



HAL
open science

Évaluation de l'état écologique des plans d'eau basée sur les communautés de plantes aquatiques

Sébastien Boutry

► **To cite this version:**

Sébastien Boutry. Évaluation de l'état écologique des plans d'eau basée sur les communautés de plantes aquatiques. Master. MASTER 2 BSE: EDT UE Bioindicateurs, Pessac, Université de Bordeaux, France. 2024. hal-04324555v2

HAL Id: hal-04324555

<https://hal.inrae.fr/hal-04324555v2>

Submitted on 28 Oct 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NoDerivatives 4.0 International License

Évaluation de l'état écologique des plans d'eau basée sur les communautés de plantes aquatiques :

Indice Biologique Macrophytique Lac (IBML)



Écosystème lacustre

- Plan d'eau : étendue d'eau entourée par les terres, d'origine naturelle ou artificielle, pouvant présenter ou non un exutoire superficiel.

+ =

Écosystème lacustre

- Plan d'eau : étendue d'eau entourée par les terres, d'origine naturelle ou artificielle, pouvant présenter ou non un exutoire superficiel.
- **biocénose+** =

Plan d'eau = écosystème en équilibre ?

Écosystème lacustre

- Plan d'eau : étendue d'eau entourée par les terres, d'origine naturelle ou artificielle, pouvant présenter ou non un exutoire superficiel.
- **biocénose**+**biotope** =

Plan d'eau = écosystème en équilibre ?

- Système dynamique qui évolue avec le **temps**, la **température** et sous l'effet des **activités anthropiques** sur le bassin versant.



Écosystème lacustre

Écosystème lacustre

- Plan d'eau : étendue d'eau entourée par les terres, d'origine naturelle ou artificielle, pouvant présenter ou non un exutoire superficiel.
- **biocénose**+**biotope** = écosystème

Plan d'eau = écosystème en équilibre ?

- Système dynamique qui évolue avec le **temps**, la **température** et sous l'effet des **activités anthropiques** sur le bassin versant.

Niveau trophique

Eutrophisation

Eutrophisation : un processus naturel

- Succession de processus naturels contribuant, à l'échelle géologique, à l'enrichissement des eaux des écosystèmes aquatiques.

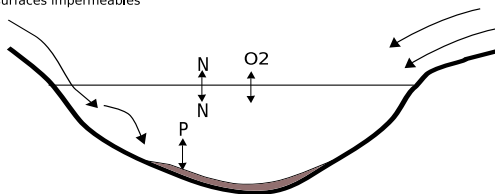
État eutrophe = état en équilibre

Qui nourrit bien

- charge en éléments nutritifs modérée
- production végétale équilibrée
- bonne oxygénation des eaux
- production optimale en consommateurs
- diversité spécifique végétale et animale maximale

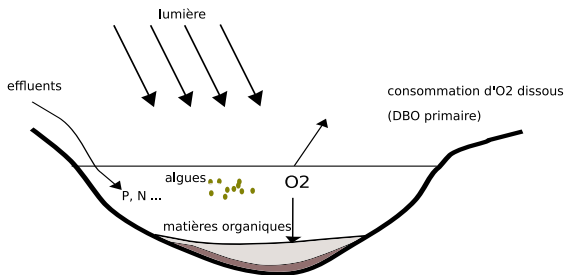
eaux polluées (N, P...) par lessivage des terres de culture et des surfaces imperméables

eaux polluées chargées en matière organique (effluents et rejets urbains)



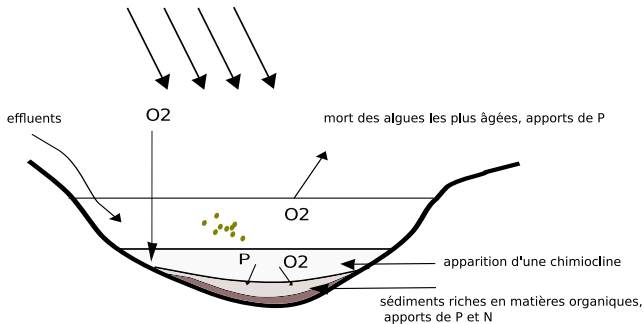
1er stade : **pollution croissante**

Principales étapes d'eutrophisation d'un plan d'eau
(d'après (Ramade2002))



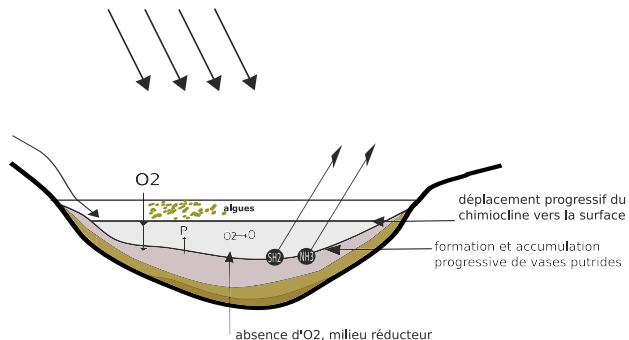
2eme stade : **prolifération d'algues**

Principales étapes d'eutrophisation d'un plan d'eau
(d'après (Ramade2002))



3eme stade : **décomposition aérobie**
 consommation d'O₂ après mort des
 algues (DBO secondaire)

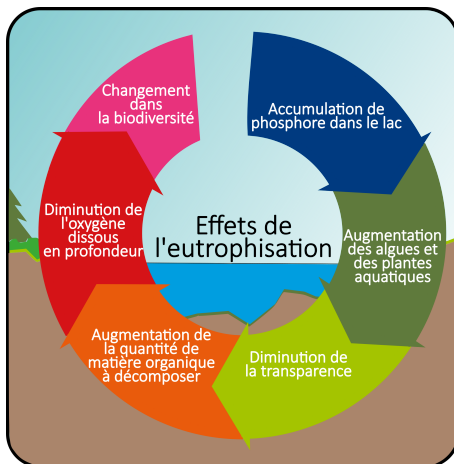
Principales étapes d'eutrophisation d'un plan d'eau
 (d'après (Ramade2002))



4eme stade : **décomposition anaérobie**

autoaccélération de l'eutrophisation par mobilisation des phosphates présents dans les limons
 croissance accrue des algues et augmentation de la DBO secondaire

Principales étapes d'eutrophisation d'un plan d'eau
 (d'après (Ramade2002))

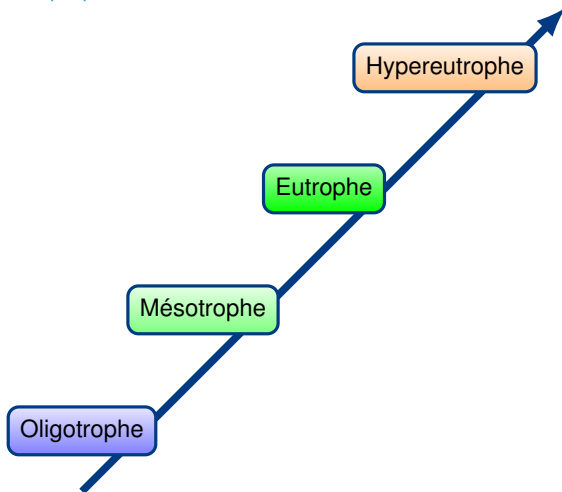


Principales étapes d'eutrophisation d'un plan d'eau

(d'après <https://crelaurentides.org/dossiers/eau-lacs/trousse-des-lacs>)

Niveau trophique

Échelle de niveaux trophiques



Niveau trophique

Eutrophisation

Eutrophisation accélérée : pollution

- Liée à l'accroissement des **activités humaines** sur les bassins versants l'augmentation des apports entraîne un **dépassement rapide** du stade eutrophe.

État hypereutrophe (dystrophe) = **état de crise**

- **prolifération** des végétaux, Cyanobactéries (eaux colorées)
- engorgement du système, incapable d'assimiler cette énorme production végétale
- **déficit** en oxygène
- relargages d'éléments nutritifs par les sédiments
- dégagement de sulfure d'hydrogène (H_2S)
- **effets toxiques**
- diminution de la diversité spécifique

Critères de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (**OCDE1982**)

Évaluation à partir des critères OCDE

Plans d'eau
Cousseau
Lacanau
Cazaux-Sanguinet
Petit Etang de Biscarrosse
Moliets
Laprade
Etang Blanc

TABLEAU – Plans d'eau du littoral aquitain (du nord au sud) (**Beuffe2002**). **mésotrophe**



Situation géographique.

Critères de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (**OCDE1982**)

Évaluation à partir des critères OCDE

Plans d'eau
Houtrin-Carcans
Cousseau
Lacanau
Cazaux-Sanguinet
Petit Etang de Biscarrosse
Parentis-Biscarrosse
Moliets
Laprède
Etang Blanc
Yrieux

TABLEAU – Plans d'eau du littoral aquitain (du nord au sud) (**Beuffe2002**). **eutrophe**



Situation géographique.

Critères de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (**OCDE1982**)

Évaluation à partir des critères OCDE

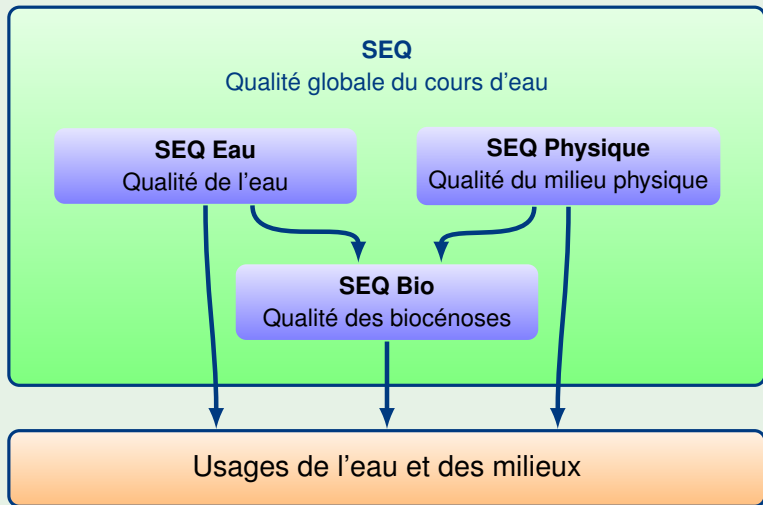
Plans d'eau
Houtrin-Carcans
Cousseau
Lacanau
Cazaux-Sanguinet
Petit Etang de Biscarrosse
Parentis-Biscarrosse
Aureilhan
Léon
Moliens
Labrade
Mélan
Soustons
Etang Blanc
Turc
Garnac
Yrieux

TABLEAU – Plans d'eau du littoral aquitain (du nord au sud) (**Beuffe2002**). **hypereutrophe**



Situation géographique.

Système d'évaluation de la Qualité (SEQ)



Système d'évaluation de la Qualité (SEQ) d'après **Oudin1999**

Système d'évaluation de la Qualité (SEQ) Eau

- 3 campagnes de prélèvements (hiver, printemps, été)
- 1 station (point de la plus grande profondeur)

Paramètres de terrain :

- température
- oxygène dissous
- pH
- conductivité
- transparence (Secchi)



Valise de terrain

Système d'évaluation de la Qualité (SEQ) Eau

- 3 campagnes de prélèvements (hiver, printemps, été)
- 1 station (point de la plus grande profondeur)

Paramètres chimiques :

- oxydabilité
- matières en suspension
- formes de l'azote
- formes du phosphore



Analyses chimiques au laboratoire

Système d'évaluation de la Qualité (SEQ) Eau

- 3 campagnes de prélèvements (hiver, printemps, été)
- 1 station (point de la plus grande profondeur)

Paramètre biologique :

- biomasse chlorophyllienne



Filtration sous vide

Système d'évaluation de la Qualité (SEQ) Eau

- 3 campagnes de prélèvements (hiver, printemps, été)
- 1 station (point de la plus grande profondeur)

+ 1 campagne

- les pesticides et les métaux



Système d'évaluation de la Qualité (SEQ) Eau

Indice global de qualité

Classe d'aptitude	→	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice d'aptitude	→	80	60	40	20	
MATIERES AZOTEES HORS NITRATES						
NH ₄ ⁺ (mg/l NH ₄)		0,1	0,5	2	5	
NKJ (mg/l N)		1	2	4	10	
NO _x (mg/l NO _x)		0,03	0,3	0,5	1	
NITRATES						
Nitrates (mg/l NO ₃)		2				
MATIERES PHOSPHOREES						
PO ₄ ³⁻ (mg/l PO ₄)		0,1	0,5	1	2	
Phosphore total (mg/l P)		0,05	0,2	0,5	1	
EFFETS DES PROLIFERATIONS VEGETALES						
Chlorophylle a + pigments (µg/l)		10	60	120	240	
Taux de saturation en O ₂ ¹		110	130	150	200	
PH ¹		8,0	8,5	9,0	9,5	
ΔO ₂ (mini-max) (mg/l O ₂) ²		1	5	6	12	
PARTICULES EN SUSPENSION						
MES (mg/l)		25	50	100	150	
Turbidité (NTU)		15	35	70	100	
Transparence SECCHI (cm)		200	100	50	25	

(a) Selon les altérations

Classe de qualité	très bonne	bonne	passable	mauvaise	très mauvaise
Valeur de l'indice	100	80	60	40	20
					0

(b) Normalisation des classes

Grille d'évaluation SEQ Eau (2003)

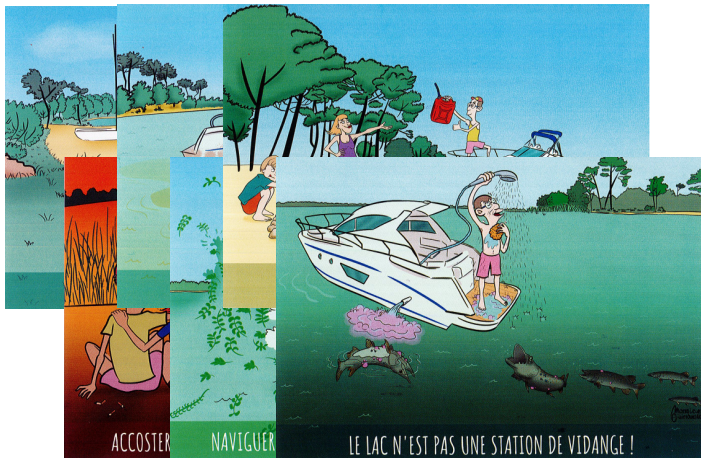
















Cartes postales de sensibilisation

(source : Syndicat Intercommunal d'Aménagement des Eaux du Bassin Versant des Etangs du Littoral Girondin (SIAEBVELG))

Directive-cadre sur l'eau (DCE) (**European-Commission2000**)

Objectif : atteinte du bon état écologique en 2015 des masses d'eau

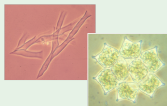
Concepts

- masses d'eau = **eaux de surfaces**, souterraines, côtières
- mots clés : usage durable de l'eau, **restaurer, améliorer, protéger**
- éléments de qualité biologique **au centre** de l'évaluation
- recommandations d'un **indice multimétrique (CEN2010)**

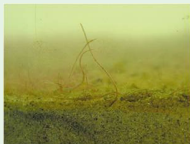


DCE

éléments de qualité biologique



(a) Phytoplancton



(b) Faune benthique
invertébrée



(c) Macrophytes et
phytobenthos



(d) Ichtyofaune Perche

Éléments de qualité biologique (EQB) dans la DCE.

Directive-cadre sur l'eau (DCE)

Domaine d'application :

- Applicable en routine :
 - par différents opérateurs : DREAL, Bureaux d'étude, Onema, ...
 - sur différents types de plans d'eau
- Typologie nationale : macrophyte pertinent
 - forme de la cuvette
 - marnage : ≤ 2 m
 - altitude



Forme de la cuvette :

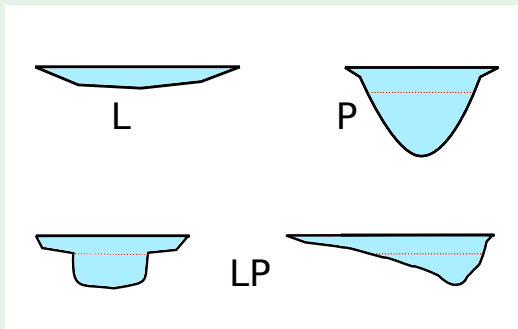


Schéma de la forme de la cuvette

(auteur : Sébastien Boutry, Irstea)

Marnage :



Lac de Lazouas 
(photo : Vincent Bertrin, Irstea)

Marnage :



(a) Au mois de juillet



(b) Au mois d'octobre

Lac de Lazouas 

(photos : Vincent Bertrin, Irstea)

Altitude et forme de la cuvette :



(a) Lac de Caillauas (31)



(b) Lac du Portillon (31)

Lacs de haute montagne 

(photos : Vincent Bertrin, Irstea)

Directive-cadre sur l'eau (DCE)

Typologie nationale :

ANNEXE 3f : PLANS D'EAU	
Typologie Nationale	Sigle
Lac de haute montagne à berges dénudées	N2
Lac de moyenne montagne non calcaire profond sans zone littorale importante	N7
Retenue de haute montagne	A1
Retenue de moyenne montagne calcaire peu profonde	A2
Retenue de moyenne montagne calcaire profonde	A3
Retenue de moyenne montagne non calcaire profonde	A4
Retenue de moyenne montagne non calcaire peu profonde	A5
Plans d'eau à marnage très important voire fréquent	A8
Retenue de moyenne montagne méditerranéenne sur socle cristallin peu profonde	A9
Retenue de moyenne montagne méditerranéenne sur socle cristallin profonde	A10
Retenue méditerranéenne de basse altitude sur socle cristallin peu profonde	A11
Retenue méditerranéenne de basse altitude sur socle cristallin profonde	A12
Plan d'eau vidangé à intervalles réguliers	A13a
Plan d'eau généralement non vidangé mais à gestion hydraulique contrôlée	A13b
Plan d'eau profond, obtenu par creusement par lit majeur d'un cours d'eau, en relation avec la nappe, forme de type P, thermocline, berges abruptes	A15

TABLEAU – La typologie nationale des plans d'eau macrophyte - non pertinent

(annexe 3f du document (MEDD2005))

Directive-cadre sur l'eau (DCE)

Typologie nationale :

ANNEXE 3f : PLANS D'EAU	
Typologie Nationale	Sigle
Lac de haute montagne avec zone littorale	N1
Lac de moyenne montagne calcaire peu profond	N3
Lac de moyenne montagne calcaire à zone littorale	N4
Lac de moyenne montagne non calcaire peu profond	N5
Lac de moyenne montagne non calcaire profond à zone littorale	N6
Lac des coteaux aquitains	N8
Lac profond du bord de l'atlantique	N9
Lac peu profond du bord de l'atlantique	N10
Lac de basse altitude en façade méditerranéenne	N11
Autres lacs de basse altitude	N12
Retenue de basse altitude peu profonde non calcaire	A6a
Retenue de basse altitude profonde non calcaire	A6b
Retenue de basse altitude peu profonde calcaire	A7a
Retenue de basse altitude profonde calcaire	A7b
Plan d'eau créé par creusement, en roche dure, cuvette non vidangeable	A14
Plan d'eau profond, obtenu par creusement par lit majeur d'un cours d'eau, en relation avec la nappe, forme de type L, sans thermocline	A16

TABLEAU – La typologie nationale des plans d'eau macrophyte - pertinent
(annexe 3f du document (MEDD2005))

DCE

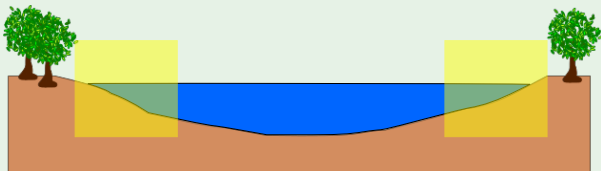
élément de Qualité Biologique (EQB) : les macrophytes

étude des macrophytes sur les plans d'eau

- pas de spécification de la zone d'étude
- **listes floristiques** = composition floristique + abondance
- définition d'une **référence** pour **chaque type** de plan d'eau (typologie nationale)
- **écart** à la référence
- validation par l'intercalibration européenne : **référentiel commun**



Choix de la zone d'étude



Zone d'étude (Auteur : Sébastien Boutry)

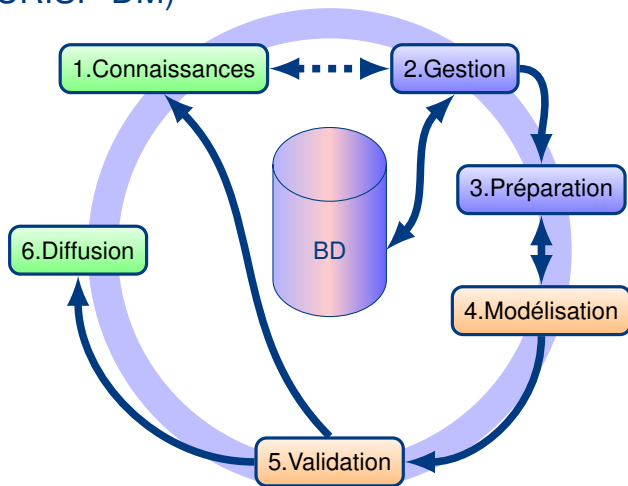
DCE

élément de Qualité Biologique (EQB) : les macrophytes

Recommandations pour un indice multimétrique

- au moins trois métriques par type **basées sur** :
 - composition taxonomique
 - abondance
 - tolérance ou sensibilité
 - groupes fonctionnels
- différents **stress** (pollution organique, **eutrophisation**, acidification, dégradation morphologique . . .)
- deux approches :
 - **stress spécifique** s'appuyant sur des connaissances
 - comparaison par rapports à **une liste floristique de référence**

Méthodologie de Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM)



Bibliographie

Synthèse bibliographique sur :

- le **fonctionnement** des plans d'eau
- les **macrophytes** (autoécologie)
- les **indices de bioindication** (en lacs et en rivières . . .)



Bioindicateur

Principe de causalité :

- ceux qui disparaissent en cas de pollution chimique ou de dégradations physiques sont : **indicateurs de bon état**
- ceux qui apparaissent en cas de pollution chimique ou de dégradations physiques sont : **indicateurs d'état plus ou moins dégradé**

Index of biotic integrity (IBI)



Facteurs influençants (Abbasi2011)

Macrophytes comme bioindicateurs ?

Avantages (**Clayton2006** ; **Valley2007307**) :

- **identification facile**
- **immobile**
- réponse aux modifications plus rapide que les poissons

Inconvénients :

- influencé par l'hydromorphologie (**Moses2011**)

Macrophytes comme bioindicateurs ?

Ils traduisent :

- l'hydrogéochimie
- la **charge en nutriments** (**Ecke2006** ; **Mjelde2007** ; **Schaumburg2004**)
- la morphodynamique (**Moses2011**), le **substrat** (**Spence198237**)
- l'**occupation des berges**
- l'hydrologie, l'hydraulique, la thermie



Macrophytes comme bioindicateurs ?

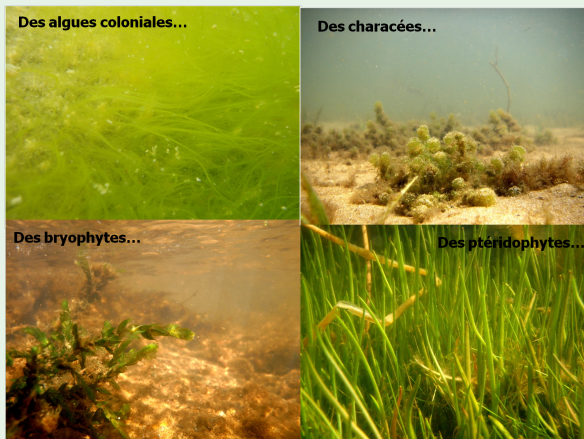
Ils traduisent :

- l'hydrogéochemie
- la **charge en nutriments** (**Ecke2006** ; **Mjelde2007** ; **Schaumburg2004**)
- la morphodynamique (**Moses2011**), le **substrat** (**Spence198237**)
- l'**occupation des berges**
- l'hydrologie, l'hydraulique, la thermie

- Une **place centrale** dans l'écosystème aquatique ...
- ... ils sont à la base de **la chaine trophique** et structurent l'écosystème aquatique.



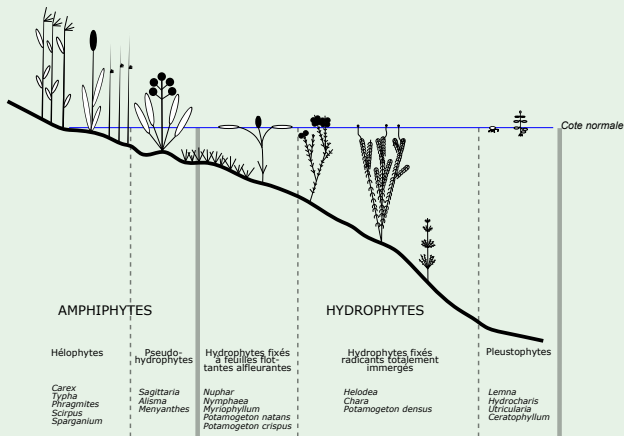
Macrophytes comme bioindicateurs ?



Exemple de macrophytes (Auteur : Vincent Bertrin)

Macrophytes comme bioindicateurs ?

Diversité des types biologiques : héliophytes, amphiphytes, hydrophytes (immergés ou à feuilles flottantes), ... **Raunkiaer1934** ; **Ellenberg1996**



Distribution des macrophytes dans un plan d'eau

Macrophytes comme bioindicateurs ?

L'évaluation de la valeur bioindicatrice des taxons permet de distinguer :

- les taxons **polluo-sensibles**
- les taxons **polluo-résistants**
- les taxons **ubiquistes**

La détermination des **profils écologiques** est nécessaire pour :

- déterminer les **phytocénoses de référence** (notion à l'écart à la référence dans la DCE)

Macrophytes comme bioindicateurs ?

► Méthodologie

L'évaluation de la valeur bioindicatrice des taxons permet de distinguer :

- les taxons **polluo-sensibles**
- les taxons **polluo-résistants**
- les taxons **ubiquistes**

La détermination des **profils écologiques** est nécessaire pour :

- déterminer les **phytocénoses de référence** (notion à l'écart à la référence dans la DCE)

Nécessité de nombreuses données de terrain

- listes floristiques
- paramètres environnementaux pertinents (transparence, substrat, profondeur, ...)
- données physico-chimiques

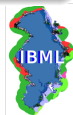
Historique des données

Depuis 20 ans, une majorité des études destinées :

- à la gestion des **Espèces Exotiques Envahissantes (EEE)**
- aux programmes de recherche/étude/suivi sur quelques plans d'eau d'intérêt patrimonial

Hétérogénéité dans les données existantes

- aux **divers protocoles d'échantillonnage** employés (en inadéquation avec l'objectif DCE)
- à la source (opérateurs) et la structure (recouvrements, abondances, ...) des données



Échantillonnage standardisé des macrophytes

Différentes étapes

- ① **phase préalable** d'analyse des documents préparatoires à la caractérisation des rives :
 - bureau : description, positionnement et sélection préliminaire des sites d'étude
 - reconnaissance de terrain : validation du positionnement
- ② **relevés de terrain**
- ③ **déterminations au laboratoire** (binoculaire, microscope) et validations taxonomiques
- ④ **établissement de listes floristiques** sur le relevé de zone littorale et les profils perpendiculaires - **interprétation des résultats**
- ⑤ **permet le calcul de l'indice IBML - interprétation des résultats**



Échantillonnage standardisé des macrophytes



Exemple de l'étang de Soustons (Landes) (Auteur : Alain Dutarte)

Échantillonnage standardisé des macrophytes

Mise en place de la DCE requiert

- méthode d'échantillonnage utilisable en **routine**, **peu chronophage** (**Dutartre2009a**)
- **données comparables** à l'échelle nationale et européenne
- **résultats** d'évaluation de l'état écologique **comparables** à l'échelle européenne
- utilisation possible sur plus de **400 plans d'eau naturels et anthropiques**

Protocole d'échantillonnage

Norme AFNOR XP T 90-328

normalisation française

XP T 90-328
Décembre 2010

Info de classement : 7 800 00
ICS : 13.060.40 ; 13.060.70

Objets de l'eau
Échantillonnage des communautés de macrophytes en plans d'eau

1. Mots-clés : benthos ; macrophytes ; communautés ; état écologique ; diversité ; biodiversité ; Protocoles de surveillance ; communautés ; en ; plans d'eau

Niveau expert et/ou lab
protocoles AFNOR de décembre 2010.
Les données collectées à la présente norme évalueront selon des méthodes d'analyse AFNOR 2010.

Correspondance
A la fois de pollution de point dérivant, il existe par ce travail harmonisation et comparaison de données.

Analyse
Le présent document présente un protocole de prélèvement des communautés de macrophytes aquatiques en plans d'eau et vise à fournir des données relatives à l'état de leur diversité aux plans d'eau, et principalement dans le cadre de la surveillance des communautés de benthos.

Description
Norme française française - cette norme décrit, quelle qu'elle soit l'environnement, les plans d'eau, plans d'échantillonnage, protocole, conditions d'échantillonnage, analyse d'échantillonnage.

Modifications

Concordance

Élaborée par le Comité Technique de Normalisation (CTN) - 11 rue des Saussaies - 75008 Paris - France
Tél. : +33 (0) 1 41 62 11 11 - Fax : +33 (0) 1 41 62 11 10 - www.afnor.org

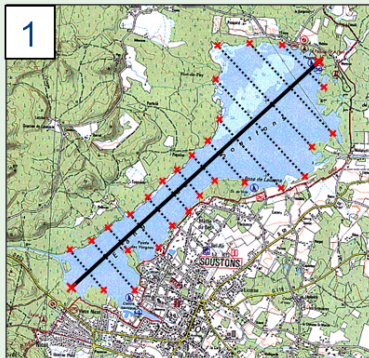
© AFNOR 2010 AFNOR 2010 Page 2/10-17

Norme AFNOR XP T 90-328.
(Afnor2010)



Échantillonnage standardisé des macrophytes

1.étape

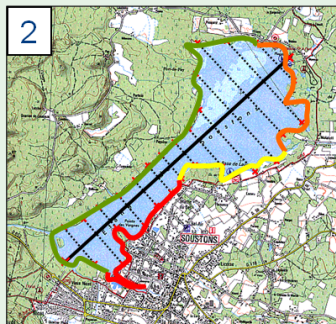


Unité d'observation (UO) potentielles (Auteur : Vincent Bertrin)



Échantillonnage standardisé des macrophytes

2.étape



(a) Typologie de la rive

TYPE DE RIVE	DENOMINATION DU TYPE DE RIVE	HABITATS INCLUS DANS LE TYPE DE RIVE
1	Zones humides rivulaires caractéristiques	Roselière Tourelère Lande tourbeuse / humide / Marais / Marécage Plan d'eau proche de la rive (50 m) Prairie inondée / humide Mégaphorbiaie / Végétation heliophyte en bordons Forêt hygrophile / Bois marécageux (aulnaie-saussaie)
	Zones rivulaires colonisées par la végétation arbustive et arborescente non hygrophile	Forêt de feuillus Forêt de conifères Forêt mixte Arbustes et buissons Lande / Lande à Ericacées
3	Zones rivulaires non colonisées par la végétation arbustive et arborescente non hygrophile	Fiche Hautes herbes / Pelouse sèche Roche / Eboulis Plage / Sol nu
	Zones artificielles ou subissant des pressions anthropiques visibles	Port / Mouillage Jetée Habitation / Zone de résidence Entretien de la végétation rivulaire / Parc / Jardin Zone déjeûpe Décharge / Dépot sauvage de déchets Remblais / Mur / Digue / Enrochement / Revêtement artificiel Carrière / Zone d'extraction et d'exploitation du substrat Plage aménagée / Zone de baignade Chemin et route Ouvrage de génie civil (pont, barrage, seuil, etc.) Agriculture (labours, prairie, cultures, etc.) Emissaire / Zone de rejets

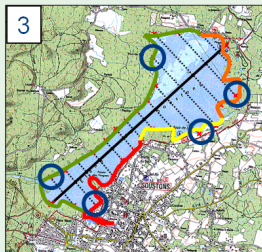
(b) 4 types de rive

Typologie de la zone littorale (Auteur : Vincent Bertrin)



Échantillonnage standardisé des macrophytes

3.étape



(a) Choix des UO



(b) Validation sur le terrain

Sélection et validation des UO (Auteur : Vincent Bertrin)



Échantillonnage standardisé des macrophytes

4.étape

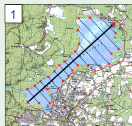


UO (Auteur : Vincent Bertrin)

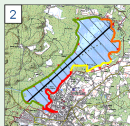


Échantillonnage standardisé des macrophytes

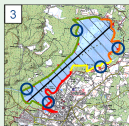
Synthèse



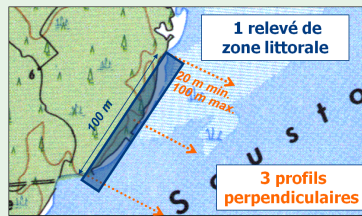
(a) UO
potentielles



(b) Typologie de
la rive



(c) Choix des
UO



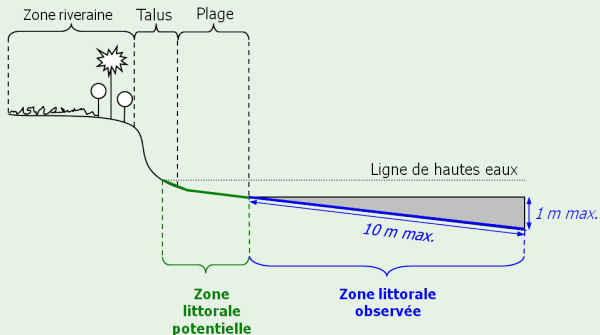
(d) UO

Échantillonnage standardisé des macrophytes (Auteur : Vincent Bertrin)



Unité d'observation (UO)

Schéma simplifié de la structure de relevé de zone littorale

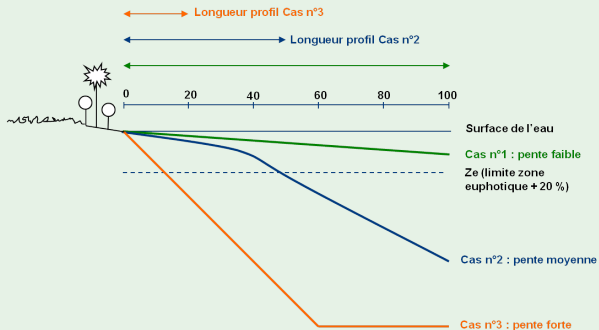


Relevé de zone littorale = zone littorale potentielle + zone littorale observée (Auteur : Vincent Bertrin)



Unité d'observation (UO)

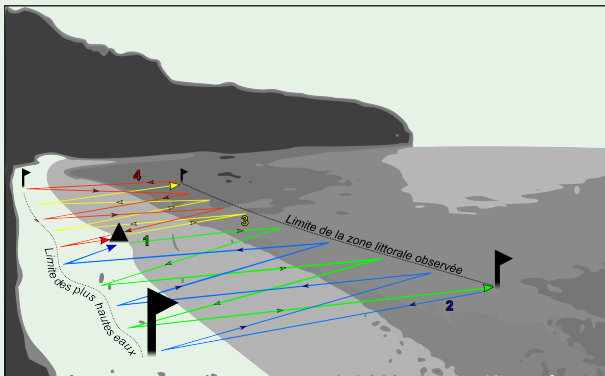
Détermination de la longueur des profils perpendiculaires



Profils perpendiculaires (Auteur : Vincent Bertrin)



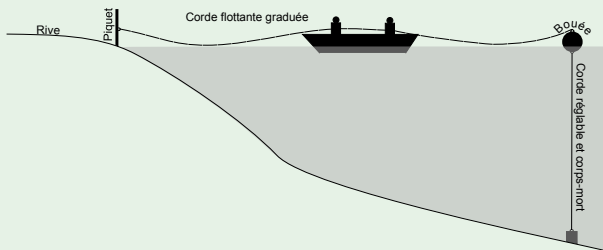
Relevé de zone littorale



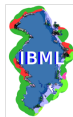
Parcours de la relevé de zone littorale (Auteur : Vincent Bertrin)



Profils perpendiculaires



Profils perpendiculaires (Auteur : Vincent Bertrin)



Bilan

Données à recueillir

Relevé de zone littorale

- à pied ou en bateau (100 m de long)
- observation directe de la végétation, prospection en « zigzag » les héliophytes sont inclus
- liste floristique (niveau de détermination : espèce)

Profil perpendiculaire

- 30 points contacts au râteau à manche télescopique ou au grappin
- longueur représentative la zone euphotique :
- sur chaque point contact :
 - liste floristique (niveau de détermination : espèce)
 - profondeur et type de substrat
- profondeur maximale de colonisation

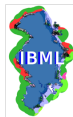


Bilan

Mise en place du protocole d'échantillonnage



Frise chronologique



Bilan

► Méthodologie

Mise en place du protocole d'échantillonnage



Frise chronologique

La norme XP (Afnor2010) intègre

- listes floristiques
- les groupes floristiques et types biologiques
- distribution spatiale des macrophytes (ceinture et profondeur)
- paramètres environnementaux pertinents (transparence, substrat, profondeur)
- occupation des rives et leurs aménagements



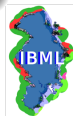
Sauvegarde et qualité de la donnée

Base de données

- contrôle et **alimentation** de la base de données
- **conformité** au Sandre (référentiel)

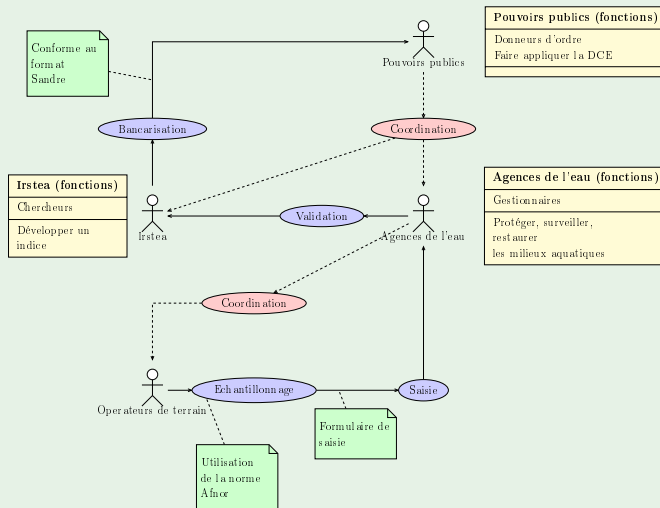
Outils mis en place

- Formulaire de saisie Macrophytes Plan d'Eau (*Excel*) (**Boutry2010**)
- Outil de transformation des données Macrophytes Plan d'Eau (*Excel* en format base)



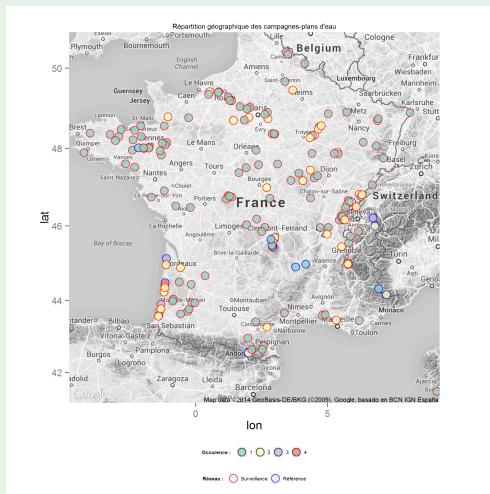
Sauvegarde et qualité de la donnée

De l'échantillonnage à l'IBML



Sauvegarde et qualité de la donnée

Répartition géographique des données



Distribution des données standardisées

Sauvegarde et qualité de la donnée

► Méthodologie

Jeu de données

- pas de données standardisées sur les plans d'eau à l'échelle de la France **avant 2007**
- 233 campagnes-plans d'eau : **faible jeu de données standardisées**
- **62 campagnes-plans d'eau** ayant des données environnementales

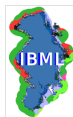
Année	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Nbr Campagnes-plans d'eau	18	48	42	49	23	38	14	1	233



Plans d'eau de référence

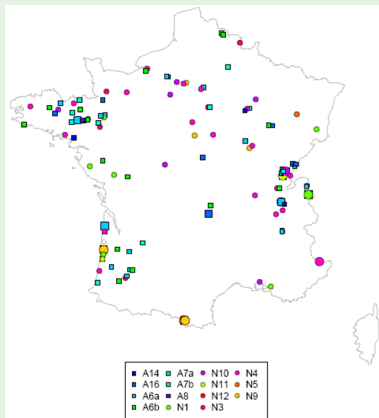
Détermination des notes de référence (**Wallin2003**)

- à partir des données des plans d'eau de référence (paléoécologie/actuelles)
- Par modélisation
- Par expertise



Typologie nationale des plans d'eau

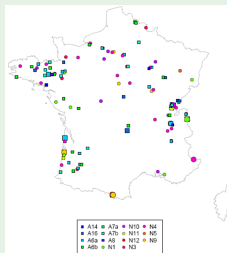
Répartition des plans d'eau selon la typologie nationale (**MEDD2005**)



Typologie nationale

Typologie nationale des plans d'eau

Répartition des plans d'eau selon la typologie nationale (MEDD2005)



Typologie nationale

Typologie nationale

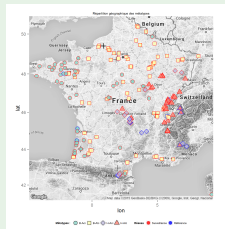
- hétérogénéité et diversité (15 types « macrophyte pertinent »)
- répartition géographique des lacs de référence déséquilibrée



Constitution des méta-types IBML

Classification des lacs

- critères physiques pertinents
- bonne **discrimination** du jeu de données
- critères utilisés dans l'**intercalibration**

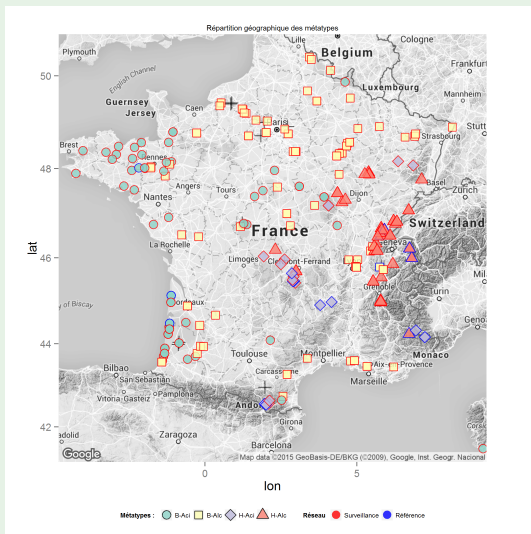


Méta-types IBML

TABLEAU – Définition des méta-types

		Altitude	
		<300m	>300m
Alcalinité	< 1 meq/L	B-Aci	H-Aci
	> 1 meq/L	B-Alc	H-Alc

Constitution des méta-types IBML



Méta-types IBML

Préparation et définition des métriques et des pressions

► Méthodologie

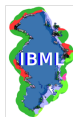
Préparation des métriques :

- définition des métriques à partir du **dictionnaire d'attributs**
 - performance écologique (**Violle2007**) profils écologiques des taxons
 - groupes fonctionnels, traits de vie, formes de croissance, types biologiques, taxons indicateurs d'habitats, taxons patrimoniaux,...
- **validation** des données (valeurs aberrantes)
- **aggrégation temporelle ou spatiale** des pressions
- **transformation** des données



Développement d'un indice de bioindication

Indices européens existants (Allemagne (**Schaumburg2004**), Autriche (**Pall2009**), Royaume-Uni (**Duigan2007**) ...)



Développement d'un indice de bioindication

Non adaptabilité des indices européens existants (Allemagne (**Schaumburg2004**), Autriche (**Pall2009**), Royaume-Uni (**Duigan2007**) ...)

- méthodes très adaptées aux différents contextes des pays (exemple : échantillonnage)
- choix d'espèces indicatrices ne correspondant pas au contexte français



Développement d'un indice de bioindication

Non adaptabilité des indices européens existants (Allemagne (**Schaumburg2004**), Autriche (**Pall2009**), Royaume-Uni (**Duigan2007**) ...)

- méthodes très adaptées aux différents contextes des pays (exemple : échantillonnage)
- choix d'espèces indicatrices ne correspondant pas au contexte français

Tests des métriques candidates : modèle pression / impact

- richesse spécifique, diversité, composition, indices de sensibilité, profondeur maximale de colonisation ...
- à partir de la liste des taxons contributifs de l'Indice Biologique des Macrophytes en Rivière (IBMR) (**Haury2006**) adaptée et complétée pour les plans d'eau (Groupe d'Interêt Scientifique (GIS) macrophytes)



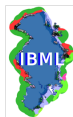
Taxons contributifs à la note de trophie

Approche déductive

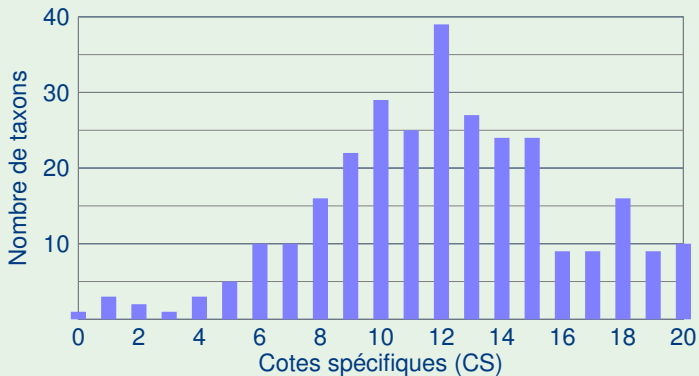
Par expertise

- 294 taxons contributifs
- taxons de milieux mésotrophes à eutrophes
- taxons à forte valeur indicatrice

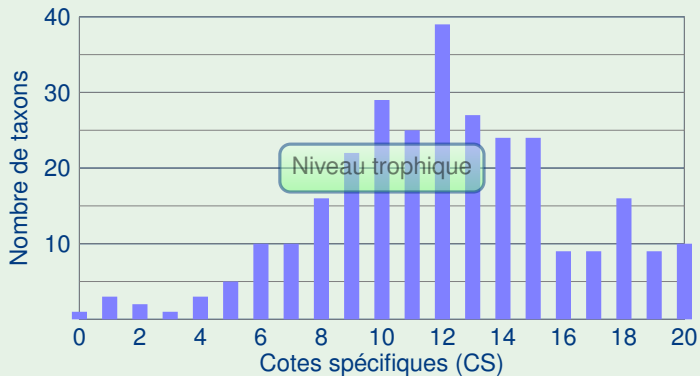
Développement d'une métrique orientée vers la détermination du niveau trophique des lacs : Note de trophie



Taxons contributifs

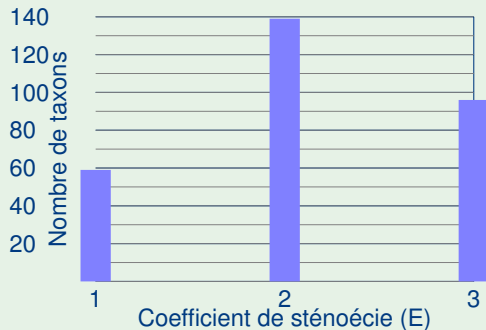


Taxons contributifs



Taxons contributifs

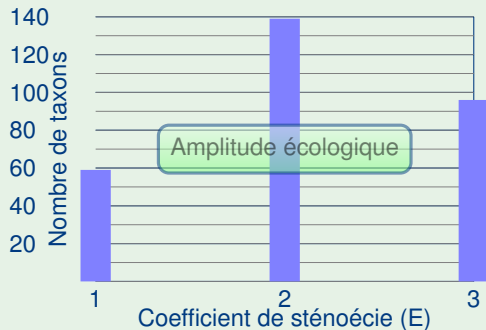
Coefficient de sténoécie (**Newbold1987**)



- 1 pour les euryèces ; 3 pour les sténoèces

Taxons contributifs

Coefficient de sténoécie (Newbold1987)



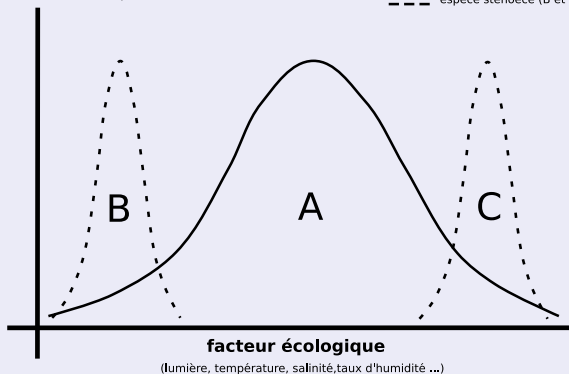
- 1 pour les euryèces ; 3 pour les sténoèces

Indicateur de développement ou d'état de santé

(biomasse, taille, taux de reproduction ...)

— espèce euryèce (A)

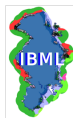
- - - espèce sténocé (B et C)



Valence écologique

(d'après (Dajoz1971))

Travaux sur l'écologie des taxons : préférences écologiques

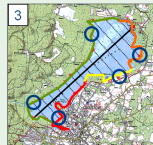


Construction de la note de trophie

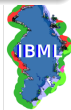
Algorithmes

équation abondance relative

$$Ab_i = \frac{\sum_{j=1}^{Nbr_{points\ contacts}} Abondance_j}{Nbr_{points\ contacts}}$$



- Ab_i : abondance relative du taxon i
- $Abondance_j$: abondance du taxon i au point prélèvement j
- $Nbr_{points\ contacts}$: nombre de points contacts sur l'unité d'observation

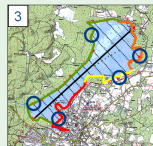


Construction de la note de trophie

Algorithmes

équation au niveau du relevé de zone littorale ou des profils perpendiculaires

$$\text{Note} = \sum_{i=1}^n \frac{(CS_i * Ab_i * E_i)}{\sum (Ab_i * E_i)}$$



Aspect qualitatif (prise en compte de 304 taxons contributifs polluo-résistants, polluo-sensibles et ubiquistes)

- CS_i : cote spécifique
- E_i : coefficient de sténoécie
- n : nombre de taxons
- $Note$: valeur de 0 à 20

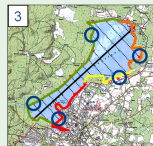


Construction de la note de trophie

Algorithmes

équation au niveau du relevé de zone littorale ou des profils perpendiculaires

$$\text{Note} = \sum_{i=1}^n \frac{(CS_i * Ab_i * E_i)}{\sum (Ab_i * E_i)}$$



Aspect quantitatif

- Ab_i : abondance relative du taxon
- n : nombre de taxons
- $Note$: valeur de 0 à 20

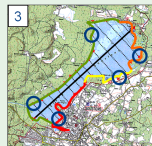


Construction de la note de trophie

Algorithmes

équation de la note de trophie par compartiment

$$\text{Note}_{\text{Rive ou Profil}} = \sum_{k=1}^4 \frac{(\overline{\text{Note}}_k * \text{Pourcentage Type}_k)}{4}$$



- $\overline{\text{Note}}_k$: note moyenne sur le type de rive k
- *Note compartiment* : note sur le compartiment (soit Rive soit Profil)
- *Pourcentage Type_k* : pourcentage de type k sur l'ensemble du périmètre du plan d'eau



Indice Biologique Macrophytique Lac (IBML)= Note de trophie

Note de trophie : évaluation à l'échelle du plan d'eau

$$Note_{trophie} = \frac{(Note_{Rive} + Note_{Profil})}{2}$$

Règles de calcul de la Note de Trophie

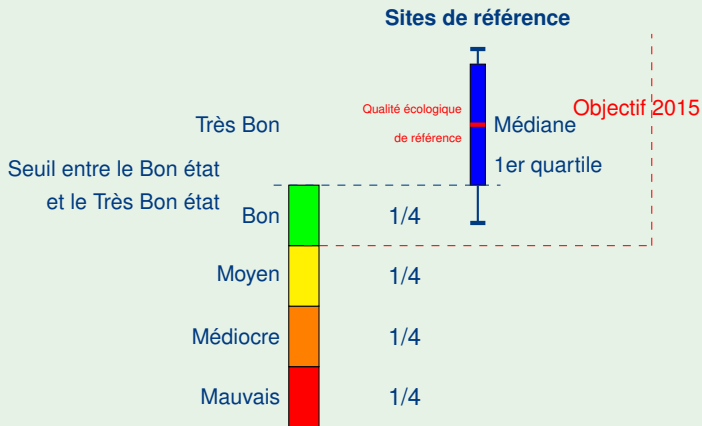
- plan d'eau peu marnant (<2m)
- au moins deux taxons indicateurs présents sur les profils perpendiculaires et le relevé de zone littorale
- au moins trois UO réalisées durant la campagne
- estimation des types de rives réalisée sur au moins 80 % du périmètre total du plan d'eau
- au moins 50 % des UO comportant au moins deux taxons indicateurs



Classes de qualité

écart à la référence (Ecological Quality Ratio (EQR))

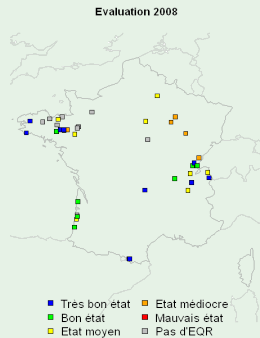
Pour chaque méta-type



Définition des classes de qualité (schéma)

Classes de qualité

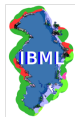
Classes de qualité



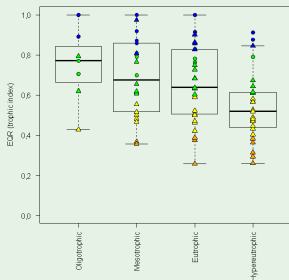
évaluation 2008



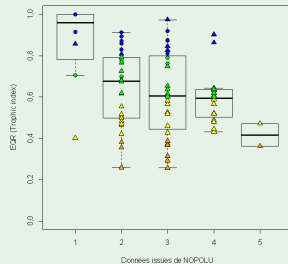
Exemples de fiche plan d'eau



Modèle Pression / impact



(a) Classes de niveau trophique OCDE



(b) Classes des données NOPLU

Réponse de l'EQR normalisé par rapport aux classes de niveau trophique (OCDE) et de NOPLU

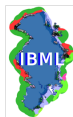


Validation de l'IBML

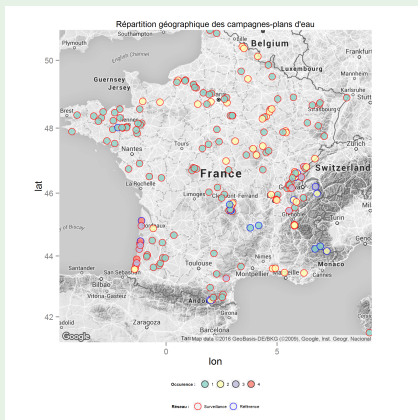
► Méthodologie

Différentes étapes de validation de l'évaluation des plans d'eau

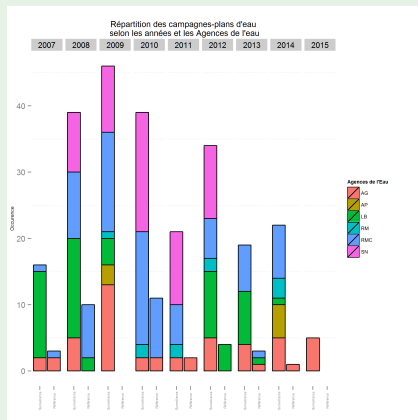
- auprès des **agences de l'eau**
- via l'**Intercalibration (IC) européenne** : intercalibrée au niveau du Geographical Intercalibration Group (GIG) Alpin



Constat des données

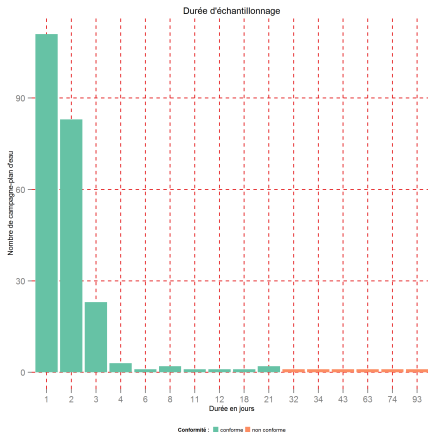


(a) Spatial



(b) Temporel

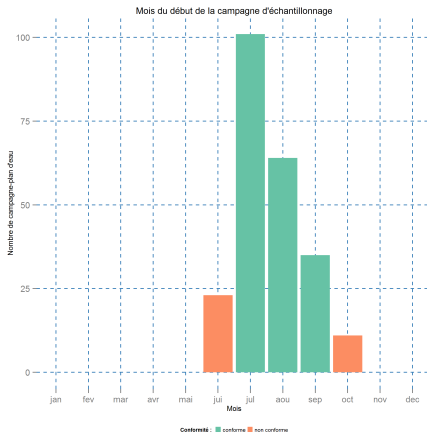
Répartition des campagnes-plans d'eau macrophyte



Validation de la durée de la campagne de terrain

(auteur : Sébastien Boutry, Irstea)

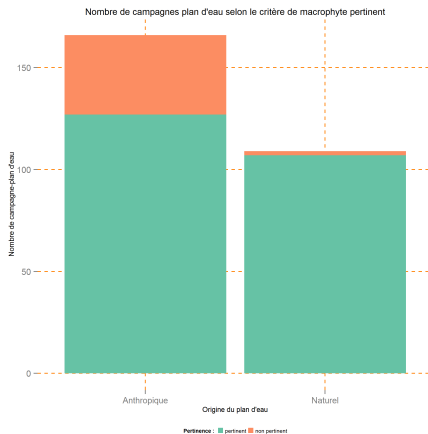




Validation de la date du terrain

(auteur : Sébastien Boutry, Irstea)

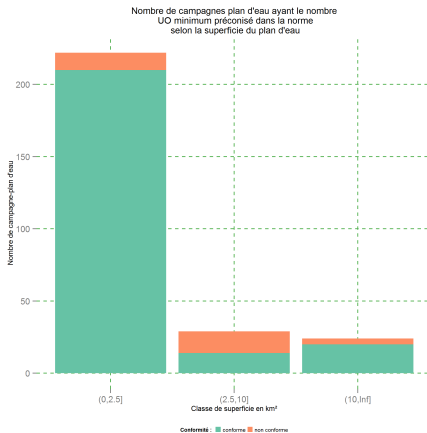




Validation de la campagne selon le critère de pertinence

(auteur : Sébastien Boutry, Irstea)

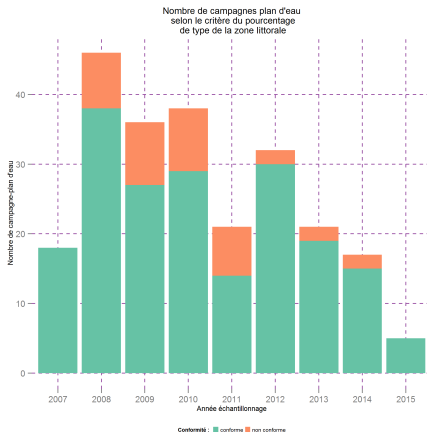




Validation du nombre d'UO en conformité avec la superficie du lac

(auteur : Sébastien Boutry, Irstea)



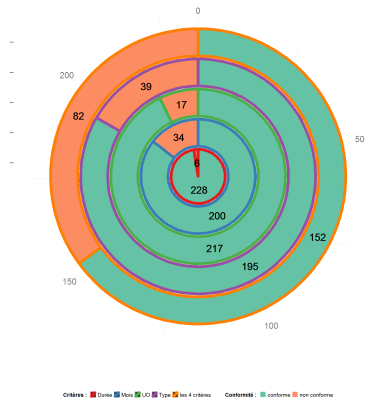


Validation de la répartition des unités d'observation en conformité avec la typologie du lac

(auteur : Sébastien Boutry, Irstea)



Conformité des données macrophytes
plan d'eau selon les 4 critères de conformité de l'application de la norme



Conformité à la norme (Afnor2010)

(auteur : Sébastien Boutry, Irstea)



Six Sigma Cause-and-effect Diagram

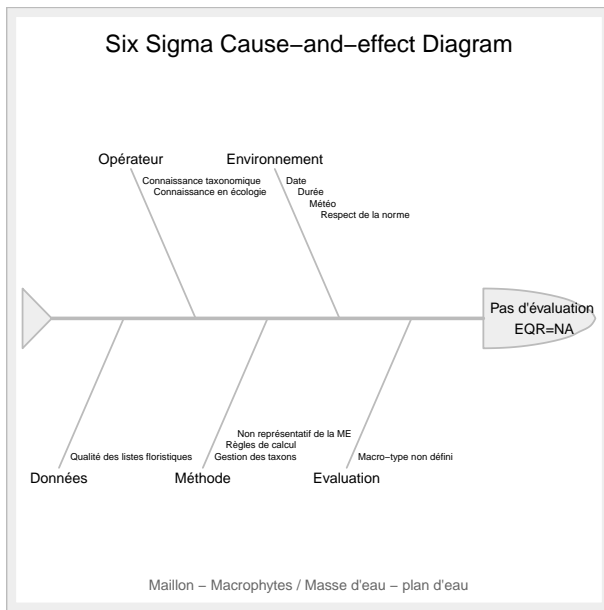


Diagramme causes-effet

(auteur : Sébastien Boutry, Irstea)



Améliorer la qualité des données



Formulaire de saisie
(auteur : Sébastien Boutry, Irstea)



(a) Guide
d'application
(en cours de
rédaction)



(b) <http://hydrobio-dce.irstea.fr/>



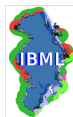
(c) Formation

Valorisation

► Méthodologie

Transferts de connaissance

- divers **rapports**
- protocole d'échantillonnage puis la norme AFNOR
- **guide d'application** sur le protocole d'échantillonnage (en cours)
- **article** Indice Biologique Macrophytique Lac (IBML) (en cours)
- différents travaux au sein du Service d'administration national des données et référentiels sur l'eau (Sandre), du Système d'évaluation de l'état des Eaux (SEEE) ...
- **participation** aux colloques



IBML : bilan

- IBML= une seule métrique la **Note de trophie**
- **validée** au niveau national et intercalibrée

Difficultés

- **intégration des données** issues des réseaux
- liées au jeu de données
 - absence de **triplicats** sur les lacs de référence
 - répartition des lacs de référence (majoritairement Alpines)
 - **nombre de données**
- définition de l'intégration d'un groupe taxonomique : les characées
- les **Espèces Exotiques Envahissantes (EEE)** : comment les prendre en compte sur l'évaluation de la qualité écologique ?



Protocole d'échantillonnage

- élaboré par un groupe d'expert



MISE EN ŒUVRE DE LA DIRECTIVE CADRE EUROPEENNE
SUR L'EAU DANS LES PLANS D'EAU

Méthodologie d'étude des communautés de macrophytes en plans d'eau

Alain Dutarte, Vincent Batiot, mai 2009

Préambule

Cette proposition s'appuie sur un certain nombre de documents préexistants, tels que les plans d'eau de bassin, les inventaires et les données de l'analyse de l'échantillonnage, et les aspects concernés sont présentés en matière de déroulement et des campagnes de terrain. Elle s'inspire également d'autres sources d'informations telles que les notes de travail, documents officiels provenant de la Commission Européenne, documents réalisés par le Service d'Administration Nationale des Services et Réseaux de l'Eau (SANRSR) et les publications de l'Institut Français de l'Eau (IFE) en matière d'échantillonnage.

Cette proposition de méthodologie pourra s'appliquer à tous les plans d'eau concernés par l'application de la Directive Cadre Européenne sur l'eau et les termes techniques et dans lesquels les communautés de macrophytes sont considérées comme des indicateurs pertinents au titre de la DCE.

Méthodologie d'étude des
communautés de macrophytes en
plans d'eau (**Dutarte2009a**)



Norme expérimentale (XP)

- élaborée par un groupe d'expert
- Validée par la commission de normalisation
- Pas d'enquête publique

Norme 2011 - Commission AFNOR de travail collectif et non labellisé de l'AFNOR XP "Technique biologique des effluents agricoles"

Norme
normalisation française

ISO 6525:2011
XP T 90-328
Édition 2011
Date de lancement : 7.10.2011
ISO: 13.00-01 : 13.0010

Qualité de l'eau
Echantillonnage des communautés de macrophytes en plans d'eau

1. Norme applicable à l'échantillonnage et à l'analyse des communautés de macrophytes en plans d'eau.
2. Norme applicable à l'échantillonnage et à l'analyse des communautés de macrophytes en plans d'eau.

Norme expérimentale
publiée par AFNOR en septembre 2011.
Les observations relatives à la présente norme expérimentale doivent être adressées à l'adresse suivante : xp@afnor.org

Comprend l'ensemble des opérations relatives à l'échantillonnage et à l'analyse des communautés de macrophytes en plans d'eau.

Analyse
Le présent document présente en annexe le protocole de prélèvement des communautés de macrophytes en plans d'eau et les modes de traitement des données relatives à l'échantillonnage des plans d'eau. Il est préconisé tout d'abord d'échantillonner les communautés de macrophytes.

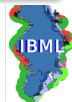
Description
Norme expérimentale française - voir voir l'ISO, qualité, protocole de l'échantillonnage, échantillonnage, analyse, échantillonnage, protocole, méthodes d'échantillonnage, analyse d'échantillonnage.

Modifications
Correction

Information sur la norme expérimentale XP T 90-328
Date de lancement : 7.10.2011
ISO: 13.00-01 : 13.0010

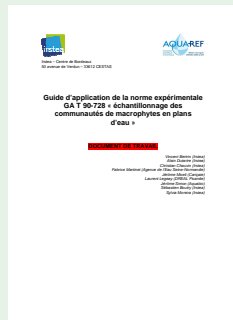
© AFNOR 2011 AFNOR 2011 XP T 90-328

Norme AFNOR XP T 90-328.
(Afnor2010)



Guide d'application (GA)

- Recommandations pour faciliter l'application d'une norme
- Validé par la commission de normalisation

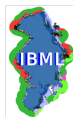


Guide d'application (GA) de la norme expérimentale XP T 90-328 "échantillonnage des communautés de macrophytes en plans d'eau"

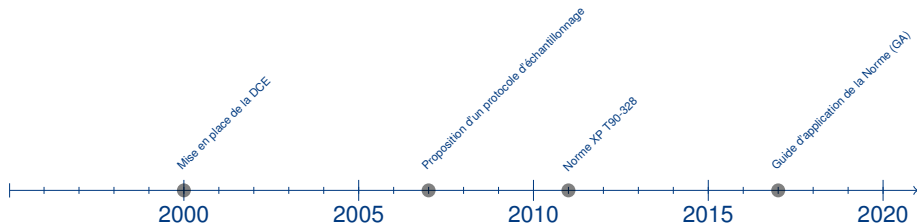


Norme française homologuée (NF)

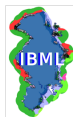
- élaborée par un groupe d'expert
- Validée par la commission de normalisation
- Envoyée à une enquête publique
- Homologuée conformément au (**NormalisationDecret**)



Frise chronologique

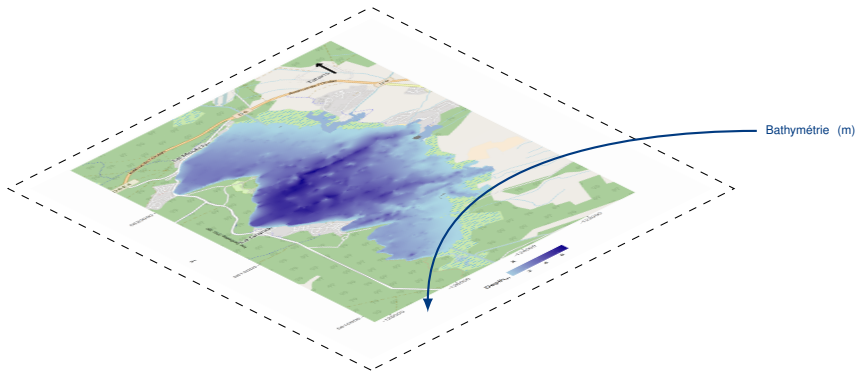


Processus assez long (et court en même temps) pour stabiliser un protocole d'échantillonnage en Norme française homologuée (NF)

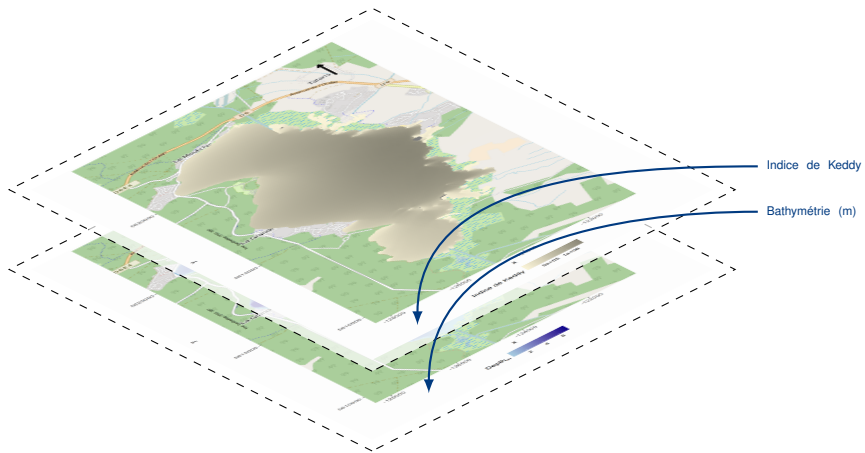


Vers un indice multimétrique ...

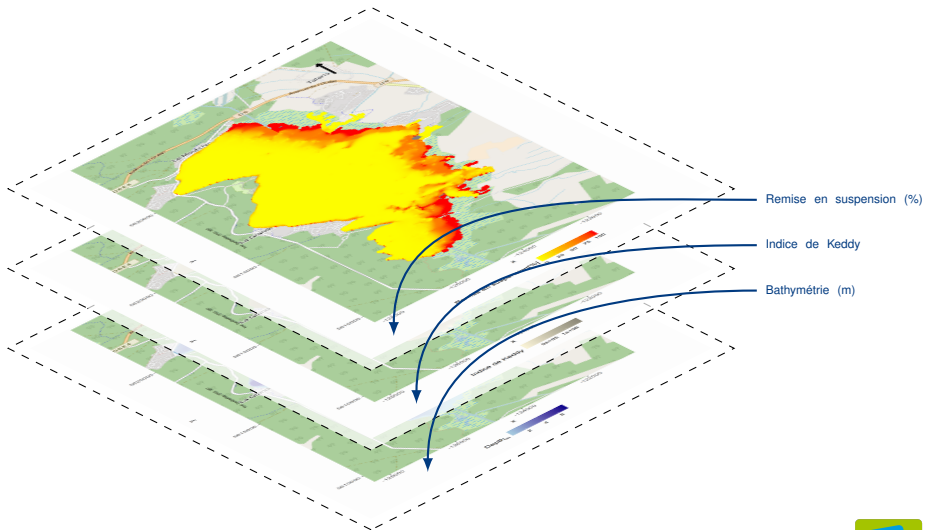
Photos des lacs aquitains (Auteurs : Vincent Bertrin et Alain Dutartre)



Lac de Lacanau 
(auteur : Sébastien Boutry, Irstea)



Lac de Lacanau 
(auteur : Sébastien Boutry, Irstea)



Lac de Lacanau 
 (auteur : Sébastien Boutry, Irstea)

Vers un indice multimétrique ...

Indice multimétrique

- **approche déductive** pour déterminer des **profils écologiques** des taxons selon la trophie (validation par expertise)
- métriques ciblées sur les **altérations physiques** et les **Espèces Exotiques Envahissantes (EEE)**
- utilisation de l'approche fonctionnelle de la diversité (**Garnier2013**)

L'Indice Biologique Macrophytique en Lacs (IBML) : du module Note de trophie vers un indice multimétrique.

La réponse des communautés de macrophytes aux perturbations du niveau trophique des plans d'eau est dès à présent prise en compte dans l'IBML.
L'ajout de métriques de diagnostic dans cet outil est en cours pour mieux identifier les pressions hydro-morphologiques responsables de l'altération du milieu physique.
En lien avec la Directive Habitats Faune Flore, des métriques complémentaires permettent d'évaluer la sensibilité du milieu concernant la présence d'espèces d'intérêt patrimonial et le risque lié aux invasions biologiques.

Note de trophie
Cette métrique est un indicateur de niveau trophique des milieux sensible à la dégradation générale de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques (pollution organique, eutrophication).

Alerte : espèces sensibles
La présence d'espèces rares ou patrimoniales, ou d'un état biologique dégradé, signale la sensibilité du plan d'eau.
• **IBML01** : Scirpus, Sagittaria, Najas, Ceratophyllum
• **IBML02** : présence d'espèces patrimoniales ou espèces rares, espèces exotiques
• **IBML03** : Natura 2000
• Directive Habitats Faune Flore, liste rouge des espèces menacées

Alerte : espèces invasives
La présence d'espèces invasives peut altérer la structure de la communauté et entraver une dynamique de biocontrôle.
• **IBML04** : risque de perte de biodiversité, modification, altération de la communauté, identification des sites sensibles par les espèces envahissantes
• **IBML05** : présence d'espèces envahissantes ou sensibles envahissantes, approche quantitative sur les sites et les zones sensibles
• **IBML06** : Vilmer (2012), Nehls (2001), Robinson et al. (2006), Simek (2007), Vilgis (2007), Apstein et al. (2013)

Métrique de diagnostic : Hydro-morphologie
Les communautés de macrophytes sont des descripteurs pertinents de l'hydro-morphologie et du état physique des plans d'eau.
• **IBML07** : diversité des habitats, relation avec les autres métriques biologiques (diversité floristique, invasions biologiques), sensibilité temporelle (évolution temporelle, patrimoine naturel (usage, tourisme)
• **IBML08** : régulation du niveau des eaux, modification de la rive, envasement, érosion de population autour du plan d'eau, occupation du sol et activités humaines
• **IBML09** : **IBML10** : modifications à partir des traits morphologiques et biologiques des végétaux
• **IBML11** : Schneider (2004), Chabert (2003), Robinson et Guzman (2007), Robinson et al. (2006)

IBML

Métrique de diagnostic : Hydro-morphologie

Photographie aérienne d'un plan d'eau de la Seine de Catherine Audier - J. Dubrier

IBML - Index Biologique Macrophytique en Lacs - Centre de Biodiversité

IRSTEA
ONEMA
Mars 2014

Vers un indice multimétrique ...

Indice multimétrique

- **approche déductive** pour déterminer des **profils écologiques** des taxons selon la trophie (validation par expertise)
- métriques ciblées sur les **altérations physiques** et les **Espèces Exotiques Envahissantes (EEE)**
- utilisation de l'approche fonctionnelle de la diversité (**Garnier2013**)

Qualité

- **qualité des données** : **application informatique** de saisie et de calcul de l'IBML
- **qualité de l'évaluation** : prise en compte des **différentes incertitudes** dans le résultat de l'indice (par exemple : incertitude spatiale et temporelle (**Jackson1997 ; Minns1990**))

Incertitudes

Notions

- Répétabilité : variabilité induite uniquement par l'instrument de mesure (variabilité pour un même opérateur).
- Reproductibilité : variabilité induite par les opérateurs qui mesurent (et éventuellement propre aux pièces mesurées).



Incertitudes

Qualité de l'évaluation

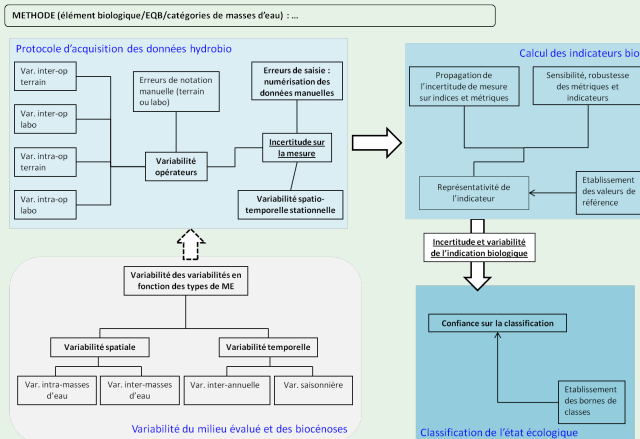


Schéma conceptuel des incertitudes sur l'évaluation (Auteur : Nina Dagens)

