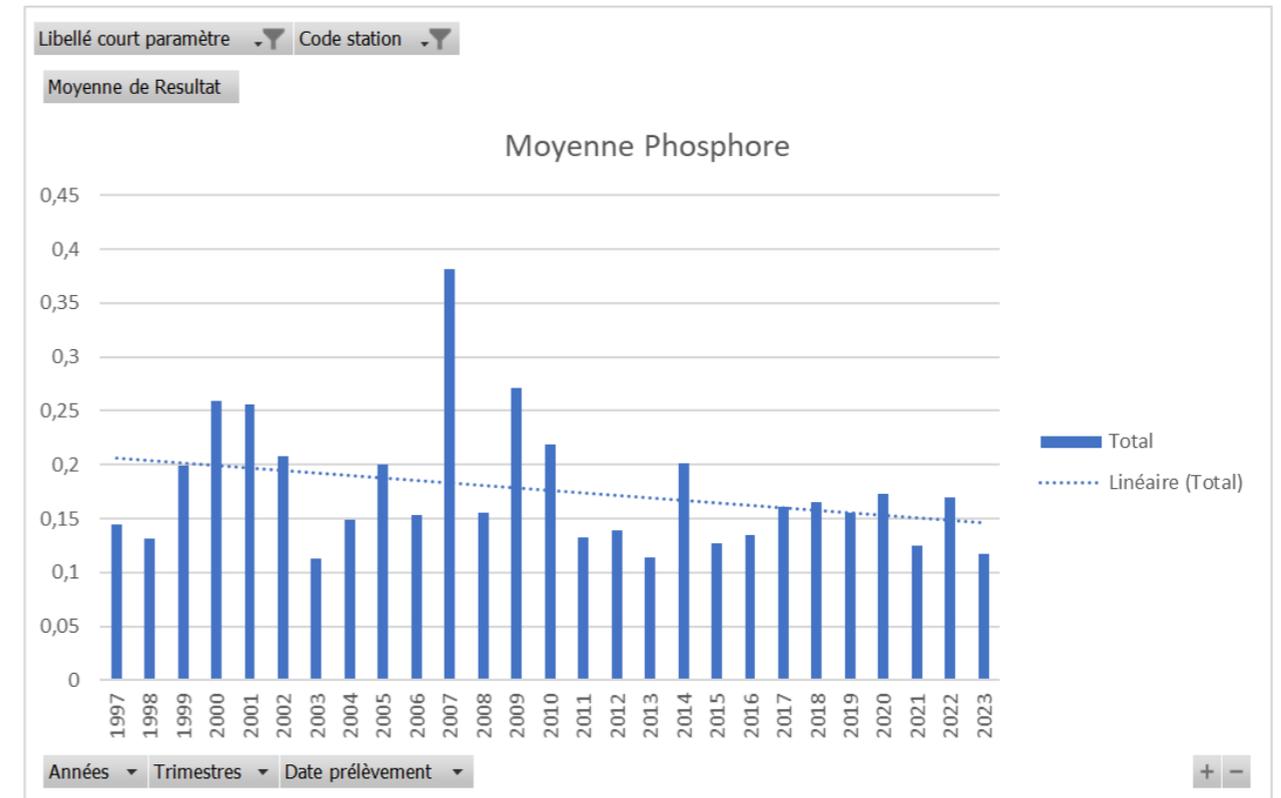
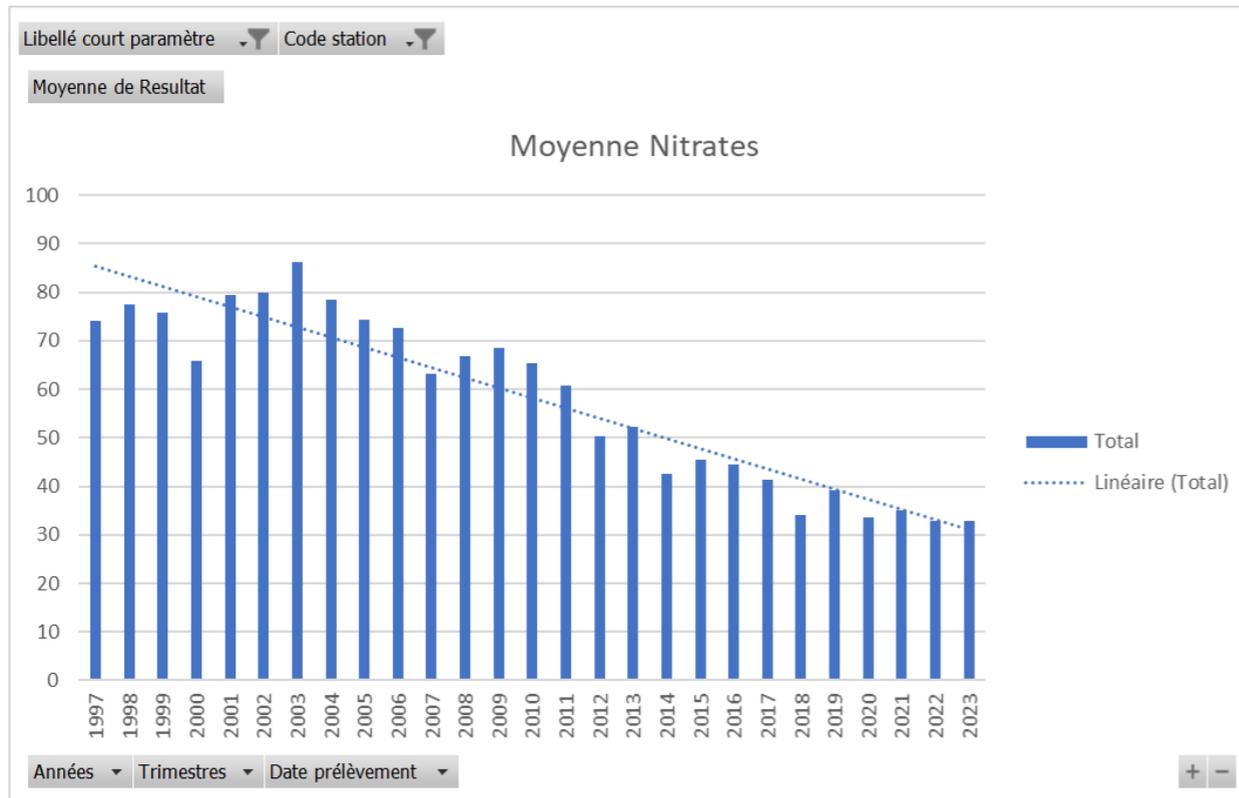
Zoom crustacés

Gammaridae et Asellidae taxons pollutolérants,
affinité à la matière organique moins prononcée
pour Gammare



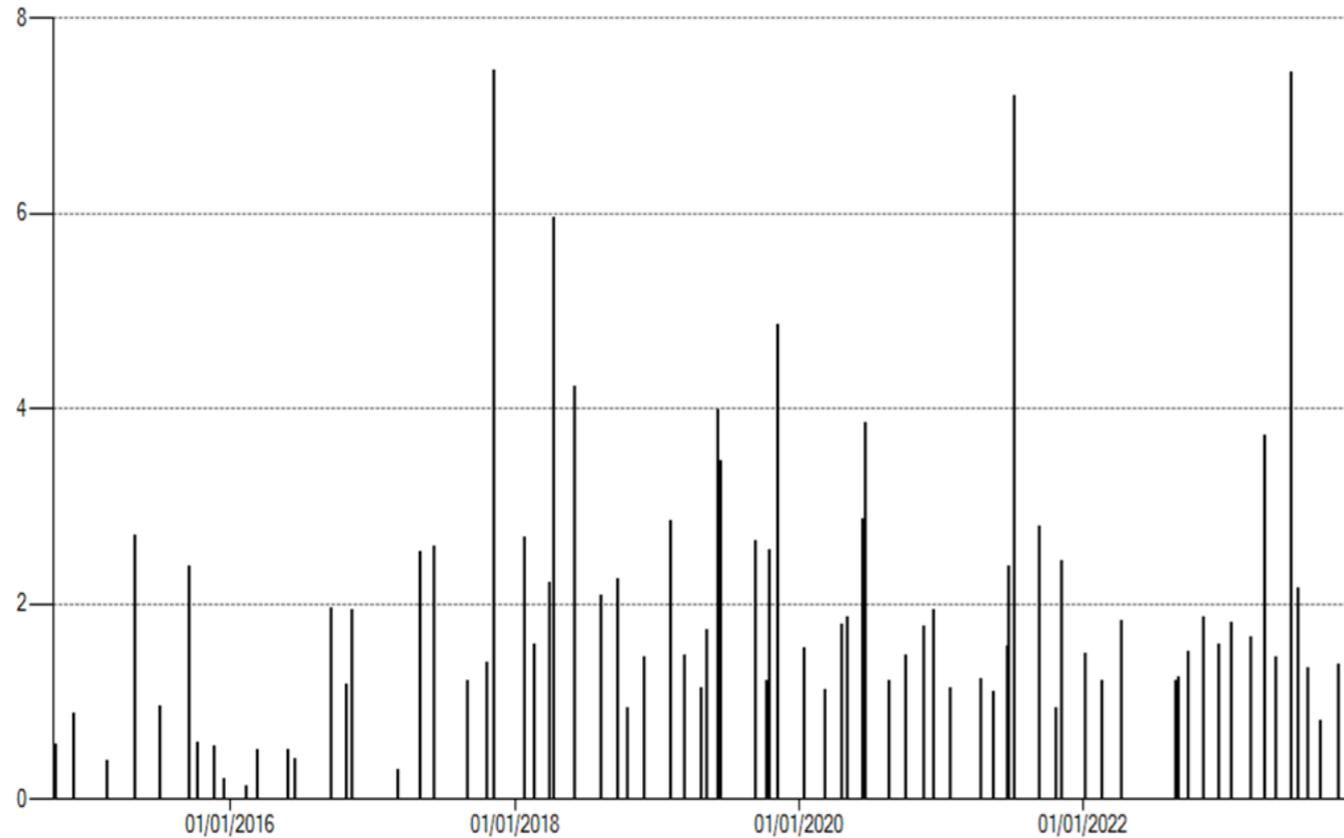
Pression qualité amont N & P

Des concentrations qui diminuent (surtout N) mais toujours présentes



Paramètres par élément de qualité	Limites des classes d'état				
	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
Nutriments					
phosphore total (mg P.l ⁻¹)	0.05	0.2	0.5		1
NO ₃ ⁻ (mg NO ₃ ⁻ . l ⁻¹)	10	50	*	*	

- Pesticides



Pression pesticides toujours importante

Conclusions : principales évolutions post arasement

- Disparition des espèces minv plan d'eau.
- Redistribution des minv avec reprise des écoulements et amélioration des habitats, mais les métriques illustrent des pressions du milieu.
- Relative stabilité 2021-2023.
- Autres indicateurs illustrent des évolutions (peuplement piscicole –continuité)et perturbations (diatomées-qualité de l'eau)

- Des tendances à l'amélioration sont observées dans les dynamiques de peuplement
- Malgré un retour à des conditions plus favorables, la qualité de l'eau reste un facteur limitant

Etude de l'effet d'un plan d'eau sur cours

Le Layon, à Cléré sur Layon (49) – Tête de bassin versant

- Plan d'eau de 70 ha, vidangé en 2018 et remis en eau à partir du printemps 2023.
Suivi chaque année, risque d'assec



Evolution de l'indicateur

Résultat 2024 : 0,1637

(en attente de qualification)

Retour des effets du barrage sur les invertébrés ?

	Année	I2M2	Mois
Remise en eau	2023	0,4162	05
	2022	Assec	
Écoulement libre	2021	0,509	04
	2020	0,477	05
	2019	0,3905	05
Vidange	2018	0,2648	07
	2017	Assec	
	2016	0,2596	06
	2015	0,2796	06
	2014	0,0958	10
	2013	0,1105	07
	2012	0,2559	06
	2011	Assec	
	2010	0,1853	10
	2009	0,1476	07
2008	0,1521	10	

- Caractérisation d'un impact sur cours d'eau lié au rejet d'une usine agro-alimentaire

- Caractérisation d'un impact sur cours d'eau lié au rejet d'une usine agro-alimentaire

Mesures physico-chimie in situ

- **Température : + 3,3 degrés** à l'aval du rejet
- **Conductivité ++++** à l'aval du rejet

Stations	Température de l'eau(°C)	pH	Conductivité (µS/cm)	Quantité O2 (mg/L)	Saturation O2 (%)
LOISANCE AMONT	17,3	7,1	364	8,7	90,8
LOISANCE AVAL	20,6	7,3	2300	8,7	98,0

Macro-invertébrés

• Résultats

IBGN

Station	AMONT	AVAL
GFI (taxon indicateur)	7 (<i>Leuctridae</i>)	8 (<i>Brachycentridae</i>)
Classe de variété (Variété taxonomique)	13 (49 taxons)	11 (37 taxons)
MPCE phases A+B	19	18
Robustesse	18 (GFI=6)	17 (GFI=7)

Pas d'impact vraiment caractérisé
mais perte de diversité taxonomique

I2M2

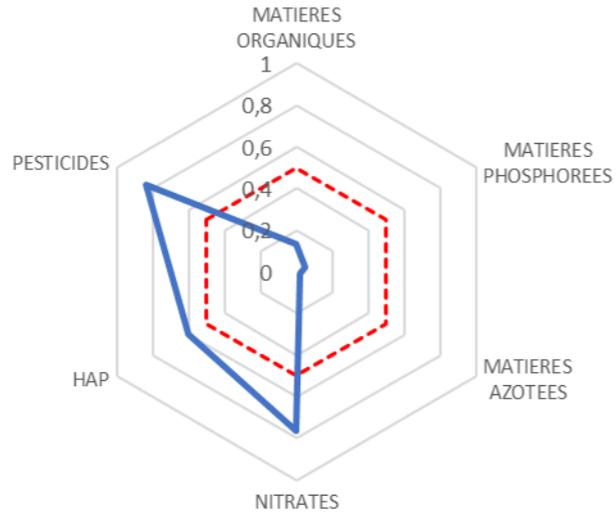
Station	AMONT	AVAL
Indice de Shannon richesse taxonomique et distribution des abondances (équilibre populations)	0,6433	0,3280
Average Score Per Taxon (ASPT) niveau moyen de polluosensibilité	0,5966	0,0072
Polyvoltinisme capacité à produire un nombre élevé de générations / an	0,4719	0,3116
Ovoviviparité stratégie de reproduction p maximiser la survie au stade embryonnaire, en isolant les oeufs des contraintes environnement	0,5487	0,6132
Richesse taxonomique nombre de taxons différents identifiés (hétérogénéité de l'habitat)	0,6939	0,3673
I2M2	0,5810	0,3243
Nombre de taxons contributifs	62	43

- Perte importante de richesse taxonomique
- Chute de la sensibilité du peuplement
- Prolifération de polluo-tolérants

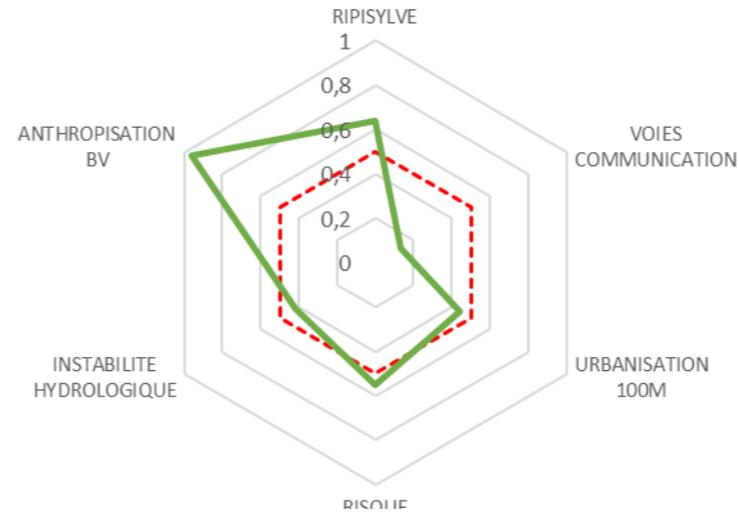
• outil diagnostic

AMONT

QUALITE DE L'EAU

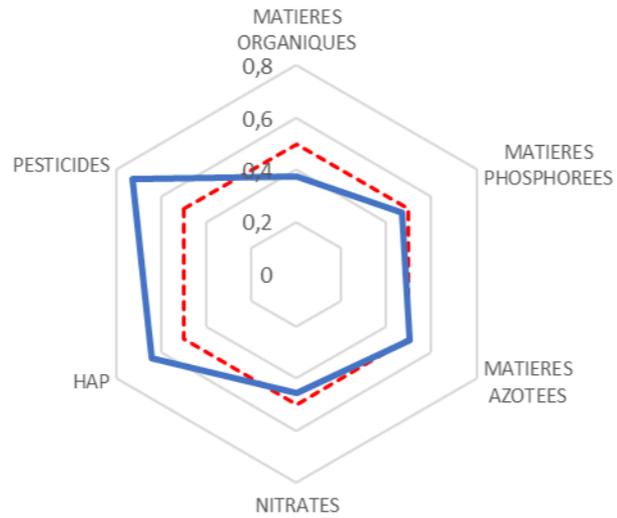


DEGRADATION HABITAT

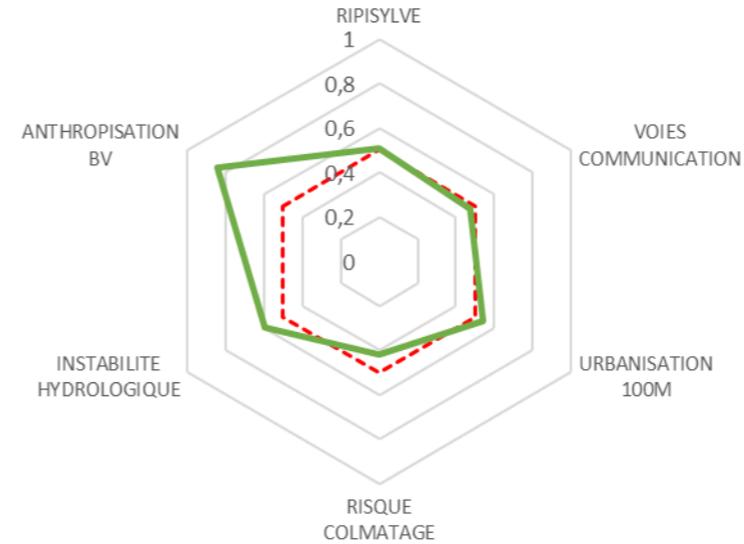


AVAL

QUALITE DE L'EAU



DEGRADATION HABITAT



— AVAL

— AVAL

- La tridimensionnalité de l'habitat : théorie du cache-cache

En Sarthe, des cours d'eau avec une bonne qualité de l'eau, ont un I2M2 mauvais ou médiocre. Expertise des fiches terrain : 60 à 90 % de sables, faible vitesse.

Cet habitat unique ne permet pas le développement d'une faune diversifiée et polluosensible
Proliférations de taxons plus résistants (Gammaridae, mollusques et oligochètes)

QUALITÉ BIOLOGIQUE												
Année	Diatomées		Invertébrés				Poissons		Macrophytes			
	IBD	Mois	I2M2	Mois	IBG GCE	Mois	I2M2 CEP	Mois	IPR	Mois	IBMR	Mois
2019	14,8	06	0,439	06					12,4	04	10,42	06
2017	14,8	07	0,4127	07					13,06	06	10,32	07
2015	14,1	06	0,2938	06					13,65	07	10,8	09

QUALITÉ DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES GÉNÉRAUX												
Année	Bilan de l'oxygène				Température	Nutriments					Acidification	
	O2	Tx O2	DBO5	COD		PO4	Ptot	NH4	NO2	NO3	pH min	pH ma
2019	7,94	85,6	3,2	8,4	20,6	0,269	0,17	0,17	0,19	42	7,6	8,2
2017	6,7	68	3,2	5	19,4	0,227	0,14	0,15	0,43	35,2	7,4	8,2
2015	7,92	67,7	3,4	4,26	15,7	0,2	0,122	0,08	0,15	42	7,8	8,1

- **Synthèse sur l'indicateur 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 protocole de prélèvement
 - > Avantages
 - Présence dans tous les systèmes aquatiques
 - Facilité d'échantillonnage
 - Forte réactivité aux perturbations ponctuelles (cycle de vie court)



Prix par analyse : 1 000 € environ

• Accès aux données :

Rendu des analyses fin mars

Qualification des données fin juin, puis dépôt sur naiades

<https://naiades.eaufrance.fr/>

Accès aux données via l'API de hub eau

<https://hubeau.eaufrance.fr/>

(package R disponible)



En savoir plus, solliciter un conseil, un avis

- **Les laboratoires d'hydrobiologie de l'OFB :**
<https://www.ofb.gouv.fr/les-laboratoires-dhydrobiologie>

- **Clé de détermination en ligne Perla :**
<http://www.perla.developpement-durable.gouv.fr/>

Contact : hydrobiologie.pays-de-la-loire@ofb.gouv.fr

Des questions?

