



HAL
open science

Développement et optimisation des méthodes de bioindication pour les plans d'eau: Etat d'avancement de la méthode d'évaluation de la qualité écologique des plans d'eau basée sur les communautés de macrophytes: rapport intermédiaire

Sébastien Boutry, Vincent Bertrin, Alain Dutartre

► To cite this version:

Sébastien Boutry, Vincent Bertrin, Alain Dutartre. Développement et optimisation des méthodes de bioindication pour les plans d'eau: Etat d'avancement de la méthode d'évaluation de la qualité écologique des plans d'eau basée sur les communautés de macrophytes: rapport intermédiaire. [Rapport de recherche] irstea. 2009, pp.44. hal-02592943

HAL Id: hal-02592943

<https://hal.inrae.fr/hal-02592943>

Submitted on 15 May 2020

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.



Développement et optimisation des méthodes de bioindication pour les plans d'eau

Etat d'avancement de la méthode d'évaluation de la qualité écologique des plans d'eau basée sur les communautés de macrophytes

Rapport intermédiaire

Sébastien Boutry, Vincent Bertrin, Alain Dutartre

Cemagref, groupement de Bordeaux.
Unité de Recherche Réseaux, Epuration et Qualité
des Eaux
50 Avenue de Verdun, 33610 Cestas Gazinet

Décembre 2009

Contexte de programmation et de réalisation

Le développement des bioindicateurs plans d'eau accuse un sérieux retard lié à la faiblesse des connaissances sur le fonctionnement des communautés aquatiques hors producteurs primaires, et au peu de données exploitables dans des approches statistiques.

Les macrophytes sont des éléments de qualité biologiques considérés par la Directive Cadre européenne sur l'Eau pour rendre compte de l'état des plans d'eau qui n'échappe pas au constat précédent. Son utilisation en bioindication n'est pas opérationnelle. Le développement d'un indicateur est un objectif à atteindre dès 2012.

Les auteurs

Sébastien Boutry

Ingénieur d'études en Biostatistiques et Modélisation

sebastien.boutry@cemagref.fr

Cemagref, REBX, 50 Avenue de Verdun, Gazinet, 33612 Cestas Cedex

Vincent Bertrin

Ingénieur d'études en Hydrobiologie et Phytoécologie

vincent.bertrin@cemagref.fr

Cemagref, REBX, 50 Avenue de Verdun, Gazinet, 33612 Cestas Cedex

Alain Dutartre

Hydrobiologiste

alain.dutartre@cemagref.fr

Cemagref, REBX, 50 Avenue de Verdun, Gazinet, 33612 Cestas Cedex

Les correspondants

Onema : *Yorick Reyjol*, yorick.reyjol@onema.fr

Cemagref : *Christine Argillier*, HYAX, 3275 Route de Cézanne CS 40061 13182 Aix en Provence Cedex 5, christine.argillier@cemagref.fr

Droits d'usage :	<i>accès libre</i>
Couverture géographique :	<i>métropole</i>
Niveau géographique	<i>national</i>
Niveau de lecture	<i>Professionnels, experts</i>
Nature de la ressource :	<i>Document provisoire à valider</i>

Etat d'avancement de la méthode d'évaluation de la qualité écologique des plans d'eau basée sur les communautés de macrophytes

Rapport intermédiaire
Sébastien Boutry, Vincent Bertrin, Alain Dutartre

Résumé	4
Corps du document	5
TABLE DES FIGURES	5
TABLE DES TABLEAUX	5
TABLE DES EQUATIONS	5
INTRODUCTION	1
1. PRESENTATION DE LA BASE DE DONNEES « MACROPHYTES-DCE-PLANS D'EAU » ET DU FORMULAIRE DE SAISIE « MACROPHYTES-DCE-PLANS D'EAU »	2
BASE DE DONNEES « MACROPHYTES-DCE-PLANS D'EAU »	2
FORMULAIRE DE SAISIE « MACROPHYTES-DCE-PLANS D'EAU »	3
LIENS ENTRE LE FORMULAIRE DE SAISIE « MACROPHYTES-DCE-PLANS D'EAU » ET LA BASE DE DONNEES « MACROPHYTES-DCE-PLANS D'EAU »	5
2. BANCARISATION DES DONNEES : BILAN 2009	7
3. LES METRIQUES « MACROPHYTES-DCE-PLANS D'EAU »	9
METRIQUES PROPOSEES POUR LE RELEVÉ DE LA ZONE LITTORALE	10
METRIQUES PROPOSEES POUR LES RELEVÉS SUR LES PROFILS PERPENDICULAIRES	10
METRIQUES PROPOSEES POUR LES TROIS PROFILS CONFONDUS	11
METRIQUES PROPOSEES A L'ECHELLE DE L'UNITE D'OBSERVATION.....	11
METRIQUES PROPOSEES A L'ECHELLE DU PLAN D'EAU (INTEGRATION DE TOUTES LES UNITES D'OBSERVATION)	11
4. INDICE BIOLOGIQUE MACROPHYTIQUE LACS (IBML) – INDICE MACROPHYTES PLANS D'EAU (IMPE)	12
A L'ECHELLE DE L'UNITE D'OBSERVATION	14
Algorithmes de calcul	14
Exemples de résultats	16
A L'ECHELLE DU PLAN D'EAU	21
Algorithmes de calcul pour l'indice	21
Exemples de résultats	22
LES LIMITES DANS LE DEVELOPPEMENT DE L'INDICE	28
Limites à l'échelle des métriques mises en œuvre sur le relevé de zone littorale et les profils perpendiculaires	28
Limites à l'échelle des métriques de l'unité d'observation	28
Limites de calcul de l'IBML/IMPE	29
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	29
ANNEXES	

Etat d'avancement de la méthode d'évaluation de la qualité écologique des plans d'eau basée sur les communautés de macrophytes

Sébastien Boutry, Vincent Bertrin, Alain Dutartre

Résumé

Les végétaux aquatiques font partie des éléments de qualité biologique sélectionnés pour l'évaluation de l'état écologique des plans d'eau. Ce rapport présente l'état d'avancement du développement de la méthode d'évaluation de la qualité écologique des plans d'eau basée sur les communautés de macrophytes (indice de bioindication). Après une présentation de la base de données standardisée et un recensement des données bancarisées, la première phase de développement de l'indice de bioindication « Macrophytes en plans d'eau » est détaillée. Il s'agit d'une adaptation de l'Indice Biologique Macrophytique en Rivières (IBMR) au contexte des plans d'eau. Les métriques sélectionnées sont présentées ainsi que les résultats provisoires après leur application sur des plans d'eau où des données standardisées sont disponibles. Ce rapport intermédiaire conclut sur la nécessité d'acquérir des données supplémentaires et de mettre en œuvre des travaux de recherche approfondis visant à améliorer les connaissances sur les traits écologiques des espèces, étapes indispensables à la poursuite du développement de cet indice.

MOTS CLES (THEMATIQUE ET GEOGRAPHIQUE)

Communautés de macrophytes, plans d'eau, état écologique, bioindication, indice, Directive Cadre Européenne sur l'Eau

Etat d'avancement de la méthode d'évaluation de la qualité écologique des plans d'eau basée sur les communautés de macrophytes
Sébastien Boutry, Vincent Bertrin, Alain Dutartre

Corps du document

Table des figures

<i>Figure 1 : Schéma structurel de la base de données « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau »</i>	2
<i>Figure 2 : Feuille « A lire » du formulaire de saisie « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau » (fichier Excel).</i>	4
<i>Figure 3 : Feuille « Profil Central » du formulaire de saisie « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau » (fichier Excel).</i>	4
<i>Figure 4 : Page d'accueil de l'outil de transformation des données du formulaire de saisie « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau » en format base de données « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau ».</i>	6
<i>Figure 5 : Page de vérification des données de l'outil de transformation : indiquant les erreurs sur le formulaire.</i>	6
<i>Figure 6 : Graphique de répartition géographique des plans d'eau échantillonnés.</i>	8
<i>Figure 7 : Lac de Paimpont : résultats des métriques selon le compartiment.</i>	18
<i>Figure 8 : Lac de Bosméléac : résultats des métriques selon le compartiment.</i>	20
<i>Figure 9 : Résultats des métriques sur les unités d'observations.</i>	23
<i>Figure 10 : Différences entre « IBML/IMPE » et « IBML/IMPE sans prise en compte du pourcentage de typologie de rive ».</i>	24
<i>Figure 11 : Résultats de l'IBML/IMPE par Agence de l'Eau.</i>	26
<i>Figure 12 : IBML/IMPE en fonction du pourcentage de surface anthropisée sur le Bassin Versant.</i>	27

Table des tableaux

<i>Tableau 1 : Tableau de répartition des données disponibles, issues du protocole standard.</i>	7
<i>Tableau 2 : Prévision d'acquisition de données pour l'année 2009.</i>	9
<i>Tableau 3 : Résultats des calculs des métriques du lac de Paimpont sur les deux compartiments.</i>	17
<i>Tableau 4 : Résultats des calculs des métriques du lac de Bosméléac sur les deux compartiments.</i>	19
<i>Tableau 5 : Notes par Unité d'observation.</i>	23

Table des équations

<i>Équation 1 : Note du relevé de zone littorale sur une unité d'observation</i>	14
<i>Équation 2 : Abondance relative par taxon sur le relevé des trois profils</i>	15
<i>Équation 3 : Note de profil sur une Unité d'Observation</i>	15
<i>Équation 4 : Note sur l'Unité d'Observation</i>	21
<i>Équation 5 : IBML/IMPE</i>	22

INTRODUCTION

L'équipe Phytoécologie du Cemagref de Bordeaux est chargée par l'ONEMA 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 français dans le contexte de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE).

La construction d'un indice de bioindication est fortement liée à la structure et à la qualité des données acquises dans les réseaux DCE. L'étape préliminaire de développement de cet indice a donc consisté à l'élaboration d'un cadre standardisé d'acquisition et de bancarisation des données macrophytes de terrain à l'échelle nationale.

Depuis 2007, les communautés de macrophytes en plans d'eau sont étudiées à l'aide du protocole d'échantillonnage « DCE compatible » (Dutartre & Bertrin, 2009) actuellement en cours de normalisation au titre de Norme Expérimentale (prXP T90-328). Parallèlement à cela, une base de données « Macrophytes-DCE-Plans d'eau » ainsi qu'un formulaire informatique de saisie ont été mis en œuvre afin de bancariser les données standardisées issues des réseaux nationaux.

Le bilan actuel des données standard bancarisées comporte une quarantaine de plans d'eau, dont un seul échantillonné 2 fois. Les premiers tests de différentes métriques descriptives, dont certaines proposées par nos collègues européens (Schaumburg *et al.*, 2004)¹, n'ont pas fourni de résultats jugés satisfaisants : difficultés d'adéquation au contexte français, nombreuses limites dans la définition des conditions de référence et des profils écologiques des taxons. Cependant, les premiers résultats obtenus à partir d'une adaptation au contexte des plans d'eau de l'Indice Biologique Macrophytique en Rivières (IBMR) utilisés en métropole sont

¹ Schaumburg J., Schmedtje U., Schranz C., Köpf B., Schneider S., Stelzer D., Hofmann G., 2004. Instruction protocol for the Ecological Assessment of Lakes for Implementation of the EU Water Framework Directive : Macrophytes and Phytobenthos. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 46 p.

appareils plus significatifs et constituent une base pour la proposition d'un indice fonctionnel.

Ce rapport présente l'état d'avancement du développement de la méthode d'évaluation de la qualité écologique des plans d'eau basée sur les communautés de macrophytes. Un bilan des travaux effectués sur la base de données est également fait.

1. PRESENTATION DE LA BASE DE DONNEES « MACROPHYTES-DCE-PLANS D'EAU » ET DU FORMULAIRE DE SAISIE « MACROPHYTES-DCE-PLANS D'EAU »

Base de données « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau »

Cette base a été développée pour la bancarisation des données acquises à l'aide du protocole d'échantillonnage standardisé. Le format d'acquisition répond également aux exigences du format SANDRE.

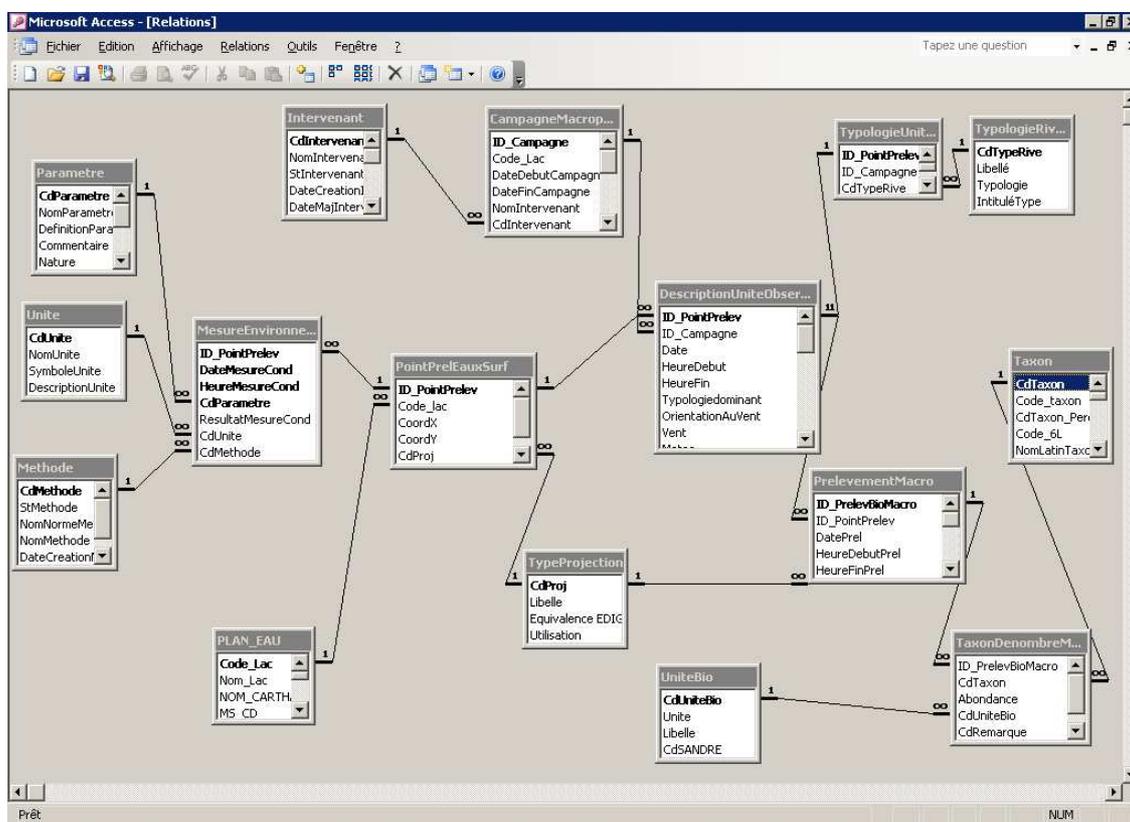


Figure 1 : Schéma structurel de la base de données « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau »

Une base de données dite « non-DCE », dont la création est antérieure au développement du protocole d'échantillonnage standardisé, est également disponible. Elle a pour vocation principale la bancarisation des données acquises dans des contextes scientifiques divers, hors du cadre de la DCE. La structure de cette base permet de stocker des données issues de protocoles d'échantillonnage hétérogènes dans un format générique. Cette base rassemble des données, dites « historiques », acquises depuis plus d'une vingtaine d'années sur près de 80 plans d'eau. De plus, les données actuelles ou futures acquises dans le cadre de programmes de recherche ou de gestion des plantes aquatiques n'utilisant pas le protocole DCE, pourront être bancarisées dans cette base.

Cette base n'a pas vocation à participer directement à l'évaluation de l'état écologique des plans d'eau, elle sera cependant très utile à la détermination des profils écologiques des taxons de macrophytes présents dans les plans d'eau, pour alimenter et améliorer l'indice de bioindication DCE.

Formulaire de saisie « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau »

Cet outil informatique est destiné aux utilisateurs du protocole DCE d'échantillonnage des communautés de macrophytes en plans d'eau. Ce formulaire est destiné à éviter les longues procédures de conversion des formats hétérogènes de données (Excel, Access, format papier, etc.) transmis par les différents opérateurs et peut également permettre de réduire les erreurs de transcription des données.

Conforme aux fiches de terrain, ce formulaire facilite la saisie des données sous format numérique et permet la bancarisation directe des données au format de la base « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau ».

Il a été testé et amélioré grâce à la collaboration de certains bureaux d'étude. A partir de ces retours, nous avons effectué diverses corrections visant à faciliter les réponses aux différentes exigences des donneurs d'ordre en termes de rendus.

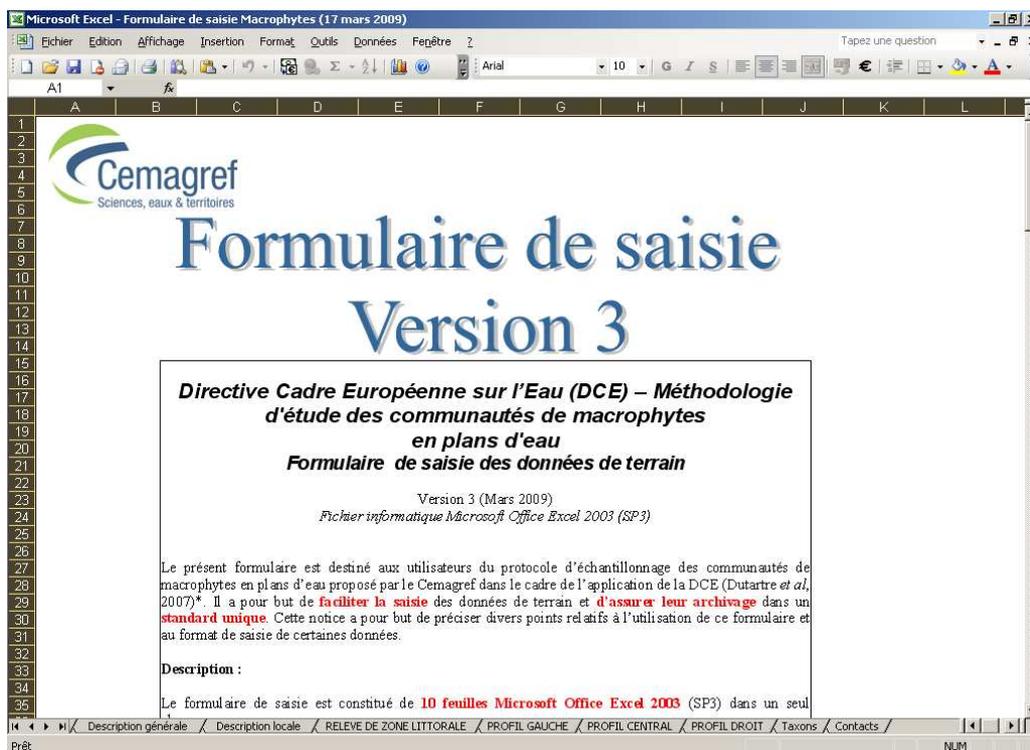


Figure 2 : Feuille « A lire » du formulaire de saisie « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau » (fichier Excel).

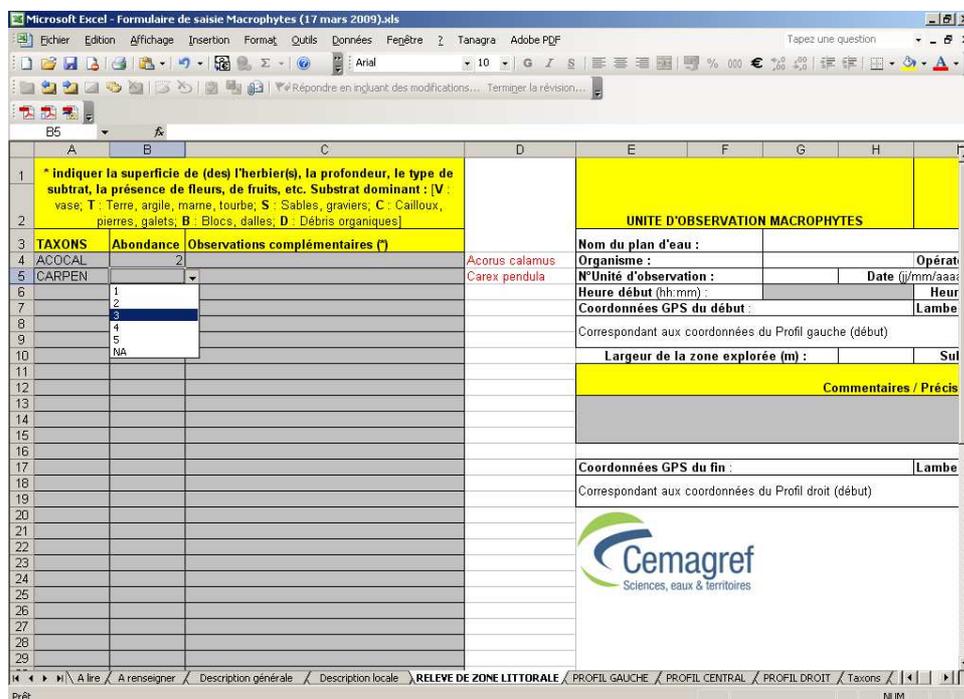


Figure 3 : Feuille « Profil Central » du formulaire de saisie « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau » (fichier Excel).

Le formulaire de saisie « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau » comprend dix feuilles Excel :

- une feuille « A Lire » : elle décrit la démarche à suivre pour l'utilisation du formulaire et la saisie des données.
- une feuille « A Renseigner » : identification et coordonnées des opérateurs de terrain.
- six feuilles de saisie des données de terrain : elles sont conformes aux fiches de terrain (relevé de zone littorale et profils perpendiculaires).
- une feuille « Taxon » : cette liste taxonomique rassemble les taxons de macrophytes susceptibles d'être rencontrés en France. Elle a été développée de façon commune aux plans d'eau et aux cours d'eau.
- une feuille « Contacts » : elle permet aux opérateurs de prendre contact avec notre équipe en cas de problème, nous permettant ainsi d'améliorer cet outil régulièrement.

Liens entre le formulaire de saisie « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau » et la base de données « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau »

L'intégration des données saisies à l'aide du formulaire dans la base « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau » se fait automatiquement par l'intermédiaire d'un outil de transformation des données. Cet outil a été également développé pour vérifier et valider le format et la présence/absence des données brutes fournies par les prestataires de terrain.



Figure 4 : Page d'accueil de l'outil de transformation des données du formulaire de saisie « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau » en format base de données « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau ».

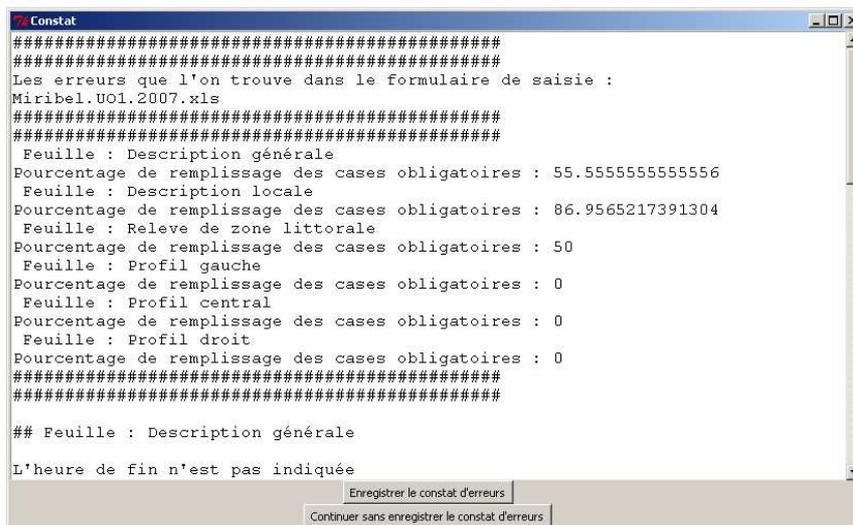


Figure 5 : Page de vérification des données de l'outil de transformation : indiquant les erreurs sur le formulaire.

La dernière étape avant bancarisation finale est la création de fichiers « .txt » correspondant aux tables de la base de données « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau ».

Ces outils fournissent un cadre standard et stable des données, depuis leur acquisition sur le terrain jusqu'à leur bancarisation, étape indispensable à

l'élaboration dans des conditions fiables d'une base de données indispensable à la mis en œuvre d'un indice de bioindication.

2. BANCARISATION DES DONNEES : BILAN 2009

Le tableau suivant synthétise les données standard bancarisées à ce jour. Les chiffres en rouge correspondent au nombre de données disponibles actuellement, les chiffres en noir correspondent aux données en prévision d'acquisition.

a)

	2007	2008	Total
Ref	5	6	11
Surv	14	16	30
Total	19	22	41

b)

	AG	AP	LB	RM	RMC	SN
Total	104	3	165	19	85	39
Données	9	0	15	0	17	0

Tableau 1 : Tableau de répartition des données disponibles, issues du protocole standard.

a) répartition des campagnes-plans d'eau de référence / surveillance selon l'année d'échantillonnage ;
 b) répartition des campagnes-plans d'eau par Agence de l'Eau

La majeure partie des données de 2007 n'ont pas été transmises à l'aide du formulaire de saisie, ce dernier n'étant pas disponible à cette époque. Elles ont dû être ressaisies par nos soins pour être conformes à la base de données « Macrophytes-DCE-Plans d'Eau ». Une difficulté complémentaire concernant les données 2007 est la consécution de la passation des marchés de certaines Agences auprès des bureaux d'étude avant que le protocole d'échantillonnage standardisé ne soit effectivement finalisé. Les Cahiers des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n'ayant pu être modifiés à temps, les données de 2007, voire

les données sur l'ensemble du plan de gestion pour certaines Agences, ne sont donc pas au format standardisé. Elles pourront cependant être exploitées en un second temps pour l'amélioration des profils écologiques des taxons via la base de données « non-DCE ». Quant aux données standard de 2008, elles ont toutes été transmises à l'aide du formulaire de saisie « Macrophytes-Plans d'eau ».

Une autre difficulté dans la bancarisation de ces données est la présence assez régulière de certaines anomalies telles que des campagnes d'échantillonnage pouvant s'étaler sur quelques mois, des descriptions incomplètes des sites d'échantillonnage, etc. Ces anomalies ou oublis sont un frein supplémentaire dans l'exploitation des données pour la construction de l'indice de bioindication.

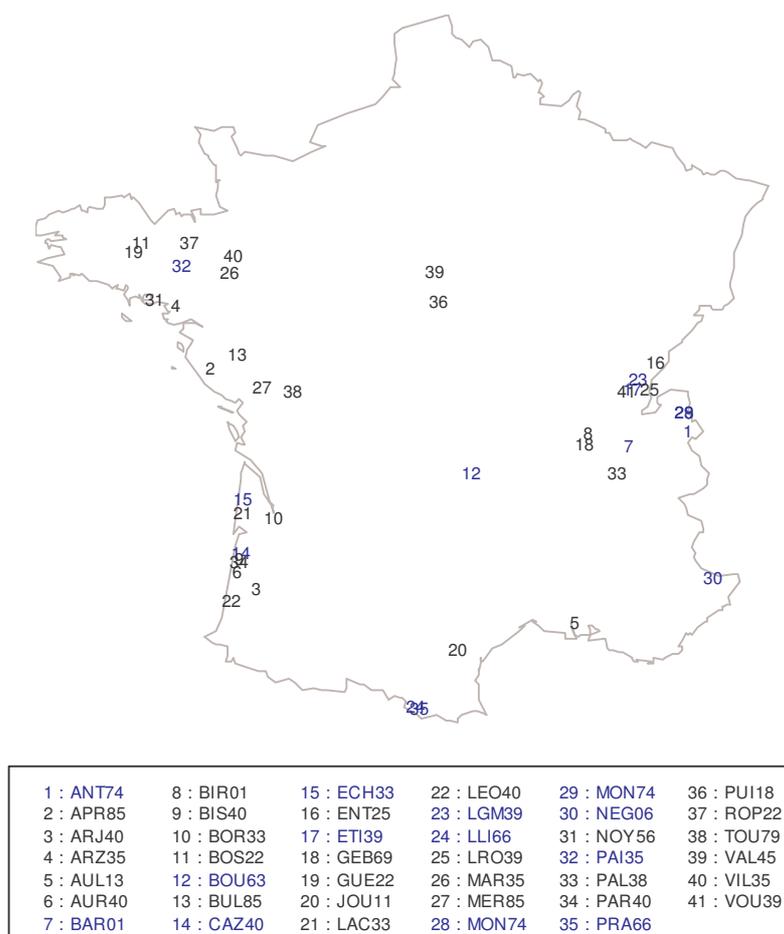


Figure 6 : Graphique de répartition géographique des plans d'eau échantillonnés.

Code couleur : bleu pour les lacs de référence et noir pour les lacs de surveillance

Les prévisions d'acquisition de données standardisées en 2009 sont synthétisées dans le tableau ci-dessous. Ce bilan permet à nouveau d'observer les disparités des données entre les différents Bassins.

	AG	AP	LB	RM	RMC	SN	Total
Prévision d'acquisition de données en 2009	22	0	19	0	22	11	74
Total des données disponibles fin 2009	31	0	34	0	39	11	115

Tableau 2 : Prévision d'acquisition de données pour l'année 2009.

3. LES METRIQUES « MACROPHYTES-DCE-PLANS D'EAU »

Le protocole d'échantillonnage « Macrophytes Plans d'Eau » a la particularité d'être lié à la description des différents types de rives identifiés sur les plans d'eau. L'étude des communautés de macrophytes se fait donc à l'échelle d'unités d'observation (UO) réparties sur le périmètre du plan d'eau en fonction de types de rives prédéfinis. Une unité d'observation comprend également une description générale des indicateurs d'altérations de la berge (occupation du sol, indices d'érosion, etc.), un relevé effectué sur la zone littorale et des relevés sur trois profils perpendiculaires à la rive. Trois à huit unités d'observation sont réalisées en fonction de la superficie du plan d'eau. C'est la prise en compte de l'ensemble des résultats obtenus sur toutes les unités d'observation qui permettra d'évaluer l'état écologique du plan d'eau.

Métriques proposées pour le relevé de la zone littorale

Les données disponibles suite à un relevé de zone littorale sont la liste taxonomique et l'abondance correspondante à chaque espèce observée (note de 1 à 5).

Les métriques proposées pour caractériser cette zone littorale sont :

- La richesse spécifique : nombre de taxons observés,
- L'abondance moyenne tous taxons confondus.

Métriques proposées pour les relevés sur les profils perpendiculaires

Un profil est composé d'une trentaine de points contact disposés régulièrement le long d'un segment de droite perpendiculaire à la rive. Les prélèvements sont effectués à l'aide d'un râteau ou d'un grappin, permettant ainsi d'enregistrer les données suivantes pour chaque point : la profondeur du prélèvement, la nature du substrat, une liste taxonomique et l'abondance de chaque espèce prélevée. La profondeur maximale de colonisation sur le profil est également notée.

Les métriques proposées pour caractériser ce profil sont :

- La richesse spécifique : nombre de taxons observés sur l'ensemble des points contact,
- La profondeur maximale de colonisation,
- L'abondance moyenne, tous taxons confondus,
- Le pourcentage de points présentant au moins une espèce de macrophyte,
- Le pourcentage des points présentant chaque espèce de macrophyte,
- L'abondance moyenne par taxon (prise en compte des points contact lorsque le taxon est présent),
- L'abondance relative par taxon (prise en compte de l'absence du taxon sur les points contact),
- Le pourcentage de présence des différents groupes algaux.

Métriques proposées pour les trois profils confondus

Les métriques pour caractériser l'ensemble des profils sont :

- La richesse spécifique sur l'ensemble des profils,
- Le pourcentage de points présentant au moins une espèce de macrophyte,
- L'abondance moyenne, tous taxons confondus,
- L'abondance moyenne par taxon (prise en compte des points contact lorsque le taxon est présent),
- L'abondance relative par taxon (prise en compte de l'absence du taxon sur les points contact).

Métriques proposées à l'échelle de l'unité d'observation

Une métrique est actuellement proposée pour caractériser l'unité d'observation : il s'agit de la richesse spécifique (nombre de taxons observés).

D'autres métriques pourront être développées dès que le nombre de données dans la base sera suffisant. Il s'agira d'assembler les résultats des métriques obtenus sur la zone littorale à ceux obtenus sur les profils.

Le nombre restreint de données standardisées ne nous permet pas actuellement d'entreprendre une phase nécessaire de calibration et de pondération d'une métrique par rapport à l'autre.

Métriques proposées à l'échelle du plan d'eau (intégration de toutes les unités d'observation)

L'élaboration du protocole d'échantillonnage standard s'est attaché à la prise en compte des communautés de macrophytes présentes à proximité des rives associées à celles inféodées aux zones plus profondes des plans d'eau. Un autre point essentiel réside dans la répartition des unités d'observation en fonction des différents types de rive présents sur le périmètre du plan d'eau. L'objectif général de ce protocole est d'obtenir une vision globale de l'état des communautés de macrophytes sur le plan d'eau tout en ayant une bonne représentativité de l'abondance et de la richesse spécifique. La principale difficulté à ce niveau réside dans la manière d'équilibrer et de pondérer les différentes métriques à l'échelle du

plan d'eau pour obtenir cette représentativité. En effet, les différentes métriques proposées pourront éventuellement donner des résultats différents selon le type de rive sur lequel l'unité d'observation a été effectuée.

Les premières analyses effectuées à partir des données obtenues pour chaque taxon sur les profils perpendiculaires montrent que leurs fréquences relatives (nombre d'occurrences du taxon sur le nombre total de points contact) semblent être un meilleur descripteur de l'unité d'observation que l'abondance moyenne par taxon. La métrique « Note_profil » décrite dans le chapitre suivant se basera donc sur ce calcul. Par ailleurs, pour la zone littorale, l'algorithme de calcul de la métrique « Note_Zone littorale » est défini à partir de l'abondance des taxons.

D'autres métriques pourront être explorées à l'échelle du plan d'eau dès lors que la base de données sera suffisante. Il s'agit par exemple d'une métrique liée à la profondeur maximale de colonisation par les plantes aquatiques. Le recours à cette métrique est important car elle figure comme dénominateur commun entre les états membres participants aux groupes européens d'intercalibration.

Enfin, l'amélioration du jeu de données dites « de contexte » des plans d'eau (physico-chimie de l'eau, occupation du sol sur le bassin versant, marnage, etc.) est nécessaire pour envisager le développement des métriques indicatrices des relations « pression-impact ».

4. INDICE BIOLOGIQUE MACROPHYTIQUE LACS (IBML) – INDICE MACROPHYTES PLANS D'EAU (IMPE)

La principale conclusion tirée des tests des différents indices proposés par nos collègues européens est que chacune de ces méthodes reste fortement « type specific », c'est-à-dire très adaptée au contexte national des pays qui les proposent. Les modes d'acquisition de certaines données utilisées dans ces indices (recouvrements totaux sur les plans d'eau, relevés effectués en plongée autonome, etc.) ainsi que les listes des taxons indicateurs (la plupart sont ciblées sur des taxons au caractère plus septentrional que les taxons fréquents en France) ne sont pas

adaptées au contexte français ou ne donnent pas de résultats jugés suffisamment satisfaisants pour être utilisés dans le contexte métropolitain.

C'est pourquoi a été fait le choix de partir d'une base existante, c'est-à-dire l'Indice Biologique Macrophytique en Rivières (IBMR), indice créé et utilisé dans le contexte des cours d'eau, pour élaborer un indice applicable aux plans d'eau.

Le choix de tester cet indice sur les plans d'eau s'appuie sur les éléments suivants :

- existence d'une liste taxonomique commune aux cours d'eau et aux plans d'eau,
- disponibilité de valeurs indicatrices affectées à un nombre important de taxons de macrophytes dont certains sont fréquents sur les plans d'eau,
- l'IBMR comporte une part qualitative et quantitative donnée par chaque taxon contributif et répond aux pressions liées à l'eutrophisation et à la dégradation de l'hydromorphologie.

Comme pour l'IBMR, le fondement de l'IBML/IMPE s'appuie sur la richesse taxinomique, l'abondance de chaque taxon et les connaissances disponibles sur les profils écologiques de ces taxons. Ces profils écologiques sont pris en compte dans le calcul de l'indice par l'intermédiaire du coefficient spécifique attribué à chacun de ces taxons. Il fut déterminé, lors de l'élaboration de l'IBMR, à partir de la corrélation existant entre l'occurrence des taxons considérés et la concentration en phosphore (les orthophosphates particulièrement). Les résultats des tests d'indice présentés dans ce rapport s'appuient donc, pour le moment, sur la liste IBMR des taxons ayant un coefficient spécifique déterminé.

Le protocole d'échantillonnage « Macrophytes Plans d'Eau » se fait par unité d'observation (UO). Le positionnement des UO(s) tient compte la typologie des rives rencontrées sur l'ensemble du périmètre du plan d'eau. Deux compartiments différents sont étudiés dans chaque UO : le relevé de zone littorale est échantillonné par un suivi continu tandis qu'un suivi discontinu par points contact est effectué sur les profils perpendiculaires à la rive.

Deux indicateurs ont donc été développés par unité d'observation, un pour la zone littorale, l'autre pour les profils perpendiculaires. Ils permettront un suivi spatial et temporel au niveau de chaque zone du plan d'eau étudié.

L'IBML/IMPE a pour objectif la détermination de l'état écologique sur l'ensemble du plan d'eau. Les indicateurs calculés à l'échelle des unités d'observation devront ensuite être pondérés selon la représentativité du type de rive où l'UO aura été réalisée.

A l'échelle de l'unité d'observation

Pour chaque unité d'observation, les indicateurs sont calculés sur la zone littorale et sur les profils perpendiculaires. Ils intègrent la richesse taxinomique, l'abondance et les coefficients spécifiques des taxons.

Algorithmes de calcul

Le calcul diffère selon les compartiments (Relevé de zone littorale et Profils).

Relevé de zone littorale :

Sur le relevé de zone littorale, une seule donnée d'abondance pour chaque taxon est obtenue. Le calcul est donc simplifié.

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

Équation 1 : Note du relevé de zone littorale sur une unité d'observation

Note_Zone_littorale : note du relevé de zone littorale pour une unité d'observation ; *Nb_esp_Indice* : Nombre de taxons pris en compte dans le calcul de l'indice ; *Ab_i* : Abondance du taxon *i* ; *CS_i* : Coefficient Spécifique du taxon *i*

Profils :

Sur le relevé de profil, les différents profils (gauche, central et droit) ne sont pas distingués mais traités ensemble. Dans un premier temps, une abondance relative pour chaque espèce rencontrée sur le relevé de profil est déterminée (Equation 2).

$$Ab_k = \frac{\left[\sum_{j=0}^{Nb_Point_Prelev} Abondance_k \right]}{Nb_Point_Prelev}$$

Équation 2 : Abondance relative par taxon sur le relevé des trois profils

Ab_k : Abondance du taxon *k* ; *Abondance_k* : Abondance du taxon *k* au point contact *j* ;
Nb_Point_Prelev : Nombre de points contacts sur l'ensemble des relevés des trois profils

$$Note_Profil = \sum_{i=0}^{Nb_esp_Indice} \left[\frac{(CS_i * Ab_{ki})}{\left(\sum_{i=0}^{Nb_esp_Indice} Ab_{ki} \right)} \right]$$

Équation 3 : Note de profil sur une Unité d'Observation

Note_Profil : la note de profil pour une unité d'observation ; *Nb_esp_Indice* : Nombre de taxons pris en compte dans le calcul de l'indice ; *Ab_{ki}* : Abondance u taxon *k* possédant un coefficient spécifique *i* ; *CS_i* : Coefficient Spécifique du taxon *i*

Exemples de résultats

Les résultats sont présentés dans les annexes.

Les notes sont comprises entre 0 et 20, elles doivent être considérées comme des résultats exploratoires. L'alimentation et l'amélioration du jeu de données permettront ultérieurement d'entreprendre des travaux plus spécifiques aux conditions de référence et aux règles d'agrégation des différentes métriques et indicateurs retenus lors de la finalisation de l'IBML/IMPE.

Pour une meilleure compréhension et comparaison possible, nous avons fait le choix d'illustrer les résultats à l'aide de deux plans d'eau situés dans le district Loire-Bretagne.

Le lac de Paimpont (35), lac de référence, se trouve au centre d'un milieu forestier (forêt de Brocéliande). La commune de Paimpont jouxte la rive Est du plan d'eau. Les résultats intermédiaires des calculs effectués sur la zone littorale et les profils sont similaires. Les notes sont comprises entre 12 et 16 sauf sur une UO où les notes sont comprises entre 8 et 12. Le nombre de taxons observés sur le terrain possédant une côte spécifique est important, ceci permet d'affiner le calcul des indicateurs et d'augmenter l'amplitude des résultats entre chaque unité d'observation.

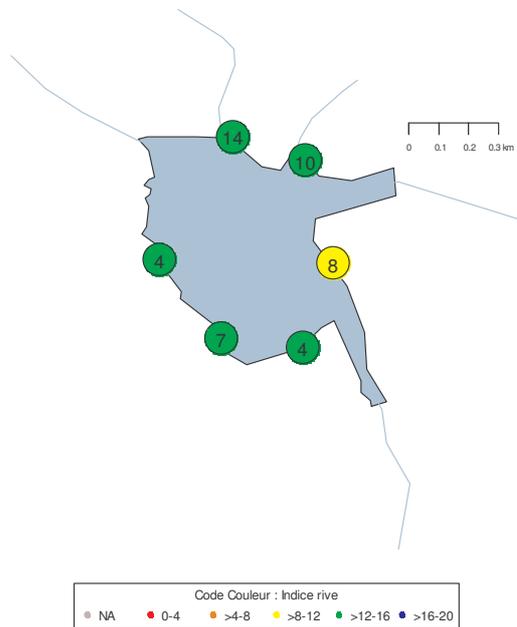
Plans d'eau	Campagne	Compartiment	UO	Note	Nbr de taxons indicateurs	Nbr de taxons (relevé)
PAI35	PAI35_2008-07-15	Zone littorale	1	13,40	4	9
PAI35	PAI35_2008-07-15	Zone littorale	2	15,05	7	14
PAI35	PAI35_2008-07-15	Zone littorale	3	14,19	4	11
PAI35	PAI35_2008-07-15	Zone littorale	4	13,24	14	19
PAI35	PAI35_2008-07-15	Zone littorale	5	12,96	10	16
PAI35	PAI35_2008-07-15	Zone littorale	6	11,00	8	12
PAI35	PAI35_2008-07-15	Profil	1	14,00	2	2
PAI35	PAI35_2008-07-15	Profil	2	14,50	4	6
PAI35	PAI35_2008-07-15	Profil	3	14,00	3	5
PAI35	PAI35_2008-07-15	Profil	4	13,37	7	8
PAI35	PAI35_2008-07-15	Profil	5	13,00	4	5
PAI35	PAI35_2008-07-15	Profil	6	10,00	3	4

Tableau 3 : Résultats des calculs des métriques du lac de Paimpont sur les deux compartiments.

Indication du nombre de taxons pris en compte dans le calcul des métriques et de la richesse taxinomique sur le compartiment étudié

Remarque sur les cartes présentées ci-dessous : les chiffres situés à l'intérieur des cercles positionnant les UO(s) donnent le nombre de taxons indicateurs pris en compte dans le calcul des notes.

PAI35_2008-07-15



PAI35_2008-07-15

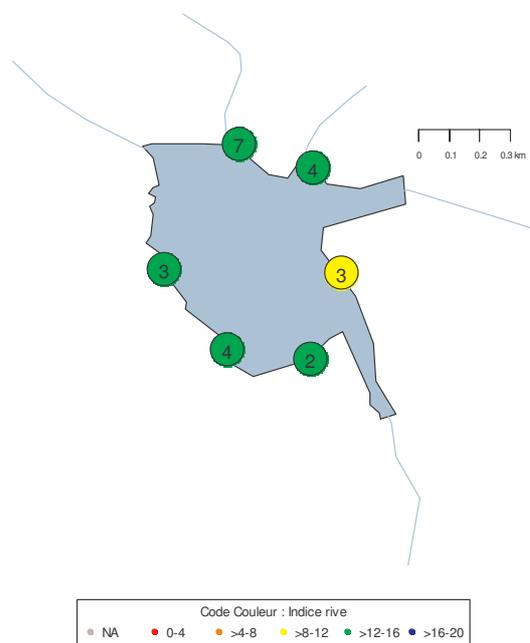


Figure 7 : Lac de Paimpont : résultats des métriques selon le compartiment.

En haut : les métriques sur les relevés de zone littorale ; en bas : les métriques sur les profils

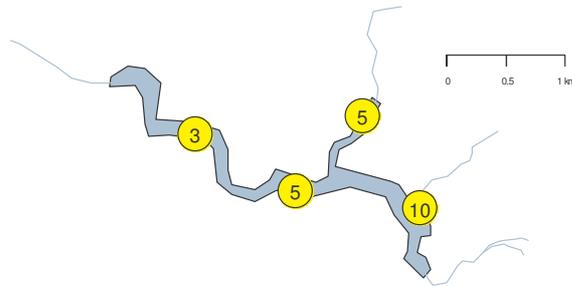
Le lac de Bosméléac (22), lac appartenant au Réseau de Contrôle et de Surveillance (RCS), est entouré de zones agricoles. La typologie des rives est caractéristique de « zones humides » avec des prairies inondées et des bois marécageux. Entre les résultats obtenus sur la zone littorale et les profils perpendiculaires, il n'y a pas de différence notable, les notes varient entre 8 et 12.

Plans d'eau	Campagne	Compartiment	UO	Note	Nbr de taxons indicateurs	Nbr de taxons (relevé)
BOS22	BOS22_2007-09-17	Zone littorale	1	11,37	10	18
BOS22	BOS22_2007-09-17	Zone littorale	2	10,50	5	14
BOS22	BOS22_2007-09-17	Zone littorale	3	10,71	3	9
BOS22	BOS22_2007-09-17	Zone littorale	4	11,42	5	10
BOS22	BOS22_2007-09-17	Profil	1	11,91	7	10
BOS22	BOS22_2007-09-17	Profil	2	10,42	20	23
BOS22	BOS22_2007-09-17	Profil	3	9,24	15	17
BOS22	BOS22_2007-09-17	Profil	4	10,70	15	20

Tableau 4 : Résultats des calculs des métriques du lac de Bosméléac sur les deux compartiments.

Indication du nombre de taxons pris en compte dans le calcul des métriques et de la richesse taxinomique sur le compartiment étudié

BOS22_2007-09-17



BOS22_2007-09-17

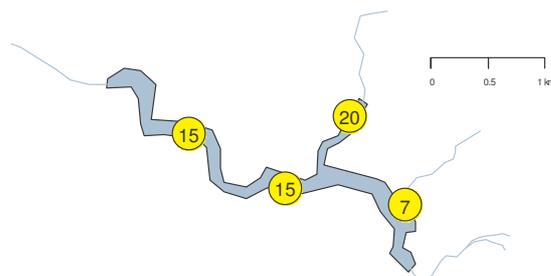


Figure 8 : Lac de Bosméleac : résultats des métriques selon le compartiment.

En haut : les métriques sur les relevés de zone littorale ; en bas : les métriques sur les profils

Dans l'étude des deux lacs présentée précédemment, un grand nombre de taxons indicateurs observés sur le terrain a permis de distinguer une différence significative dans les résultats obtenus sur le lac de référence et sur le lac issu du RCS.

A noter également une variation dans les notes obtenues entre les différentes unités d'observation, particulièrement significative pour les UO positionnées au niveau d'une rive du type « zones artificialisées ou subissant des pressions anthropiques visibles ». Les notes obtenues sur le lac de Bosméléac sont proches de la moyenne, un meilleur résultat aurait pu être envisagé étant donné que la majeure partie du périmètre du plan d'eau a été identifiée comme « non impactée », c'est-à-dire appartenant au type de rive « caractéristique des zones humides ». Dans ce cas précis, les résultats obtenus reflètent peut-être l'impact potentiel induit par les activités agricoles sur le bassin versant.

Ce constat, également valable pour l'étude des autres plans d'eau présentés en annexe, montre qu'il est nécessaire de pondérer les notes obtenues sur chaque unité d'observation en fonction de la représentativité, sur l'ensemble du périmètre du lac, du type de rive sur laquelle elle a été réalisée.

A l'échelle du plan d'eau

Algorithmes de calcul pour l'indice

Unité d'observation :

Une moyenne est calculée entre la note obtenue sur le relevé de zone littorale et la note des 3 profils.

$$Note_UO_m = \frac{Note_Zone_littorale_m + Note_Profil_m}{2}$$

Équation 4 : Note sur l'Unité d'Observation

*Note_UO_m : Note par UO_m; Note_Zone_littorale : Note sur relevé de zone littorale pour l'UO_m;
Note_Profil_m : Note sur le relevé de profil pour l'UO_m*

IBML/IMPE :

Pour obtenir une note plus représentative à l'échelle du plan d'eau, l'introduction dans le calcul final de la proportion relative du linéaire de chaque type de rive sur l'ensemble du périmètre a été testé (Equation 5).

$$IBML = \sum_{i=1}^4 \left[\frac{\left(\frac{\sum Note_UO_{m/i}}{Nb_UO_i} \right) * \%Typo_i}{Nb_Typo} \right]$$

Équation 5 : IBML/IMPE

IBML : Indice Biologique Macrophytique Lacs (ou IMPE) ; Note_UO_{m/i} : Note par UO_m ayant pour typologie i ; Nb_UO_i : Nombre d'UO(s) ayant pour typologie i ; %Typo_i : Pourcentage de typologie i ; Nb_Typo : Nombre de types de rive rencontrés sur le périmètre du plan d'eau

Exemples de résultats

Unité d'observation :

L'agrégation des deux métriques de profil et de rive donne une note par unité d'observation.

Pour le lac de Paimpont, les unités d'observation localisées à proximité des zones aménagées et anthropisées (type de rive 4) ont des notes IBML/IMPE plus faibles que les autres UOs situées au niveau de secteurs du lac *a priori* plus préservés (tourbière et forêt). Il est possible que ces notes soient le reflet de l'occupation du sol des rives au niveau de ces unités d'observation (la description de la rive indique la présence d'un embarcadère, d'habitations, un entretien de la végétation rivulaire, un mur de berge et une zone de baignade) et donc des impacts induits par ces pressions d'origine anthropique.

Plans d'eau	Campagne	Typologie dominant	UO	Note
PAI35	PAI35_2008-07-15	2	1	13,70
PAI35	PAI35_2008-07-15	1	2	14,78
PAI35	PAI35_2008-07-15	1	3	14,09
PAI35	PAI35_2008-07-15	2	4	13,31
PAI35	PAI35_2008-07-15	4	5	12,98
PAI35	PAI35_2008-07-15	4	6	10,50
BOS22	BOS22_2007-09-17	1	1	11,64
BOS22	BOS22_2007-09-17	1	2	10,46
BOS22	BOS22_2007-09-17	1	3	9,98
BOS22	BOS22_2007-09-17	2	4	11,06

Tableau 5 : Notes par Unité d'observation.
Information supplémentaire sur la typologie de rive

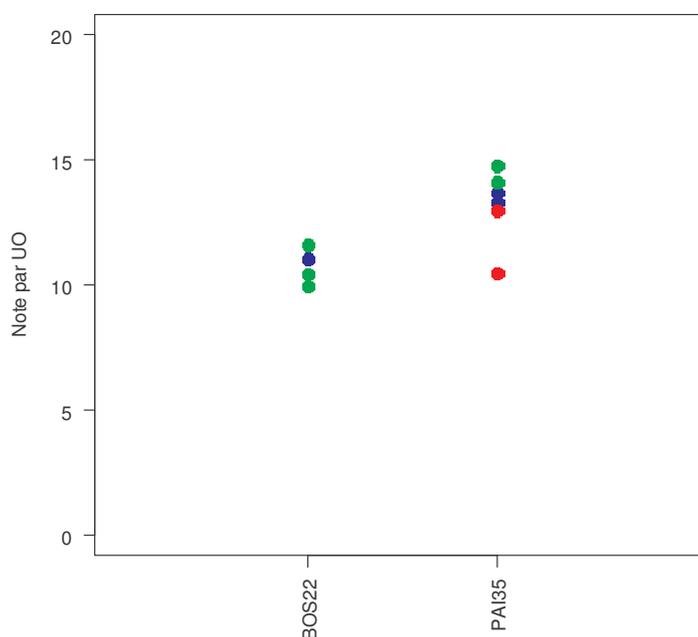


Figure 9 : Résultats des métriques sur les unités d'observations.

Code couleur : vert : typologie 1 (« Zones humides caractéristiques ») ; bleu : typologie 2 (« Zones rivulaires colonisées par une végétation arbustive et arborescente non humide ») ; rouge : typologie 4 (« Zones artificialisées ou subissant des pressions anthropiques visibles »)

Indice Biologique Macrophytique Lacs (IBML) / Indice Macrophytes Plans d'Eau (IMPE) :

Les résultats présentés ci-dessous concernent l'ensemble des plans d'eau échantillonnés à l'aide du protocole d'échantillonnage standard. Les plans d'eau du Réseau de Référence et les plans d'eau du RCS sont dissociés.

La prise en compte de la proportion du linéaire de chaque type de rive sur le périmètre du plan d'eau est un élément important dans le calcul de cet indice, en effet les communautés de macrophytes sont conditionnées par l'hydromorphologie locale des rives, en termes de richesse taxonomique et d'abondance. Une première analyse comportant deux modes de calcul, « avec intégration des types de rives » et « sans intégration des types de rives », donne les résultats suivants (Figure 10).

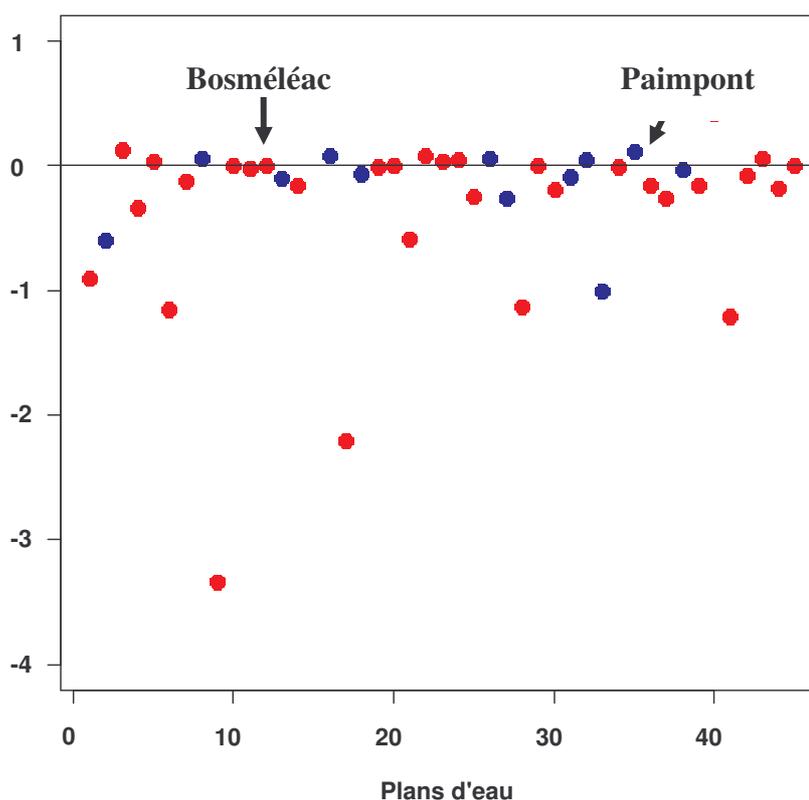


Figure 10 : Différences entre « IBML/IMPE » et « IBML/IMPE sans prise en compte du pourcentage de typologie de rive ».

Bleu : plan d'eau de référence ; Rouge : plan d'eau du RCS

Tous les points éloignés de la valeur 0 correspondent à des différences plus ou moins importantes entre les deux modes de calcul. Par exemple, il n'y a pas de différence entre la note IBML/IMPE et la note « IBML/IMPE sans prise en compte du pourcentage de typologie » pour le lac de Bosméléac, plan d'eau ne comportant que les types de rives 1 et 2 (rives non aménagées), alors qu'elle est de + 0,12 pour le lac de Paimpont, où deux UO sur six se trouvent dans le type de rive 4 (rives aménagées) abritant généralement des communautés de moindre qualité écologique et donnant les notes les plus faibles.

Dans le cas du lac de Paimpont, la non prise en compte du type de rive et le simple calcul de la moyenne des notes obtenues sur chaque UO augmente donc la note de 0,12 par rapport à l'autre mode de calcul, ce qui n'est pas très important et pourrait éventuellement être considéré comme non significatif. Toutefois, la figure 10 montre, pour certains plans d'eau, des différences de notes d'IBML/IMPE pouvant dépasser plus de 3 points, ce qui devient beaucoup plus problématique.

Ces résultats confirment donc l'intérêt de la pondération des notes obtenues sur les différentes unités d'observation par le pourcentage des différents types de rives présents sur le périmètre du plan d'eau pour obtenir une note d'indice représentative de l'ensemble du plan d'eau.

Deux types de plans d'eau sont discriminés dans la suite du traitement des données disponibles : les lacs dits de « Référence » et ceux de « Surveillance ». Cette distinction a été faite à partir des données de contextes du bassin versant (occupation du sol dominante sur le bassin versant, régime hydrologique et régime sédimentaire) et de la masse d'eau (rejets de polluants, modifications du régime hydrologique, modifications lourdes des rives, perte de connectivité naturelle, prolifération d'espèces, dégradation de la zone humide associée, etc.).

Pour l'ensemble des plans d'eau où des données sont disponibles, la note IBML/IMPE varie de 6,14 à 14,75. Dans une première démarche d'évaluation des conditions de référence, les analyses statistiques suivantes ont été réalisées en prenant soin de séparer les sites de Référence et les sites de Contrôle et de

A partir des données de Corine Land Cover disponibles dans la base de données, une première estimation du pourcentage de la surface du bassin versant des plans d'eau étudiés subissant des pressions anthropiques a été réalisée. Les critères retenus sont les « Territoires artificialisés » et les « Territoires agricoles ». Les zones de prairies et les territoires agro-forestiers ont été pris en compte dans la catégorie : « Forêts et milieux semi-naturels ». La relation linéaire entre les notes IBML/IMPE et les superficies anthropisées montre une faible corrélation ($R^2=0,092$) mais significative au seuil de 5%. La validation du modèle a été faite en étudiant l'homoscédasticité et la normalité des résidus.

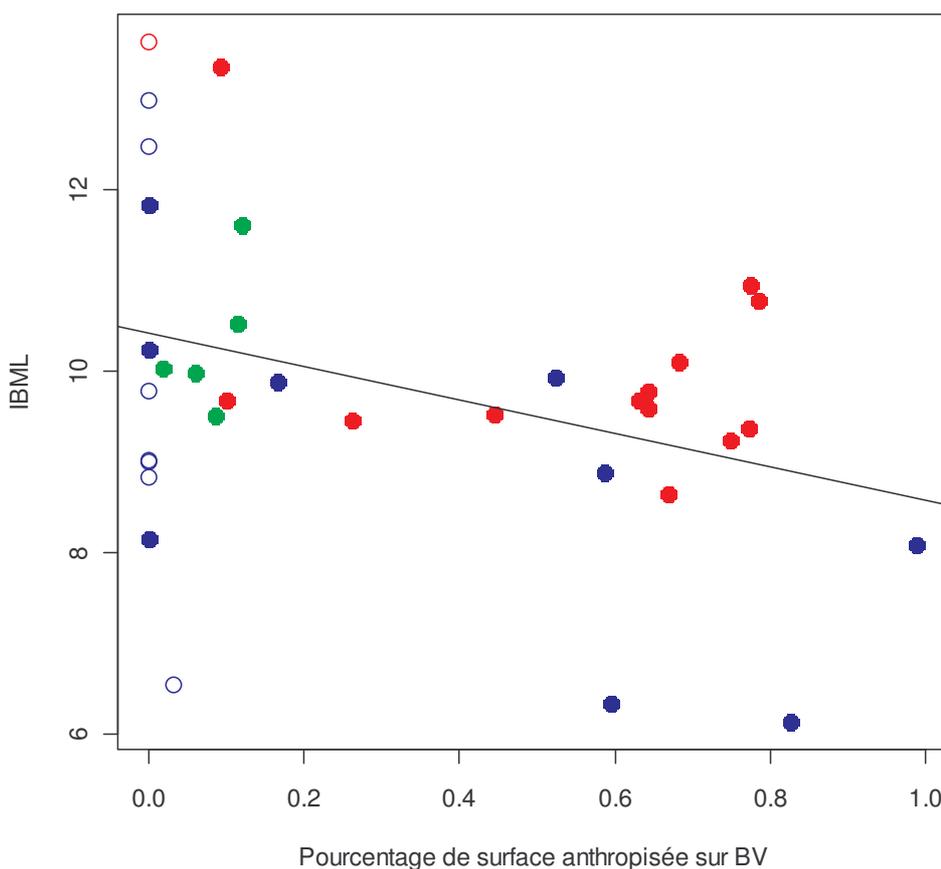


Figure 12 : IBML/IMPE en fonction du pourcentage de surface anthropisée sur le Bassin Versant.

Cercle : Altitude >800m ; Rond : Altitude <800m ; Bleu : RMC ; Vert : AG ; Rouge : LB

Les limites dans le développement de l'indice

L'Indice Biologique Macrophytique Lacs/Indice Macrophytes Plans d'Eau donne des premiers résultats encourageants sur la caractérisation de l'état écologique des plans d'eau. Malgré une discrimination des plans d'eau du Réseau de Référence et des plans d'eau du RCS, les résultats du calcul de l'IBML/IMPE ont toutefois montré certaines limites à différents stades de la construction de l'indice. L'identification de ces limites nous amène à travailler dans les futurs mois à leur correction pour une meilleure évaluation.

Limites à l'échelle des métriques mises en œuvre sur le relevé de zone littorale et les profils perpendiculaires

Les coefficients spécifiques renseignés dans la liste taxinomique ont été établis pour une utilisation dans la bioindication de l'état des cours d'eau (IBMR). Des compléments et des modifications des valeurs de certaines de ces côtes spécifiques sont nécessaires pour une meilleure adéquation au contexte des plans d'eau. Il s'agit particulièrement des plantes aquatiques qui se développent sur les rives, dans ou hors de l'eau (les hélophytes), rarement pris en compte dans le calcul de l'IBMR. Or, dans les hydrosystèmes, les hélophytes jouent un rôle biologique ainsi qu'un rôle physique. En effet, outre le rôle de producteur primaire, les hélophytes constituent l'habitat physique de nombreuses communautés biologiques tout en structurant la morphologie des berges (stabilisation des berges, rempart contre l'érosion, etc.). Leur prise en compte dans l'élaboration de l'IBML/IMPE est nécessaire en tant qu'indicateurs de la qualité écologique mais également indicateur de dégradation de l'état général des berges au niveau des unités d'observation.

Limites à l'échelle des métriques de l'unité d'observation

Les observations réalisées sur les UOs (observation directe de la végétation sur le relevé de zone littorale et observation par points contact sur les profils) débouchent sur deux métriques distinctes, le choix ayant été pris d'établir une moyenne de ces deux métriques pour donner une note finale à chaque unité d'observation. Lors des prochains tests effectués, cette agrégation entre zone

littorale et profils devra être soumise à une pondération non-équipondérée pour donner une valeur différente à l'une ou à l'autre de deux métriques calculées.

Limites de calcul de l'IBML/IMPE

Le calcul de l'IBML/IMPE s'appuie sur la richesse spécifique, l'abondance et sur la valeur indicatrice des taxons. Des prérequis et des critères de calcul complémentaires seront mis en place, il pourrait s'agir de seuils comme par exemple un nombre minimum de taxons observés pour valider le calcul de l'IBML/IMPE.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le faible nombre de données actuellement disponibles dans la base limite les possibilités d'approfondissement des analyses statistiques pour le développement de l'IBML/IMPE.

Les premiers résultats du calcul de l'Indice Biologique Macrophytique Lacs/Indice Macrophytes Plans d'Eau donnent des résultats encourageants, en particulier sur la discrimination des lacs de référence et de surveillance par grands districts hydrographiques. Cette indication sur l'état écologique des plans d'eau est corrélée avec le pourcentage de la surface anthropisée sur le bassin versant.

Cependant, l'adaptation de l'IBMR au contexte des plans d'eau comporte certaines limites, particulièrement au niveau de la valeur indicatrice de certains taxons.

L'intégration prochaine des données de la campagne de 2009 permettra d'augmenter les possibilités d'analyses statistiques et d'améliorer les résultats de cette proposition d'indice. De plus, une première adaptation basée sur le « jugement d'experts » des coefficients spécifiques inclus dans la liste taxinomique IBMR est prévue début 2010 dans le cadre d'une collaboration avec le Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) « Macrophytes des Eaux Continentales », groupe de travail à l'origine de l'IBMR. Des travaux spécifiques sur certains groupes de macrophytes

sont également prévus, comme par exemple les Characées, les Bryophytes ou les algues filamenteuses.

Cette deuxième phase de cette démarche exploratoire devra être accompagnée des travaux de recherche concernant les profils écologiques des taxons utilisés dans l'indice.

Annexe 1 : Evaluation du temps passé sur les aspects "Macrophytes Plans d'Eau" : base de données et bioindication

Evaluation des fonctionnalités de la base de données Cemagref « Plans d'eau » (données « historiques » non standardisées) (25 jours)

- Incompatibilité avec les données macrophytes issues du protocole d'échantillonnage standardisé DCE
- Ancienne données différents protocoles (pas le même effort)
- Complexité de la base du aux différents protocoles
- Redondances de l'information dans la base
- Tables ou/et champs manquants pour les nouvelles données

Base de données « Macrophytes-Plans d'Eau-DCE » (compatible protocole standard) (66 jours)

- Spécifique au format de la base de données
- Schéma structurel de la nouvelle base conforme à l'échantillonnage
- Simplicité
- Document descriptif de la base de données « Macrophytes-Plans d'Eau-DCE »
- Format ACCESS

Formulaire de saisie « Macrophytes-Plans d'Eau » (Excel) (40 jours)

- Nouvelle liste taxons macrophytes Sandrifiée
- Conforme aux fiches de terrain
- Construction sous Excel
- Rédaction d'une notice
- Faciliter et assurer un archivage dans un standard unique
- Tests avec EIMA (Jean Marie Ferroni), AQUASCOP (Mikaël Treguier), Audrey Péricat (SCI) (10 jours)
- Correction du formulaire de saisie « Macrophytes-Plans d'Eau »
- Outil téléchargeable sur le net Cemagref
- Format EXCEL

Outil de transformation Formulaire de saisie (Excel) / Base de données (.txt) (40 jours)

- Vérification automatique des données du formulaire
- Sorties d'erreurs du formulaire permettant de signaler les manques ou les erreurs au différents Bureau et Agence

- Sorties Base de Données « Macrophytes-Plans d'Eau-DCE » avec les différentes codifications
- Script R avec interface graphique

Bancarisation (16 jours)

- 5 lacs : Montriond, Eaux Bleues (Miribel), Bordeaux (EIMA), Petit Biscarosse (EIMA), Arjuzanx (EIMA)
- Protocole standard
- Format formulaire de saisie / base de données

Calcul métriques (40 jours)

- A partir des fichiers .txt, calcul de différentes métriques pour tests
- Liste floristique Relevé de Zone littorale, Richesse spécifique Relevé de Zone littorale, Moyenne tous taxons confondus, Liste floristique Profil (distinct), Richesse spécifique Profil (distinct), Abondance moyenne tous taxons confondus et tous points contacts confondus Profil (distinct), % points contacts avec présence de plantes Profil (distinct), Abondance moyenne par taxon (moyenne sur les points contacts où le taxon présent) Profil (distinct), Abondance relative par taxon (sur l'ensemble des points contacts) Profil (distinct), Liste floristique Profils (confondus), Richesse spécifique Profils (confondus), Abondance moyenne tous taxons confondus Profils (confondus), Abondance moyenne par taxon (moyenne sur les points contacts où taxon présent Profils (confondus), Abondance relative par taxon (sur l'ensemble des points contacts) Profils (confondus)
- Scripts R

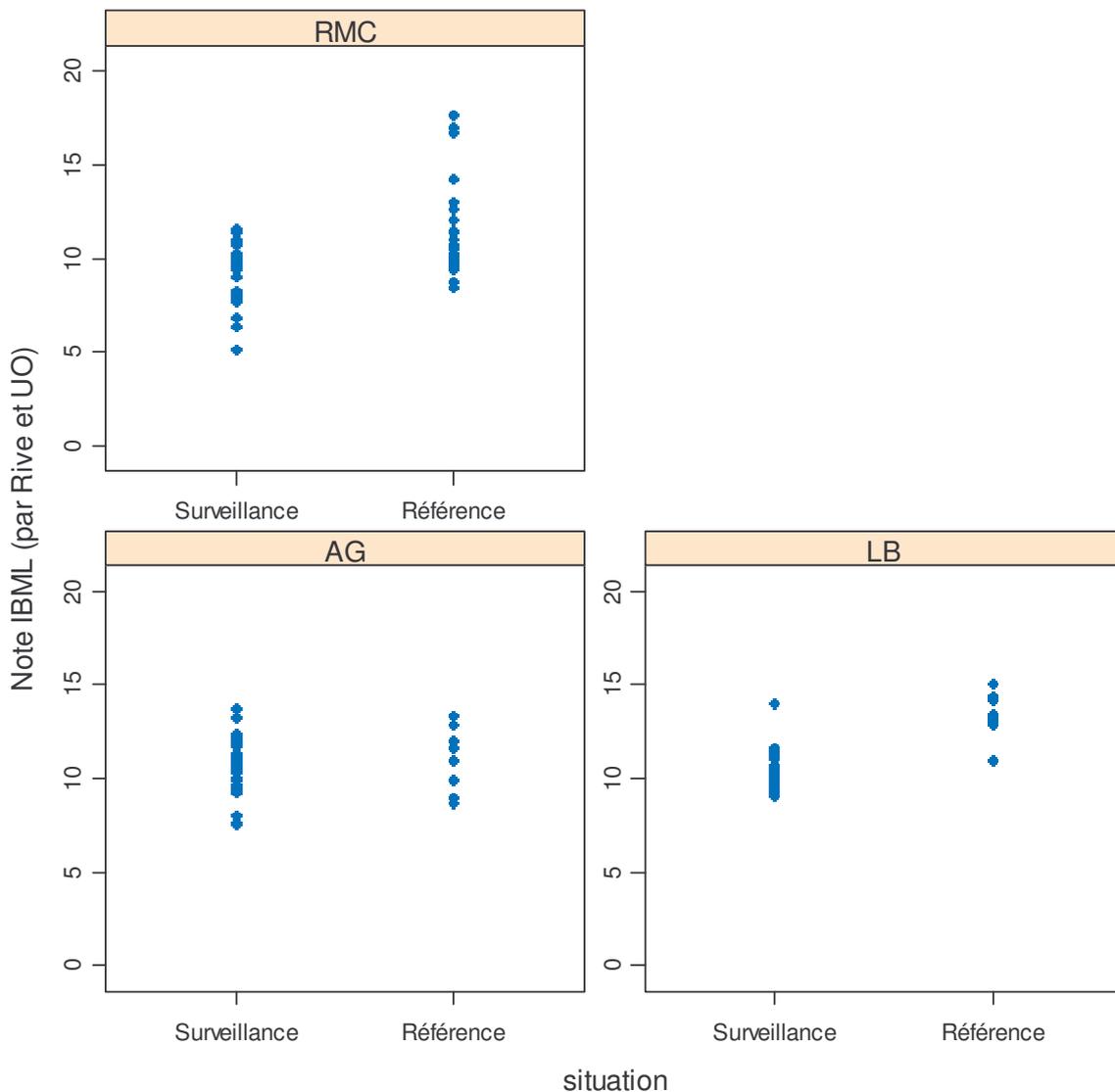
IBML/IMPE (40 jours)

- Scripts R
- Analyse des résultats

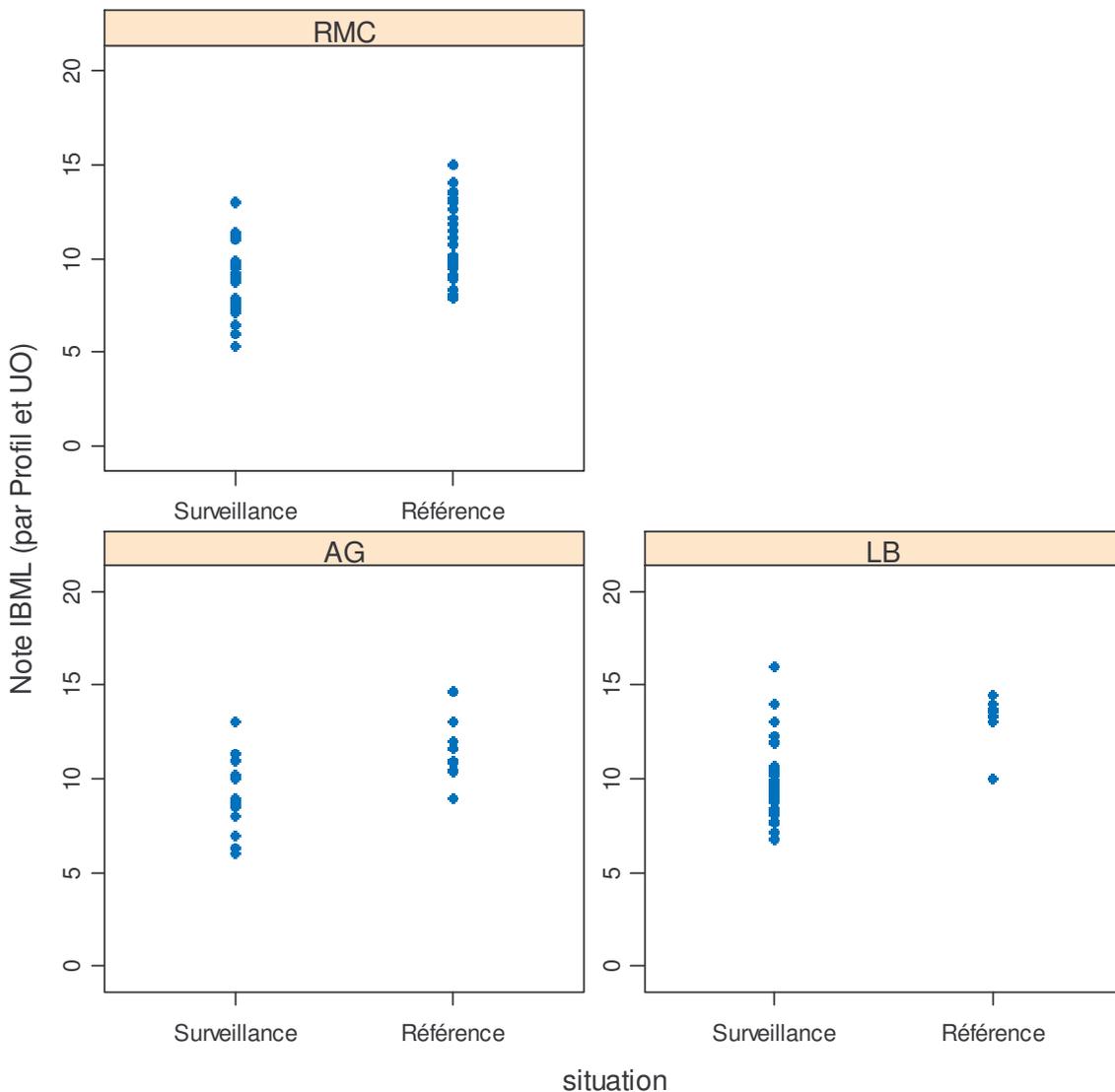
Fiches métriques ONEMA (20 jours)

- 12 fiches disponibles.

Annexe 2 : Résultats de la métrique : Note du relevé de zone littorale par agence.

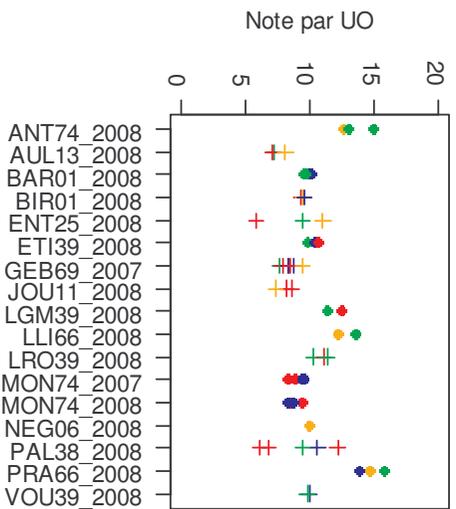
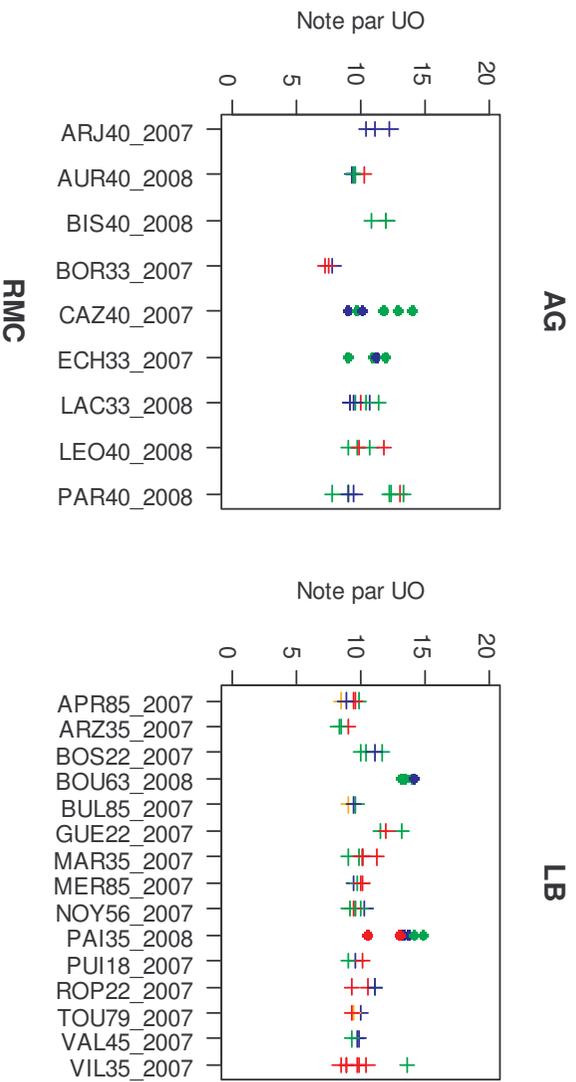


Annexe 3 : Résultats de la métrique : Note de profil par agence.

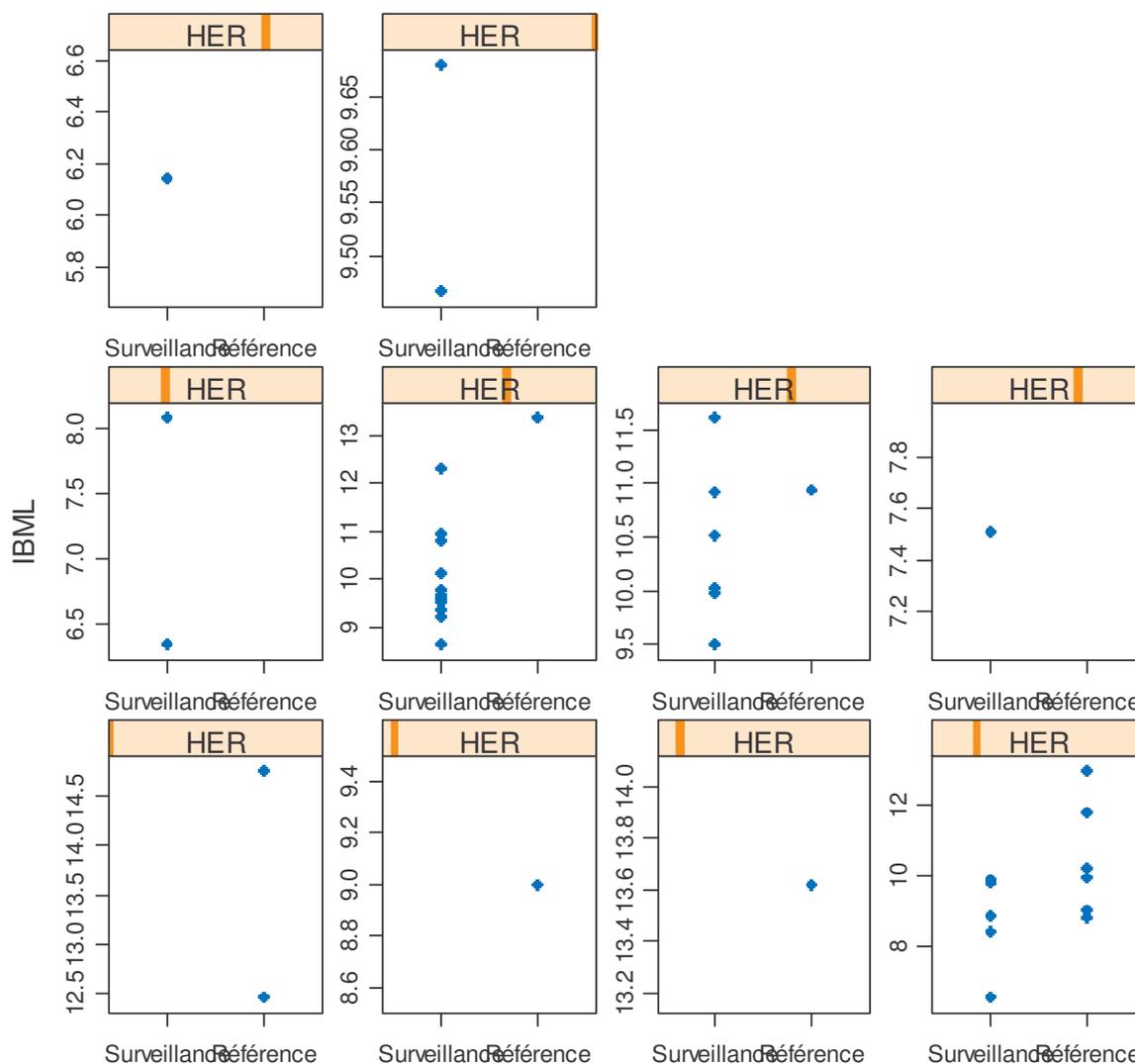


Annexe 4 : Résultats de la métrique : Note UO par agence et par typologie de rive.

(Croix : Surveillance ; Rond : Référence ; Code couleur : vert : Typologie 1 ; bleu : Typologie 2 ; orange : Typologie 3 ; rouge : Typologie 4)

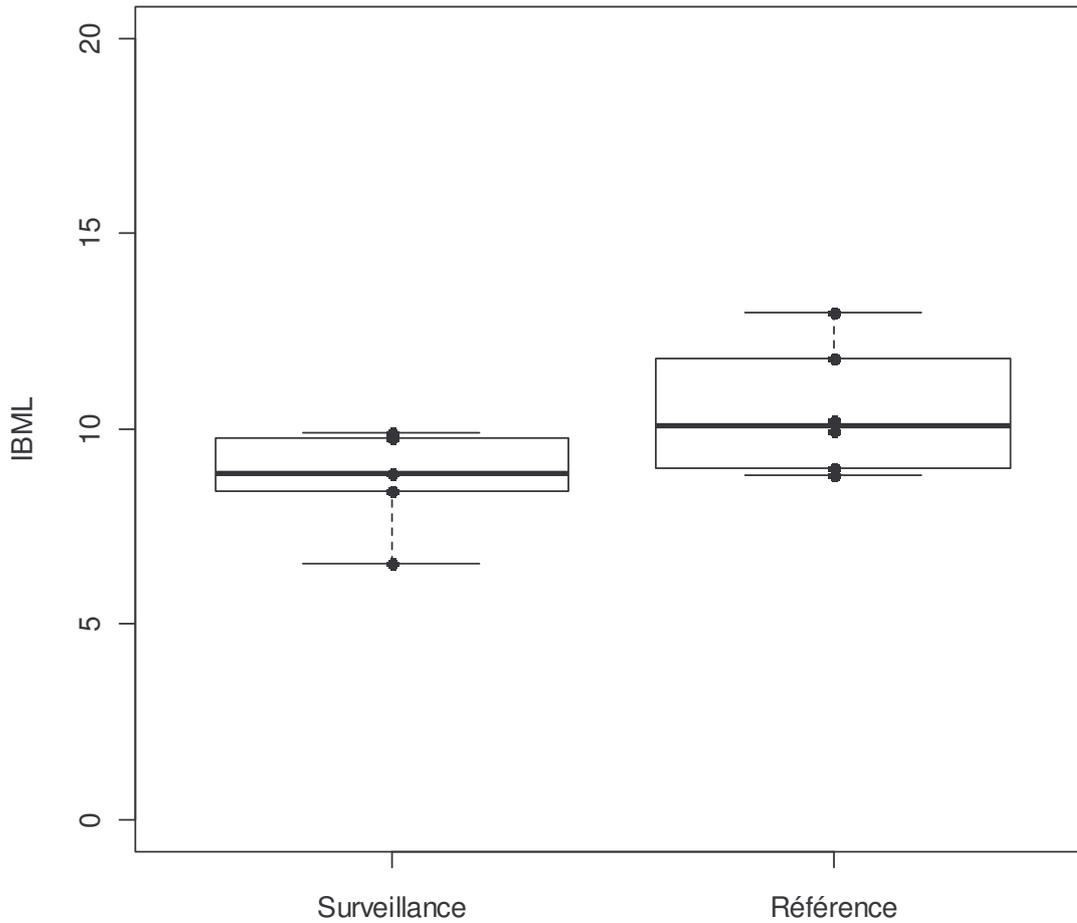


Annexe 5 : L'IBML/IMPE en fonction des HER

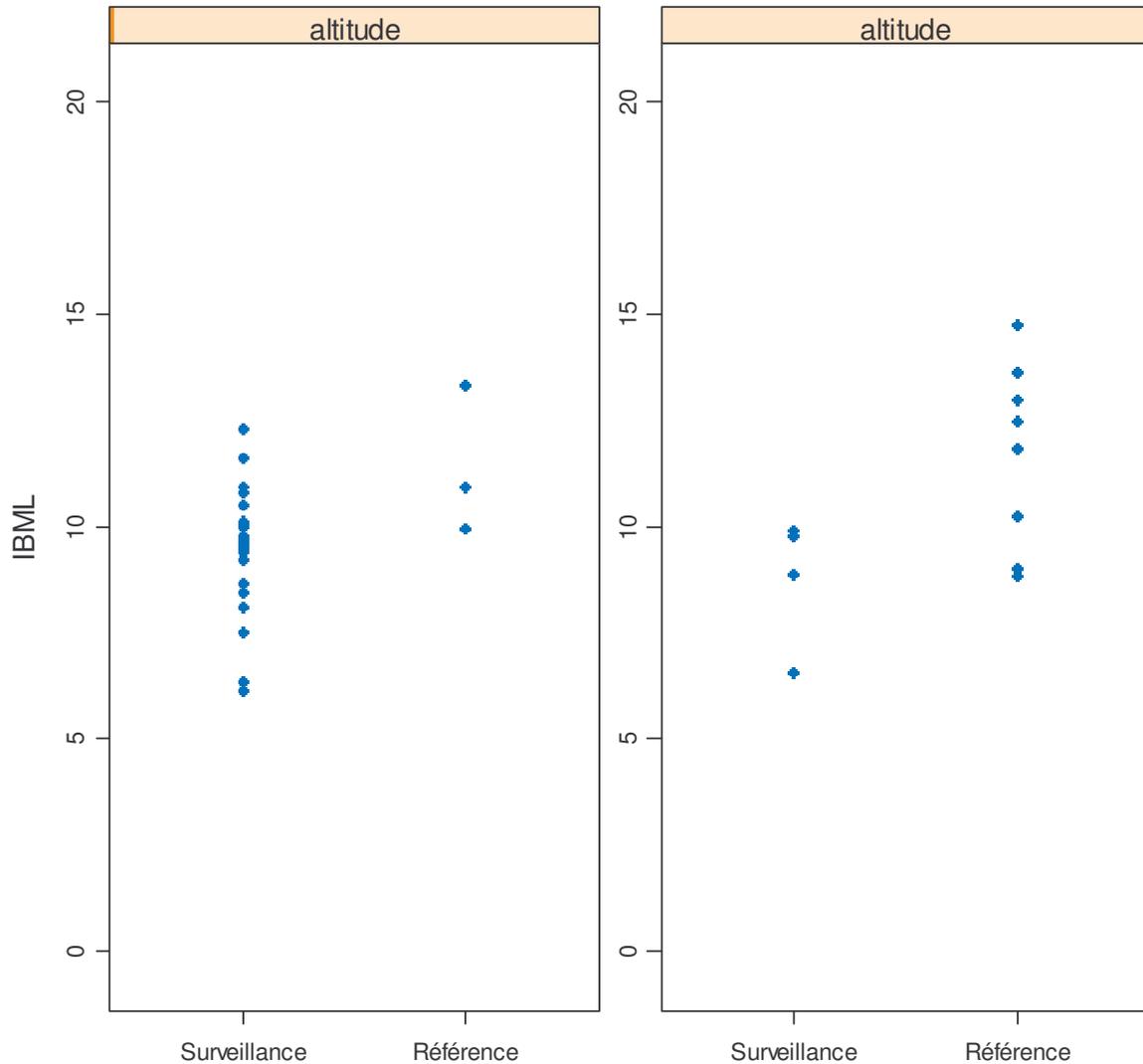


Annexe 6 : L'IBML/IMPE pour HER 5 : « Jura Pré-Alpes Nord »

HER 5 : Jura PreAlpes Nord



Annexe 7 : L'IBML/IMPE en fonction de l'altitude.
(À gauche les lacs ayant une altitude inférieure à 400m ; à droite les lacs ayant une altitude supérieure à 400m)



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

Cemagref
Parc de Tourvoie
BP 44,
92163 Antony cedex
01 40 96 61 21
www.cemagref.fr