

Partenariat 2012 –
Qualité des masses d'eau –
Evaluation de la qualité écologique des écosystèmes plans d'eau –
Action 13



Méthode d'évaluation de la qualité écologique des plans d'eau basée sur les communautés de macrophytes

Indice Biologique Macrophytique en Lac (IBML) - Rapport d'avancement

Sébastien Boutry, Vincent Bertrin, Alain Dutartre

Irstea, UR REBX

Juin 2013

Contexte de programmation et de réalisation

Evaluation de l'état écologique des plans d'eau basée sur les communautés de macrophytes aquatiques au sens de la Directive Cadre européenne sur l'Eau.

Les auteurs

Sébastien Boutry

Ingénieur d'études en biostatistiques et modélisation

sebastien.boutry@irstea.fr

Irstea, REBX, 50 avenue de Verdun, 33610 Cestas Gazinet

Vincent Bertrin

Ingénieur d'études en hydrobiologie et phytoécologie

vincent.bertrin@irstea.fr

Irstea, REBX, 50 avenue de Verdun, 33610 Cestas Gazinet

Alain Dutartre

Hydrobiologiste

alain.dutartre@irstea.fr

Irstea, REBX, 50 avenue de Verdun, 33610 Cestas Gazinet

Les correspondants

ONEMA : Yorick Reyjol, ONEMA DAST, yorick.reyjol@onema.fr

Irstea : Alain Dutartre, REBX, alain.dutartre@irstea.fr

Référence du document :

Boutry S., Bertrin V., Dutartre A., 2013. Méthode d'évaluation de la qualité écologique des plans d'eau basée sur les communautés de macrophytes. Indice Biologique Macrophytique en Lac (IBML) – Rapport d'avancement. Irstea, REBX, Rapport d'étape, 26 p + annexes.

Droits d'usage :	Réservé ONEMA/Irstea
Couverture géographique :	Métropole
Niveau géographique :	National
Niveau de lecture :	Professionnels, experts
Nature de la ressource :	Rapport d'étape

Titre : Méthode d'évaluation de la qualité écologique des plans d'eau basée sur les communautés de macrophytes. Indice Biologique Macrophytique en Lac (IBML) – Rapport d'avancement.

Statut du document : Rapport d'étape

Auteur(s) : Sébastien Boutry, Vincent Bertrin, Alain Dutartre

Sommaire

Résumé	4
1. Introduction	5
2. Bilan des données dans la base Macrophytes-Plans d'eau	6
2.1. Eléments de contexte	6
2.2. Analyses des données disponibles.....	6
2.3. Fiche résumée	6
2.4. Analyse spatiale	8
2.5. Analyse temporelle.....	8
2.6. Synthèse des données actuellement disponibles	10
2.6.1. A l'échelle des plans d'eau	10
2.6.2. A l'échelle des taxons.....	10
2.7. Difficultés rencontrées.....	11
2.7.1. Transmission des données.....	11
2.7.2. Formulaire informatique de saisie des données	11
2.7.3. Bilan des données.....	11
3. L'Indice Biologique Macrophytique Lacs (IBML), module Note de trophie	12
3.1. Définition des méta-types	12
3.2. Rappel sur l'échantillonnage des macrophytes sur les plans d'eau	14
3.3. Calcul de la Note de trophie	14
3.3.1. Algorithmes	15
3.3.2. Règles de calcul.....	16
3.3.3. EQR	16
3.3.4. Évaluation des plans d'eau.....	17
4. Proposition d'amélioration des cotes spécifiques et des coefficients de sténoécie du groupe des Characées	20
5. Définition des conditions de référence	21
6. Développement de métriques additionnelles pour le diagnostic des plans d'eau 21	
6.1. Traits écologiques	21
6.1.1. Fonctionnelles	21
6.1.2. Habitats.....	21
6.1.3. Espèces exotiques envahissantes.....	22
6.2. Variables explicatives.....	23
6.2.1. Au niveau du bassin versant	23
6.2.2. Au niveau de l'écotone entre zone littorale et zone rivulaire	23
6.2.3. Au niveau du plan d'eau	24
6.3. Démarche de l'analyse	24
7. Conclusion	24
Bibliographie	26

Titre : Méthode d'évaluation de la qualité écologique des plans d'eau basée sur les communautés de macrophytes - Indice Biologique Macrophytique en Lac (IBML) – Rapport d'avancement.

Statut du document : Rapport d'étape

Auteur(s) : Sébastien Boutry, Vincent Bertrin, Alain Dutartre

Résumé

L'Indice Biologique Macrophytique en Lac (IBML) est un indice de bioindication constitué à ce jour d'une métrique, la *Note de Trophie*, rendant compte à la fois de l'abondance et de la composition des communautés de macrophytes aquatiques. La *Note de Trophie* est un indicateur de niveau trophique des milieux. Il est sensible à la dégradation générale de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques (pollution organique, eutrophisation). Cet indice est applicable à tous les plans d'eau dont l'amplitude du marnage est inférieure ou égale à 2 m.

En 2011, la métrique *Note de Trophie* a été retenue et validée au niveau national comme métrique d'évaluation de l'état écologique basée sur les communautés de macrophytes en plans d'eau. Cette métrique a participé à l'exercice d'intercalibration européenne, jugée intercalibrable dans l'ensemble des groupes concernés (Central, Méditerranéen et Alpin), elle a été intercalibrée pour les lacs alpins.

La collecte des données standardisées a débuté en 2007 mais le volume de ces données reste, encore à ce jour, insuffisant pour créer un indice multimétrique visant à déterminer l'origine des différentes perturbations anthropiques des plans d'eau, et à évaluer les intensités et les impacts de ces perturbations sur l'état écologique des plans d'eau. Le nombre toujours restreint de données pour les plans d'eau de référence et les connaissances encore partielles sur l'écologie des plantes aquatiques dans le contexte des lacs en France, n'ont permis d'améliorer que partiellement la définition des conditions de référence ainsi que la caractérisation des communautés végétales indicatrices des conditions de référence.

La mise en application de la norme d'échantillonnage AFNOR XP T90-328 sur les réseaux DCE a nécessité une modification du processus de bancarisation des données. Le formulaire informatique de saisie développé pour la proposition méthodologique du Cemagref est actuellement utilisé par défaut dans l'attente de la disponibilité des outils nationaux Naïades. Cette situation est en partie à l'origine du retard évoqué en 2011, et qui a perduré en 2012, dans la réception des données de terrain et dans leur exploitation.

Ce rapport intermédiaire présente le bilan actuel de la base de données Macrophytes-Plans d'eau et une description de l'IBML, de la métrique *Note de Trophie* et l'évaluation de la qualité écologique de la masse d'eau considérée. Des propositions d'amélioration des cotes spécifiques et des coefficients de sténoécie pour le groupe des Characées sont également présentées. Ce rapport intègre également des informations sur le développement de métriques additionnelles pour le diagnostic des plans d'eau, liées à l'hydromorphologie et la présence d'espèces exotiques.

Mots clés : macrophyte, plan d'eau, bioindication, état écologique, Directive Cadre sur l'Eau, évaluation, diagnostic

1. Introduction

L'équipe CARMA d'Irstea est chargée de développer un indice de bioindication basé sur les communautés de macrophytes en plans d'eau. Cet indice participera à l'évaluation de la qualité écologique des plans d'eau de la métropole dans le contexte de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE).

Depuis 2007, les communautés de macrophytes des plans d'eau sont étudiées à l'aide d'un protocole d'échantillonnage "DCE compatible" qui a récemment donné lieu à une norme expérimentale (XP T90-328) publiée en décembre 2010. Cette méthodologie fixe un cadre pour l'échantillonnage des communautés de macrophytes et permet l'acquisition d'un jeu de données standardisées utilisables pour l'exploration et l'élaboration de métriques de bioindication susceptibles d'identifier des perturbations d'origine anthropique.

En 2008, une base de données et un formulaire informatique de saisie ont été élaborés afin de bancariser les données standardisées issues des réseaux nationaux. Une partie de ces données a servi de point de départ pour le test préliminaire des métriques de bioindication proposées par les collègues européens. Ce test n'a pas fourni de résultat satisfaisant, les valeurs indicatrices des taxons et les protocoles d'échantillonnage étant spécifiques à chaque état membre.

En 2009 et 2010, un nombre important de métriques candidates ont été testées sur le jeu de données disponibles provenant des réseaux DCE. La métrique nommée *Note de Trophie*, développée avec l'aide du Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) « Macrophytes des Eaux Continentales », a fourni des résultats intéressants, notamment sur la caractérisation du niveau trophique des plans d'eau.

En 2011, la métrique *Note de Trophie* a été retenue et validée au niveau national comme métrique d'évaluation de l'état écologique basée sur les communautés de macrophytes en plans d'eau. Cette métrique a participé à l'exercice d'intercalibration européenne, jugée intercalibrable dans l'ensemble des groupes concernés (Central, Méditerranéen et Alpin), elle a été intercalibrée pour les lacs alpins. L'Indice Biologique Macrophytique en Lac (IBML) inclut à ce jour la *Note de Trophie*, des métriques supplémentaires dédiées à l'identification d'autres types de perturbations anthropiques étant à ce jour au stade du développement.

En 2012, la rédaction du guide d'application de la norme XP T90-328 a débuté, notamment par le biais d'un groupe de travail AFNOR. L'exploitation du dictionnaire d'attributs de la liste taxonomique a permis de tester de nouvelles métriques dédiées au diagnostic des plans d'eau. Les valeurs indicatrices des Characées ont été améliorées, plusieurs taxons issus de ce groupe d'algues ont également été ajoutés dans la liste d'espèces de l'IBML.

Le présent rapport comporte :

- un bilan des données actuellement disponibles dans la base Macrophytes-Plans d'eau,
- des compléments sur l'Indice Biologique Macrophytique Lac et les seuils d'évaluation de la qualité écologique des plans d'eau,
- le résultat des travaux sur les Characées,
- un bilan des travaux sur les conditions de référence,
- les métriques candidates et le résultat des premiers tests sur le développement de métriques additionnelles pour le diagnostic des plans d'eau.

2. Bilan des données dans la base Macrophytes-Plans d'eau

2.1. *Éléments de contexte*

La sélection des plans d'eau français devant faire l'objet d'un échantillonnage des communautés de macrophytes, est réalisée à partir de différents critères définis dans le texte de la DCE (European-Commission, 2000), des recommandations liées à l'utilisation du protocole d'échantillonnage Macrophytes Plans d'Eau (Dutartre et Bertrin, 2009) et du tableau des pertinences des éléments biologiques par type national de plans d'eau (MEDD, 2006, Annexe 3f). Ces critères prévoient notamment l'échantillonnage des macrophytes pour les plans d'eau naturels et d'origine anthropique d'une superficie à 50 ha et présentant un faible marnage (marnage annuel inférieur à 2 m).

Depuis 2011, la norme expérimentale XP T 90-328 est mise en œuvre pour l'échantillonnage des communautés de macrophytes en plans d'eau dans le cadre de la DCE sur le territoire métropolitain.

2.2. *Analyses des données disponibles*

Les figures présentées dans ce paragraphe proviennent de sorties graphiques du logiciel R (Team, 2009a). Elles ont pour objectif d'illustrer les données disponibles, les carences ou difficultés rencontrées.

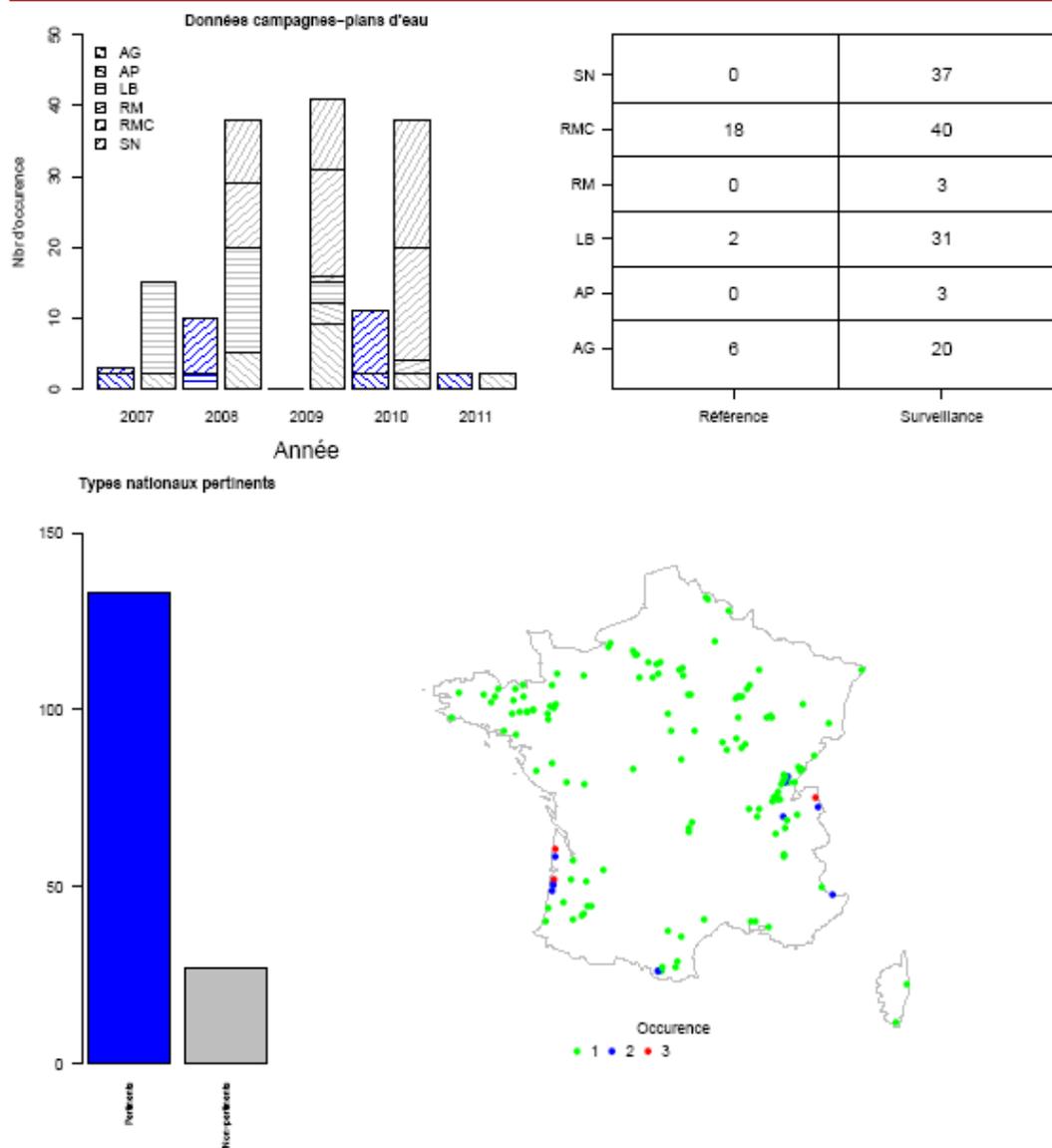
2.3. *Fiche résumée*

Cette fiche (Figure 1) permet d'avoir une vision d'ensemble des données disponibles.

Elle résume notamment :

- le nombre de plans d'eau échantillonnés par district hydrographique avec deux représentations : un diagramme en barres montrant le nombre de campagnes-plans d'eau échantillonnés ; un tableau de répartition des campagnes-plans d'eau entre le réseau de surveillance et le réseau de référence.
- un diagramme en barres montrant la répartition des campagnes-plans d'eau entre les types nationaux "macrophytes pertinents" et les types nationaux "macrophytes non-pertinents".
- une carte de France localisant les sites de prélèvement et leurs occurrences.
- le nombre de campagnes-plans d'eau où au moins 3 UO ont été réalisées et le nombre de campagnes-plans d'eau où les 3 UO requises n'ont pas été étudiées, sont indiqués en bas de la fiche.

Synthèse des données Macrophytes-Plan d'Eau



Nombre de campagnes-plans d'eau

présentant au moins 3 UO : 144

présentant moins de 3 UO : 16

Document provisoire du 2013-01-02 16:30 (Auteur : Sébastien Boutry)

Figure 1 : Données Macrophytes-Plans d'eau dans le contexte DCE

2.4. Analyse spatiale

La Figure 2 présente le nombre de campagnes-plans d'eau selon les 3 classes de superficie des plans d'eau telles que prédéfinies dans le protocole d'échantillonnage :

- de 50 a 250 hectares
- de 250 a 1000 hectares
- de plus de 1000 hectares

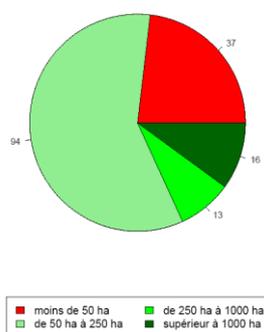


Figure 2 : Nombre de campagnes-plans d'eau selon les catégories de superficie en eau

Le nombre de campagnes-plans d'eau pour la catégorie de superficie en eau inférieure à 50 ha est également représenté.

2.5. Analyse temporelle

Les dates et la durée de la campagne de terrain (Figure 3 et Figure 4) sont considérées comme des critères essentiels pour la validation des données. La norme XP ainsi que la proposition de méthodologie du Cemagref (Dutartre et Bertrin, 2009) précisent que les campagnes doivent être réalisées entre début juillet et fin septembre à l'échelle du plan d'eau, les relevés sur l'ensemble des unités d'observation doivent être réalisés en une seule fois. Si une interruption des relevés est inévitable (par exemple en raison de mauvaises conditions météorologiques), elle ne doit pas dépasser une semaine. Certaines campagnes-plans d'eau réalisées sur les réseaux DCE ne respectent pas les préconisations de la période d'étude inscrites dans les protocoles standardisés.

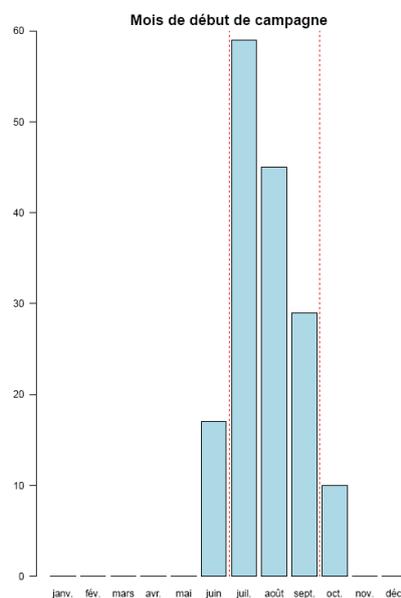


Figure 3 : Mois de début de campagne

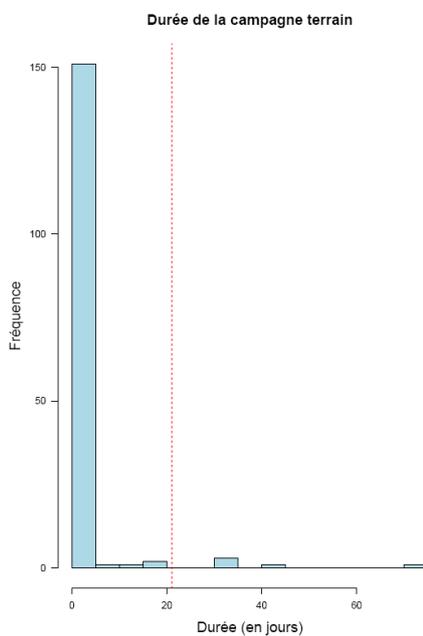


Figure 4 : Durée de la campagne de terrain

2.6. Synthèse des données actuellement disponibles

2.6.1. A l'échelle des plans d'eau

Informations sur les 160 campagnes-plans d'eau disponibles :

- date de la première campagne bancarisée : 2007-06-11
- date de la dernière campagne bancarisée : 2011-07-19
- nombre de lacs échantillonnés : 143

Le Tableau 1 présente quelques données descriptives des plans d'eau où des campagnes d'échantillonnage de macrophytes ont été réalisées.

Sur les 143 plans d'eau échantillonnés, les données de contexte sont complètes pour 107 d'entre eux.

Tableau 1 : Caractéristiques des plans d'eau échantillonnés

	Unités	Nombre de plans d'eau	Moyenne	Min	Max	Ecart-type
Superficie	km ²	143	3,3	0,1	57,6	8,8
Altitude	m	143	327,1	0	2354	473,5
Périmètre	m	143	12870,6	1197,3	109490,2	15333,2
Profondeur moyenne	m	133	8,1	0,3	81	9,7
Surface du bassin versant	km ²	136	272,8	0,6	10484,2	984
Alcalinité	meq/l ⁻¹	119	1,9	0,1	4,4	1,3

2.6.2. A l'échelle des taxons

Une liste taxonomique commune aux cours d'eau et aux plans d'eau a été développée au sein de l'équipe CARMA. Elle rassemble près de 1300 taxons susceptibles d'être rencontrés sur ces hydrosystèmes. Son principal objectif est de constituer une liste stable et harmonisée afin de faciliter les échanges, traitements et comparaisons de données. 478 taxons ont été identifiés sur la totalité campagnes-plans d'eau réalisées. La répartition des taxons selon les types biologiques est présentée dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Occurrences et types biologiques des taxons observés

	ALG	BRI	BRm	HET	PHe	PHg	PHx	PHy	PTE
Nombre d'occurrences	59	10	51	1	102	120	9	82	12

ALG : Algues, BRh : Bryophytes hépatiques, BRm : Bryophytes mousses, HET : Organismes hétérotrophes, LIC : Lichens, PHe : Phanérogames héliophytes, PHg : Phanérogames hygrophytes, PHx : autres Phanérogames, PHy : Phanérogames hydrophytes, PTE : Pteridophytes

Informations complémentaires sur les taxons :

- taxon le plus présent : *Lythrum salicaria* sur 63% des campagnes-plans d'eau.
- taxons présents dans plus de 50% des campagnes-plans d'eau : *Carex sp.*, *Iris pseudacorus*, *Lycopus europaeus*, *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Mentha aquatica*, *Phalaris arundinacea*, *Phragmites australis*, *Spirogyra sp.*
- nombre de taxons rares¹: 319
- nombre de taxons déterminés au genre : 102

A noter que les taxons les plus fréquents appartiennent au groupe des héliophytes, c'est à dire les plantes enracinées dans la zone immergée dont l'appareil végétatif se développe essentiellement dressé hors de l'eau.

2.7. Difficultés rencontrées

2.7.1. Transmission des données

Toutes les données des campagnes de 2010 sont bancarisées à l'exception du bassin Loire Bretagne. Les données de 2011 sont les premières données acquises à l'aide de la norme. Les données RM&C sont en cours de bancarisation, à ce jour les données des autres bassins ne nous sont pas parvenues.

2.7.2. Formulaire informatique de saisie des données

La bancarisation des données de 2011 et 2012 est en cours à l'aide du formulaire de saisie Macrophytes (Boutry et al., 2010). Cet outil a été développé pour la bancarisation des données acquises à l'aide du protocole Cemagref (Dutartre et Bertrin, 2009). Des modifications importantes de ce formulaire, voire la création d'une interface informatique complète, sont nécessaires pour la bancarisation des données acquises à l'aide de la norme XP T90-328. Cette démarche a été entreprise par l'équipe en 2011 dans le cadre du développement des interfaces de saisie prévues dans la banque de données Naïades.

A ce jour, les données provenant de la norme sont en partie saisies manuellement pour certains champs. Des indications ont été régulièrement transmises par courriel aux bureaux d'étude prestataires pour qu'ils puissent utiliser le formulaire existant dans l'attente d'un nouvel outil de saisie.

Dans l'attente de la disponibilité des outils prévus dans Naïades, l'équipe envisage de développer une application informatique pour 2014 afin de faciliter la bancarisation des données de la norme.

2.7.3. Bilan des données

Les figures présentées précédemment indiquent la présence de données "non conformes" au protocole d'échantillonnage Cemagref et à la norme XP T90-328.

Un certain nombre de plans d'eau échantillonnés présentent des critères considérés non conformes aux prescriptions de la DCE ou des protocoles standardisés. Ces critères sont les suivants :

¹taxons présents dans moins de 5% des plans d'eau (soit 8 plans d'eau)

- plans d'eau d'une superficie inférieure à 50 ha
- plans d'eau présentant moins de 3 UO
- période d'échantillonnage hors période estivale
- durée de l'échantillonnage supérieure à 15 jours
- plans d'eau appartenant à un type national "macrophytes non pertinents"

Actuellement, sur les 160 campagnes-plans d'eau disponibles, 80 campagnes-plans d'eau non conformes sont recensées.

Le choix du système B de l'Annexe II de la DCE (European-Commission, 2000) par la France, donne une certaine souplesse sur les critères d'échantillonnage des plans d'eau. Ainsi, les plans d'eau ayant une superficie de moins de 50 ha peuvent être pris en compte dans le cadre de la DCE. Le choix d'échantillonner tel ou tel plan d'eau a été fait par les Agences de l'Eau après discussion au cas par cas. De plus, de nombreux plans d'eau de référence ont une superficie inférieure à 50 ha, il est donc nécessaire d'intégrer ces plans d'eau de plus petite surface dans cette étude.

On note également que l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse nous a fourni des données de macrophytes acquises sur des plans d'eau "macrophytes non pertinents" à l'aide du protocole d'échantillonnage "Plans d'eau marnants" présenté en annexe du précédent rapport d'étape (Boutry et al., 2012). Ces données permettront de compléter les connaissances sur l'écologie des espèces et peut être d'identifier des taxons tolérants à un fort marnage, mais ces campagnes-plans d'eau ne seront pas directement utilisées pour le développement de l'indice de bioindication.

Actuellement, 160 campagnes-plans d'eau sont disponibles pour améliorer les connaissances écologiques des espèces et 125 pour l'élaboration des métriques "pressions/impacts".

3. L'Indice Biologique Macrophytique Lacs (IBML), module *Note de trophie*

3.1. Définition des méta-types

Les plans d'eau sont classés selon deux paramètres, altitude et alcalinité, qui influencent significativement ces communautés. Un seuil d'altitude de 300 m a été proposé séparant les plans d'eau dits "de plaine" (99 plans d'eau) des plans d'eau dits "de moyenne et haute montagne" (44 plans d'eau). L'ajout d'un seuil d'alcalinité, inférieur ou supérieur à 1 meq. L⁻¹, permet ainsi d'obtenir 4 "méta-types" (Tableau 3).

Les méta-types IBML sont classés ainsi :

- B-Aci : plans d'eau de basse altitude (inférieur de 300 m) et à caractère acide (inférieur à 1 meq. L⁻¹)
- B-Alc : plans d'eau de basse altitude (inférieur de 300 m) et à caractère alcalin (supérieur à 1 meq. L⁻¹)
- H-Aci : plans d'eau de moyenne et haute altitude (supérieur de 300 m) et à caractère acide (inférieur à 1 meq. L⁻¹)
- H-Alc : plans d'eau de moyenne et haute altitude (supérieur de 300 m) et à caractère alcalin (supérieur à 1 meq. L⁻¹)

Sur 143 plans d'eau, 24 plans d'eau n'ont pas pu être classés dans cette typologie par manque de données de contexte, principalement l'alcalinité.

Tableau 3 : Répartition des plans d'eau dans les méta-types

	B-Aci	B-Alc	H-Aci	H-Alc
Surveillance	30	47	4	26
Référence	3	1	5	3
Total	33	48	9	29

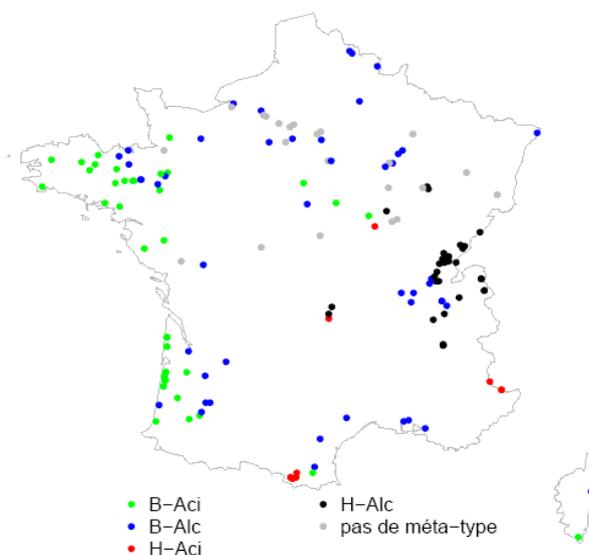


Figure 5 : Répartition des campagnes-plans d'eau selon les méta-types IBML

La Figure 5 présente la répartition géographique des méta-types, certains plans d'eau de l'Agence Seine Normandie ne sont pas affiliés à des méta-types par manque d'information sur le titre alcalimétrique complet.

3.2. Rappel sur l'échantillonnage des macrophytes sur les plans d'eau

Un minimum de 3 unités d'observation sur le plan d'eau étudié doivent être réalisées.

Une unité d'observation (Figure 6) comprend 3 profils perpendiculaires et un relevé de la zone littorale. Deux approches pour la détermination des listes floristiques et l'abondance des taxons de macrophytes sont mises en place :

- des observations sur un linéaire de rives (relevé de la zone littoral)
- des prélèvements réguliers (points contacts) sur les profils perpendiculaires

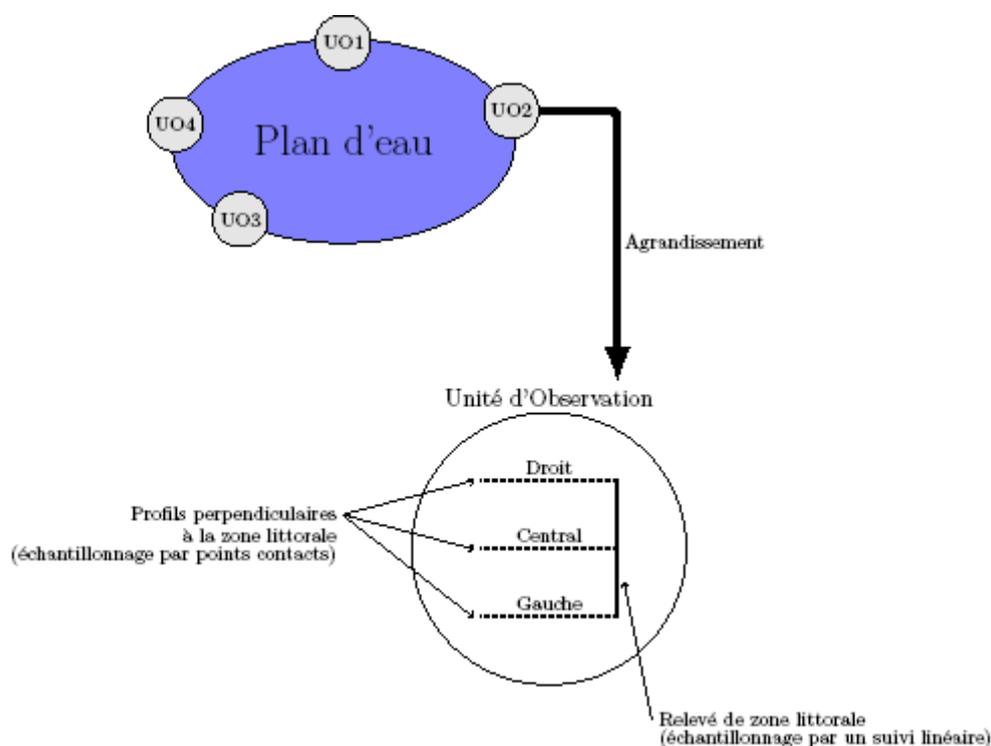


Figure 6 : Principe général de l'échantillonnage des macrophytes selon la norme XP T90-328 et du protocole Cemagref

Le guide d'application de la norme XP est à ce jour en cours de rédaction (document T90-728). Un groupe de travail AFNOR a débuté en 2012 (réunion à l'Agence de l'Eau Seine-Normandie le 11/12/2012).

3.3. Calcul de la Note de trophie

La *Note de trophie* est calculée à partir de l'inventaire taxonomique des macrophytes et de l'évaluation de l'abondance de chaque taxon à l'échelle du plan d'eau. La proportion du linéaire de chaque type de rive prédéfini dans le protocole est évaluée sur l'ensemble du linéaire de plan d'eau et prise en compte dans le calcul de la *Note de trophie*.

3.3.1. Algorithmes

Formule de l'abondance relative (Figure 7) :

$$Ab_i = \frac{\left(\sum_{j=1}^{Nbr_{points\ contacts}} Abondance_j \right)}{Nbr_{points\ contacts}}$$

Figure 7 : Équation (abondance relative)

- 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 les profils perpendiculaires (Nbr points contacts est égal à 30 selon la norme XP T90-328, ce nombre peut varier si les données sont antérieures à l'application de la norme)

Formule de la *Note* par unité d'observation et par compartiment (soit relevé de zone littorale soit profil) (Figure 8) d'après l'équation du type Zelinka et Marvan prenant en compte la liste des taxons et leurs abondances :

$$Note_{Unité_d'observation(Rive_ou_profil)} = \frac{\sum_{i=1}^n CS_i * Ab_i * E_i}{\sum_{i=1}^n (Ab_i * E_i)}$$

Figure 8 : Équation (note)

- Ab_i : abondance relative du taxon (pour le relevé de zone littorale l'abondance relative correspond à l'abondance)
- CS_i : cote spécifique du taxon i
- E_i : coefficient de sténoécie du taxon i
- n : nombre de taxons
- *Note* : valeur de 0 à 20

Formule de calcul par compartiment sur l'ensemble du plan d'eau (soit rive soit profil) (Figure 9) prenant en compte le pourcentage linéaire des différents types :

$$Note_{Rive\ ou\ Profil} = \sum_{k=1}^4 Note_k \times \text{pourcentage type}_k$$

Figure 9 : Équation (note de compartiment)

- $Note_k$: 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

Formule de calcul de la *Note de trophie* (Figure 10) :

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

Figure 10 : Equation Note de trophie

La *Note de trophie* est une valeur de 0 à 20 obtenue à l'échelle du plan d'eau.

3.3.2. Règles de calcul

La mise en application des règles de calcul de la *Note de trophie* est nécessaire pour une meilleure représentativité des résultats à l'échelle du plan d'eau.

Pour cela, les règles suivantes sont appliquées :

- au moins deux taxons indicateurs présents sur l'ensemble des trois profils perpendiculaires et sur la zone littorale,
- au moins trois unités d'observations réalisées,
- évaluation du linéaire de chaque type de rive réalisée sur au moins 70 % du périmètre total du plan d'eau,
- au moins 50 % des UO (soit relevé de la zone littorale soit profils) comportant au moins deux taxons indicateurs,
- types de plan d'eau "macrophyte pertinent" ou "macrophyte non pertinent" tels que définis dans l'Annexe 4 de la Circulaire de janvier 2013 relative au programme de surveillance DCE.

3.3.3. EQR

L'écart à la référence est calculé à l'échelle de chaque méta-type la Figure 15. Les résultats sont normalisés pour obtenir des valeurs de 0 à 1 :

$$EQR_{B-Aci} = 1,404 \times \left(\frac{Note_{trophie}}{13,2} \right) - 0,532$$

Figure 11 : Équation EQR B-Aci

$$EQR_{B-Alc} = 1,543 \times \left(\frac{Note_{trophie}}{10,51} \right) - 0,734$$

Figure 12 : Équation EQR B-Alc

$$EQR_{H-Aci} = 1,395 \times \left(\frac{Note_{trophie}}{14,16} \right) - 0,492$$

Figure 13 : Équation EQR H-Aci

$$EQR_{H-Alc} = 1,497 \times \left(\frac{Note_{trophie}}{11,83} \right) - 0,633$$

Figure 14 : Équation H-Alc

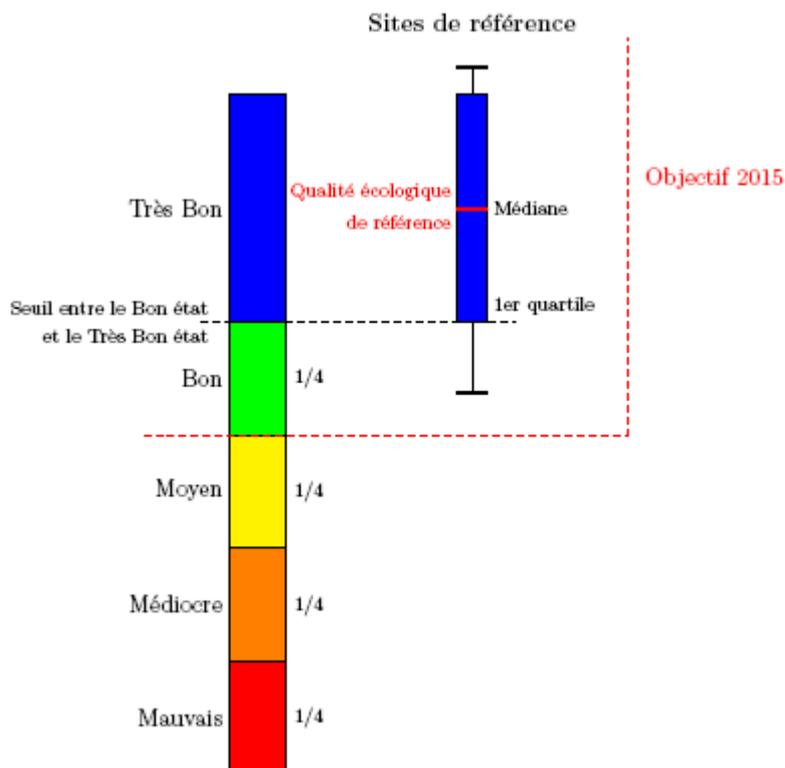


Figure 15 : Définition des classes de qualité

3.3.4. Évaluation des plans d'eau

Les classes de qualité écologique IBML sont présentées dans la Figure 16. A ce jour, la proportion des plans d'eau classés en « bon » ou « très bon » état écologique est d'environ 56 % des campagnes-plans d'eau (Tableau 4).

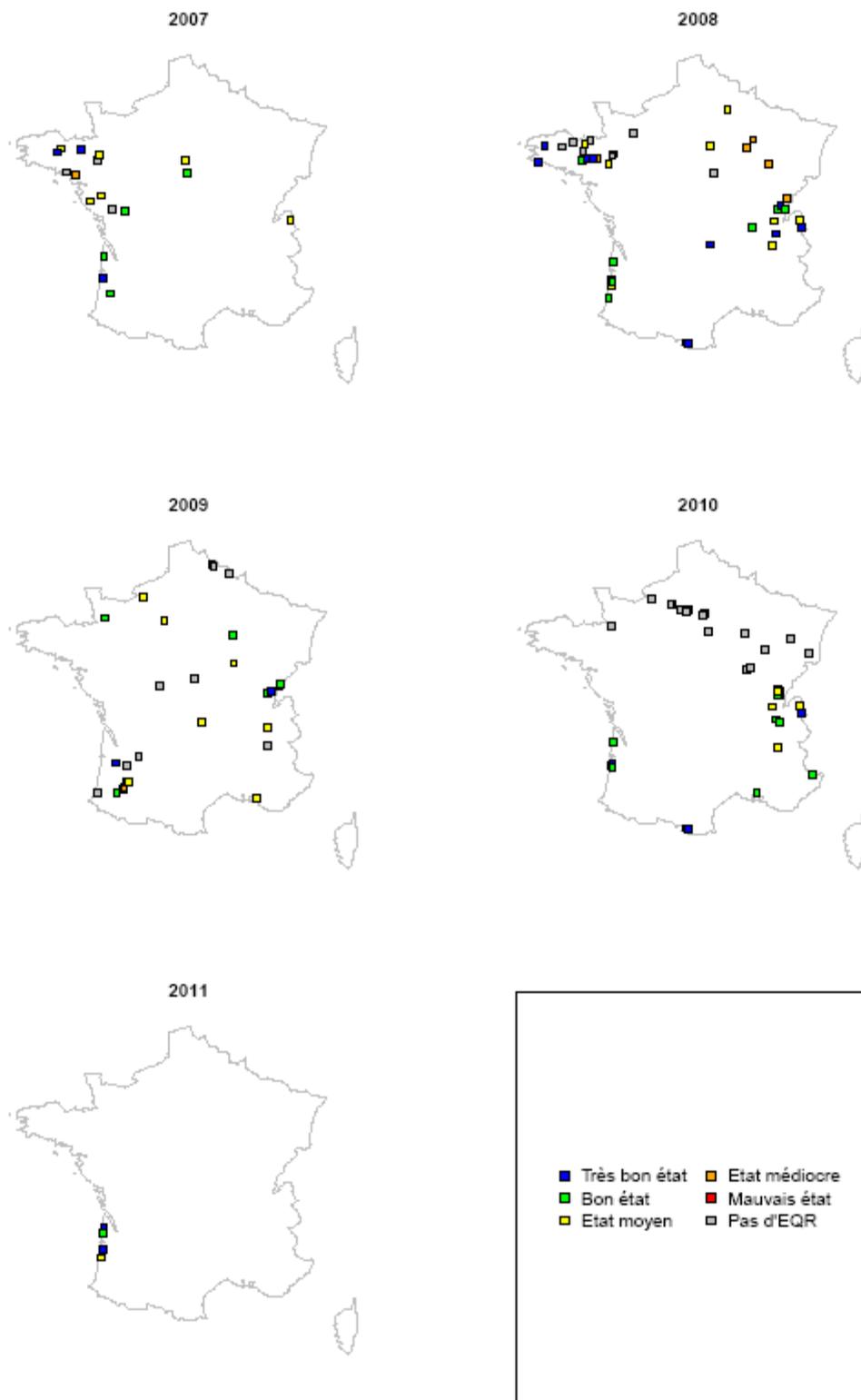


Figure 16 : Résultats préliminaires des classes de qualité IBML sur l'ensemble des campagnes-plans d'eau

Tableau 4 : Nombre de campagnes-plans d'eau par classe de qualité

	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Nombre de campagnes-plans d'eau	21	27	27	10	0

Un certain nombre de plans d'eau n'ont pas pu être évalués pour les raisons suivantes :

- le protocole est incomplet ou sa mise en œuvre n'est pas réalisée correctement,
- les règles de calcul ne permettent pas de définir une valeur d'EQR,
- le plan d'eau n'appartient à aucun méta-type faute de données de contexte (en cours de validation).

Des classes du niveau trophique sont définies par l'OCDE à partir des concentrations en phosphore total dans les eaux et de transparence des eaux mesurée au disque de Secchi (Tableau 5).

Tableau 5 : Critères des classes de niveau trophique (d'après OCDE)

	unité	Ultra-oligotrophique	Oligotrophique	Mesotrophique	Eutrophique	Hypereutrophique
Phosphore total	en $\mu\text{m/l}$	<4	>4 et <10	>10 et <35	>35 et <100	>100
Transparence (SD)	en m	>12	>6 et <12	>3 et <6	>1,5 et <3	<1,5

La classe la plus déclassante caractérise le niveau trophique des campagnes plans d'eau. La Figure 17 représente l'EQR (*Note de trophie*) en fonction des classes d'eutrophisation.

L'utilisation d'un test de post-hoc à celui de l'anova permet de définir les différences entre les groupes (Tableau 6).

Tableau 6 : Test de post-hoc

	Oligotrope	Mésotrophe	Eutrophe
Mésotrophe	1,000		
Eutrophe	1,000	1,000	
hypertrophe	0,072	0,049	0,111

Il existe une différence significative entre les campagnes-plans d'eau oligotrophes et mésotrophes et ceux hypereutrophes.

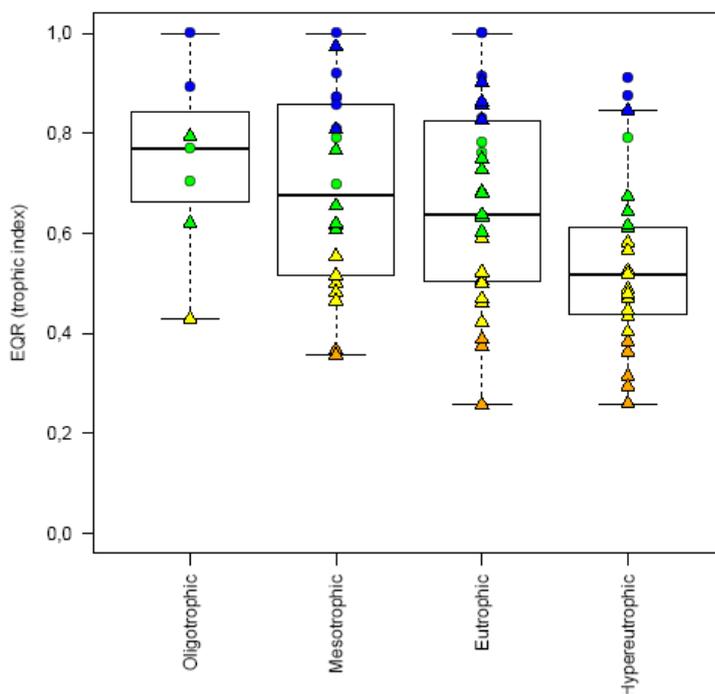


Figure 17 : Boîte à moustache EQR (note de trophie) en fonction des classes de niveau trophique (OCDE).

(Cercle : plan d'eau de référence ; Triangle : plan d'eau de surveillance ; Couleur : classe d'évaluation)

Une partie de ces résultats ont été présentées en 2012 durant les Journées Internationales de Limnologie et d'Océanographie de Clermont-Ferrand (18/10/2012), la présentation est disponible en Annexe 1.

4. Proposition d'amélioration des cotes spécifiques et des coefficients de sténoécie du groupe des Characées

Les Characées constituent un groupe d'algues encore peu connu en France, se développant principalement dans les hydrosystèmes lenticques (Bailly et Schaefer, 2010). Les Characées constituent des habitats d'intérêt communautaire ("Eaux oligo-mésotrophes calcaires avec végétation benthique à *Chara* spp.", code 3140) et sont utilisées comme bioindicateurs, la profondeur maximale de colonisation de ce groupe est fréquemment utilisée dans l'évaluation de l'état écologique des plans d'eau chez de nombreux collègues européens (Birk et al., 2012).

Les espèces des genres *Chara*, *Nitella*, *Nitellopsis* et *Tolypella* sont au nombre de 15 dans la liste taxonomique de l'IBML. Les améliorations apportées à cette liste en 2010 avec l'aide du GIS "Macrophytes de eaux continentales" ont pris en compte le groupe des Characées, les valeurs indicatrices de ces espèces avaient été données alors par défaut. Ces espèces étant majoritairement observées dans des milieux aux niveaux trophiques faibles, des cotes spécifiques relativement élevées leur avaient donc été attribuées.

En 2012, une analyse bibliographique a été réalisée pour affiner les valeurs indicatrices de chaque espèce. Des ajouts d'espèces ont été également effectués (13 taxons supplémentaires). Les propositions sont présentées en Annexe 2 et sont à ce jour en cours de validation auprès de scientifiques spécialisés dans l'écologie de ce groupe d'algues.

5. Définition des conditions de référence

Les données actuellement disponibles n'ont que partiellement permis de préciser les conditions de référence définies en 2010. De même qu'en 2011, un nombre trop faible de données nous sont parvenues en 2012 (Boutry et al., 2012).

6. Développement de métriques additionnelles pour le diagnostic des plans d'eau

6.1. Traits écologiques

6.1.1. Fonctionnelles

Les macrophytes jouent un rôle important en tant qu'habitats pour les biocénoses. Des métriques fonctionnelles peuvent répondre à certaines pressions anthropiques sur les plans d'eau :

- abondance relative des espèces pionnières
- abondance relative des espèces vasculaires
- abondance relative des espèces de zone humide
- le pourcentage d'hélophytes
- les formes de croissance

6.1.2. Habitats

A partir des cahiers d'habitats Natura 2000, tome 3 (habitats humides), les fiches (3110 (1), 3130 (1, 2, 3, 4), 3140 (1,2), 3150 (1, 2, 3), 3160 (1), 6430 (1, 4), 7140 (1), 7150 (1) et 7210 (1)) ont permis de compléter le fichier des attributs. Les renseignements recueillis sont synthétisés selon les modalités suivantes :

1. Niveau trophique des eaux associé au type d'habitat :
 - CA_Oligo : eaux oligotrophes
 - CA_OligoMeso : eaux oligotrophes à mésotrophes
 - CA_Méso : eaux mésotrophes
 - CA_Méso_Eutro : eaux mésotrophes à eutrophes
 - CA_Eutro : eaux eutrophes
 - CA_DystroNat : eaux naturellement dystrophes
2. Valeur écologique et biologique du type d'habitat :
 - CA_Patri_Fort : valeur patrimoniale forte
 - CA_Patri_Moy : valeur patrimoniale moyenne
 - CA_Patri_Faible : valeur patrimoniale faible

3. Répartition géographique associée au type d'habitat :
 - CA_Atlantiq : habitat d'affinité atlantique
 - CA_Subalp_Alpin : habitat d'affinité subalpine à alpine
 - CA_Conti : habitat d'affinité continentale
4. Taxon de l'annexe II de la Directive « Habitats » :
 - CA_Annexe_II : taxon de l'annexe II de la Directive « Habitats »
5. Sensibilité du type d'habitat aux perturbations d'origines anthropiques :
 - CA_Indic_Sensi : habitat sensible/fragile à des perturbations d'origine anthropique
 - CA_HYMO_Envasemt : habitat sensible à l'envasement trop intense ou aux apports trop élevés de sédiments du bassin versant
 - CA_HYMO_Reg_Stab_Niv : habitat sensible à la stabilisation du niveau des eaux (disparition du marnage naturel) ou à des périodes d'assecs trop importantes ou à des marnages d'amplitude trop élevée
 - CA_HYMO_Dragage : habitat sensible à l'entretien physique des fonds du plan d'eau (dragage, curage, etc.)
 - CA_Altération_QE : habitat sensible à l'altération de la qualité des eaux (eutrophisation, rejets d'effluents et de biocides, etc.)
 - CA_HYMO_Modif_Rives : habitat sensible aux perturbations de l'état des rives (aménagement et modifications des rives ou piétinement trop intense, etc.)
 - CA_Intensification_Agri : habitat sensible aux pratiques agricoles intensives (drainage, abandon des pratiques traditionnelles, etc.)
6. Protection des taxons :
 - Taxon protégé au niveau national et international
 - Taxon protégé au niveau régional

6.1.3. Espèces exotiques envahissantes

De nombreux indices d'évaluation de la qualité écologique à partir des macrophytes prennent en compte les espèces envahissantes. Notamment, l'indice de Nouvelle Zélande LakeSPI (Lake submerged plant indicators, de Winton, 2012) cible spécifiquement la problématique des espèces envahissantes. Il est composé de deux métriques :

- index d'invasion (ICI)
- index des conditions naturelles (NCI)

On retrouve une composante sur les espèces envahissantes dans les indices américains des lacs du Wisconsin (ACMI : aquatic macrophyte community index) et des lacs de l'Indiana (PIBI : plant index of biotic integrity) ; et européens (Belgique et Danemark) (Nichols, 2000 ; Rothrock et al., 2008 ; Sondergaard et al., 2005 ; Leyssen et al., 2005)

Le dictionnaire d'attributs intègre le caractère exotique et envahissant d'une trentaine d'espèces présentes sur le territoire métropolitain. Toutes n'ont pas la même dynamique de colonisation des milieux. Certaines ne posent pas ou peu de problèmes d'envahissement et sont parfois considérées comme naturalisées (*Elodea canadensis* ou *Hibiscus roseus* par exemple). D'autres espèces ont une forte dynamique de colonisation avérée quand les conditions du milieu sont favorables (*Ludwigia* spp., *Elodea nuttallii*, *Lagarosiphon major*, etc.). A noter également de nombreux taxons dont l'écologie est encore peu connue et qui posent localement un certain nombre de difficultés engendrées par leur colonisation

(*Cabomba caroliniana*, etc.). Ces invasions biologiques peuvent être la cause de réductions locales de biodiversité, de nombreuses références scientifiques sont disponibles a ce sujet.

6.2. Variables explicatives

Dans l'optique de tester les modèles "pressions-impacts" entre les métriques et les variables explicatives on détermine trois échelles :

- au niveau du bassin versant
- au niveau de la zone interface
- au niveau du plan d'eau

6.2.1. Au niveau du bassin versant

Les informations que l'on peut recueillir à l'échelle de bassin versant se distinguent en deux catégories :

a) Naturelles :

- aire du bassin versant
- pente moyenne sur le bassin vente
- pourcentage de l'aire du BV en forêt ou de végétation naturelle

b) Anthropiques :

- pourcentage de l'aire du BV en terres agricoles
- pourcentage de l'aire du BV en zones urbanisées
- densité de la population
- nombre de décharges
- densité des routes

A partir du modèle NOPOLU-agri, des données sur le surplus en azote sont disponibles. Ces données ne distinguent pas les origines endogènes et exogènes mais peuvent être utilisées pour caractériser la disponibilité de l'azote pour les plantes.

6.2.2. Au niveau de l'écotone entre zone littorale et zone rivulaire

Cet écotone est caractérisé à l'aide des données de contexte provenant du protocole macrophyte-plan d'eau (pourcentage du linéaire selon les 4 types) mais aussi des données de CORINE Land Cover à partir de la définition de corridor autour du plan d'eau (CLC, 2006).

Ces données seront complétées à partir des différents protocoles caractérisant la zone rivulaire (Corila : corridors rivulaires lacustres) et zone littorale (Alber : altération des berges ; Charli : caractérisation des habitats des rives et du littoral) (Alleaume et al, 2012) ont été mis en place récemment. Les informations recueillies à partir du protocole Alber caractérisent la qualité et la structure des rives modifiées par l'homme et devraient permettre de cibler une ou plusieurs métrique(s) montrant cette altération.

6.2.3. Au niveau du plan d'eau

a) Naturelles :

Des caractéristiques de morphologie, de géologie et de bathymétrie des plans d'eau influencent la composition des listes taxonomiques.

b) Anthropiques :

Les variables explicatives sont les données physico-chimiques échantillonnées au niveau du point de plus grande profondeur. La définition de la pression d'utilisation du plan d'eau peut être définie à partir des données provenant du Lake Habitat Survey (Rowan et al., 2006).

6.3. Démarche de l'analyse

L'objectif est la création de métriques de diagnostic répondant aux modifications d'hydro-morphologiques et à la présence d'espèce envahissantes.

La première étape consiste à définir les métriques possibles (à partir de la bibliographie et des connaissances). En parallèle, la création d'un gradient de pression ciblant les modifications morphologiques de la zone littorale requiert un travail sur les données provenant du protocole Alber. Celles-ci sont en phase d'acquisition. Afin de définir les métriques sensibles, nous confrontons les métriques avec nos gradients de pression à l'aide des modèles "pressions-impacts".

La veille scientifique a permis de mettre en place un tableau d'attributs sur les taxons. La première étape est en cours de développement, une partie des métriques possibles sont déjà codées. Dans l'attente de la disponibilité des données morphologiques à l'échelle de la France, les tests n'ont pas pu aboutir au choix des métriques sensibles à la pression ciblée.

7. Conclusion

L'IBML est un indice de bioindication constitué à ce jour d'une métrique, la *Note de Trophie*. Cette métrique est un indicateur de niveau trophique des milieux. Elle est sensible à la dégradation générale de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques (pollution organique, eutrophisation). L'acquisition de données supplémentaires, pour tous les types de plans d'eau et notamment les plans d'eau de référence, permettra une évolution progressive de l'IBML. La définition des conditions de référence et la description des communautés indicatrices de l'état de référence pourront être fortement améliorées, la définition de l'état écologique à une échelle autre que les méta-types IBML également.

Il est nécessaire de pallier au déficit de connaissances relatives aux traits biologiques et écologiques des espèces végétales lacustres, de manière à pouvoir proposer une meilleure évaluation de l'état écologique des plans d'eau et préciser ensuite les mesures destinées à rétablir leur bon état écologique. Cette démarche permettra d'envisager également de dépasser le diagnostic initial basé sur l'évaluation du niveau trophique des lacs. Largement

influencées par l'habitat physique, les communautés de macrophytes aquatiques peuvent s'avérer être des descripteurs pertinents de l'hydromorphologie et de l'état physique des plans d'eau au sens de la DCE.

Les travaux à venir et l'évolution de l'IBML sont fortement conditionnés par l'acquisition de nouvelles données qui parviennent progressivement par l'intermédiaire des réseaux DCE. Les prérequis disponibles à ce jour sont favorables à ces évolutions à moyen et long termes (méthode d'échantillonnage standardisée, métriques disponibles pour l'évaluation de l'état écologique et le diagnostic des plans d'eau, liste taxonomiques et dictionnaire d'attributs), l'acquisition de données de terrain sur tous les types de lacs et des travaux de recherche spécifiques à certains groupes de taxons et certains types de pression sont désormais nécessaires pour faire évoluer ces outils de manière significative.

Bibliographie

Bailly G., Schaefer O., 2010. Guide illustré des Characées du nord-est de la France.

Birk S., Bonne W., Borja A., Brucet S., Courrat A., Poikane S., Solimini A., van de Bund W., Zampoukas N., Hering D., 2012. Three hundred ways to assess Europe's surface waters: An almost complete overview of biological methods to implement the Water Framework Directive. *Ecological Indicators* 18: 31-41.

Boutry S., Bertrin V., Dutartre A., 2010. Méthode d'évaluation de la qualité écologique des plans d'eau basée sur les communautés de macrophytes : Proposition d'une version 2 de l'indice de bioindication. Cemagref, 78 p.

Boutry S., Bertrin V., Dutartre A., 2012. Méthode d'évaluation de la qualité écologique des plans d'eau basée sur les communautés de macrophytes : Indice Biologique Macrophytique en Lac (IBML) : Rapport d'avancement. 112 p.

Dutartre A., Bertrin V. 2009. Méthodologie d'étude des macrophytes en plans d'eau : mise en œuvre de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau. Cemagref, 28 p.

de Winton, MD, Clayton, JS and Edwards, T.. "Incorporating invasive weeds into a plant indicator method (LakeSPI) to assess lake ecological condition." *Hydrobiologia* 691 (2012): 1--12.

European-Commission. "Directive 2000/60/EC of the European parliament and of the council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy." *Official Journal of the European Communities* L327 , no. 327 (2000): 1-72.

Leysen, A., Adriaens, P., Denys, L., Packet, J., Schneiders, A., Van Looy, K. and Vanhecke, L.ss Toepassing van verschillende biologische beoordelingssystemen op Vlaamse potentiële interkalibratielocaties overeenkomstig de Europese kaderrichtlijn water: partim'Macrofyten'. , Rapport van het Instituut voor Natuurbehoud IN (2005).

Nichols, S., Weber, S. and Shaw, B.. "A proposed aquatic plant community biotic index for Wisconsin lakes." *Environmental Management* 26 , no. 5 (2000): 491--502.

Rowan JS, Carwardine J, Duck RW, Bragg OM, Black AR, Cutler MEJ, Soutar I, Boon PJ. 2006. Development of a technique for Lake Habitat Survey (LHS) with applications for the European Union Water Framework Directive. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 16: 637-657.

Søndergaard, M., Jeppesen, E., Jensen, J.P. and Amsinck, S.L.. "Water Framework Directive: Ecological classification of Danish lakes." *Journal of Applied Ecology* 42 , no. 4 (2005): 616-629.

Rothrock, P.E., Simon, T.P. and Stewart, P.M.. "Development, calibration, and validation of a littoral zone plant index of biotic integrity (PIBI) for lacustrine wetlands." *Ecological Indicators* 8 , no. 1 (2008): 79-88.

Team, R Development Core R: A Language and Environment for Statistical Computing. , R Foundation for Statistical Computing , Vienna, Austria (2009). , {ISBN} 3-900051-07-0.

Annexe 1 : Présentation réalisée pour les Journées Internationales de Limnologie et d'Océanographie (Clermont-Ferrand, octobre 2012)

VOIR DOCUMENT PDF

Evaluation de l'état écologique des plans d'eau basée sur les communautés de plantes aquatiques dans le contexte de la Directive Cadre sur l'Eau en France : l'Indice Biologique Macrophytique en Lac (IBML)

Vincent Bertrin, Sébastien Boutry, Alain Dutartre

Les macrophytes des plans d'eau et la Directive Cadre sur l'Eau (DCE)

Concepts de la DCE :

- évaluation de l'état écologique à l'échelle de la **masse d'eau**
- **abondance** et **composition taxonomique**
- **bon état** = écart « léger » à la **référence**
- écart adapté à chaque **type de masse d'eau**
- validé par l'**intercalibration**

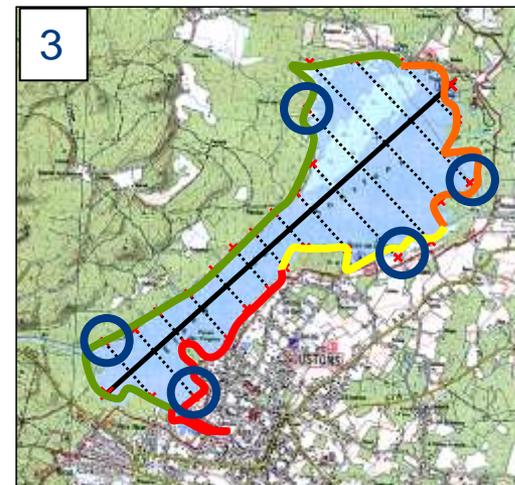
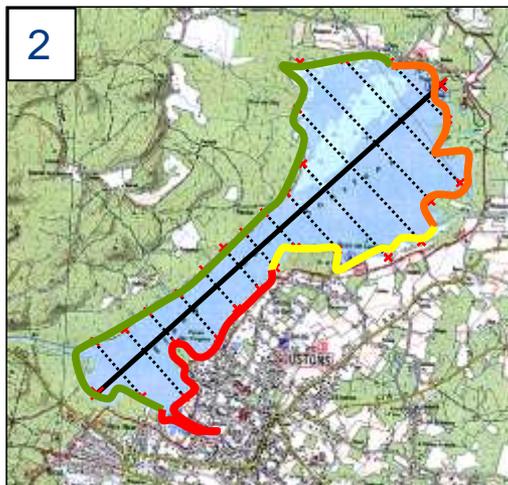
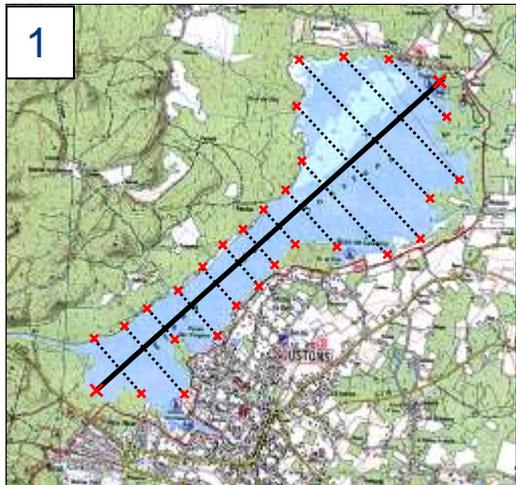


La mise en œuvre de la DCE requiert :

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

Echantillonnage standardisé des macrophytes en plans d'eau

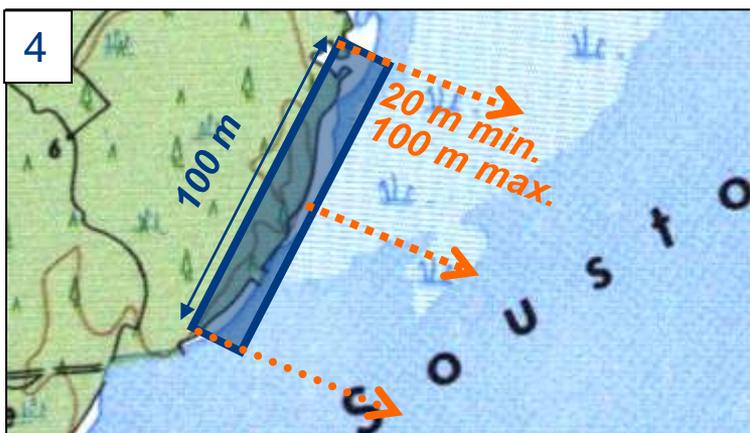
Proposition Cemagref (2007), norme expérimentale AFNOR XP T90-328 (2011)



Unité d'Observation (UO) =

1 relevé de zone littorale (secteur de rives)

3 profils perpendiculaires aux rives



- observation directe de la végétation
- prélèvements par points contact
- **listes floristiques** (niveau taxonomique : espèce)
- **abondances** relatives par taxon (1 à 5)
- hydrophytes, amphiphytes, hélrophytes
- des colonies macroscopiques d'algues aux phanérogames

Nombre d'UO : 3 à 8 selon la superficie du plan d'eau

Echantillonnage standardisé des macrophytes en plans d'eau

- plans d'eau d'au moins 5 ha dont le **marnage < 2 m**
- vision globale de l'état des communautés de plantes aquatiques à **l'échelle de la « masse d'eau »**
- **diversité floristique** et **abondance** des différents **groupes floristiques** et **types biologiques**
- **distribution** spatiale des communautés (ceinture littorale et zone profonde)
- **paramètres environnementaux pertinents** (transparence, substrat, profondeur, etc.)
- **occupation des rives** et leurs **aménagements**

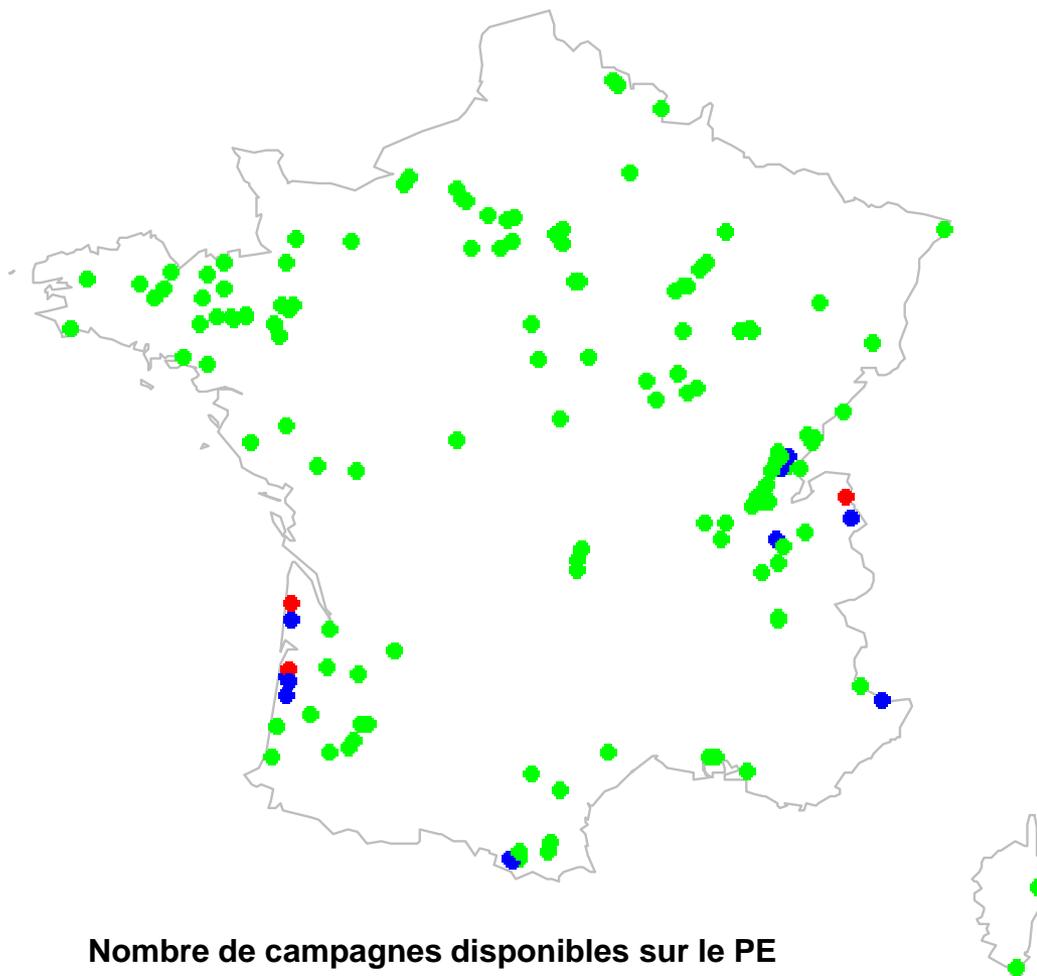
- **cadre standard** pour les opérateurs de terrain
- **données homogènes** pour le développement d'un indice de bioindication...

Acquisition des données standardisées

	2007	2008	2009	2010	2011	Total
Nombre de campagnes-PE	18	48	40	49	4	159

- campagnes « **conformes** » pour l'élaboration des métriques : **125**
- campagnes avec des données **d'occupation du sol** : **92**
- campagnes avec concentrations en **PO₄** : **90**
- campagnes **avec tous les précédents critères** : **62**

Distribution des données standardisées (octobre 2012)



Nombre de campagnes disponibles sur le PE

● 1 ● 2 ● 3

Constitution d'une typologie «IBML»

Impossibilité d'utiliser la typologie nationale en l'état :

- répartition géographique des **lacs de référence** déséquilibrée
- types nationaux **sans lacs de référence** ou concernant un **nombre trop faible de plans d'eau**

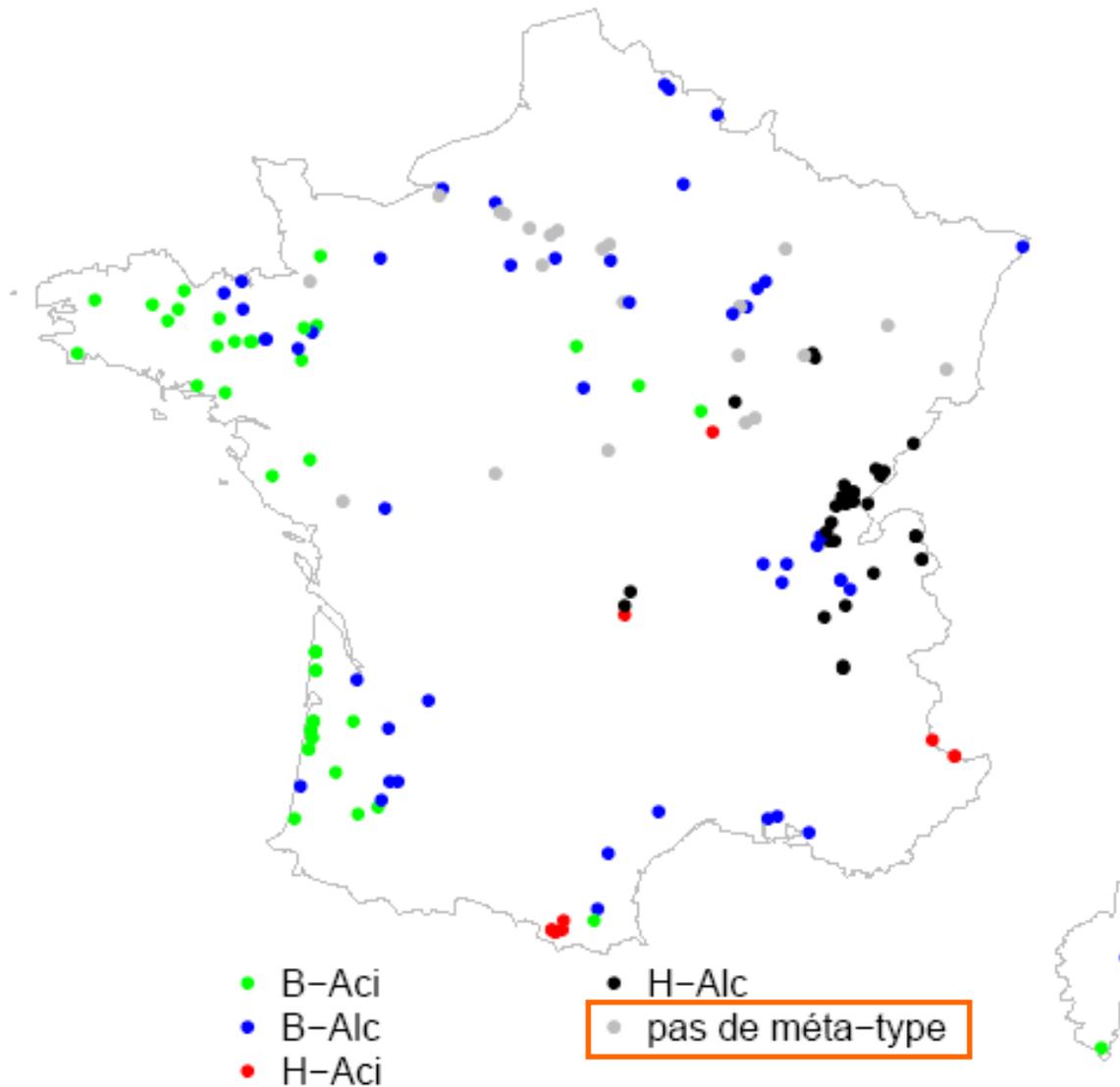
Classification des lacs pour définir les modèles pression/impact, les « **méta-types IBML** » :

- critères physiques pertinents
- bonne discrimination du jeu de données
- critères utilisés dans les groupes européens d'intercalibration

→ Classification des plans d'eau selon l'**altitude** et l'**alcalinité** :

	< 200 m	> 200 m
< 1 meq/L	B-Aci	H-Aci
> 1 meq/L	B-Alc	H-Alc

Distribution des « méta-types IBML »



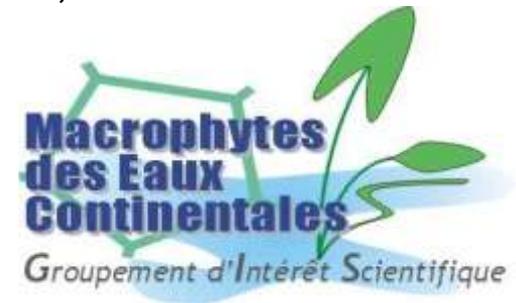
Développement d'un indice de bioindication

Non adaptabilité des indices européens existants (GE, AT, UK, PO...):

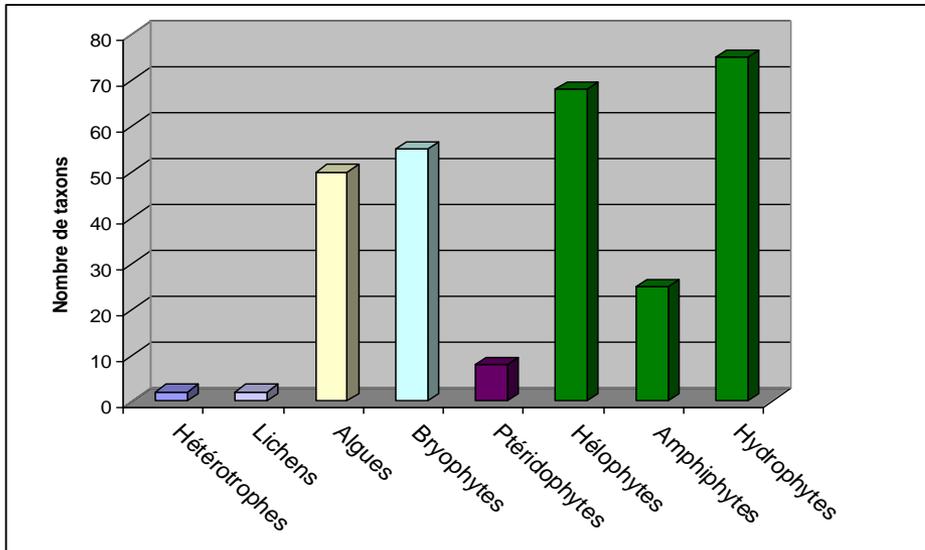
- méthodes très adaptées aux différents contextes des pays
- choix d'espèces indicatrices ne correspondant pas au contexte français

Test de métriques candidates (2008):

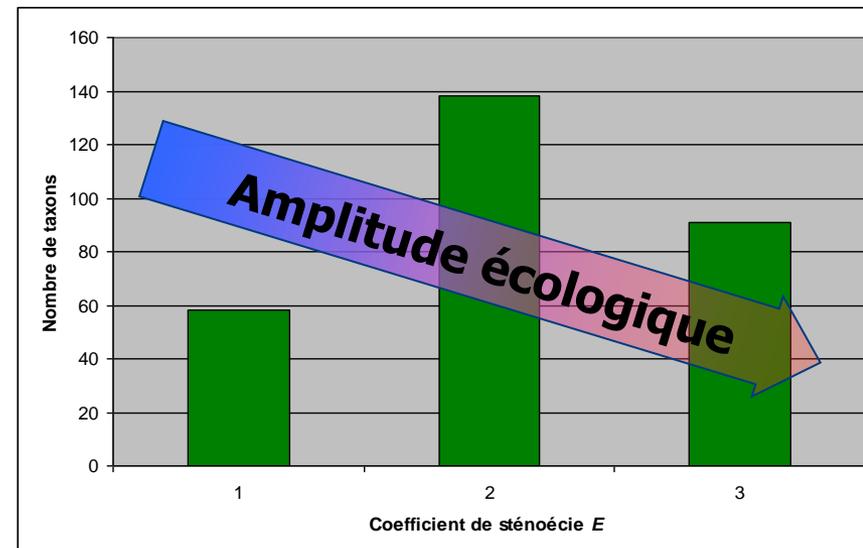
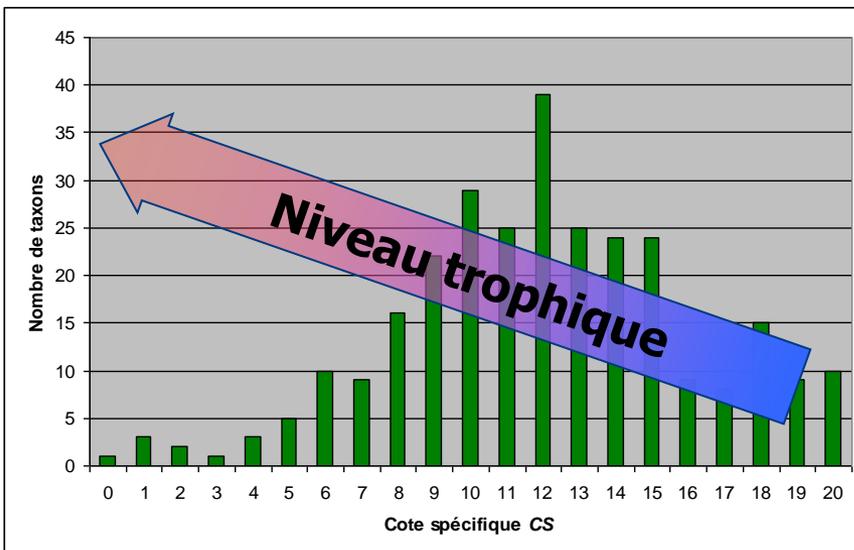
- richesse spécifique, diversité, composition, indices de sensibilité et de perturbation (FL), **profondeur maximale de colonisation**, etc.
- **liste des taxons contributifs à l'IBMR** adaptée et complétée pour les plans d'eau (*GIS macrophytes*)
- **cotes spécifiques et coefficients de sténoécie par taxon** (*GIS macrophytes*)
- **dictionnaire d'attributs**: groupes fonctionnels et profils écologiques des taxons: *traits de vie, formes de croissance, types biologiques, taxons indicateurs d'habitats, taxons patrimoniaux, etc.*



Liste taxonomique IBML

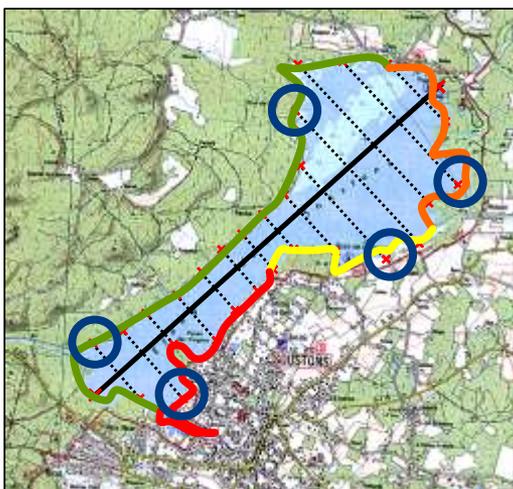


- **294** taxons contributifs
 - taxons de milieux mésotrophes à eutrophes
 - taxons à forte valeur bioindicatrice
- test d'une métrique orientée vers la détermination du **niveau trophique des lacs** : **Note de Trophie**



Principe général de la *Note de Trophie*

$$Note_Rive\ ou\ Profil = \sum_{i=0}^{Nb_esp_Indice} \left[\frac{(CS_i * Ab_i * E_i)}{\left(\sum_{i=0}^{Nb_esp_Indice} (Ab_i * E_i) \right)} \right]$$



- **aspect qualitatif (autoécologie) :**
intégration de taxons polluorésistants, polluosensibles et banals :
cote spécifique – CS (0-20)
coefficient de sténocécie – E (1-3)
 - **aspect quantitatif (abondance) :**
coefficient d'abondance – Ab (1-5)
 - **Note de Trophie (0-20) :** évaluation globale du plan d'eau
-
- évaluation possible :
 - à l'échelle d'une **UO**
 - à l'échelle de l'ensemble des **profils perpendiculaires**
 - à l'échelle de l'ensemble des **relevés de zone littorale**
 - développée pour les **plans d'eau peu marnants (< 2m)**
 - **règles de calcul**

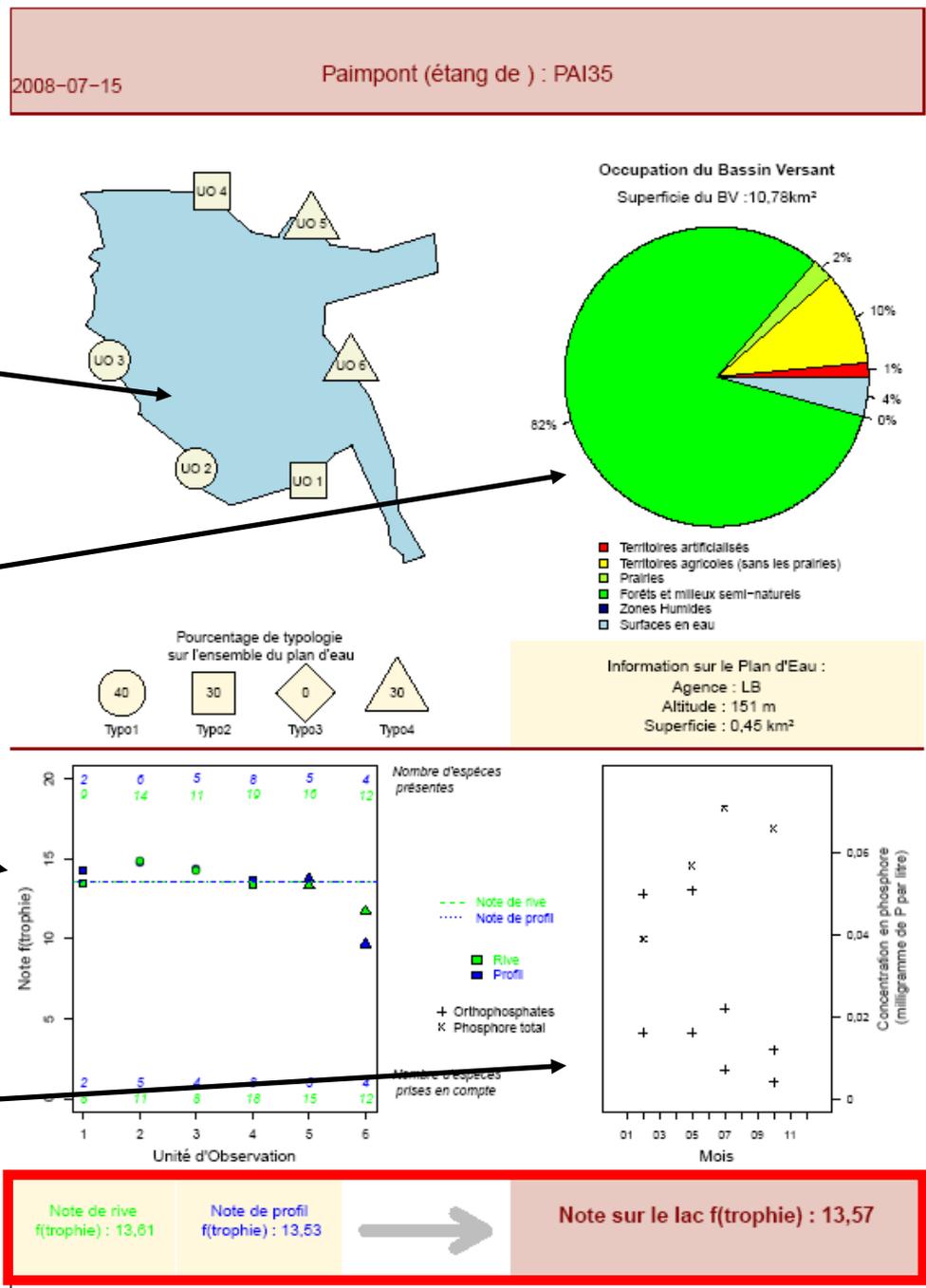
Exemple de fiche campagne lac

position géographique des UO et type de rive

occupation du sol sur le bassin versant (Corine Land Cover)

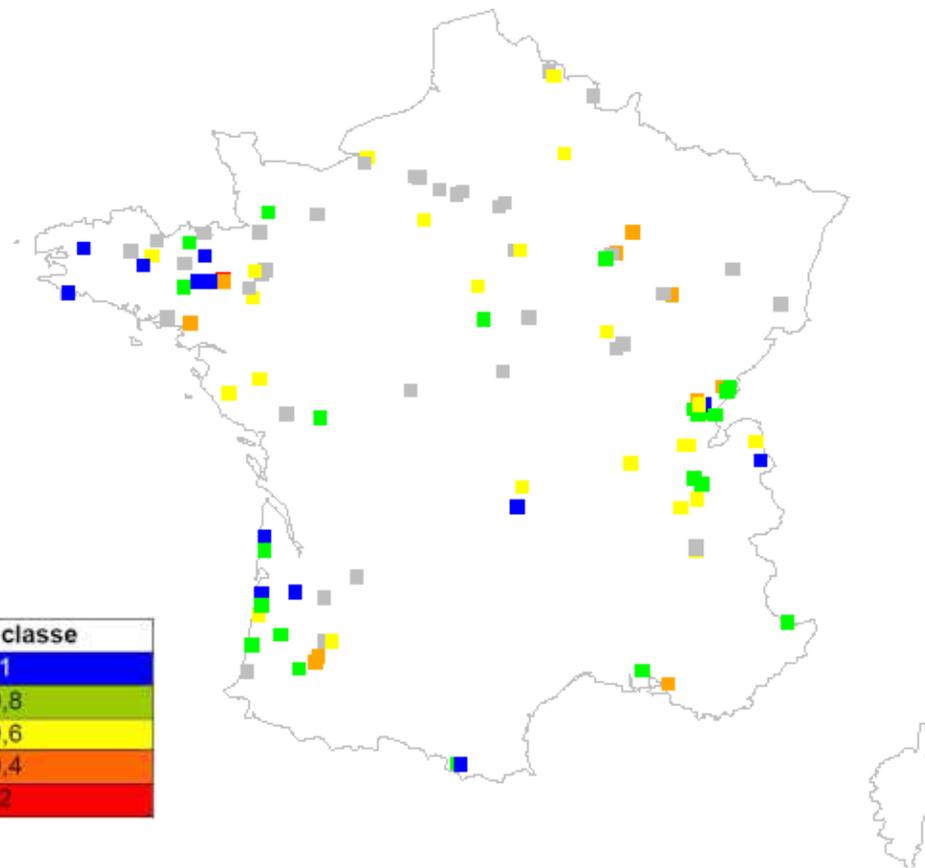
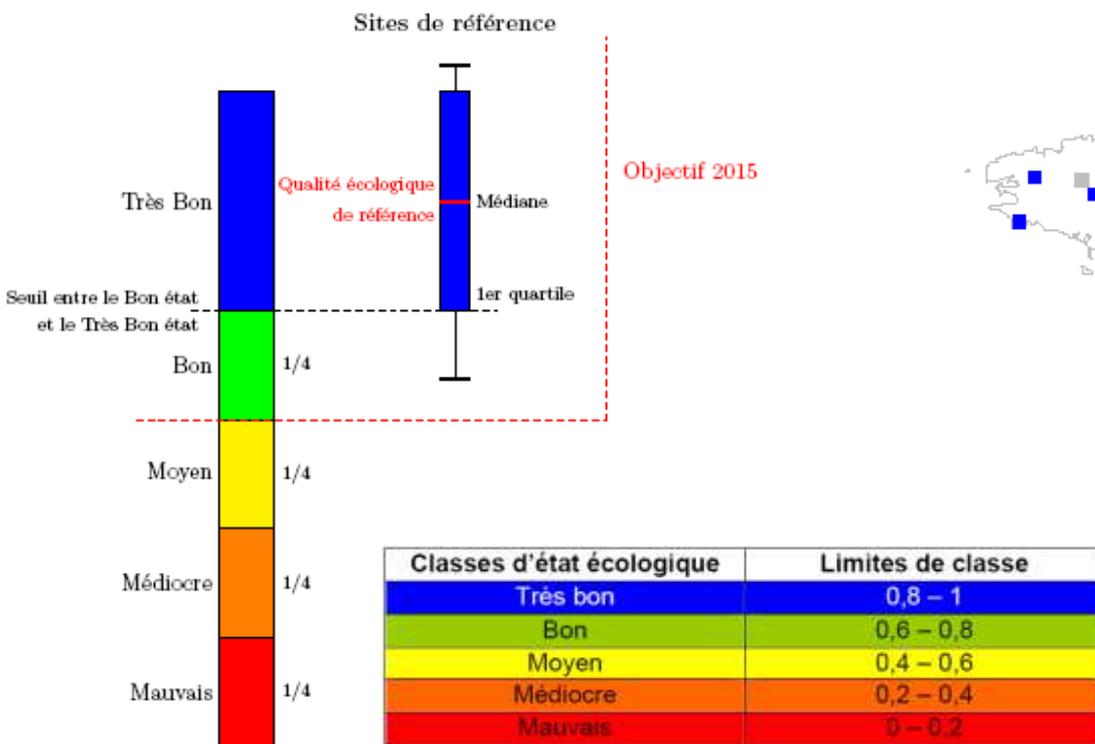
calcul des *Notes de trophie*

données de **chimie** disponibles



Définition des seuils d'état écologique

Ecological Quality Ratio (EQR)



- nombre de **PE de référence** : **28**
- nombre de **PE « macrophytes pertinents »** : **14**
- **campagnes disponibles** sur ces PE : **19**
- **aucun triplicat** réalisé (initialement prévu dans les circulaires DCE)

■ Très bon état ■ Etat médiocre
■ Bon état ■ Mauvais état
■ Etat moyen ■ Pas d'EQR

Exemple de relations « pression/impact »

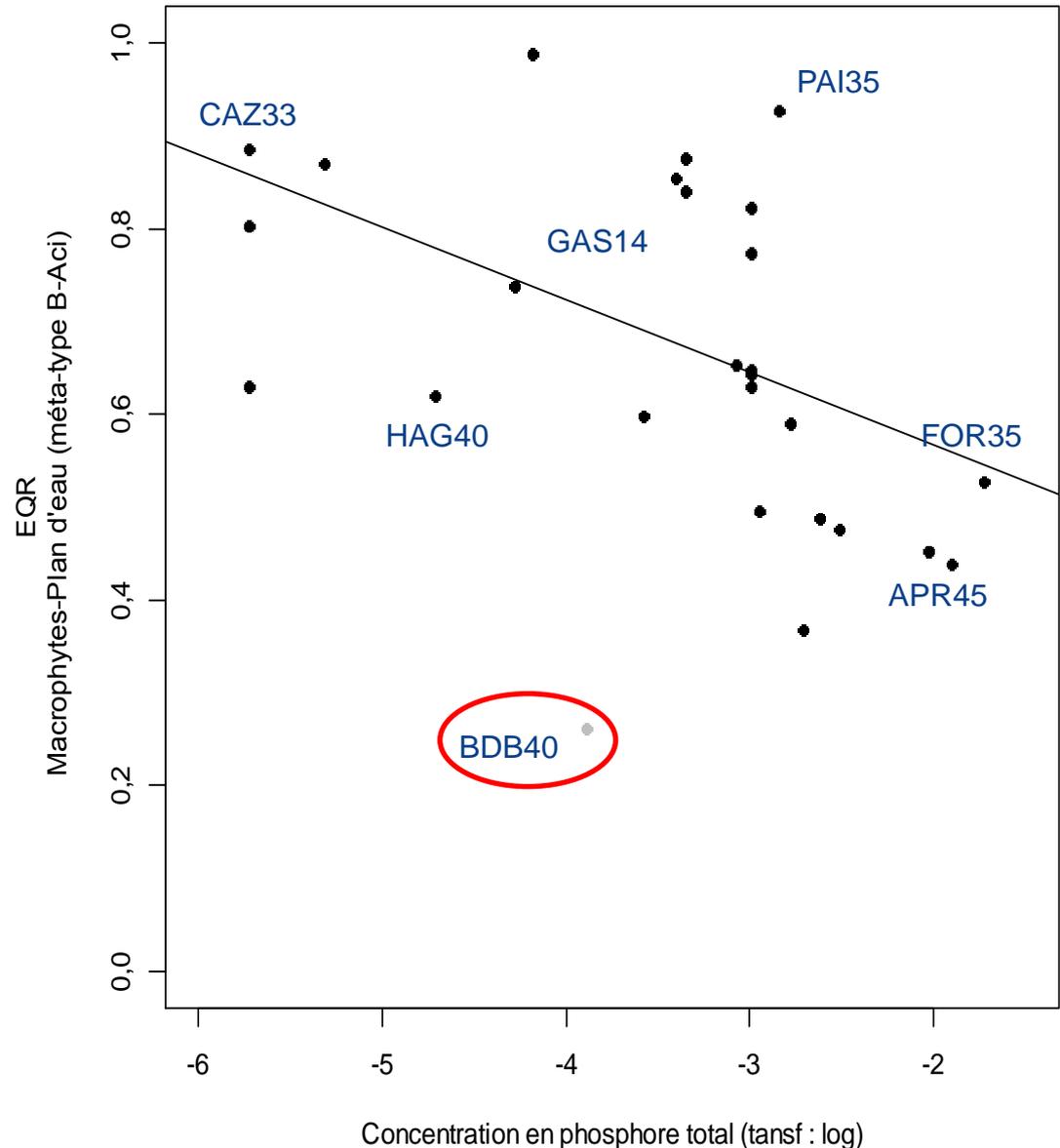
Méta-type B-Aci :

Étude de la relation entre **EQR** normalisé et la **[Pt]**

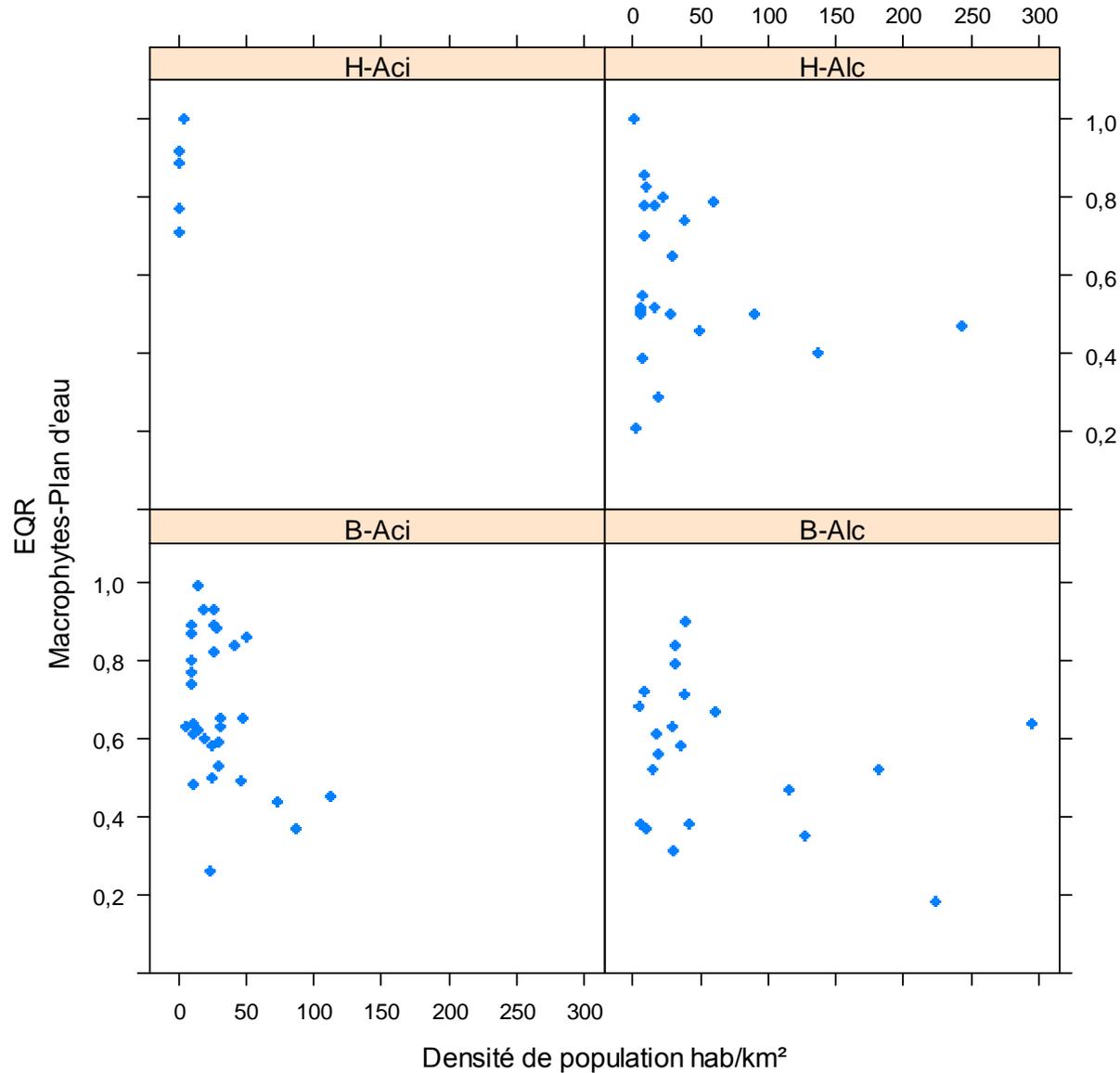
$R^2 = 0,25$

Exclu du modèle :

BDB40 valeur aberrante [PT]



Exemple de relations « pression/impact »



IBML : bilan

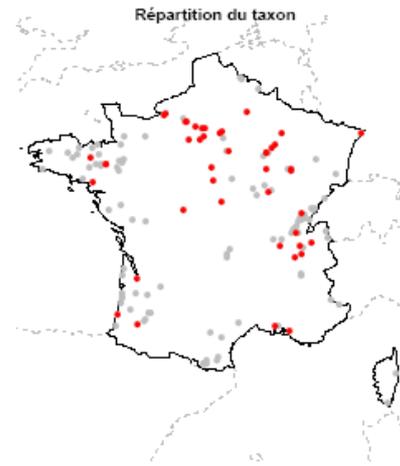
- à ce jour, l'**IBML** est constitué d'une **métrique « composite »** :
la **Note de Trophie**
- **métrique validée au niveau national et intercalibrée** (GIG Alpin) pour l'évaluation de l'état écologique des plans d'eau au sens de la DCE
- **difficultés liées à l'exploitation des données issues des réseaux** :
 - données inexploitable et augmentation des délais d'exploitation
- **difficultés liées au jeu de données disponible** :
 - absence des triplicats sur les lacs de référence
 - lacs de référence majoritairement alpins
 - faible nombre de données actuellement disponibles
- **mode d'intégration des characées à définir**
- **problématique liée à la régulation des proliférations de macrophytes** :
 - quel impact sur l'évaluation de l'état écologique ?
- **problématique liée aux espèces exotiques envahissantes** :
 - comment les prendre en compte dans l'évaluation de l'état écologique ?

IBML : développements en cours...

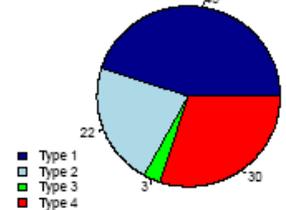
- mise à jour des **profils écologiques des taxons** à l'aide de la base de données nationale du **Réseau de Contrôle et de Surveillance**
- travaux sur les traits écologiques et amélioration des **valeurs indicatrices des taxons** : données « historiques », données DCE actuelles et à venir, travail bibliographique, etc.
- métriques ciblées sur les **altérations physiques** et les **espèces exotiques**
- passer de l'analyse des données disponibles à **l'écologie des communautés**

Code : NAJMAR

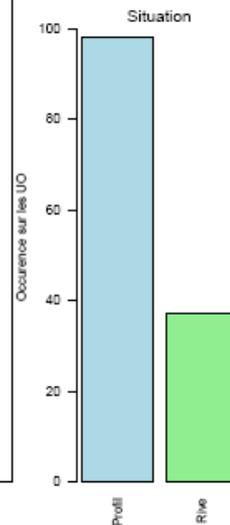
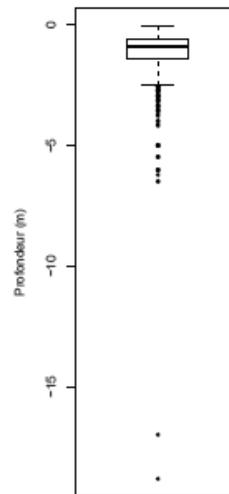
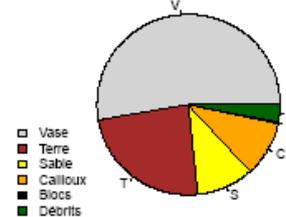
Najas marina



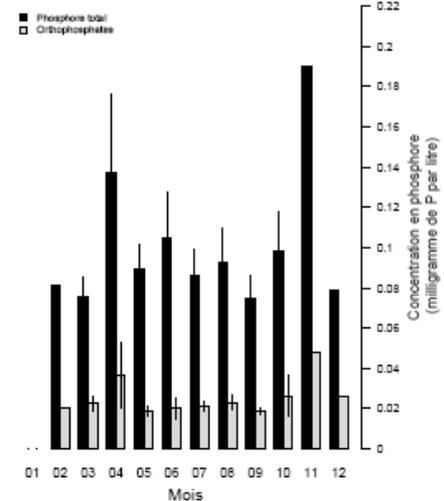
Type prédéfini d'occupation des rives



Substrat au niveau des profils



Nombre de lac ayant de la chimie 30



cote spécifique : 5

cote sténoécie : 3

Merci de votre attention !



Annexe 2 : Proposition de modifications des cotes spécifiques et coefficients de sténoécie des Characées

Name	Auteur	cote spécifique originale	coefficient sténoécie originale	cote spécifique : proposition de modification	Coefficient sténoécie : proposition de modification
<i>Chara aspera</i>	C.L.Wilddenow			14	2
<i>Chara Braunii</i>	C.C.Gmelin			16	2
<i>Chara contraria</i>	A.Braun ex Kützing	18	2	12	1
<i>Chara curta</i>	E.F.Nolte ex Kützing			14	1
<i>Chara denudata</i>	A. Braun			16	3
<i>Chara fragifera</i>	M.C.Durieu de Maisonneuve			16	3
<i>Chara globularis</i>	J.L.Thuiller	13	1	12	1
<i>Chara hispida</i>	Linnaeus	15	2	16	2
<i>Chara intermedia</i>	A. Braun	18	2	15	2
<i>Chara polyacantha</i>	A. Braun	18	2	18	2
<i>Chara rudis</i>	(A. Braun) H.von Leonhardi			16	2
<i>Chara strigosa</i>	A. Braun	18	2	16	3
<i>Chara tomentosa</i>	Linnaeus	18	3	14	2
<i>Chara virgata</i>	Kützing	18	2	14	2
<i>Chara vulgaris</i>	Linnaeus	13	1	12	2
<i>Nitella capillaris</i>	(A. J. Krockner) J. Groves & G. R. Bullock-Webster			16	3
<i>Nitella confervaceae</i>	(Brébisson) A. Braun ex Leonhardi			16	2
<i>Nitella flexilis</i>	(Linnaeus) C. Agardh	14	2	14	2
<i>Nitella gracilis</i>	(J.E. Smith) C. Agardh	14	2	16	3
<i>Nitella hyalina</i>	(De Candolle) C. Agardh			14	2
<i>Nitella mucronata</i>	(A. Braun) F. Miquel	14	2	12	1
<i>Nitella opaca</i>	(C. Agardh ex Bruzelius) C. Agardh			18	2
<i>Nitella syncarpa</i>	(J.L. Thuillier) Kützing			16	1
<i>Nitella translucens</i>	(Persoon) C. Agardh	14	2	16	3
<i>Nitellopsis obtusa</i>	(N.A. Desvaux) J. Groves			14	2
<i>Tolypella glomerata</i>	(Desvaux) Leonhardi	12	2	15	3
<i>Tolypella intricata</i>	(Trentepohl ex Roth) H.von Leonhardi			15	3
<i>Tolypella prolifera</i>	(Ziz ex A. Braun) Leonhardi	15	3	15	3

- Bailly, G. and O. Schaefer. 2010. *Guide illustré des Characées du nord-est de la France*. Conservatoire Botanique National de France-Comté ed.
- Caisová, L. and M. Gabka. 2009. Charophytes (Characeae, Charophyta) in the Czech Republic: Taxonomy, autecology and distribution. *Fottea* 9, no 1: 1-43.
- Compère, P. 1992. Charophytes-Flore pratique des algues d'eau douce de Belgique, 4. *Jardin Botanique National de Belgique, Meise*.
- Corillion, R. 1957. *Les Charophycées de France et d'Europe occidentale*. Koenigstein, DEU: Otto Koeltz Verlag.
- Corillion, R. 1975. *Flore et végétation du massif armoricain iv flore des charophytes (characées) du massif armoricain et des contrées voisines d'europe occidentale*. Paris: Jouve.
- Lambert Servien, E. 2002. Habitat 3140 : Eaux oligo-mésotrophes calcaires avec végétation benthique à Chara spp. In *Cahiers d'Habitat 3 : Milieux humides*, 97-111: Documentation Française.
- Moore, J.A. and D.M. Greene. 1986. *Charophytes of Great Britain and Ireland*. (BSBI handbook no.5).
- Stewart, N.F. and J.M. Church. 1992. *Red Data Books of Britain and Ireland: Stoneworts*: Joint Nature Conservation Committee. <http://www.algaebase.org/>



Partenariat 2012
Qualité des masses d'eau -
Evaluation de la qualité écologique des
écosystèmes plans d'eau -
Action 13



Onema
Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar
94300 Vincennes
01 45 14 36 00
www.onema.fr

Irstea
1, rue Pierre Gilles de Gennes
CS 10030
92761 Antony cedex
01 40 96 61 21
www.irstea.fr